

Zakład Meteorologii i Klimatologii
Instytut Nauk o Ziemi UMCS

Marek NOWOSAD

Sezony cyrkulacyjne nad Polską 1951–1990

Circulation seasons over Poland (1951–1990)

WSTĘP

Cyrkulacja atmosferyczna cechuje się sezonowością w przebiegu rocznym (Osuchowska-Klein 1973; Niedźwiedź 1981; Kaszewski 1992). Do opisu cyrkulacji atmosferycznej w różnych skalach wykorzystuje się m.in. typologie cyrkulacji. Od kilkunastu lat stosowany jest też jako wskaźnik wektor wiatru geostroficznego (Miętus 1993, 1996; Ustrnul 1997). Osuchowska-Klein (1975) podkreśliła duże znaczenie określenia prawdopodobieństwa występowania poszczególnych typów cyrkulacji w różnych okresach roku.

Przy wyborze i dalszym wykorzystaniu istniejących już typologii ważne jest określenie analizowanej skali. Przeprowadzając przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej, Kaszewski (1989, 1990) dokonał podziału na typologie w makroskali i typologie w skalach lokalnej i regionalnej. Wśród typologii w skalach lokalnej i regionalnej autor ten określił podział na subiektywne i obiektywne systemy klasyfikacji. Do ostatniej grupy zaliczył klasyfikację typów cyrkulacji dla Polski, zaproponowaną przez Lityńskiego (1969). Lityński przedstawił system klasyfikacyjny uwzględniający trzy parametry: wskaźnik cyrkulacji strefowej, wskaźnik cyrkulacji południkowej i wartość ciśnienia atmosferycznego w Warszawie. Wskaźniki cyrkulacji atmosferycznej obejmują obszar 40–60 stopni szerokości geograficznej północnej i 0–35 stopni długości geograficznej wschodniej. Każdy z tych trzech parametrów podzielił na równoprawdopodobne trzy klasy, z czego wynika, że klasyfikacja Lityńskiego liczy 27 typów cyrkulacji ($3^3 = 27$). Kalendarz cyrkulacji nad Polską według tej typologii został opublikowany dla okresu 1951–1999 (Stępniewska-Podraźka 1991; Pawłowska i in. 2000).

W 1983 roku Kaszewski (1983), na podstawie klasyfikacji Lityńskiego, wydzielił naturalne okresy synoptyczne. Wprowadził on wskaźniki określające charakter cyrkulacji strefowej i charakter cyrkulacji południkowej i na ich podstawie wydzielił osiem naturalnych okresów synoptycznych (okresów różniących się charakterem cyrkulacji). Ustrnul (1996), analizując zachodnią cyrkulację nad południową Polską, zauważył, że podobne tendencje występują w przebiegu wieloletnim tej cyrkulacji w latach 1951–1990 przy zastosowaniu czterech różnych klasyfikacji. Sezony cyrkulacyjne nad dorzeczem górnej Wisły, przy wykorzystaniu typologii opracowanej przez Niedźwiedzia, były wydzielane dla różnych wieloleci przez Nowosada (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2003).

Poszczególne lata cechują się różnym charakterem cyrkulacji atmosferycznej. Występuje duża zmienność cyrkulacji atmosferycznej z roku na rok. Na przykład wartość wskaźnika progresji, określającego intensywność cyrkulacji z zachodu, wynosiła w południowej Polsce od minus 86 w 1947 r. do 134 w 1989 r. (Niedźwiedź 1993). Przegląd literatury na temat zmienności cyrkulacji atmosferycznej nad półkulą północną przedstawił Ustrnul (1997), zaś przegląd istniejących metod opisu cyrkulacji atmosferycznej zamieściła Wibig (2001).

MATERIAŁ I METODA

Jako materiał wejściowy do dalszego opracowania wykorzystano katalog codziennych typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską wg klasyfikacji Lityńskiego (Stepniewska-Podraźka 1991) dla okresu 1951–1990. Dane zestawiono w postaci numerycznej jako macierz 365×40 (365 dni \times 40 lat). Następnie obliczono liczbę przypadków występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej w poszczególnych dniach roku, zestawiając wyniki w postaci macierzy 365×27 (365 dni \times 27 typów w klasyfikacji Lityńskiego), oraz obliczono częstość procentową występowania tych typów. Typy występujące w latach przestępnych w dniach 29 lutego dodano z wagą $1/2$ do dni sąsiednich (28 lutego, 1 marca); następnie dla tych dni dokonano quasi-standaryzacji (podzielono otrzymane sumy przez liczby analizowanych dni).

Niewielka liczba przypadków występowania poszczególnych typów w czasie pojedynczych dni cyklu rocznego (tab. 1) sugeruje analizę obejmującą przedziały roku dłuższe niż jeden dzień. Materiał do takiej analizy dostarcza zastosowanie filtrów, które uwzględniają zarówno dane z danego dnia cyklu rocznego, jak i dane z sąsiednich dni. Jak wiele sąsiednich dni zostaje uwzględnionych, zależy od rodzaju i wielkości filtru. Filtr spełnia też inną ważną rolę. Mianowicie częstość występowania adwekcji powietrza z poszczególnych kierunków w kolejnych dniach roku wykazuje wahania krótkoterminowe. Zastosowane filtry są zaliczane do dolnoprzepustowych (Wibig 1990) i eliminują te wahania.

W niniejszym artykule zastosowano filtry: 15-, 29- i 53-elementowe symetryczne trójkątne. Przykładowo, filtr 15-elementowy trójkątny zdefiniowany jest następująco (przykład definicji dla 10 lutego):

$$f'(10 \text{ lutego}) = 1/64 \cdot (f(4 \text{ lutego}) + 2 \cdot f(5 \text{ lutego}) + 3 \cdot f(6 \text{ lutego}) + 4 \cdot f(7 \text{ lutego}) + 5 \cdot f(8 \text{ lutego}) + 6 \cdot f(8 \text{ lutego}) + 7 \cdot f(9 \text{ lutego}) + 8 \cdot f(10 \text{ lutego}) + 7 \cdot f(11 \text{ lutego}) + 6 \cdot f(12 \text{ lutego}) + 5 \cdot f(13 \text{ lutego}) + 4 \cdot f(14 \text{ lutego}) + 3 \cdot f(15 \text{ lutego}) + 2 \cdot f(16 \text{ lutego}) + f(27 \text{ lutego})),$$

gdzie: na przykład $f(4 \text{ lutego})$ – częstość danego typu cyrkulacji 4 lutego, $f(5 \text{ lutego})$ – częstość danego typu cyrkulacji 5 lutego, ...

Wyniki po zastosowaniu każdego z filtrów obejmują macierze 365x27. Przykład wyników po zastosowaniu filtru 15-elementowego trójkątnego zawiera tab. 2.

Tab. 1. Liczba przypadków występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską (1951–1990)

Number of cases of occurrence of particular types of atmospheric circulation over Poland (1951–1990)

	N _A	NE _A	E _A	...	NW _C	O _C
01 stycznia	2	1	2	...	3	4
02 stycznia	1	0	4	...	5	1
03 stycznia	1	1	0	...	2	3
04 stycznia	1	0	0	...	1	3
05 stycznia	2	1	1	...	1	0
06 stycznia	3	1	1	...	3	3
07 stycznia	3	1	1	...	2	3
08 stycznia	2	2	1	...	0	3
09 stycznia	1	0	0	...	0	3
10 stycznia	2	0	2	...	1	1
11 stycznia	0	2	2	...	3	0
12 stycznia	2	2	1	...	3	1
13 stycznia	0	0	2	...	4	1
14 stycznia	1	0	3	...	3	0
15 stycznia	2	3	2	...	2	0
...
31 grudnia	3	2	3	...	1	2

Rodzaj i wielkość zastosowanego filtru mają wpływ na otrzymany obraz zróżnicowania rocznej struktury charakteru cyrkulacji atmosferycznej nad Polską. Wpływ filtrów na otrzymane wyniki został przedstawiony dla kilkudziesięciu filtrów na przykładzie wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych nad dorzeczem górnej Wisły (Nowosad – w druku). Obrazy częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji, po zastosowaniu filtrów, zostały zapisane w postaci kolejnych macierzy 365x27.

Porównując typy występujące w czasie 2 wybranych dni, zwrócono uwagę na charakter ich zróżnicowania między sobą. Sytuację o minimalnym zróżnicowaniu (w świetle trzech podzielonych na trzy klasy parametrów) określono jako

Tab. 2. Częstość (%) występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską w okresie 1951–1990 po zastosowaniu filtra 15-elementowego trójkątnego
Frequency of occurrence (%) of particular types of atmospheric circulation over Poland (1951–1990) after applying a 15-element triangle filter

	N _a	NE _a	E _a	...	NW _c	O _c
01 stycznia	3,5	1,8	4,5	...	5,4	5,8
02 stycznia	3,8	1,8	4,3	...	5,4	5,9
03 stycznia	4,0	1,9	3,8	...	5,1	5,9
04 stycznia	4,2	2,0	3,5	...	4,8	5,8
05 stycznia	4,5	2,1	3,2	...	4,6	5,6
06 stycznia	4,5	2,2	3,0	...	4,6	5,5
07 stycznia	4,4	2,2	2,9	...	4,5	5,2
08 stycznia	4,2	2,3	3,0	...	4,4	4,8
09 stycznia	3,9	2,5	3,1	...	4,5	4,3
10 stycznia	3,8	2,8	3,5	...	4,9	3,7
11 stycznia	3,6	3,1	4,1	...	5,4	3,1
12 stycznia	3,5	3,3	4,5	...	5,9	2,7
13 stycznia	3,2	3,4	5,0	...	6,4	2,3
14 stycznia	3,2	3,6	5,5	...	6,6	2,0
15 stycznia	3,3	3,9	5,8	...	6,8	1,7
...
31 grudnia	3,1	1,7	4,6	...	5,3	5,6

A. Na przykład – w obu typach wskaźnik cyrkulacji strefowej i wartość ciśnienia atmosferycznego w Warszawie należą do tej samej klasy, zaś wskaźnik cyrkulacji południkowej – do sąsiadujących ze sobą klas. Natomiast sytuacje o maksymalnym możliwym zróżnicowaniu (pod kątem trzech przedziałów w każdym z trzech parametrów) nazwano B. W sytuacji B porównywane typy cyrkulacji reprezentują skrajne wartości każdego z parametrów (wskaźnika cyrkulacji strefowej, wskaźnika cyrkulacji południkowej, wartości ciśnienia atmosferycznego) – np. porównanie typów NE_a i SW_c.

Aby uwzględnić, choć częściowo i subiektywnie, wielkość zróżnicowania między dniami reprezentującymi sytuacje A od wielkości dla sytuacji B (oraz dla pozostałych przypadków charakteryzujących się cechami „pośrednimi” w stosunku do A i B), wprowadzono wskaźniki częstości dla każdego z typów. **Wskaźniki wprowadza się jako narzędzie taksonomiczne i nie mogą one służyć do charakterystyki np. przebiegu rocznego konkretnego typu, lecz jedynie do porównań.** Wskaźniki częstości wprowadzono już przy metodzie wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych nad dorzeczem górnej Wisły (Nowosad 1998), jednak różna liczba klas występujących w wykorzystywanych typologiach (tam wg Niedźwiedzia podział na 2 klasy, tu wg Lityńskiego na 3 klasy) wymusza inny algorytm przy tworzeniu wskaźników częstości.

Przed określeniem wskaźników częstości zdefiniowano: typ podobny do danego, typ różny i typ zdecydowanie różny. Oddzielnego zdefiniowania wymagają te określenia, gdy odnoszą się do typów reprezentujących wyraźny, konkretny

kierunek adwekcji (24 z 27 istniejących typów), oddzielnego, gdy do typów charakteryzujących brak wyraźnej adwekcji (grupa typów cyrkulacji zerowej obejmująca pozostałe 3 typy).

A. Definicje dla typów reprezentujących wyraźny kierunek adwekcji:

Typ podobny do danego to taki, który:

- reprezentuje ciśnienie atmosferyczne należące do tej samej klasy i sąsiedni kierunek adwekcji,
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do tej samej klasy i brak wyraźnej adwekcji (będzie to typ z grupy typów cyrkulacji zerowej),
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do sąsiednich klas i taki sam kierunek adwekcji.

Typ różny to taki, który reprezentuje:

- ciśnienie atmosferyczne należące do tej samej klasy i kierunek adwekcji różniący się o kąt 90° ,
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do sąsiedniej klasy i sąsiedni kierunek adwekcji,
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do sąsiedniej klasy i brak wyraźnej adwekcji (będzie to typ z grupy typów cyrkulacji zerowej),
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do „przeciwnej” klasy i ten sam kierunek adwekcji.

Wszystkie pozostałe typy określono jako zdecydowanie różne.

Na przykład: dla typu W_a :

- typy podobne do niego: SW_a, NW_a, O_a, W_o
- typy różne od niego: $S_a, N_a, SW_o, NW_o, W_c, O_o$.
- typy zdecydowanie różne od niego – pozostałe typy.

B. Definicje dla typów z grupy typów cyrkulacji zerowej:

Typ podobny:

- ciśnienie atmosferyczne należące do tej samej klasy i dowolny kierunek adwekcji,
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do sąsiedniej klasy i typ z grupy zerowej.

Typ różny:

- ciśnienie atmosferyczne należące do sąsiedniej klasy i dowolny kierunek adwekcji,
- bądź ciśnienie atmosferyczne należące do „przeciwnej” klasy i typ z grupy zerowej.

Na przykład: dla typu O_a :

- typy podobne do niego: $O_o, N_a, NE_a, E_a, SE_a, S_a, SW_a, W_a, NW_a$
- typy różne od niego: $O_c, N_o, NE_o, E_o, SE_o, S_o, SW_o, W_o, NW_o$
- typy zdecydowanie różne od niego: $N_c, NE_c, E_c, SE_c, S_c, SW_c, W_c, NW_c$.

Ze względu na fakt, że w cyrkulacji wg Lityńskiego występują trzy klasy ciśnienia atmosferycznego, powyższe zdefiniowanie typów podobnych tworzy inne rozkłady częstości między typami podobnymi, różnymi i zdecydowanie różnymi dla typów antycyklonalnych i cyklonalnych w porównaniu z analogicznymi rozkładami dla typów charakteryzujących ciśnienie ze środkowej klasy.

Pamiętając o tych cechach, zastosowano do konstrukcji wskaźników typów następujący algorytm:

- z wagą 0,5 dodawana jest częstość występowania danego typu cyrkulacji,
- z wagą 0,3 quasi-standaryzowana suma (suma podzielona przez liczbę składników) częstości występowania wszystkich typów podobnych,
- z wagą 0,2 quasi-standaryzowana suma częstości występowania wszystkich typów różnych dla danego.

Na przykład:

wskaźnik częstości $W_a = 0,5 W_a + 0,3 \cdot 1/4 (SW_a + NW_a + O_a + W_o) + 0,2 \cdot 1/6 (S_a + N_a + SW_o + NW_o + W_c + O_o)$

wskaźnik częstości $W_o = 0,5 W_o + 0,3 \cdot 1/5 (SW_o + NW_o + O_o + W_a + W_c) + 0,2 \cdot 1/8 (S_o + N_o + SW_a + NW_a + SW_c + NW_c + O_c + O_a)$

wskaźnik częstości $W_c = 0,5 W_c + 0,3 \cdot 1/4 (SW_c + NW_c + O_c + W_o) + 0,2 \cdot 1/6 (S_c + N_c + SW_o + NW_o + W_a + O_o)$

Dobór wielkości wag jest subiektywny. Przypisano największą rolę częstości występowania danego typu cyrkulacji, a mniejsze – odpowiednio – częstościom występowania typów podobnych i różnych.

Wskaźniki częstości zestawiono w postaci macierzy 365 x 27.

Tab. 3. Wskaźnik częstości (%) występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską 1951–1990 (po zastosowaniu filtru 15-elementowego)
Frequency index (%) of the occurrence of particular types of atmospheric circulation over Poland (1951–1990) – after applying 15-element triangular filter

	Na	NEa	Ea	...	NWc	Oc
01 stycznia	3,3	2,6	3,8	...	5,0	4,8
02 stycznia	3,5	2,7	3,7	...	4,9	4,8
03 stycznia	3,7	2,8	3,6	...	4,8	4,8
04 stycznia	3,8	2,9	3,5	...	4,6	4,7
05 stycznia	4,0	3,1	3,4	...	4,5	4,6
06 stycznia	4,1	3,2	3,3	...	4,4	4,5
07 stycznia	4,0	3,2	3,3	...	4,3	4,3
08 stycznia	3,9	3,2	3,4	...	4,2	4,1
09 stycznia	3,8	3,3	3,4	...	4,2	3,9
10 stycznia	3,7	3,4	3,6	...	4,3	3,6
11 stycznia	3,6	3,5	3,8	...	4,5	3,3
12 stycznia	3,5	3,6	4,0	...	4,7	3,1
13 stycznia	3,4	3,6	4,2	...	4,9	3,0
14 stycznia	3,4	3,6	4,5	...	5,0	2,8
15 stycznia	3,4	3,7	4,7	...	5,1	2,6
...
31 grudnia	3,1	1,7	4,6	...	5,3	5,6

Dysponując zbiorem m obiektów (tu: 365 dni) opisanych zbiorem p cech (tu: częstością występowania 27 typów cyrkulacji), można wieloma sposobami utworzyć z tych obiektów podzbiory obiektów podobnych. Podstawowym kryterium wydzielenia klas jest podobieństwo obiektów należących do nich (Parysek 1982).

Do uporządkowania dni wykorzystano metodę dendrytu wrocławskiego. Metoda ta została opracowana przez Ogólną Grupę Zastosowań Państwowego Instytutu Matematycznego (Ogólna grupa... 1951, Perkal 1953). Metoda ta, nazywana też metodą prostych połączeń, należy do grupy metod analizy skupień (Marek 1989). Była stosowana m.in. do wydzielenia sezonów klimatycznych (Woś 1977, 1996) czy sezonów cyrkulacyjnych nad dorzeczem górnej Wisły (Nowosad 1998, 2000a, w druku).

Tab. 4. Odległości pomiędzy poszczególnymi dniami roku w przestrzeni 27-wymiarowej określone za pomocą metryki Manhattan (wersja z zastosowaniem filtra 15-elementowego trójkątnego)
Distances between particular days of the year in a 27-dimensional space, defined by means of the Manhattan metric (version with applying 15-element triangular filter)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	364	365
1	0,0													
2	34,3	0,0												
3	69,4	36,3	0,0											
4	103,4	70,3	34,1	0,0										
5	132,3	99,3	63,9	32,6	0,0									
6	152,1	120,7	86,0	57,5	25,1	0,0								
7	169,1	137,5	108,3	79,8	48,3	24,7	0,0							
8	180,1	154,7	128,1	99,8	70,1	49,0	26,2	0,0						
9	186,6	166,3	139,7	114,1	88,9	71,9	49,6	25,8	0,0					
10	183,9	165,8	144,6	124,0	105,2	89,7	74,3	56,8	32,8	0,0				
11	182,2	167,1	152,6	137,7	124,8	116,2	106,8	91,1	69,4	37,4	0,0			
12	181,9	172,8	162,6	154,6	145,2	141,7	134,2	122,3	102,7	71,3	34,6			
...														
363	103,4	131,6	155,5	178,6	199,8	214,6	223,5	228,8	228,6	219,4	211,7			
364	72,6	102,2	130,5	158,2	180,2	198,7	210,4	219,6	219,6	208,1	198,5		0,0	
365	36,1	68,5	101,1	129,7	158,6	177,2	192,7	202,2	202,8	192,3	186,9		37,2	0,0

Przyrodnicze cechy metryczne można traktować jako współrzędne punktów w przestrzeni wielowymiarowej (Ogólna grupa... 1951). Tu częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji w poszczególnych dniach roku są punktami w przestrzeni 27-wymiarowej (bo klasyfikacja typów cyrkulacji Lityńskiego obejmuje 27 typów). Za pomocą metryki Manhattan obliczono odległość w tej przestrzeni każdego dnia od każdego innego. Otrzymane odległości pomiędzy

poszczególnymi dniami roku zestawiono w postaci macierzy 365×365 , której fragmenty przedstawiono w tab. 4. Do dalszej analizy wykorzystane zostały 66430 liczby znajdujące się pod główną przekątną tej macierzy

Dendrytem rozpiętym na punktach p_1, p_2, \dots, p_n nazywa się linię łamaną, która łączy te punkty w taki sposób, że dla każdej pary punktów istnieje jeden i tylko jeden ciąg parami różnych odcinków tworzących ich połączenie. Dendryt może rozgałęziać się, lecz nie może zawierać łamanych zamkniętych. Jednym z wielu dendrytów jest tzw. najkrótszy dendryt, to jest charakteryzujący się najmniejszą sumą odcinków. Taki właśnie dendryt jest podstawą do podziału roku na sezony cyrkulacyjne.

Przyjęto założenie, że sezon cyrkulacyjny musi trwać przynajmniej 5 dni. Założenie, że liczebność klasy typologicznej nie może być mniejsza od 3, przyjmował Woś (1977, 1996) (tam analizowanymi jednostkami były poszczególne pentady w roku).

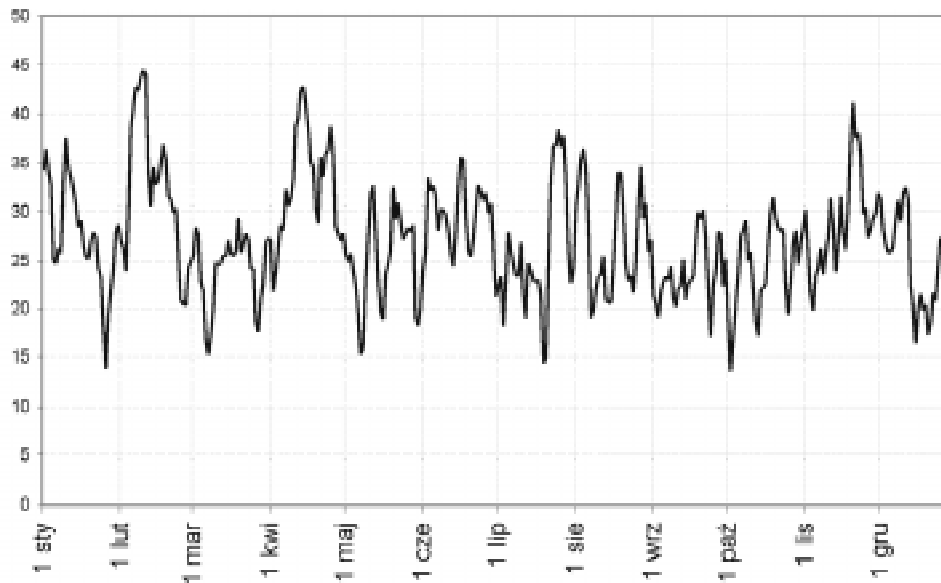
WYDZIELONE SEZONY CYRKULACYJNE

W czasie konstrukcji dendrytu przy wykorzystaniu filtrów trójkątnych kilkunasto- i więcejelementowych wszystkie odcinki budujące dendryt łączą dni sąsiadujące ze sobą. Szczegółowe badania przy analizie zastosowania różnych filtrów przeprowadzono wcześniej (Nowosad – w druku).

Otrzymane w wyniku opisanej metody dendryty nie zawierają więc rozgałęzień. Informację o dendrycie zbudowanym z 364 odcinków (364 odcinki łączą 365 dni) oraz o odcinku łączącym 31 grudnia z 1 stycznia można zawrzeć na wykresie odzwierciedlającym długość poszczególnych odcinków. Długość kolejnych odcinków tworzących krzywą określa zróżnicowanie struktury typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską w czasie analizowanego 40-letniego okresu (ryc. 1). Na rycinie 2 przedstawiono wyniki opisanej procedury dla trzech zastosowanych filtrów trójkątnych: 15-, 29- i 53-elementowego. W celu porównania przebiegów dokonano standaryzacji analizowanych szeregów. Dla każdego wykorzystywanego filtru zastosowano algorytm polegający na odjęciu średniej arytmetycznej oraz podzieleniu otrzymanej różnicy przez odchylenie standardowe.

Jak widać z wykresów na ryc. 2, wraz ze zwiększaniem liczby elementów filtru trójkątnego maleje – w przedstawianym obrazie – liczba maksimów i minimum. Najdłuższe odcinki określają daty, kiedy zmiany wieloletniej struktury charakteru cyrkulacji atmosferycznej są największe i mogą określać granice pomiędzy sezonami cyrkulacyjnymi. W 40-lecie 1951–1990, analizując cyrkulację atmosferyczną nad Polską na podstawie kalendarza typów według Lityńskiego, do takich dat (przy uwzględnieniu różnych zastosowanych filtrów) można zaliczyć:

- okres od 6 do 23 lutego
- połowę marca



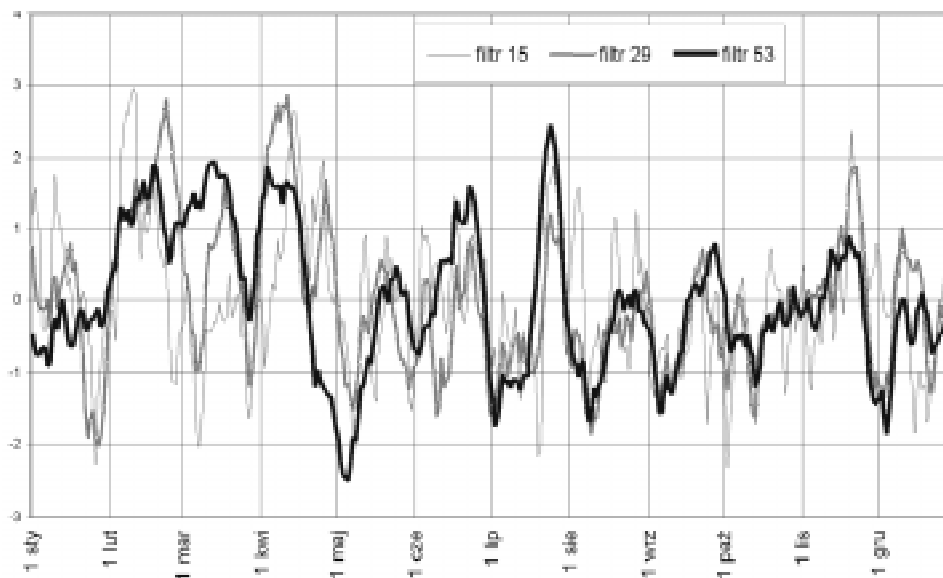
Ryc. 1. Odległości w przestrzeni 27-wymiarowej między sąsiednimi dniami roku, określone na podstawie częstości występowania typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską wg klasyfikacji Lityńskiego (1951–1990) po zastosowaniu 15-elementowego filtra trójkątnego, metryki Manhattan oraz po uwzględnieniu wskaźnika częstości

Distances in a 27-dimensional space between consecutive days of the year, defined on the basis of the frequency of occurrence of the types of atmospheric circulation over Poland using classification by Lityński (1951–1990), after the application of the 15-element triangular filter, Manhattan metric and allowing for the frequency index

- okres od 5 do 16 kwietnia (wyjątkowe połączenie dużych wartości i ich znacznej długości trwania),
- 16–23 czerwca,
- 24–26 lipca (bardzo silne zróżnicowanie struktury charakteru cyrkulacji),
- 19–22 listopada.

Daty te stanowią, uwzględniając różne spojrzenia wynikające z różnych wielkości zastosowanych filtrów, granice między sezonami cyrkulacyjnymi nad Polską w okresie 1951–1990.

Wydaje się, że zmiana charakteru struktury cyrkulacji atmosferycznej nad Polską w cyklu rocznym jest procesem, który odbywa się stale. Okresy oddzielające poszczególne sezony są kilkudniowymi przedziałami czasu. Przyjęcie konkretnej daty za granicę między sezonami cyrkulacyjnymi jest w pewnym stopniu subiektywne. W wyniku przeprowadzonej analizy określono następujące sezony cyrkulacyjne nad Polską (1951–1990): od 21 listopada do 5 lutego (77 dni), od 6 do 23 lutego (18 dni), od 24 lutego do 14 marca (19/20 dni), od 15 marca do 6 kwietnia (23 dni), od 7 do 16 kwietnia (10 dni), od 17 kwietnia do 23 czerwca



Ryc. 2. Standaryzowane odległości w przestrzeni 27-wymiarowej między sąsiednimi dniami roku określone na podstawie częstości występowania typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską według klasyfikacji Lityńskiego (1951–1990) po zastosowaniu trzech filtrów trójkątnych, metryki Manhattan oraz po uwzględnieniu wskaźnika częstości

Standardised distances in a 27-dimensional space between consecutive days of the year, defined on the basis of the frequency of occurrence of the types of atmospheric circulation over Poland using classification by Lityński (1951–1990), after the application of 3 triangular filters, Manhattan metric and allowing for the frequency index

(z podziałem na podsezony: od 17 kwietnia do 17 czerwca i od 18 do 23 czerwca) (68 dni), od 24 czerwca do 25 lipca (32 dni) i od 26 lipca do 20 listopada (118 dni).

Porównując liczbę sezonów w poszczególnych częściach cyklu rocznego, zwraca uwagę większa ich liczba w okresie wiosennym niż jesiennym. Podobne rezultaty otrzymane zostały już wcześniej (Kozuchowski i in. 2000; Nowosad 1998, 2003). Poszukując przedziałów roku o stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu struktury charakteru cyrkulacji atmosferycznej między kolejnymi dniami, zwrócono uwagę na minima w przebiegach na ryc. 2, które tę cechę przedstawiają. Stosunkowo niewielkie wartości przyjęły odcinki reprezentujące zróżnicowanie warunków cyrkulacyjnych w dniach:

- od 22 do 29 stycznia,
- od 26 do 29 marca,
- od 1 do 10 maja (bardzo głębokie minimum),
- od 29 czerwca do 18 lipca,
- od 7 do 17 sierpnia,

– od 2 do 17 września (okres będący wyjątkowym w cyklu rocznym połączeniem stosunkowo długiego czasu trwania i dużego podobieństwa struktury charakteru cyrkulacji atmosferycznej w kolejnych dniach),

– od 9 do 18 października,

– od 3 do 7 grudnia,

– od 19 do 27 grudnia.

W czasie wymienionych przedziałów czasu występowało najmniejsze zróżnicowanie struktury charakteru cyrkulacji atmosferycznej nad Polską.

CHARAKTERYSTYKA SEZONÓW CYRKULACYJNYCH NAD POLSKĄ

Sezon 21 XI–5 II

W czasie tego sezonu najczęściej notowano adwekcję z północo-zachodu. Wystąpiła ona w czasie prawie 15% dni. Adwekcje powietrza z każdego z kierunków od SE, poprzez S, SW, W, aż do NW, wystąpiły w okresie od 21 listopada do 5 lutego częściej od średnich rocznych tych adwekcji. Zwraca uwagę fakt, że ten zimowy sezon ma największy ze wszystkich sezonów udział adwekcji z południa. Zbieżne jest to ze spostrzeżeniem Lityńskiego (1969), że „w zimie mamy przewagę składowej południowej cyrkulacji nad północną”. Wydzielony sezon jest zbliżony w czasie swojego trwania do dwóch naturalnych okresów synoptycznych według Kaszewskiego (1983) – rozpatrywanych łącznie (przedzimy + zima wczesna).

Sezon 6 II–23 II

Był to okres o zdecydowanej dominacji cyrkulacji z południo-wschodu (zarówno przy porównywaniu poszczególnych kierunków adwekcji w tym sezonie, jak i przy analizowaniu przebiegu rocznego częstości adwekcji z SE w czasie poszczególnych sezonów). Udział typów SE_a i SE_c wyniósł po 6,9% dla każdego z nich (tab. 5). Dla typu SE_c było to zdecydowane maksimum roczne, natomiast częstość typu SE_a okaże się w kolejnym sezonie większa. Okres od 6 do 23 lutego to wśród wydzielonych sezonów czas rocznego maksimum częstości pojawiania się typów cyklonalnych. Był to też czas rocznego maksimum pojawiania się typu N_c oraz rocznego minimum adwekcji z południo-zachodu (a także rocznego minimum częstości występowania typów – zarówno SW_a , jak i SW_c).

Sezon 24 II–14 III

Sezon ten obejmował okres, który zawiera się w naturalnym okresie synoptycznym „zima późna” (Kaszewski 1983). Sezon cechował się rocznym maksimum adwekcji ze wschodu. Łączna częstość adwekcji z kierunków E i SE stanowiła aż ponad 30% wszystkich dni sezonu, zaś łączna częstość występowania typów E_a i SE_a około 20% wszystkich dni tego okresu. Niniejszy sezon stanowił

Tab. 5. Częstość występowania (w %) poszczególnych typów cyrkulacji w czasie poszczególnych sezonów cyrkulacyjnych nad Polską (1951–1990)
The frequency of occurrence (%) of the particular circulation types during the circulation seasons over Poland (1951–1990)

	21 XI–5 II	6 II–23 II	24 II–14 III	15 III–6 IV	7 IV–16 IV	17 IV–23 VI	24 VI–25 VII	26 VII–20 XI	ROK
N _A	3,9	2,1	6,2	2,6	5,5	4,8	7,3	5,3	4,8
NE _A	2,5	4,7	4,8	2,9	7,3	7,8	5,9	4,8	4,9
E _A	3,8	4,7	9,0	5,5	3,5	5,0	4,0	4,3	4,6
SE _A	4,9	6,9	10,9	6,3	1,5	4,7	1,6	4,4	4,8
S _A	3,8	3,1	2,9	2,9	5,5	3,1	3,1	4,6	3,8
SW _A	4,1	1,8	2,5	3,6	6,5	3,3	4,6	4,3	3,9
W _A	3,8	2,6	2,9	3,3	3,8	3,1	5,5	4,0	3,7
NW _A	4,7	2,9	5,2	3,7	2,8	3,3	5,2	4,5	4,3
O _A	4,0	2,9	4,3	4,8	4,8	4,1	5,2	4,7	4,4
N ₀	3,3	2,6	1,4	2,3	3,3	3,8	5,0	3,3	3,4
NE ₀	2,0	3,2	1,0	1,4	4,3	4,9	4,4	2,9	3,0
E ₀	2,4	4,3	3,4	3,4	2,0	2,8	1,8	2,0	2,5
SE ₀	2,8	5,0	2,7	5,0	2,0	2,4	1,2	2,3	2,6
S ₀	4,3	2,8	3,8	2,6	2,5	3,6	1,9	3,5	3,4
SW ₀	3,9	1,4	3,4	4,0	5,5	3,3	4,1	4,6	3,9
W ₀	3,4	1,7	2,2	3,5	1,8	2,8	2,7	3,6	3,1
NW ₀	4,2	3,1	3,2	2,4	2,5	3,0	5,0	4,1	3,7
O ₀	2,1	3,1	2,6	2,1	2,8	2,6	2,4	2,7	2,5
N _c	4,9	6,5	3,5	3,2	4,0	3,8	5,9	3,3	4,1
NE _c	2,5	1,8	2,5	1,5	3,0	4,0	2,7	2,2	2,6
E _c	1,9	3,9	2,6	2,4	2,3	3,4	1,9	1,7	2,3
SE _c	2,6	6,9	2,3	3,7	2,5	2,2	1,0	2,4	2,6
S _c	5,3	5,7	4,2	3,2	3,5	3,8	2,5	4,3	4,2
SW _c	5,3	4,3	3,1	7,1	4,0	4,7	4,5	5,3	5,0
W _c	4,2	3,6	1,6	5,4	5,3	3,3	2,7	4,0	3,8
NW _c	5,8	4,9	5,1	6,4	4,8	3,3	5,7	4,5	4,8
O _c	3,4	3,5	2,9	4,9	3,3	3,1	2,4	2,5	3,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

roczne maksimum występowania typów antycyklonalnych, a roczne minimum – cyklonalnych. Był to też czas rocznego minimum adwekcji powietrza z zachodu (poniżej 7% dni) oraz rocznego minimum częstości występowania typu W_c.

Sezon 15 III–6 IV

W czasie tego sezonu zanotowano roczne maksima częstości występowania każdego z 3 typów cyklonalnych zawierających składową zachodnią (SW_c, W_c, NW_c). Wystąpiło też wtedy roczne maksimum częstości cyrkulacji bez wyraźnego kierunku adwekcji. Roczne minimum natomiast związane było z częstością

adwekcji z północo-wschodu oraz częstością pojawiania się typów cyklonalnych zarówno z północo-wschodu, jak i z północy. Wydzielony sezon synoptyczny obejmuje przedział czasu, który zawiera w sobie naturalny okres synoptyczny „przedwiośnie” (Kaszewski 1983).

Sezon 7 IV–16 IV

Analiza zmian struktury cyrkulacji atmosferycznej w cyklu rocznym wykazała, że w dniach od 7 do 16 kwietnia zmiany te były wyjątkowo duże (ryc. 2). Czas ten wydzielono jako odrębny sezon synoptyczny. Charakteryzował się on rocznym maksimum cyrkulacji z południo-zachodu oraz rocznym maksimum występowania typów S_a , SW_a i SW_o . Natomiast swoje roczne minima osiągały w tym sezonie częstości typów E_a , SE_a i NW_a .

Sezon 17 IV–23 VI

W sezonie tym wystąpiły roczne maksima częstości wszystkich trzech typów reprezentujących adwekcję z północo-wschodu (NE_a , NE_o , NE_c). Czas objęty przez ten sezon w znacznym stopniu pokrywa się z okresem synoptycznym „wiosna” (Kaszewski 1983).

Sezon 24 VI–25 VII

W okresie od 24 czerwca do 25 lipca dominowały adwekcje powietrza z północy i z północo-zachodu (łącznie ponad 1/3 wszystkich dni). Częstości, zarówno z północy, jak i z północo-zachodu, osiągnęły w tym sezonie swoje maksima roczne. Częstości występowania adwekcji z południa, z południo-wschodu i ze wschodu były wyraźnie niższe od średnich rocznych częstości z tych kierunków, natomiast częstości z pozostałych sąsiadujących ze sobą 5 kierunków były wyższe w tym sezonie od odpowiadających im średnich rocznych częstości. Swoje minima roczne osiągnęły w tym okresie adwekcje z południa i z południo-wschodu. Szczególnie to ostatnie jest głębokie (łączna częstość 3 typów: SE_a , SE_o , SE_c , nie przekroczyła 4% – tab. 5). Przypomnieć można uwagę Lityńskiego (1969), że w lecie składowa południowa cyrkulacji przeważa nad północną.

Sezon 26 VII–20 XI

Był to zdecydowanie najdłuższy sezon. Dominowały w tym czasie adwekcje z południo-zachodu, zaś stosunkowo małą częstością charakteryzowały się napływy powietrza ze wschodu i z południo-wschodu. Częstości adwekcji powietrza w tym długim sezonie były z kierunków od S poprzez SW, W do NW większe od ich średnich rocznych, zaś z kierunków od N poprzez NE, E do SW – mniejsze.

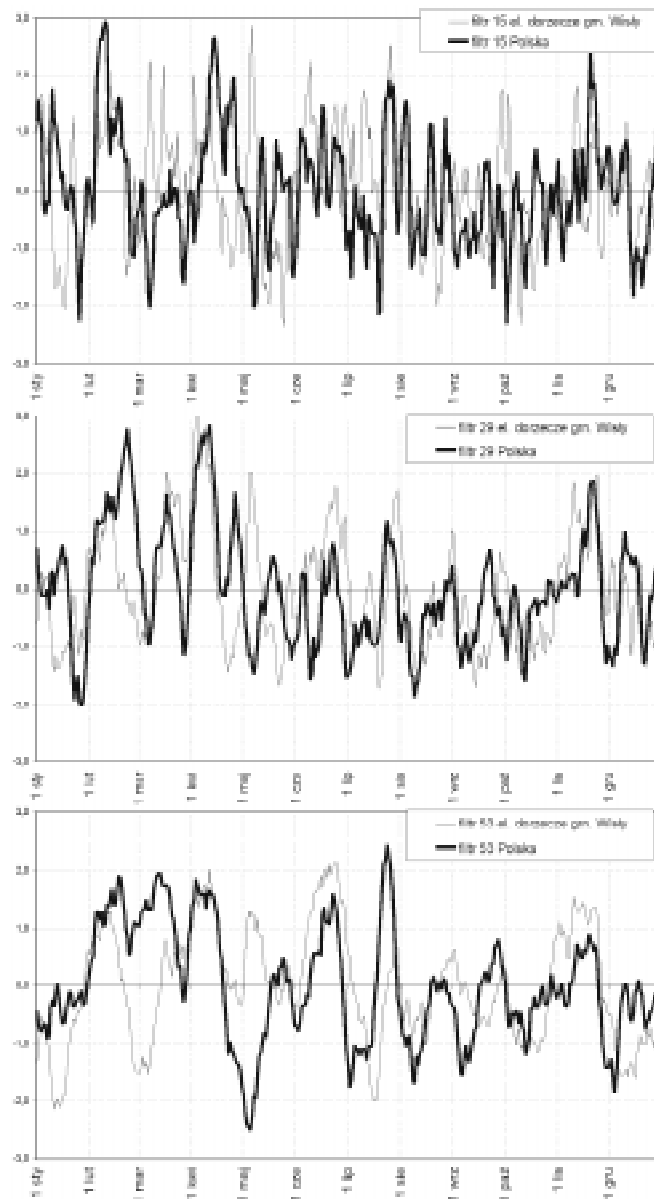
STRUKTURA CYRKULACJI W DWÓCH TYPOLOGIACH

Porównanie przebiegów rocznych odległości między kolejnymi dniami cyklu rocznego nad dorzeczem górnej Wisły (typologia Niedźwiedzia 1988, 1992) i nad Polską (typologia Lityńskiego 1969) przedstawiono na ryc. 3. Poszczególne części ryciny przedstawiają przebiegi po zastosowaniu różnych filtrów trójkątnych. Zwracają uwagę wyraźne maksima przebiegów w pierwszej połowie kwietnia przy wykorzystywaniu obu typologii. Maksimum w lutym wystąpiło wcześniej przy analizie cyrkulacji nad dorzeczem górnej Wisły za pomocą typologii Niedźwiedzia, natomiast analizując cyrkulację za pomocą typologii Lityńskiego – otrzymano większą intensywność tego maksimum. W przebiegach zróżnicowania struktury cyrkulacji wg obu typologii widoczne są maksima: w marcu (najmniej różniące się od siebie ich obrazy otrzymano za pomocą filtra 29-elementowego), w II połowie czerwca, w końcu lipca i w II połowie listopada. Maksima czerwcowe i listopadowe są zdecydowanie bardziej wyraźne przy korzystaniu z klasyfikacji Niedźwiedzia niż przy korzystaniu z klasyfikacji Lityńskiego (ryc. 3). Różnice między oboma przebiegami, obejmujące stosunkowo długie części cyklu rocznego, widoczne są przy porównaniach z zastosowaniem filtrów 53-elementowych. Względnie większą zmiennością (obrazowaną przez większe wartości na wykresach – ryc. 3) cechowała się struktura cyrkulacji przy wykorzystaniu typologii Lityńskiego w porównaniu ze zmiennością określoną za pomocą typologii Niedźwiedzia w czasie od połowy pierwszej dekady grudnia do początku marca (z wyjątkiem ostatnich dni stycznia). Natomiast w początku maja sytuacja była odwrotna. To ostatnie zróżnicowanie jest bardzo wyraźnie widoczne przy zastosowaniu każdego z wykorzystywanych filtrów. Okresy w cyklu rocznym, o stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu charakteru struktury cyrkulacji atmosferycznej, podobnie przedstawiające się w czasie analizowanego 40-lecia według obu typologii, to:

- od 6 do 8 lipca,
- od 7 do 17 sierpnia,
- od 3 do 7 września,
- od 9 do 15 września,
- od 9 do 18 października,
- od 5 do 7 grudnia,
- od 20 do 22 grudnia.

Za najważniejsze cechy wspólne cyrkulacji atmosferycznej, prezentowanej przez obie porównywane klasyfikacje w 40-leciu 1951–1990, uznano występowanie okresów o dużej jej zmienności w pierwszej połowie kwietnia oraz w listopadzie.

Jak zaznaczono wcześniej, granice między sezonami cyrkulacyjnymi trzeba traktować jako okresy przejściowe. Jak pokazano na ryc. 3, przebieg zróżnicowania charakteru cyrkulacji w cyklu rocznym ma bardzo skomplikowany obraz,



Ryc. 3. Standaryzowane odległości między poszczególnymi dniami cyklu rocznego otrzymane w wielowymiarowych przestrzeniach na podstawie częstości występowania typów cyrkulacji nad Polską (typologia Lityńskiego) i nad dorzeczem górnej Wisły (typologia Niedźwiedzia) w okresie 1951–1990

Standardised distances between individual days in the yearly cycle in multidimensioned spaces, like the results of using classification by Lityński (for Poland) and classification by Niedźwiedź (for the Upper Vistula River basin) in period 1951–1990

jednak próbując dokonać uogólnionego opisu, na podstawie porównań sezonów cyrkulacyjnych otrzymanych za pomocą 2 różnych klasyfikacji, pierwszą połowę kwietnia można interpretować jako czas intensywnej zmiany charakteru struktury cyrkulacji atmosferycznej nad Polską z zimowej na letnią, zaś drugą i początek trzeciej dekady listopada – czas intensywnej jej zmiany z letniej na zimową.

WNIOSKI

1. Wykorzystując kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej według Lityńskiego (Stępniewska-Podraźka 1991), podzielono rok, za pomocą zaproponowanej procedury, na 8 sezonów cyrkulacyjnych o różnej długości. Najdłuższy sezon liczył 118 dni (trwał od 26 lipca do 20 listopada), najkrótszy 10 dni (od 7 do 16 kwietnia). Zastosowana metoda ukazała okresy cyklu rocznego różniące się między sobą charakterem struktury występowania typów cyrkulacji atmosferycznej nad Polską w analizowanym 40-leciu, a także – jak wykazała opisana charakterystyka poszczególnych sezonów – widocznymi cechami dotyczącymi średnich wartości występowania nie tylko poszczególnych typów, ale ich grup (np. grup reprezentujących kierunki adwekcji).

2. Powtarzając kilkakrotnie procedurę badawczą (i zmieniając w niej wielkość zastosowanego filtru), otrzymano nieco różniące się obrazy. W wyniku ich zestawienia uznano, że granice między sezonami są pewnymi, trwającymi zwykle po kilka dni, okresami przejściowymi.

3. Wiosna – w czasie analizowanego 40-lecia – charakteryzowała się większą liczbą sezonów cyrkulacyjnych niż jesień. Na podstawie wcześniejszych badań (Nowosad 2000b, 2003) wydaje się to pewną cechą cyrkulacji atmosferycznej w tej części Europy. Analizując kilka okresów wieloletnich nad dorzeczem górnej Wisły, otrzymano podobne wyniki dla większości z nich.

4. W rocznym przebiegu struktury cyrkulacji atmosferycznej szczególnie zwróciła uwagę duża jej zmienność w pierwszej połowie kwietnia. Inne części cyklu rocznego o znacznej jej zmienności to połowa listopada, druga połowa czerwca, połowa lutego czy bardzo wyraźne, choć trwające krótko maksimum zmienności w końcu lipca. Zauważono też krótkie okresy o mniejszej zmienności struktury typów cyrkulacji. W analizowanych latach te ostatnie występowały w wybranych grupach dni w lipcu, sierpniu, wrześniu, październiku i grudniu.

5. Przy porównywaniu wyników dotyczących korzystania z kalendarza typów według Lityńskiego i kalendarza typów według Niedźwiedzia (mimo że założenia konstrukcyjne obu kalendarzy są różne) otrzymano szereg cech podobnych, charakteryzujących roczny cykl zróżnicowania cyrkulacji atmosferycznej.

6. Porównując wydzielone sezony z naturalnymi okresami synoptycznymi wydzielonymi przez Kaszewskiego (1983) – mimo że zarówno postępowania metodyczne, jak i analizowane lata różniły się – otrzymano w niektórych przypadkach pewne podobieństwa.

LITERATURA

- Kaszeński B. M. 1983: Próba wydzielenia naturalnych okresów synoptycznych na podstawie częstości typów cyrkulacji nad Polską. An attempt to distinguish natural seasons on the basis of frequency of circulation types over Poland. *Prz. Geofizyczny*, 18, 2: 195–207.
- Kaszeński B. M. 1989: Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej, cz. I. Typologie w makroskali. *Wiad. IMiGW*, 12(33), 3–4: 3–9.
- Kaszeński B. M. 1990: Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej, cz. II. Typologie w skalach lokalnej i regionalnej. *Wiad. IMiGW*, 13 (34), 1–4: 73–83.
- Kaszeński B. M. 1992: Typy cyrkulacji a typy pogody w Polsce. rozpr. hab. 42, UMCS, Wyd. BiNoZ, Lublin.
- Kożuchowski K. (red.) 2000: Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne. Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Lityński J. 1969: Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Prace PIHM*, 97: 3–14.
- Marek T. 1989: Analiza skupień w badaniach empirycznych. *Metody SAHN*. PWN, Warszawa.
- Miętus M. 1993: Lokalny wskaźnik cyrkulacji atmosferycznej nad południowym Bałtykiem w odniesieniu do wiatru i temperatury na polskim wybrzeżu. *Mat. Konf. Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Uniw. Szczeciński: 223–231.
- Miętus M. 1996: Zmienność lokalnej cyrkulacji atmosferycznej nad północną Polską i jej związek z elementami klimatu. *Wid. IMGW*, XIX (XL), 1: 9–30.
- Niedźwiedź T. 1981: Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. *UJ, rozpr. hab.* 58, Kraków.
- Niedźwiedź T. 1988: Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951–1985). *Prace Geogr. UJ*, 71: 37–86.
- Niedźwiedź T. 1992: Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1986–1990). *Prace Geogr. UJ*, 90: 71–78.
- Niedźwiedź T. 1993: Long-term variability of Murray-Lewis circulation indices (P, S, C, M) in Southern Poland. *Global Warming and contemporary climatic changes in Poland*, 34.
- Nowosad M. 1998: Annual Variability of Circulation Types: the Example of the Upper Vistula River Basin.
- Nowosad M. 1999: Próba określenia zmian sezonów cyrkulacyjnych w dorzeczu górnej Wisły. [W:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski*. Łódź: 195–198.
- Nowosad M. 2000a: Sezony cyrkulacyjne w dorzeczu górnej Wisły w okresie 1874–1998. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia* 31, Nauki matematyczno-przyrodnicze, 106: 201–214.
- Nowosad M. 2000b: An attempt to determine the changes of the circulation seasons presented upon the example of the upper Vistula river basin. *Prace Geogr. UJ*, 107: 391–396.
- Nowosad M. 2003: O sezonach cyrkulacyjnych na przykładzie dorzecza górnej Wisły. [W:] *Geograficzne aspekty globalizacji integracji europejskiej*. Polskie Towarzystwo Geograficzne – Oddział w Opolu, Uniwersytet Opolski, Opole: 95–99.
- Nowosad M. w druku: Z metodyki wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych. *Prace Geogr. UJ*, Kraków.
- Ogólna Grupa Zastosowań Państwowego Instytutu Matematycznego, 1951; *Taksonomia Wrocławska*. *Prz. Antropol.*, Poznań, 17: 193–211.
- Osuchowska-Klein B. 1973: Analiza rocznych przebiegów częstości występowania w Polsce makrotypów cyrkulacji atmosferycznej. *Prz. Geofiz.*, 18 (26), 3–4: 223–242.
- Osuchowska-Klein B. 1975: Progностyczne aspekty cyrkulacji atmosferycznej nad Polską. *Prace IMGW*, 7: 5–51.

- Parysek J. J. 1982: Modele klasyfikacji w geografii. Uniwersytet im. A. Mickiewicza, seria Geografia, nr 31, Poznań.
- Pawłowska J., Jankowska A., Pindor T. 2000: Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej według J. Lityńskiego (1991–1999). IMGW, Warszawa.
- Perkal J. 1953: Taksonomia wrocławska. *Prz. Antropol.*, Poznań, 19: 82–96.
- Stępniewska-Podraźka M. 1991: Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej (1951–1990). IMiGW, Warszawa.
- Ustrnul Z. 1996: Western Circulation over the Southern Poland Due to Different Sinoptic Pattern Classifications. *Prace Geogr. UJ*, 102: 233–239.
- Ustrnul Z. 1997: Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku. Variability of the atmospheric circulation on the northern hemisphere in the 20th century. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, seria Meteorologia, 27, Warszawa.
- Wibig J. 1990: Metody analizy klimatycznych szeregów czasowych. [W:] K. Kozuchowski (red.), *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*. Wydawnictwo UŁ, Łódź: 98–202.
- Wibig J. 2001: Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie. *Rozprawy habilitacyjne Uniwersytetu Łódzkiego*. Wydawnictwo UŁ, Łódź.
- Woś A. 1977: Zarys struktury sezonowej klimatu Niziny Wielkopolskiej i Pojezierza Pomorskiego. Uniwersytet im. A. Mickiewicza, seria Geografia, nr 15, Poznań.
- Woś A. 1996: Struktura sezonowa klimatu Polski. Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

SUMMARY

The separation of parts of the annual cycle with the similar features of the structure of frequency of appearance of circulation types over Poland is the aim of this paper. The calendar of circulation types by Lityński (Stępniewska-Podraźka 1991) was used. The method, which was prepared earlier (Nowosad 1998), was applied after performing some modifications. Eight circulation seasons were defined (with different duration):

From 21 Nov. to 5 Feb. (77 days). The NW direction occurred the most often among directions of air advections in this season.

From 6 to 23 Feb (18 days). Circulation from SE dominated decidedly in this season.

From 24 Feb. to 14 Mar. (19/20 days). The annual maximum of the frequency of air advection from the east appeared.

From 15 Mar. to 6 Apr. (23 days). The annual maximum of the frequency of appearance of circulation types SW_c, W_c, NW_c took place.

From 7 to 16 Apr (10 days). There was the annual maximum of the frequency of air circulation from SW direction.

From 17 Apr. to 23 June (68 days). The annual maximum of the frequency of air advection from NE direction took place in this season.

From 24 June to 25 July (32 days). Air advections from N and NW dominated in this period.

From 26 July to 20 Nov. (118 days). It was decidedly the longest season. The air advections from SW dominated then.

The number of seasons was greater in spring than in autumn. The similar differentiation was received after analysis of circulation seasons over the upper Vistula river basin (Nowosad 1998).

Large variability of the structure of atmospheric circulation in the first part of April was most conspicuous.