

SEZONY CYRKULACYJNE NAD POŁUDNIOWĄ POLSKĄ

„Możliwości pozyskiwania i «obróbki» danych są nieograniczone. Inwencja badacza polega na selekcji danych wyjściowych i na decyzji wyboru modelu o określonych możliwościach opisu rzeczywistego”.

B. Obrębska-Starkłowa (2000, s. 201)

Wstęp

Transport ciepła i wody za pomocą cyrkulacji atmosferycznej (i oceanicznej) określa się jako główne części składowe globalnego klimatu (Rhines 2004). Najistotniejszym czynnikiem decydującym o zmienności klimatu w naszych warunkach jest cyrkulacja atmosferyczna (Niedźwiedź, Obrębska-Starkłowa 1987). Jej rola zmienia się w cyklu rocznym – większa jest zimą niż latem.

Cyrkulacja, jako dynamiczny składnik środowiska geograficznego, jest fundamentem, na bazie którego analizowane mogą być poszczególne klimatyczne aspekty tego środowiska. Do cyrkulacji atmosferycznej nawiązują autorzy prac charakteryzujących warunki klimatyczne w różnych skalach przestrzenno-czasowych, a także analizujących powiązania między atmosferą a jej podłożem.

Szeroki przegląd typologii cyrkulacji atmosferycznej prezentowano w literaturze – zarówno zagranicznej (Barry, Perry 1973; Yarnal 1993; Tveito, Ustrnul 2003; Yarnal i in. 2001), jak i polskiej (Kaszewski 1989, 1990, 2001; Ustrnul 1997;

Wibig 2001). Przegląd zagadnień sezonowości rocznej był przedstawiony przez R.G. Barry'ego i A.H. Perry'ego (1973). Do tematyki tej nawiązał A. Woś (1996, 1999). O zmienności rocznej szeregu cech klimatu Polski traktuje monografia pod red. K. Kozuchowskiego (2000). Zestawiono porównanie sezonów definiowanych za pomocą różnych kryteriów (Alpert i in. 2004). Przedstawiano roczne przebiegi (z dokładnością do dnia) częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji bądź grup typów cyrkulacji (Hess, Brezowsky 1959; Osuchowska-Klein 1973; Kalnicky 1987; Gerstengarbe, Werner 1999; Nowosad 1998).

Do opisu cyrkulacji atmosferycznej nad Polską, obok analizowania poszczególnych typologii, od lat 90. wykorzystywano charakterystyki wiatru geostroficznego (Miętus 1993, 1996; Ustrnul 1997; Kozuchowski 2003a, b, 2004). A. Ewert (1995) zaproponował określenie wypadkowego kierunku cyrkulacji w każdej pentadzie roku.

Cel, materiał i metoda

Celem niniejszego opracowania jest wydzielenie okresów w roku o względnie podobnej strukturze (składzie) cyrkulacji atmosferycznej w południowej części Polski w wieloleciu 1951-1990 na podstawie kalendarza cyrkulacji atmosferycznej utworzonego wg zmodyfikowanej metody Z. Ustrnula (1997) dalej stosowany jest akronim zZU. Dane do jego utworzenia pochodzą z reanalizy NCEP/NCAR i dotyczą punktu gridowego 50°N, 20°E znajdującego się między Krakowem i Wieliczką. Jak napisał Z. Ustrnul (1997): „w skali mezosynoptycznej punkt ten dobrze charakteryzuje warunki cyrkulacyjne całego dorzecza górnej Wisły, które można utożsamiać z południową Polską”. Z. Ustrnul uwzględnił w typologii wektor wiatru geostroficznego, który był obliczany na podstawie wartości ciśnienia SLP. Natomiast w niniejszym opracowaniu wykorzystano składowe u-wind (strefowa) i v-wind (południkowa) wektora prędkości wiatru na poziomie 500 hPa¹. Dane z powierzchni 500 hPa były już podstawą do zdefiniowania klasyfikacji typów cyrkulacji nad Polską (Seweryńska 1978). Uważa się, że powierzchnia ta obejmuje obszar, w którym wiatr geostroficzny jest bardzo zbliżony do rzeczywistego kierunku adwekcji mas powietrza (Wibig 2001).

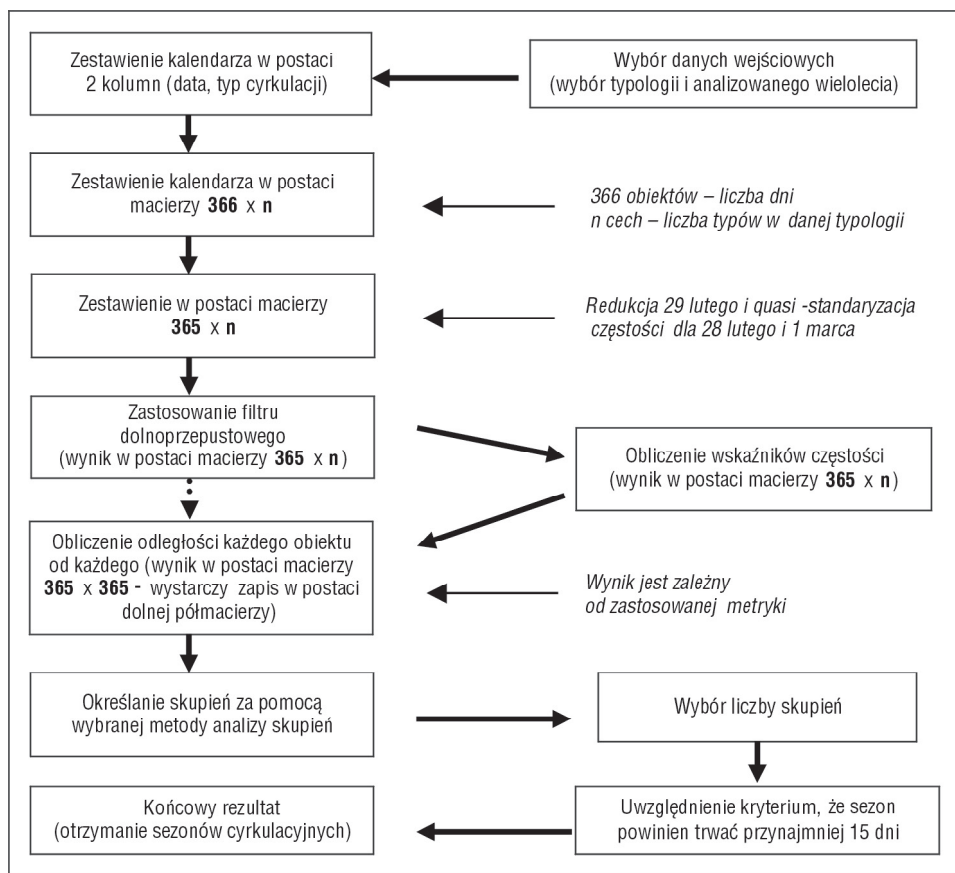
Typologia Z. Ustrnula (1997) obejmuje 18 typów: dziewięć, w których wartość ciśnienia SLP w analizowanym gridzie przekracza 1013,3 hPa oraz dziewięć, gdy wartość ta $\leq 1013,3$ hPa. Uzasadnienie zastosowania kryterium wartości (1013,3 hPa) dla rozróżnienia typu sytuacji barycznej przedstawiono wcześniej (Ustrnul 1997). Ciśnienie atmosferyczne SLP w gridzie 50° N, 20° E (z różnych baz danych) było porównywane z danymi ze stacji synoptycznej w Krakowie (Ustrnul 1997; Ustrnul i in. 2000). W niniejszym opracowaniu poszczególnym typom cyrkulacji przypisano

¹ Składowa *u* – równoleżnikowa (dodatnia przy napływie z sektora zachodniego), *v* – południkowa (dodatnia przy napływie z sektora południowego).

indeksy „ W ” (wysokie), „ N ” (niskie), „rezerwując” indeksy „ A ” oraz „ C ” do klasyfikacji wykorzystujących typ układu barycznego, a nie konkretną wartość ciśnienia. Szesnaście typów cyrkulacji reprezentuje adwekcje powietrza z 8 kierunków (gdy prędkość wiatru przekracza 2 m/s), zaś dwa typy – sytuacje bezadwekcyjne ($v \leq 2$ m/s). Klasyfikacja zZU może być zaliczona do grupy typologii obiektywnych.

Codziennie charakterystyki cyrkulacji atmosferycznej, określone za pomocą tak utworzonego kalendarza są podstawą do wydzielenia okresów w cyklu rocznym charakteryzujących się wewnątrz siebie względnym podobieństwem struktury cyrkulacji atmosferycznej, a różniących się od struktur występujących w innych sezonach.

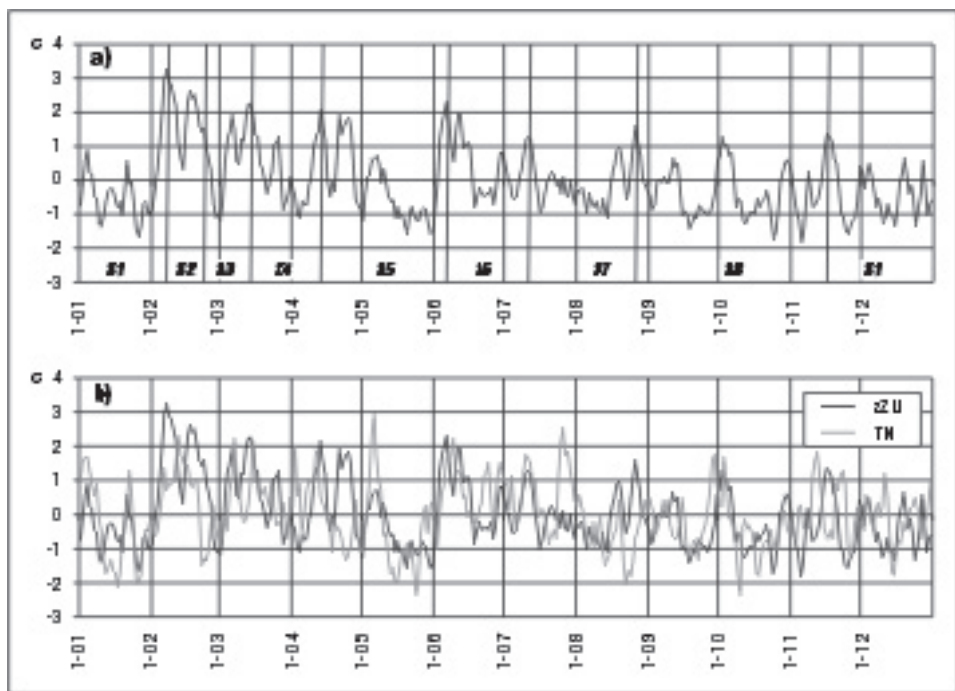
Do wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych zastosowano algorytm przedstawiony na ryc. 1. Jako krok „zastosowanie filtra dolnoprzepustowego” wy-



Ryc. 1. Algorytm wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych

Fig. 1. The algorithm to distinguish the circulation seasons

korzystano filtr trójkątny 15-elementowy oraz uwzględniono krok „obliczanie wskaźników częstości” (stosowanie łącznie obu tych kroków bywa niekiedy dyskutowane). Wybór ten podyktowany został chęcią porównywalności wyników z rezultatami otrzymanymi przy wykorzystaniu typologii T. Niedźwiedzia (dalej stosowany będzie akronim TN (Nowosad 1998). Odległości między poszczególnymi dniami roku obliczono za pomocą metryki Manhattan. Miara podobieństwa, określana za pomocą tej formuły, nazywana jest miarą Czekanowskiego (Jokiel, Kostrubiec 1981). Do wydzielenia sezonów wybrano jedną z metod analizy skupień – metodę najmniejszych połączeń („dendrytu wrocławskiego”). Używana była w klimatologii m.in. do wydzielenia sezonów klimatycznych



Ryc. 2. Standaryzowane odległości między sąsiednimi dniami roku (1951-1990) określone na podstawie struktury występowania typów cyrkulacji atmosferycznej: a) według zmodyfikowanej klasyfikacji Z. Ustrnula (zZU), b) wg klasyfikacji T. Niedźwiedzia (TN) i zmodyfikowanej Z. Ustrnula (zZU). Grube linie pionowe w części a) oznaczają granice między sezonami cyrkulacyjnymi

Fig. 2. The standardised distances between neighbouring days of year (1951-1990) defined on the basis of the structure of the atmospheric circulation types: a) according to modified by classification Z. Ustrnul (zZU), b) according to the classification T. Niedźwiedź (TN) and the modified classification by Z. Ustrnul (zZU). The borders between circulation seasons were marked by thick lines in part a)

(Woś 1977, 1996) czy do wydzielenia grup lat o charakterystycznych warunkach termicznych w okresach od maja do września w 18 stacjach w Środkowej Europie (Gerstengarbe, Werner 1992).

Stosując wcześniej filtr dolnoprzepustowy kilkunastoelementowy (tu – 15 el.) otrzymuje się w czasie grupowania połączenia tylko między sąsiednimi dniami (Nowosad 2004). Cecha ta pozwoliła na przedstawienie obrazów odległości w postaci wykresu (ryc. 2). Dla porównania zestawiono analogiczne odległości otrzymane przy zastosowaniu typologii TN (ryc. 2b).

Wydzielając sezony cyrkulacyjne przyjęto ich liczbę – podobnie jak we wcześniejszych pracach (Nowosad 1998, 2004) – jako 8. Natomiast jako kryterium minimalnej długości sezonu przyjęto za Wosiem (1977, 1996) 15 dni.

Ogólne porównanie typologii obiektywnej i subiektywnej

W literaturze spotykane są porównania różnych typologii cyrkulacji między sobą (Jones i in. 1993; El-Kadi, Smithson 1996; Huth 1996; Buishand, Brandsma 1997; Ustrnul 1996; Stehlik, Bardossy 2003; Anagnostopoulou i in. 2004).

W niniejszym opracowaniu kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej, utworzony wg zZU (typologia obiektywna), porównano z kalendarzem opracowanym i opublikowanym przez T. Niedźwiedzia (1988, 1992). Klasyfikację TN, zaliczaną do typologii na podstawie map dolnych wśród subiektywnych systemów klasyfikacji (Kaszewski 1990), określano jako klasyfikację mezoskalową (Ustrnul 1996). Typologia cyrkulacji T. Niedźwiedzia jest szeroko stosowana do opracowań klimatycznych nad południową Polską (Niedźwiedź 1981, 2003; Niedźwiedź i in. 1994). Szereg opracowań wykorzystujących tę typologię dotyczy temperatury powietrza (Obrębska-Starkłowa 1995, 2001, 2002; Obrębska-Starkłowa, Trepiańska 1996; Obrębska-Starkłowa i in. 1997), wilgotności powietrza (Obrębska-Starkłowa 1995), wybranych charakterystyk bioklimatycznych /entalpia/ (Obrębska-Starkłowa 1984), wybranych faz fenologicznych rozwoju roślin (Obrębska-Starkłowa 1977) oraz szeregu elementów meteorologicznych.

Charakteryzując cały okres roczny nad południową Polskę można zauważyć, że dominującym kierunkiem adwekcji powietrza jest zachód. Napływ powietrza z tego kierunku na poziomie 500 hPa wystąpił w 40-leciu 1951-1990 w czasie 26,8% (tab. 1, ostatnia kolumna). Natomiast wg typologii TN (wykorzystującej mapy dolne) w 19,5% dni. Zróżnicowanie między analizowanymi typologiami okazało się większe przy porównywaniu częstości napływu powietrza z kwadrantu zachodniego – wg TN w 36,2% dni wystąpiła adwekcja z kierunków od SW do NW, zaś wg zZU – aż w 65,2% dni. Warto przypomnieć, że T. Niedźwiedź (1981), porównując sytuacje synoptyczne na poziomie 700 hPa z sytuacjami na poziomie morza, zauważył, że „na wysokości około 3000 m ulega znacznemu zwiększeniu częstość występowania zachodniego kierunku adwekcji powietrza. Natomiast prawie wcale nie zaznaczają się sytuacje wschodnie, które szczególnie w przypadku wyżów tak często występowały na mapach dolnych”.

Tab. 1. Częstość występowania (w %) poszczególnych typów cyrkulacji wg zmodyfikowanej klasyfikacji Z. Ustrnula (zZU) w czasie poszczególnych sezonów cyrkulacyjnych nad południową Polską (1951–1990)

Tab. 1. The frequency of occurrence (%) of the particular circulation types according to the modified classification by Z. Ustrnul (zZU) during the circulation seasons over southern Poland (1951–1990)

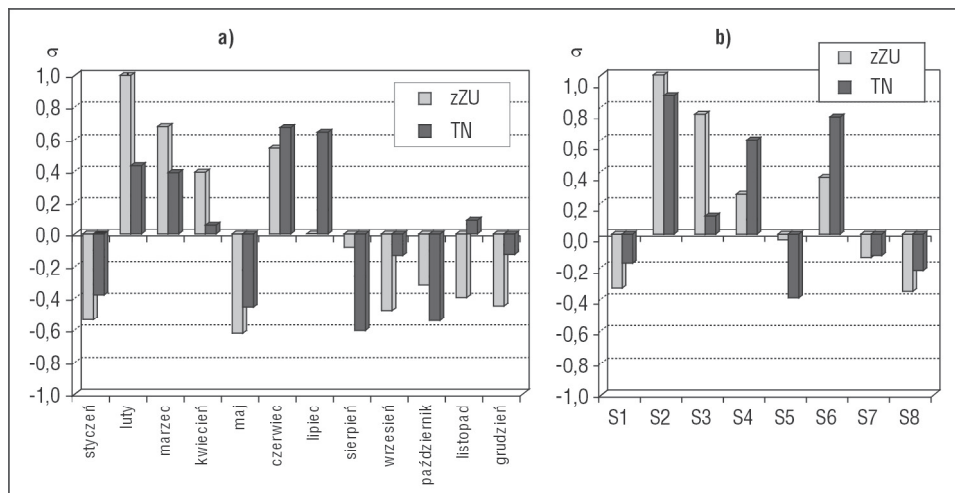
	17 XI - 7 II	8 II - 23 II	24 II - 14 III	15 III - 13 IV	14 IV - 6 V	7 V - 11 VI	12 VI - 26 VII	27 VII - 16 XI	Rok / Year
N_W	12,4	9,5	14,5	7,8	9,2	9,9	7,6	10,7	10,3
NE_W	5,7	7,2	7,4	3,8	4,9	4,4	3,4	4,1	4,8
E_W	2,7	5,0	6,2	3,6	3,8	2,6	1,8	2,6	3,1
SE_W	3,2	3,9	4,8	3,6	3,0	1,4	1,5	3,1	2,9
S_W	3,4	4,2	5,7	2,9	3,4	1,9	2,2	3,9	3,3
SW_W	7,3	5,8	6,6	7,4	7,1	6,7	6,1	9,6	7,5
W_W	14,0	9,4	9,2	11,6	11,5	12,6	16,7	17,7	14,0
NW_W	16,0	11,3	15,3	10,3	10,1	12,8	16,3	19,1	14,8
B_W	1,1	0,6	1,3	0,8	2,2	1,9	2,0	1,2	1,4
N_N	0,5	1,3	0,6	0,4	1,2	2,4	1,4	0,3	0,9
NE_N	0,1	0,0	0,4	0,3	1,4	1,5	1,5	0,2	0,7
E_N	0,3	0,6	0,6	0,8	1,9	1,2	1,3	0,3	0,8
SE_N	0,8	1,9	0,8	1,9	4,3	2,9	2,0	0,9	1,8
S_N	3,0	4,4	2,2	4,9	7,0	5,6	3,8	3,8	4,3
SW_N	10,3	12,3	7,9	14,9	13,5	11,9	12,4	10,7	11,6
W_N	14,1	17,0	10,8	18,5	10,7	13,4	14,9	9,0	12,8
NW_N	5,2	5,5	5,2	5,7	3,8	6,1	4,1	2,7	4,4
B_N	0,0	0,2	0,3	0,9	1,0	0,7	1,1	0,2	0,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Roczny udział sytuacji antycyklonalnych i cyklonalnych (na podstawie map dolnych – typologia TN) był zbliżony (odpowiednio 49,2 i 48,5%), natomiast wartości ciśnienia SLP większe od 1013,3 hPa (zZU) stanowiły 62,2% wszystkich dni. Sytuacje z adwekcją z określonego kierunku występowały w 77,7% dni (TN), zaś na poziomie 500 hPa sytuacje adwekcyjne w aż 98,1% dni.

Roczne zróżnicowanie zmian struktury występujących typów cyrkulacji atmosferycznej

Przebieg roczny zróżnicowania zmian struktury (określonych przez odległości między poszczególnymi dniami) typów cyrkulacji zZU przedstawiono na ryc. 2, zaś porównanie tego przebiegu z analogicznym przebiegiem wg TN na ryc. 2b. Zauważono, że w wybranych częściach cyklu rocznego przebiegi mają podobne tendencje. Zwraca uwagę zwiększone zróżnicowanie struktury typów (odpowiadają temu większe wartości na wykresie) na podstawie obu typologii w znacznej części lutego, w początku czerwca oraz w wybranych dniach marca, kwietnia, maja, lipca, a także na przełomie września i października. Natomiast zmniejszone zróżnicowanie struktury wystąpiło w drugiej połowie maja. Największe wartości zróżnicowania struktury typów cyrkulacji wg zZU zanotowano w lutym – od 6 do 12 lutego oraz od 16 do 21 lutego – przekraczały one wtedy 2 odchylenia standardowe [σ] (ryc. 2). Natomiast największa analogiczna wartość wg TN wyniosła prawie 3 σ między 6 a 7 maja oraz ponad 2,5 σ między 26 a 27 lipca.

Zróżnicowanie wielkości zmian w poszczególnych miesiącach (analizowanej struktury) przedstawiono na ryc. 3a. Biorąc pod uwagę zZU, największe zmiany struktury typów cyrkulacji atmosferycznej wystąpiły w lutym, marcu, czerwcu i kwietniu, a najmniejsze w maju oraz w okresie od września do stycznia. Natomiast



Ryc. 3. Średnie standaryzowane zróżnicowanie struktury typów cyrkulacji atmosferycznej między sąsiednimi dniami roku (1951-1990) w poszczególnych: a) miesiącach, b) sezonach cyrkulacyjnych

Fig. 3. The average standarisated differentiation of the structure of atmospheric circulation types between neighbouring days of year (1951-1990) in individual: a) months, b) the circulation seasons

wg TN - największe w czerwcu, lipcu, lutym i marcu, zaś najmniejsze w sierpniu, październiku, maju i styczniu. Zwraca uwagę synchroniczność zróżnicowania wg obu typologii w czasie większości miesięcy. Miesiące od lutego do kwietnia cechują się większym zróżnicowaniem struktury występujących typów cyrkulacji w porównaniu do okresu od sierpnia do stycznia. Powyższe uogólnienia określone dla stałych przedziałów czasowych, jakimi są miesiące, zostają niżej uzupełnione o charakterystyki powstałe na podstawie szczegółowej analizy z dokładnością do dni.

Charakterystyka sezonów cyrkulacyjnych

Za pomocą opisaną wcześniej metody wydzielono, na podstawie zZU, następujące sezony cyrkulacyjne nad południową Polską (ryc. 2a):

S1 od 17 listopada do 7 lutego	83 dni,
S2 od 8 do 23 lutego	16 dni,
S3 od 24 lutego do 14 marca	19 (20 w roku przestępnym) dni,
S4 od 15 marca do 13 kwietnia	30 dni,
S5 od 14 kwietnia do 6 czerwca	54 dni,
S6 od 7 czerwca do 11 lipca	35 dni,
S7 od 12 lipca do 26 sierpnia	46 dni,
S8 od 27 sierpnia do 16 listopada	82 dni.

Wyróżnione sezony cechują się różną długością trwania - od 16 do 83 dni. Większa liczba sezonów wiosną w porównaniu do jesieni świadczyć może o większej zmienności struktury typów cyrkulacji wiosną (z wyjątkiem maja - por. ryc. 2).

S1 17 listopada - 7 lutego

W czasie najdłuższego ze wszystkich sezonów (83 dni) przeważający kierunek adwekcji górnej (zachodni) występuje nieco częściej niż średnio w roku (28,1% w porównaniu do 26,8% - tab. 1). Natomiast w tym czasie adwekcja dolna z zachodu (wg typologii TN) osiąga wyraźne maksimum roczne (29,2% w porównaniu do średniego rocznego udziału równego 19,4%). Sezon ten jest zbliżony do sezonu „zima” wydzielonego na podstawie typologii TN (Nowosad 1998).

S2 8 - 23 lutego

W okresie tym występuje największe spośród sezonów zróżnicowanie struktury typów cyrkulacji (ryc. 2a, 3b). Suma wszystkich sytuacji z adwekcją z określonego kierunku osiąga roczne maksimum, zarówno na poziomie 500 hPa (zZU) - 99,2%, jak i określana na podstawie map dolnych (TN) - 81,7%.

S3 24 lutego - 14 marca

Adwekcje górne z każdego z kierunków: N, NE i E osiągają w sezonie S3 swoje maksima roczne (łącznie ich udział 29,9%), zaś z adwekcji dolnych - zarówno z E (13,5%), jak i z SE (11,7%). Minima roczne osiągają adwekcje górne z SW oraz W (tab. 1).

S4 15 marca - 13 kwietnia

W sezonie tym, podobnie jak w sezonie S6, znaczne jest zróżnicowanie struktury typów cyrkulacji i jest ono relatywnie większe wg typologii TN w porównaniu do określonego na podstawie zZU (ryc. 3b). Roczne maksima (wg obu typologii) osiąga częstość adwekcji z SW, zaś minima z N. Występują minima częstości typów antycyklonalnych (TN) oraz reprezentujących ciśnienie SLP ponad 1013,3 hPa (zZU).

S5 14 kwietnia – 6 czerwca

W czasie tego sezonu notuje się roczne maksima sytuacji bezadwekcyjnych na powierzchni 500 hPa (3,1%), adwekcji górnej z S (10,5%) oraz z SE (7,3%), zaś minimum z NW (tab. 1). Adwekcja dolna charakteryzuje się rocznym maksimum kierunku NE (9,6%). W czasie sezonu S5 występuje roczne minimum dolnej adwekcji z W (7,7%), co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami T. Niedźwiedzia (1988), M. Hessa i in. (1989), M. Nowosada (1998) i K. Kozuchowskiego (2003a, 2004).

S6 7 czerwca – 11 lipca

Swoje roczne maksimum osiąga typ $N_{N'}$, zaś minima – typy SE_W i S_W (klasyfikacja zZU - tab. 1). Roczne minima częstości występowania dolnej adwekcji cechują każdy z 4 kierunków od E po SW. W sezonie S6 występuje roczne maksimum dolnej adwekcji zarówno z N, jak i z NW. Jest to zgodne ze zdaniem J. Lityńskiego (1969), który zauważył, że latem składowa południowa cyrkulacji dominuje nad północną.

S7 12 lipca – 26 sierpnia

W czasie sezonu S7 występuje na powierzchni 500 hPa roczne maksimum częstości napływu powietrza z W (31,7%), zaś minima z SE (3,5%) oraz z S (5,9%). Analizując typologię TN, można zauważyć roczne maksimum częstości występowania sytuacji antycyklonalnych bez wyraźnej adwekcji ($C_A + K_A$). Łączny udział tych dwóch typów wyniósł 17,5%.

S8 27 sierpnia – 16 listopada

W czasie tego bardzo długiego sezonu (82 dni) roczne maksima osiągają częstości występowania typów antycyklonalnych (TN – 55,6%) oraz ciśnienia powyżej 1013,3 hPa (72,0%). Na powierzchni 500 hPa notuje się roczne maksimum częstości występowania adwekcji z NW (21,8%), zaś minima adwekcji z NE (4,2%) oraz z E (2,9%).

Przedstawiony powyżej podział roku na sezony cyrkulacyjne różni się oczywiście nieco od podziału zaproponowanego wcześniej na podstawie typologii TN (Nowosad 1998). Obok podstawowej różnicy, jaką jest inna źródłowa typologia, inne było też kryterium minimalnej długości sezonu (tylko 5 dni). Po wprowadzeniu kryterium 15 dni do podziału opisanego w 1998 r. połączeniu uległy sezony B i C, zaś podsezony H1 i H2 określono jako sezony (Nowosad 1998). Po tej korekcie sezony otrzymane na podstawie klasyfikacji TN przedstawiają się następująco: od 13 listopada do 12 lutego, od 13 lutego do 7 marca, od 8 marca do 2 kwietnia, od 3 kwietnia do 6 maja, od 7 maja do 9 czerwca, od 10 czerwca do 26 lipca, od 27 lipca do 29 września i od 30 września do 12 listopada.

Podziały roku na sezony cyrkulacyjne przeprowadzone na podstawie różnych typologii źródłowych (TN oraz zZU) mają wiodącą wspólną cechę: w czasie prawie 4 miesięcy od 8/13 lutego do 6/9 czerwca występują 4 sezony cyrkulacyjne; natomiast w czasie pozostałych ponad 8 miesięcy – pozostałe 4 sezony. Ta asymetria roczna zmienności struktury typów cyrkulacji jest ukazana na ryc. 2 i 3.

Wnioski

1. W pracy wydzielono, przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody Z. Ustrnula (zZU), osiem sezonów cyrkulacyjnych. Modyfikacja polegała na zastąpieniu obliczania wiatru geostroficznego na podstawie wartości ciśnienia SLP danymi u-wind i v-wind z poziomu 500 hPa z reanalizy NCEP/NCAR. Wydzielone sezony cyrkulacyjne cechują się zróżnicowanym czasem trwania, od 16 dni (od 8 do 23 lutego) do 83 dni (od 17 listopada do 7 lutego). Każdy z tych sezonów posiada swoiste cechy.
2. Roczne przebiegi zróżnicowania struktury typów cyrkulacji opracowane zarówno na podstawie klasyfikacji subiektywnej (T. Niedźwiedzia – TN), jak i obiektywnej (zZU), posiadają w czasie wybranych ciągów dni podobny charakter. Standaryzowane przebiegi osiągają dodatnie wartości m. in. w znacznej części lutego, zaś ujemne (te ostatnie informują o większym podobieństwie struktury typów między sąsiednimi dniami cyklu rocznego) m. in. w drugiej połowie maja (ryc. 2b).
3. Niektóre z cech cyrkulacji atmosferycznej nad południową Polską w wybranych sezonach są widoczne synchronicznie w obu typologiach (maksima adwekcji z E w sezonie S3, z SW w sezonie S4, maksimum częstości występowania sytuacji adwekcyjnych w czasie S2 czy minimum adwekcji z N w sezonie S4).
4. Przewaga dodatnich wartości wśród standaryzowanych odległości między sąsiednimi dniami (obrazującymi duże zróżnicowanie zmian struktury typów cyrkulacji atmosferycznej) występuje w sezonach S2, S3, S4 (łącznie w okresie od 8 lutego do 13 kwietnia) i S6. Natomiast sezony S7, S8, S1 (łącznie okres od 12 lipca do 7 lutego) i S5 cechują się mniejszym zróżnicowaniem tej struktury (ryc. 3). Związane jest z tym wydzielenie (niezależnie wg typologii TN oraz wg zZU) aż czterech sezonów w okresie od 8/13 lutego do 6/9 czerwca oraz pozostałych 4 sezonów w czasie pozostałych ponad 8 miesięcy roku.

Podziękowania

Autor dziękuje prof. dr hab. B.M. Kaszewskiemu i mgr K. Siwkowi za przydatne rady na temat stosowanej metody. Jestem także wdzięczny mgr M. Maroszowi i dr A. Wyszowskiemu z Katedry Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Gdańskiego za udostępnienie danych gridowych.

LITERATURA

- Alpert P., Osetinsky I., Ziv B., Shafir H., 2004, *A new seasons definition based on classified daily synoptic systems: an example for the eastern Mediterranean*, *International Journal of Climatology*, 24, 1013-1021.
- Anagnostopoulou C., Flocas H., Maheras P., Patrikas I., 2004, *Relationship between atmospheric circulation types over Greece and western-central Europe during the period 1958-97*, *International Journal of Climatology*, 24, 1745-1758.
- Barry R.G., Perry A. H., 1973, *Synoptic climatology. Methods and Applications*, Methuen & Co Ltd, London, ss. 555.
- Buishand T.A., Brandsma T., 1997, *Comparison of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands*, *International Journal of Climatology*, 17, 875-889.
- El-Kadi A.K., Smithson P.A., 1996, *An automated classification of pressure patterns over the British Isles*, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21, 1, 141-156
- Ewert A., 1995, *O podziałach roku na pory i sezony klimatyczne w Polsce*, *Człowiek a środowisko*, 44. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Oddział Toruński PTG, 154-157.
- Gerstengarbe F.W., Werner P.C., 1992, *The time structure of extreme summers in Central Europe between 1901 and 1980*, *Meteorologische Zeitschrift*, N.F., 1, 6, 285-289.
- Gerstengarbe F.W., Werner P.C., 1999, *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-1998) nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky*, Potsdam, Offenbach a. M., <http://www.pik-potsdam.de/~uwerner/gwl/welcome.htm>
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1989, *Bioclimatic relationships in the area of the Cracow Agglomeration*, [w:] H. Förster, B. Kortus (ed.), *Sozialgeographische Probleme der Agglomerationen von Krakau und Oberschlesien*, Paderborn, 10-47.
- Hess P., Brezowsky H., 1959, *Katalog typów cyrkulacji dla Europy (tłum. Z. Lityńska)*, *Biuletyn PIHM*, 8, 5-99.
- Huth R., 1996, *An intercomparison of computer-assisted circulation classification methods*, *International Journal of Climatology*, 16, 893-922.
- Jokiel B., Kostrubiec B., 1981, *Statystyka z elementami matematyki dla geografów*, PWN, Warszawa, ss. 300.
- Jones P.D., Hulme M., Briffa K.R., 1993, *A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme*, *International Journal of Climatology*, 13, 655-663.
- Kalnicky R.A., 1987, *Seasons, Singularities, and Climatic Changes over the Midlatitudes of the Northern Hemisphere during 1899-1969*, *Journal Climate and Applied Meteorology*, 26, 1496-1510.
- Kaszewski B.M., 1989, *Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej*, [w:] I, *Typologie w mikroskali*, *Wiadomości IMGW*, 12, 33, Warszawa, 3-4, 3-9.
- Kaszewski B.M., 1990, *Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej*, [w:] II: *Typologie w skalach lokalnej i regionalnej*, *Wiadomości IMGW*, 13, 34, Warszawa, 1-4, 73-83.
- Kaszewski B.M., 2001, *Wykorzystanie typologii cyrkulacji atmosfery w badaniach klimatologicznych*, *Uniwersytet Gdański, Rocznik Fizyczno-Geograficzny*, 6, 13-26.

- Kożuchowski K. (red.), 2000, *Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne*, Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kożuchowski K., 2003a, *Cyrkulacyjne czynniki klimatu Polski*, Czasopismo Geograficzne, 74, Wrocław, 1-2, 93-105.
- Kożuchowski K., 2003b, *Some Aspects of the Contemporary Climatic Changes in Poland*, Studia Geograficzne, 75, Acta Universitatis Wratislaviensis, 2542, 67-77.
- Kożuchowski K., 2004, *Cyrkulacja atmosferyczna nad Polską i jej wpływ na warunki klimatyczne*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii UŁ, Łódź, 69-87.
- Lityński J., 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*, Prace PIHM, 97, 3-15.
- Miętus M., 1993, *Lokalny wskaźnik cyrkulacji atmosferycznej nad południowym Bałtykiem w odniesieniu do wiatru i temperatury na polskim wybrzeżu*, [w:] *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce – Contemporary Climatic Change*, Uniwersytet Szczeciński, 223-231.
- Miętus M., 1996, *Zmienność lokalnej cyrkulacji atmosferycznej nad północną Polską i jej związek z elementami klimatu*, Wiadomości IMGW, Warszawa, 19, 1, 9-30.
- Niedźwiedz T., 1981, *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy Habilitacyjne, Uniwersytet Jagielloński, 58, ss. 165.
- Niedźwiedz T., 1988, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951-1985)*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 71, 37-86.
- Niedźwiedz T., 1992, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1986-1990)*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 90, 71-78.
- Niedźwiedz T., 2003, *Variability of Atmospheric Circulation in Southern Poland in the 20th Century*, Studia Geograficzne, 75, Acta Universitatis Wratislaviensis, 2542, 230-240.
- Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1987, *Stan i wyniki badań z zakresu klimatologii w ośrodku krakowskim*, Folia Geographica, series Geographica-Physica, 19, 33-63.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., Cebulak E., Limanówka D., 1994, *Long-term climate variations in Southern Poland due to atmospheric variability*, [in:] R. Heino (ed.), *Climate Variations in Europe*, Publications of the Academy of Finland, Helsinki, 3/94, 263-277.
- Nowosad M., 1998, *Annual Variability of Circulation Types: the Example of the Upper Vistula River Basin*, Wydawnictwa UMCS, Lublin, ss. 70.
- Nowosad M., 2004, *Z metodyki wydzielenia sezonów cyrkulacyjnych*, [w:] A. Bokwa, Z. Ustrnul (red.), *Zastosowanie wybranych metod statystycznych w klimatologii*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 101-120.
- Obrębska-Starkłowa B., 1977, *Typologia i regionalizacja fenologiczno-klimatyczna na przykładzie dorzecza górnej Wisły*, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 11, ss. 235.
- Obrębska-Starkłowa B., 1984, *Bioklimaticzeskije ustowija goroda Krakowa*, [w:] *Mikroklimat i mezoklimat gorodskich aglomeracji*, Sbornik Miedzunarodnoj Konferenciji Kafedry Geografii, Brno, 125-130.

- Obreńska-Starkłowa B., 1995, *Differentiation of topoclimatic conditions in a Carpathian foreland valley based on multiannual observations*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 101, ss. 110.
- Obreńska-Starkłowa B., 2000, *Refleksje dotyczące rozwoju klimatologii*, [w:] B. Kortus, A. Jackowski, K. Krzemień (red.), *Geografia w Uniwersytecie Jagiellońskim 1849-1999*, 5, Kraków, Instytut Geografii UJ, 199-203.
- Obreńska-Starkłowa B., 2001, *Wpływ zmian użytkowania ziemi w dolinie Raby na warunki termiczne zbiorowiska leśnego Tilio-Carpinetum*, *Dokumentacja Geograficzna, PAN*, 23, 59-73.
- Obreńska-Starkłowa B., 2002, *Influence of the water reservoir on the transformation of the ecoclimate of the Foothill Oak-Horbeam forest Tilio-Carpinetum in Gaik-Brzezowa*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 109, 111-197.
- Obreńska-Starkłowa B., Trepińska J., 1996, *On the transformation of local climate in the upland valley under the human impact*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 102, 465-472.
- Obreńska-Starkłowa B., Trepińska J., Rauczyńska-Olecka D., Piotrowicz K., 1997, *Changes in air temperature on local scale in the Carpathian foothills in relation to the global warming of climate at the end of 20th*, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1950, *Prace Instytutu Geografii*, 100, 4, 23-26.
- Osuchowska-Klein B., 1973, *Analiza rocznych przebiegów częstości występowania w Polsce makrotypów cyrkulacji atmosferycznej*, *Przegląd Geofizyczny*, 18 (26), 3-4, 223-241.
- Rhines P.B., 2004, *Ocean Circulation and its Influence on Climate*, XXI International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Warsaw,
http://fluid.ippt.gov.pl/ictam04/text/sessions/docs/SL14/12781/SL14_12781.pdf
- Seweryńska H., 1978, *Związek między polem geopotencjału powierzchni 500 mb a temperaturą w Polsce*, *Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia*, ss. 35.
- Stehlík J., Bardossy A., 2003, *Statistical comparison of European circulation patterns and development of a continental scale classification*, *Theoretical and Applied Climatology*, 76, 31-46.
- Tveito O.E., Ustrnul Z., 2003, *A review of the use of large-scale atmospheric circulation classification in spatial climatology*, COST-719 „The use of geographical information systems in climatology and meteorology”, Report 10/03 KLIMA, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, <http://cost719.met.no/papers/CP-methods.pdf>
- Ustrnul Z., 1996, *Western Circulation over the Southern Poland Due to Different Synoptic Pattern Classifications*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 102, 233-239.
- Ustrnul Z., 1997, *Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, *Materiały Badawcze, Meteorologia*, 27, ss. 208.
- Ustrnul Z., Niedźwiedz T., Barring L., 2000, *Experience with the homogenization of pressure data in Poland*, Third seminar for homogenization and quality control in climatological databases, Budapest,
<http://omsz.met.hu/ismeretterjesztes/rendezvenyek/homogen3/ustrnul.html>
- Wibig J., 2001, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*, *Rozprawy Habilitacyjne Uniwersytetu Łódzkiego*, Łódź, ss. 208.

- Woś A., 1977, *Zarys struktury sezonowej klimatu Niziny Wielkopolskiej i Pojezierza Pomorskiego*, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań, Seria Geograficzna, 15, ss. 89.
- Woś A., 1996, *Struktura sezonowa klimatu Polski*, Bogucki – Wydawnictwo Naukowe, Poznań, ss. 146.
- Woś A., 1999, *Klimat Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 302.
- Yarnal B., 1993, *Synoptic climatology in environmental analysis, A Primer*. Belhaven Press, London-Florida, ss. 195.
- Yarnal B., Combrie A.C., Frakes B., Brown D.P., 2001, *Developments and prospects in synoptic climatology*, International Journal of Climatology, 21, 1923-1950.

CIRCULATION SEASONS OVER SOUTHERN POLAND

SUMMARY

The data from NCEP/NCAR reanalysis from the grid 50°N 20°E were used as the material for the present study. The calendar of atmospheric circulation was created using the source method of Z. Ustrnul (1997) with modification. Modification consisted of the replacement of the calculation of geostrophic wind vector on the basis of values of atmospheric pressure SLP, by data u-wind and v-wind from isobaric surface 500 hPa.

The circulation seasons were distinguished on the basis of so constructed calendar of circulation types according to the method published earlier (Nowosad 1998). The assumption that a season should last at least 15 days was accepted after A. Woś (1977, 1996). Eight circulation seasons of different length (from 16 till 83 days) were distinguished:

- | | |
|------------------------------------|---|
| S1 from 17 November to 7 February, | S2 from 8 till 23 February, |
| S3 from 24 February till 14 March, | S4 from 15 March to 13 April, |
| S5 from 14 April to 6 June, | S6 from 7 June till 11 July, |
| S7 from 12 July to 26 August, | S8 from 27 August to 16 November (fig. 2a). |

Each of them possesses the special features.

The annual course of the variability of atmospheric circulation types structure according the modified method of Z. Ustrnul (zZU) were compared with the course of circulation types according to T. Niedźwiedź typology (1988, 1992). The standardised courses of circulation types, structure variability (both on basis of T. Niedźwiedź subjective classification – TN, and the objective one – zZU) show the similar character during some sequences of days. They achieve positive values e.g. in considerable part of February, while negative in second half of May (fig. 2b). The positive values prevail in seasons S2, S3, S4 (together in the period from 8 February till 13 April) and S6, while negative ones in S7, S8, S1 (together in the period since 12 July to 7 February) and S5 (fig. 3). It is connected with defining (independently according to typology TN as well as according to zZU) of four seasons in the period from 8/13 February till 6/9 June as well as the remaining 4 seasons in the 8 months of year left. Some of the features

of atmospheric circulation over southern Poland in some circulation seasons are visible in both typologies synchronically (TN, zZU) – the maxima of advection from E in season S3, from SW in season S4, maximum frequency of advection situations occurrence in S2 and the minimum of advection from N in season S4.