

JAROSŁAW BOGUCKI

TYPY CYRKULACJI ATMOSFERY W POZNANIU

ZARYS TREŚCI

W opracowaniu przedstawiono wnioski z przeglądu wybranych typologii cyrkulacji atmosfery, formułując postulaty dotyczące metod klasyfikacji cyrkulacji. Wynika z nich zaproponowana metoda klasyfikacji cyrkulacji w skali regionalnej, oparta na wartościach średniego dobowego kierunku wiatru i ciśnienia atmosferycznego. Podano przykładową charakterystykę cyrkulacji atmosfery dla danych ze stacji Poznań-Ławica. Omówiono częstości i przebieg roczny poszczególnych typów cyrkulacji.

WPROWADZENIE

Cyrkulacja atmosfery jest jednym z głównych procesów klimatotwórczych. Ruchy atmosfery, obok wymiany energii, kształtują pogodę, a ich charakterystyczne, okresowe zmiany, reżim pogód, określający w okresie wieloletnim klimat poszczególnych obszarów. Poznanie cech cyrkulacji atmosfery i ich związku z elementami meteorologicznymi jest więc jednym z podstawowych zadań w badaniach genezy klimatu.

W badaniach klimatu metodami klimatologii synoptycznej wyróżnia się dwa etapy: opracowanie katalogu typów cyrkulacji oraz określenie związku pogody i jej elementów z wydzielonymi typami. Klasyfikacje typów cyrkulacji są bardzo zróżnicowane metodycznie w zależności od przeznaczenia i skali przestrzennej opracowania. Najpełniejszy przegląd metod zawarty jest w monografii Barry'ego i Perry'ego (1973). Wybrane metody są także prezentowane przez Niedźwiedzia (1981, 1988), Kaszewskiego (1989, 1990).

Analiza wybranych typologii cyrkulacji atmosfery pozwala wyróżnić, niezależnie od skali przestrzennej poszczególnych klasyfikacji, trzy grupy opracowań nawiązujących do:

a) dynamiki atmosfery – związane są one pośrednio z fizyką zjawisk atmosferycznych poprzez powiązanie cyrkulacji dolnej i górnej, uwzględnienie obecności frontów; można tu zaliczyć *Grosswetterlagen* (Baur 1936, Hess i Brezowsky 1952) i wszelkie tej metody pochodne (Yoshino 1968, Lauscher 1958, Schuepp 1959, klasyfikacja czechosłowackiej służby meteorologicznej – HMU – 1967, Peczely 1957);

b) pola ciśnienia – rozpatrujące rozkład ośrodków barycznych na poziomie morza i na tej podstawie identyfikujące kierunki napływu powietrza i rodzaj układu barycznego (Lamb 1950, Osuchowska-Klein 1973, Niedźwiedź 1981, Stępniewska-Podrażka 1991);

c) wskaźników statystycznych – określających typy cyrkulacji przy wykorzystaniu obliczonych wskaźników (Lund 1963, Lityński 1969).

Stosowany czasami podział na metody subiektywne i obiektywne nie wydaje się autorowi uzasadniony w systematyzowaniu istniejących typologii, gdyż w każdej z wymienionych wyżej metod występują elementy subiektywizmu. Zaliczona do metod obiektywnych próba Lunda (1963) wymaga określenia progu współczynnika korelacji, którego przekroczenie kwalifikuje do grupy dni z danym typem. W metodzie Lityńskiego (1969), która wydaje się obiektywna, arbitralne jest założenie o trójklasowym, równoprawdopodobnym podziale rozkładu wskaźników cyrkulacji. Efektem tego jest zaliczanie cyrkulacji o wyraźnie określonym kierunku do cyrkulacji zerowych (Lityński 1969).

Problem klasyfikacji cyrkulacji atmosfery nie doczekał się jak dotąd uniwersalnego rozwiązania i wydaje się to niemożliwe ze względu na złożoność i różnorodność zjawisk cyrkulacyjnych. Można jedynie dążyć do możliwie najefektywniejszego przedstawienia tych procesów dla danej skali przestrzennej.

Klasyfikacje często są nieporównywalne ze względu na różną liczbę typów cyrkulacji związaną ze specyfiką regionalną lub celem danego opracowania. Zbyt mała liczba typów użytecznych do opracowania dzięki dużym próbom statystycznym, prowadzi do zbyt dużego uogólnienia łącząc często ze sobą cyrkulacje o odmiennym wpływie na warunki pogodowe. Z kolei duża liczba typów utrudnia opracowanie oraz przeczy idei klasyfikacji jako generalizacji mnogości rzeczywistych stanów zjawisk cyrkulacyjnych. Wydaje się, że z wyjątkiem skali kontynentalnej lub większej, najodpowiedniejsze jest stosowanie liczby i nazw typów zaproponowanych przez Lamba (1952), tzn. 8 kierunków w połączeniu ze wskaźnikiem układu barycznego: antycyklonalny, cyklonalny i ewentualnie nieokreślony (pośredni, obojętny) oraz sytuacji bez adwekcji (także z odpowiednim wskaźnikiem). Takie podejście zaprezentowali Lityński (1969) oraz Niedźwiedź (1981) w swych różniących się metodycznie klasyfikacjach. W tych skalach kierunek cyrkulacji przeważnie jednolity na danym poziomie generalizacji przestrzennej, wywiera, obok rodzaju układu barycznego, największy wpływ na kształtowanie się pogody. Unika się także sytuacji, w której zakłada się niewystępowanie pewnych kierunków cyrkulacji (np. u Osuchowskiej-Klein 1973 – cyrkulacji północnych). Nie należy także łączyć ze sobą cyrkulacji z sąsiednich kierunków, nawet gdyby niewielka częstość jednego z nich w pewnych okresach roku uzasadniała takie postępowanie. Wydzielenie typów jest bowiem, jak wcześniej wspomniano, pierwszym etapem w badaniach klimatologii synoptycznej. Drugim etapem jest określenie związku pogody lub jej elementów z poszczególnymi typami (Barry i Perry 1973). Ten związek może być w niektórych okresach roku podobny do dwu sąsiednich typów cyrkulacji, w innych mogą występować znaczące różnice. Dopiero stwierdzenie stałego podobieństwa efektu pogodowego mogłoby uzasadniać połączenie typów cyrkulacji. Zgodność wpływu

może jednak być prawidłowością lokalną, niewystępującą w innych obszarach. Uzasadnione ograniczenie liczby typów cyrkulacji uniemożliwiłoby badanie przestrzennej zmienności cyrkulacji i jej związku z elementami meteorologicznymi.

Innym problemem jest subiektywność zaklasyfikowania cyrkulacji w danym dniu do określonego typu cyrkulacji. Metody oparte na porównaniu pola ciśnienia z typem wzorcowym umożliwiają jednoznaczne stwierdzenie zgodności tylko w pewnej liczbie przypadków. Osuchowska-Klein (1975) do typów o bardzo dużym i dużym podobieństwie do typu wzorcowego zaliczyła 74% dni z okresu 1900-1965, 22% – to typy mało podobne do wzorcowych, a 4% sytuacji nie dało się zaklasyfikować do żadnego typu. Można sądzić, że procedura kwalifikacji przeprowadzona przez dwu niezależnych badaczy, oparta na tym samym materiale archiwalnym i wzorcach, doprowadziłaby do uzyskania różniących się katalogów cyrkulacji.

Część metod polega na jednoczesnej analizie wielu elementów, takich jak rozkład ciśnienia na poziomie morza i topografii barycznej określonej warstwy, występowanie lub brak frontów. Klasyfikacje takie stają się skomplikowane, a kolejne etapy wydzielenia typów cyrkulacji bardzo trudne do powtórzenia przez innych badaczy. Ostateczny efekt takiej generalizacji nie musi być efektywniejszy od osiągniętego bardziej prostymi metodami.

Wymienione wyżej zastrzeżenia wydają się nie dotyczyć klasyfikacji przedstawionej przez Lityńskiego (1969). Uwzględnia ona cyrkulacje ze wszystkich kierunków lub brak określonego kierunku, wirowość cyrkulacji jest wyznaczona przez wskaźnik ciśnienia, obiektywnie obliczone wskaźniki umożliwiają jednoznaczne zaklasyfikowanie cyrkulacji, możliwe jest sporządzenie katalogu cyrkulacji dla dowolnego obszaru. Jak wspomniano wcześniej, arbitralne wydaje się przyjęcie równoprawdopodobnego, trójklasowego podziału wskaźników. Oznacza to, że w każdym okresie roku wystąpienie cyrkulacji o składowej wschodniej i zachodniej jest równie prawdopodobne (analogicznie południowej i północnej oraz cyklonalnej i antycyklonalnej). Założenie to przeczy powszechnie stwierdzonej (Kaszewski 1983, Osuchowska-Klein 1975, Niedźwiedź 1981) okresowej zmienności cyrkulacji. Wydaje się, że poprawniejsze byłoby obliczenie ze wskaźników cyrkulacji strefowej i południkowej wypadkowego kierunku cyrkulacji klasyfikowanego następnie do jednego z ośmiu sektorów lub przy małych wartościach obydwu wskaźników (wartość prognozy musiałaby być wyznaczona subiektywnie), do cyrkulacji bez adwekcji. Podobnie wskaźnik ciśnienia powinien być określany niezależnie od zmiennej w ciągu roku aktywności ośrodków cyklonalnych i antycyklonalnych.

PROPOZYCJA METODY KLASYFIKACJI CYRKULACJI

Wnioski wypływające z przeglądu metod typologii cyrkulacji skłoniły autora do przedstawienia własnej propozycji klasyfikacji typów cyrkulacji. Zgodnie z sądem Niedźwiedzia (1981) o konieczności ograniczenia przestrzennej skali

opracowania dla celów klimatologicznych, postanowiono określić typy cyrkulacji dla względnie niewielkiego obszaru. Najmniejszą, bezwymiarową jednostką jest *punkt*. Punktem jest np. stacja meteorologiczna. Jednocześnie, ze względu na skalę przestrzenną zjawisk cyrkulacyjnych, kalendarz typów opracowany dla stacji meteorologicznej będzie mógł mieć zastosowanie dla pewnego, nieokreślonego obszaru otaczającego. Ten obszar można nazwać *regionem*, rozumianym jako zwarty obszar jednolity w zakresie ustalonych kryteriów (Chojnicki i Czyż 1973). Takim kryterium może być jednoczesność występowania tych samych typów cyrkulacji w dwu stacjach lub zbliżony związek typów cyrkulacji z wartościami elementów meteorologicznych. Wyznaczenie regionu może polegać na sprawdzeniu podobieństwa przy ustalonej wartości krytycznej. Taką skalę przestrzenną typów cyrkulacji proponuje się nazwać regionalną. Metoda musi więc zakładać pewną uniwersalność, tak aby można było ją zastosować do dowolnie wybranej, spełniającej omówione niżej ograniczenia, stacji meteorologicznej. Założono także, co wynika z cytowanej literatury, decydujące w tej skali znaczenie kierunku adwekcji w powiązaniu z układem barycznym w kształtowaniu pogody. Dla jak najbardziej obiektywnego określenia cyrkulacji atmosfery uznano za konieczne oparcie się na powszechnie mierzonych elementach cyrkulacji. Takimi elementami jest kierunek wiatru oraz ciśnienie atmosferyczne.

Pewnego wyjaśnienia wymaga uznanie parametrów wiatru dolnego za elementy cyrkulacji. Jednym z zastrzeżeń może być obarczenie wyników pomiarów błędami wynikającymi z położenia stacji i używanych przyrządów. Prędkość i kierunek wiatru są elementami meteorologicznymi powszechnie mierzonymi na stacjach meteorologicznych. Zgodnie z instrukcją IMGW (Janiszewski 1988) mierzone są one na wysokości co najmniej 10 m npg w celu uniknięcia zniekształceń wywołanych obecnością przeszkód terenowych. Aby można było posłużyć się nimi dla określenia charakteru cyrkulacji w większej skali, położenie stacji musi spełniać jeszcze dodatkowy warunek – brak w dalszym otoczeniu stacji przeszkód terenowych ograniczających swobodny przepływ powietrza. Ten wymóg najlepiej spełniają stacje lotniskowe, położone zazwyczaj na rozległych płaskich terenach. Z kolei stacje położone w dolinach lub śródgórskie nie spełniają tego warunku. Parametry wiatru mogą tu posłużyć ewentualnie do określenia cyrkulacji w skali lokalnej. Podobne zastrzeżenia można mieć do danych anemometrycznych ze stacji nadmorskich, gdzie często występuje, ze względu na zjawisko bryzy, regularna dobowa zmienność kierunku wiatru o charakterze lokalnym. Kolejnym ograniczeniem jest rodzaj przyrządu pomiarowego. Powszechnie stosowany w polskich stacjach synoptycznych do końca lat pięćdziesiątych wiatromierz Wilda umożliwia wyznaczenie kierunku i prędkości wiatru z ograniczoną precyzją. Stosowane obecnie anemometry i anemografy pozwalają na dokładne określenie kierunku wiatru w 16 lub 36 sektorach. Parametry wiatru mierzonego na wysokości 10 lub więcej metrów są inne od wiatru na poziomie tarcia na skutek działania siły tarcia, wpływającej zarówno na prędkość, jak i na kierunek przepływu powietrza. Odchylenie od kierunku wiatru geostroficznego może dochodzić nad obszarami lądowymi do 40-50°. Wielkość i kierunek tego odchylenia są zależne od szorstkości podłoża, prędkości wiatru i pionowej stratyfikacji.

atmosfery. Nie zostało jednak, jak do tej pory, stwierdzone, jaki wpływ na pogodę ma cyrkulacja na różnych poziomach, stąd autor uznaje za uzasadnione podjęcie próby określenia kierunku cyrkulacji przez kierunek wiatru dolnego.

Ponieważ kierunek wiatru mierzony jest w terminach właściwych dla danego rodzaju stacji meteorologicznej, a za podstawową jednostkę czasową w klasyfikacji typów cyrkulacji przyjęto dobę, konieczne jest określenie jednego wskaźnika określającego kierunek wiatru w okresie doby. Taką miarą jest średni kierunek wiatru. Zagadnienie obliczania średniego lub wypadkowego kierunku wiatru nie jest określane jednoznacznie w istniejących opracowaniach klimatologicznych. Warakomski (1983, 1984) dopuszcza możliwość obliczenia średniego dobowego kierunku wiatru na podstawie trzech pomiarów tego elementu w terminach klimatologicznych, stwierdzając jednocześnie, iż obliczany dla dłuższych okresów, tj. miesiąca lub roku, jest charakterystyką czysto formalną.

Dla obliczenia średniego kierunku wiatru zaproponowano zastosowanie metody podanej przez Mardia (1972). Średni kierunek oblicza się według wzoru:

$$\alpha = \arctg \frac{\sum \sin \alpha_j}{\sum \cos \alpha_j}, \quad (1)$$

gdzie α – średni kierunek, α_j – kierunki składowe ($j=1,2,\dots,n$), n – liczba pomiarów.

Kierunki składowe są reprezentowane przez kąty środkowe sektorów wiatru w każdym z n terminów obserwacyjnych. Ponieważ tak wyliczona wartość α mieści się w przedziale $(-90^\circ; +90^\circ)$, a średni kąt jest wielkością azymutu, należy przyjąć za początek układu kierunek N i określić ćwiartkę, w której kąt się znajduje, na podstawie znaków sum sinusów i cosinusów.

Uzupełnieniem obliczenia średniego kierunku wiatru jest określenie wartości statystyki a będącej miarą koncentracji danych kierunkowych. Jeżeli wszystkie dane mają ten sam kierunek (sektor) wówczas a przyjmuje wartość 1, jeżeli kierunki są równomiernie rozłożone lub wszystkie sektory mają równe częstości, to $a=0$. Wartość a jest określona formułą (symbole jak we wzorze 1):

$$a = \frac{\sqrt{(\sum \sin \alpha_j)^2 + (\sum \cos \alpha_j)^2}}{n}. \quad (2)$$

Zaletą przedstawionych wzorów jest ich prostota i łatwość przeprowadzenia obliczeń. Zastosowanie ilorazu we wzorze (1) powoduje pewną niedogodność – mianownik nie może przyjmować wartości 0. Nie ma to specjalnego znaczenia w obliczaniu średniego kierunku dla dłuższego okresu, gdzie prawdopodobieństwo wystąpienia sumy cosinusów równej zero jest minimalne, jednak przy uwzględnieniu tylko kilku terminów obserwacji może sprawiać trudności. Taki przypadek może wystąpić na przykład wtedy, gdy we wszystkich terminach zaobserwowano wiatr wschodni (azymut 90°). Jednak wartość ilorazu dąży do nieskończoności, gdy wartość mianownika dąży do zera, stąd można przyjąć, że wartość ilorazu równa się nieskończoności, tzn. tangensowi 90° . Wyznaczony

średni kierunek będzie więc prawidłowy. Możliwe jest jednak także błędne wyznaczenie kierunku. Jeżeli na przykład, przy uwzględnieniu wartości z trzech terminów, kierunki SW, W, NE dają jako średni, przy zastosowaniu wzoru (1) i uwag o wartości sumy cosinusów, kierunek W – to jest to wynik nieprawidłowy. Zaproponowana dalej procedura wydzielenia typów cyrkulacji wyklucza błędne określenie kierunku cyrkulacji.

W proponowanej metodzie możliwe jest uwzględnienie dowolnej liczby pomiarów z okresu doby. Większa liczba terminów powinna dokładniej wyznaczać kierunek, ponieważ w umiarkowanych szerokościach geograficznych dobową zmienność kierunku wiatru jest przede wszystkim efektem przemieszczania się ośrodków barycznych, a w mniejszym stopniu zależy od prawidłowości związanych ze zmieniającą się wymianą turbulencyjną i w efekcie prędkością wiatru (Chromow 1969). Ze względu na dostępność danych oraz wielkość materiału archiwalnego autor proponuje posłużenie się wartościami z trzech terminów obserwacyjnych. Nasuwa się tu pytanie czy tylko trzy wartości z okresu doby są reprezentatywne dla stosunków anemologicznych całej doby? Warakomski (1983) przedstawił wyniki porównania średniego dziennego kierunku wiatru, obliczonego z trzech terminów, z kierunkiem wypadkowym z całodobowych pomiarów cegodzinnych dla Lublina w latach 1966-75. W około 45% przypadków wynik jest bezbłędny, w następnych 45% możliwy jest, przy skrajnie niekorzystnym czasie trwania, błąd co najwyżej o jeden sektor. „...Charakteryzowanie kierunku wiatru za pomocą wartości średniej, odnoszącej się do okresu jednego dnia, może być szczególnie uzasadnione i owocne w tych sytuacjach, kiedy zmiana dziennego kąta wiatru wynosi nie więcej niż $157,5^\circ$ (czyli mniej niż 180°). Można wtedy uważać, że średni kierunek wiatru nie jest charakterystyką fikcyjną, formalną, lecz ma pewien sens fizyczny, tym większy, im z mniejszą zmianą kąta wiatru mamy do czynienia.” (Warakomski 1983). Zaproponowana metoda uwzględnia określanie średniego kierunku tylko dla dni ze zmianą mniejszą od 135° . Dlatego przyjęto dopuszczalność wyznaczania kierunku cyrkulacji przez średni kierunek wiatru z trzech terminów obserwacyjnych.

W podsumowaniu przeglądu wybranych metod typologii cyrkulacji wskazano na potrzebę uwzględnienia wszystkich teoretycznie możliwych kierunków cyrkulacji (8 sektorów) oraz cyrkulacji z nieokreślonym kierunkiem lub bez adwekcji (zerowych). Objawem braku adwekcji może być występowanie ciszy. Gdy w dwu lub trzech terminach występują cisze cyrkulację należałoby uznać za zerową. Także przy jednej ciszy i dużej różnicy kierunku w pozostałych terminach cyrkulację należałoby zaliczyć do zerowych. Za dużą różnicę autor proponuje uznać 45° lub więcej. Duża zmiana kierunku w ciągu doby może świadczyć o przejściowym charakterze cyrkulacji w danym dniu lub o centralnym położeniu układu barycznego nad stacją meteorologiczną. Cyrkulację z takim układem kierunków wiatru także należałoby zaliczyć do zerowych. Graniczną zmianę kierunku wiatru w ciągu doby, od której cyrkulacje zaliczone będą do zerowych można określić jedynie arbitralnie. Dla potrzeb niniejszego opracowania przyjęto $\frac{1}{3}$ horyzontu, tzn. 120° (praktycznie, ze względu na położenie kątów środkowych sektorów wiatru, 135°). Przykładowo w dniu z kierunkami wiatru N, E, SE

cyrkulacja będzie zerowa, a w dniu z kierunkami N, E, ESE cyrkulacja będzie miała określony kierunek (E). Cyrkulacje w dniach ze zmianą kierunku mniejszą od 120° zaliczone są do jednego z 8 sektorów. Wartością wskaźnika a wydzielającą cyrkulacje zerowe jest 0,621.

Drugim istotnym elementem cyrkulacji atmosfery, obok kierunku cyrkulacji, jest rodzaj układu barycznego. Proponuje się zastosować podział na trzy klasy: cyrkulacje cyklonalne, zerowe (pośrednie) i antycyklonalne. Problemem jest sposób określenia charakteru cyrkulacji w danym dniu. W literaturze dotyczącej częstości układów barycznych w ciągu roku trudno znaleźć jednoznaczne wskaźniki co do aktywności ośrodków niżowych i wyżowych w Polsce. Problematyka ta nie jest często podejmowana. Jedynym stosunkowo wyczerpującym, choć obejmującym krótki, 10-letni okres (1949-58), jest opracowanie Parczewskiego (1962). Zestawiono tu m.in. częstości występowania układów wyżowych i niżowych w Polsce środkowej. Niedźwiedź (1969), opisując sytuacje baryczne podaje częstość sytuacji wyżowych i niżowych w Polsce południowej w latach 1956-65. Buchert (1992) przedstawił frekwencję centrów wyżu i niżu w rejonie Poznania w latach 1981-90. Roczny przebieg miesięcznych częstości układów niżowych wskazuje na występowanie najniższych wartości od lipca do października. Charakterystyczne jest także maksimum w kwietniu. W okresie najniższych częstości układów niżowych występują najwyższe częstości układów wyżowych. Analiza częstości rocznych wskazuje na niewielką przewagę układów wyżowych.

Jako wskaźnik rodzaju układu barycznego proponuje się przyjęcie średnich dobowych wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji zaklasyfikowanych do jednej z trzech klas. Problem przydatności wartości ciśnienia do klasyfikacji cyrkulacji omówił Lityński (1969). Klasa wartości najniższych oznaczać będzie sytuacje cyklonalne, najwyższych – sytuacje antycyklonalne. Pozostałe zaliczone będą do sytuacji zerowych. Sposób wydzielenia klas powinien uwzględniać wnioski wynikające ze zmiennej rocznej aktywności układów barycznych. Podział trójklasowy, równoprawdopodobny w poszczególnych miesiącach, zbliżony do stosowanego przez Lityńskiego (1969), byłby więc nieprawidłowy, ze względu na możliwe zaniżenie częstości układów cyklonalnych lub antycyklonalnych w okresach ich wzmożonej aktywności i zawyżenia w okresie niższej aktywności. Zakładając zbliżoną roczną częstość układów cyklonalnych i antycyklonalnych możliwy byłby podział wartości z całego roku na trzy równoprawdopodobne klasy. Takie podejście umożliwiłoby uwzględnienie w klasyfikacji okresów z przewagą cyrkulacji cyklonalnych lub antycyklonalnych. Zimą układy baryczne są jednak znacznie bardziej rozbudowane niż latem, stąd też zróżnicowanie średnich dobowych wartości ciśnienia jest zimą większe niż latem. Tak przyjęta metoda wydzielenia klas dałaby w efekcie zawyżoną częstość klasy przejściowej latem i zaniżoną zimą. Problem proponuje się rozwiązać wyznaczając granice trzech, równoprawdopodobnych klas dla każdej dekady roku i następnie obliczyć granicę dla każdej dekady jako średnią ruchomą z odpowiednio długiego okresu. Za wystarczający uznano okres 9 dekad co odpowiada trzem miesiącom. Przyjęta metoda uwzględnia zarówno zróżnicowanie częstości ukła-

dów wyżowych i niżowych w ciągu roku, jak i różną zmienność wartości ciśnienia atmosferycznego w poszczególnych okresach roku.

Proponowane ujęcie nie jest oczywiście pozbawione pewnych wad, wskazanych zresztą wcześniej w tekście. Kierunek wiatru mierzony na stacjach meteorologicznych odbiega od występującego w wyższych warstwach atmosfery, co jest wynikiem działania siły tarcia. Dotychczasowe opracowania określały kierunek cyrkulacji jako kierunek wiatru geostroficznego. Pytaniem otwartym pozostaje jednak czy za cyrkulację atmosfery należy uznać procesy odbywające się na wysokości np. 1000 m, czy też na wysokości kilkunastu metrów? Pamiętać tu należy o zastrzeżeniach dotyczących położenia stacji, dla której dokonuje się klasyfikacji. Wątpliwości może budzić także oparcie się na pomiarach z trzech terminów, co stwarza niebezpieczeństwo niedokładnego odzwierciedlenia stosunków cyrkulacyjnych całej doby. Jednak uwzględnienie wniosków Warakomskiego (1983) oraz znaczne ograniczenie materiału niezbędnego do opracowania przemawia za przyjętą metodyką. Zaletą proponowanej metody jest jej uniwersalność. Można ją zastosować dla każdej odpowiednio położonej i wyposażonej stacji. Umożliwia to porównanie charakterystyk cyrkulacji dla różnych stacji i wydzielenie regionów o zbliżonych właściwościach cyrkulacji atmosfery. Metoda opiera się na wartościach rzeczywiście mierzonych, a nie tylko szacowanych z mapy synoptycznej. Po zebraniu odpowiedniego materiału dokumentacyjnego oraz przy zastosowaniu najprostszych technik komputerowych sama procedura klasyfikacji jest prosta i powtarzalna. Niemal w całości opiera się ona na obiektywnych przesłankach. Pewne jej wady są w wystarczającym stopniu rekompensowane przez wymienione wyżej zalety. Wszystkie etapy proponowanej procedury wymagają oczywiście weryfikacji przeprowadzonej dla kilku stacji. Ostatecznym potwierdzeniem przydatności tak skonstruowanej klasyfikacji byłoby stwierdzenie wyraźnego związku pogody z typami cyrkulacji atmosfery.

CZĘSTOŚĆ TYPÓW CYRKULACJI W POZNANIU

Proponowaną metodę zastosowano dla danych z lat 1951-90 pochodzących ze stacji Poznań-Ławica. Stacja ta jest położona na rozległym, płaskim obszarze. Wiatromierz umieszczony był w tym okresie na wysokości ponad 10 m. Do końca 1958 r. stosowano wiatromierz Wilda, a w latach późniejszych nowoczesne anemometry. Można założyć, że dane anemometryczne z tej stacji są reprezentatywne dla stosunków anemologicznych tej części Pojezierza Poznańskiego.

Do opracowania wykorzystano dane kierunku wiatru z trzech terminów z każdej doby oraz średnie dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego. W pierwszym etapie obliczono dla każdego dnia średni dzienny kierunek wiatru, posługując się wzorem (1) oraz wskaźnik a (wzór 2). Następnie dni w których wartość a była niższa od 0,621 zaliczono do dni z cyrkulacją zerową (0). Stanowią one 16,8% spośród 14 610 dni badanego okresu. Cyrkulację w każdym z pozostałych dni zaliczono, na podstawie średniego kierunku wiatru, do jednego z 8 sektorów kierunku cyrkulacji.

Kolejnym etapem było zestawienie dekadowych rozkładów wartości ciśnienia atmosferycznego i wyznaczenie wartości progowych, dzielących każdy rozkład na trzy równoprawdopodobne klasy. Następnie obliczono 9-dekadowe średnie ruchome wartości granicznych. Wyznaczają one w każdej dekadzie klasy cyrkulacji cyklonalnych, zerowych i antycyklonalnych. Wartości ciśnienia atmosferycznego w każdym dniu zaliczono do jednej z tych trzech klas. Poprzez połączenie wskaźnika kierunku cyrkulacji i rodzaju układu barycznego otrzymano katalog typów cyrkulacji dla stacji Poznań-Ławica.

Przedstawione opracowanie ma charakter pierwszej próby, dlatego też zaprezentowano jedynie zestawienie miesięcznych i rocznych częstości poszczególnych typów cyrkulacji (tab. 1).

W okresie roku największą częstością charakteryzują się cyrkulacje SWc, Wc i Wo. Także wszystkie trzy rodzaje cyrkulacji bez określonego kierunku mają duże

Tabela 1 – Table 1

Miesięczne i roczne częstości typów cyrkulacji dla stacji Poznań-Ławica (%).

Monthly and annual frequencies of types of circulation for Poznań-Ławica meteorological station.

Typ cyrkulacji Type of circulation	M i e s i ą c – M o n t h												rok year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Nc	0.5	0.3	0.8	1.3	1.9	1.7	1.5	0.9	0.3	0.3	0.8	0.4	0.9
NEc	0.6	1.8	1.0	2.1	1.8	1.4	0.6	1.0	0.3	0.4	0.6	1.1	1.0
Ec	1.2	3.2	3.1	3.8	2.8	1.8	1.0	1.5	0.7	2.2	2.1	2.1	2.1
SEc	2.7	3.1	3.8	3.5	3.1	2.2	1.1	1.9	2.3	4.0	3.8	2.9	2.9
Sc	5.3	4.0	3.1	2.3	1.9	2.3	2.0	2.9	3.2	3.9	5.7	5.6	3.5
SWc	9.1	7.4	7.6	5.3	4.7	5.0	8.1	8.8	9.0	9.0	8.9	9.3	7.7
Wc	7.8	6.4	7.8	6.4	5.4	6.7	10.5	9.2	8.8	5.6	7.6	7.5	7.5
NWc	2.3	1.9	2.3	3.5	3.5	4.5	3.4	2.8	1.5	1.2	1.3	2.1	2.5
Oc	3.5	4.7	4.2	6.9	5.5	8.0	4.9	6.4	4.7	4.1	3.7	3.6	5.0
No	1.0	1.9	0.6	3.2	2.3	2.3	1.9	1.3	1.2	0.3	1.2	0.9	1.5
NEo	1.2	2.4	1.4	3.1	2.6	2.3	2.9	1.9	1.2	0.7	0.8	0.9	1.8
Eo	2.8	4.2	6.0	3.9	4.4	1.7	1.9	2.9	2.5	3.1	3.4	2.7	3.3
SEo	4.4	5.3	3.2	4.0	3.3	2.4	1.7	2.9	3.2	2.9	4.7	2.9	3.4
So	3.7	2.1	2.2	1.1	1.3	1.3	2.0	1.7	2.8	4.0	3.0	3.4	2.4
SWo	6.4	4.2	3.7	2.3	2.7	3.1	3.8	4.3	4.8	6.9	7.1	7.2	4.7
Wo	6.6	6.5	6.0	5.3	4.4	7.6	9.6	8.8	8.9	5.8	7.5	7.5	7.0
NWo	2.4	3.5	3.1	5.4	4.0	5.2	6.0	3.9	3.8	2.3	2.3	2.7	3.7
Oo	3.3	3.9	4.8	7.6	7.7	7.3	6.5	7.3	8.0	4.8	4.3	3.9	5.8
Na	1.4	1.4	2.3	4.2	3.7	3.7	2.5	2.5	1.9	1.5	1.3	1.0	2.3
NEa	2.3	2.7	3.5	3.9	6.2	3.8	2.0	4.0	1.3	1.9	1.1	1.4	2.8
Ea	4.9	7.2	9.8	3.4	7.4	5.3	1.9	3.9	4.4	4.9	4.6	3.3	5.1
SEa	4.8	3.8	3.7	2.3	3.1	2.8	2.7	2.3	2.5	5.9	4.3	5.0	3.6
Sa	1.9	1.9	1.7	1.8	0.6	0.5	1.5	0.8	1.2	2.4	1.8	2.2	1.5
SWa	4.4	2.9	2.5	0.8	1.0	1.9	1.0	1.0	2.3	3.8	4.4	5.2	2.6
Wa	6.9	4.6	4.5	2.7	3.8	3.7	5.5	4.0	5.8	6.4	5.7	7.4	5.1
NWa	3.0	3.9	3.0	5.0	4.8	5.9	7.3	4.7	5.6	3.2	3.3	2.5	4.4
Oa	5.6	4.7	4.1	5.2	6.1	6.0	6.2	6.6	8.1	8.5	5.0	5.2	6.0

częstości, przekraczające 5%. Spośród cyrkulacji antycyklonalnych podobnie często występują kierunki wschodni i zachodni. Najrzadziej pojawiają się typy cyrkulacji Nc, NEc, No i NEo.

Częstości występowania cyrkulacji cyklonalnych, zerowych i antycyklonalnych są do siebie zbliżone. Najczęściej pojawiającym się kierunkiem cyrkulacji jest zachodni, obejmujący blisko 20% dni omawianego okresu. Drugą grupę stanowią zerowe i południowo-zachodnie o zbliżonych częstościach. Częstości około 10% mają cyrkulacje północno-zachodnie, wschodnie i południowo-wschodnie. Najrzadsze są cyrkulacje z kierunków północnego, północno-wschodniego i południowego.

Charakterystyczny jest układ częstości rodzajów cyrkulacji w poszczególnych typach cyrkulacji. Dla kierunków południowego i zachodniego, a przede wszystkim południowo-zachodniego typy cyklonalne są dużo częstsze od antycyklonalnych. Typy zerowe mają częstości pośrednie. W pozostałych kierunkach typy antycyklonalne są przeważające, zwłaszcza przy wschodnim kierunku cyrkulacji. Wyniki analizy rocznych częstości typów cyrkulacji są zbieżne z ogólnie uznawanymi prawidłowościami cyrkulacji w Europie Środkowej.

Przedstawione w tym opracowaniu zestawienie miesięcznych częstości poszczególnych typów cyrkulacji pozwala jedynie na ogólne scharakteryzowanie stosunków cyrkulacyjnych. Miesiąc nie jest naturalnym okresem klimatycznym, a przeciętnie 30-dniowa długość okresu uśredniania nie odpowiada dynamice zmian charakteru cyrkulacji. Kaszewski (1983), wyróżniając naturalne okresy synoptyczne, stwierdził duże zróżnicowanie czasu ich trwania (od 20 do 105 dni), przy czym często okresy te występują na przełomie kolejnych miesięcy. Ze względu na wstępny charakter opracowania ogólne wnioski, dotyczące rocznego przebiegu cyrkulacji atmosfery, będą wyprowadzone z częstości średnich miesięcznych.

W okresie od listopada do stycznia dominują cyrkulacje południowo-zachodnie i zachodnie z przewagą cyklonalnych typów SWc i Wc. W literaturze (Kaszewski 1983, Osuchowska-Klein 1975, Niedźwiedź 1988) wiąże się to z występowaniem w tym okresie największego gradientu temperatury między równikiem i biegunem, co wywołuje wzrost zachodniego strumienia cyrkulacji przy osłabieniu wyżu syberyjskiego. W lutym pojawia się, jako drugi po SWc, typ cyrkulacji Ea związany z rozbudowującym się pod wpływem konwergencji wyżem azjatyckim. Cyrkulacja w lutym ma więc charakter mieszany z przewagą południowo-zachodniej. Także silnie zróżnicowana jest cyrkulacja w marcu, lecz typ Ea jest wtedy najliczniej reprezentowany, a jego miesięczna częstość należy do najwyższych spośród wszystkich w ciągu roku. Kwiecień odznacza się przewagą cyrkulacji bezkierunkowych (Oo i Oc). Będą one bardzo częste aż do czerwca. W kwietniu występuje także wzrost cyrkulacji zachodnich. W maju spada częstość cyrkulacji zachodnich na skutek pojawienia się układów blokujących cyrkulację strefową. Obok zerowych licznie występują typy cyrkulacji Ea i NEa. Czerwiec jest początkiem długiego okresu przewagi cyrkulacji zachodnich i południowo-zachodnich. W lipcu i sierpniu trzy najczęstsze typy to Wc, Wo i SWc. Wynika to z przesunięcia się głównych stref cyrkulacyjnych na północ i rozwoju wyżu

azorskiego. Wiąże się z tym także stosunkowo wysoka frekwencja typu NWA w lipcu. Od września aż do lutego największą częstość ma typ SWc. We wrześniu pojawia się także dużo cyrkulacji Wc i Wo oraz Oa. W październiku stosunkowo często pojawia się cyrkulacja SEa związana z wyżem tworzącym się nad południowo-wschodnią Europą. Zmienność roczna wyróżnionych typów cyrkulacji ma swoje ogólne przyczyny fizyczne i znajduje swoje potwierdzenie w innych opracowaniach o podobnym charakterze.

Analiza częstości typów cyrkulacji pozwala wskazać grupy typów cyrkulacji o zbliżonym układzie przebiegu rocznego. Cyrkulacje północne i północno-wschodnie we wszystkich rodzajach mają maksimum częstości przypadające na miesiące wiosenne: marzec, kwiecień, maj i minima od września do grudnia. Zbliżony przebieg mają częstości cyrkulacji wschodnich, jedynie w typach zerowym i antycyklonalnym minimum jest przesunięte na czerwiec i lipiec. Minima częstości, sąsiadującej z północną, cyrkulacji północno-zachodniej także przypadają na jesień, maksima są jednak nieco późniejsze (czerwiec i lipiec). Najczęściej występująca cyrkulacja zachodnia wykazuje duże zróżnicowanie przebiegu rocznego w zależności od rodzaju układu barycznego. W typie cyklonalnym maksimum występuje w lipcu, a minimum w październiku – rozkład jest więc zbliżony do cyrkulacji północno-zachodnich. Typ zerowy ma maksimum, tak jak cyklonalny, w lipcu, minimum przypada na maj. W kwietniu typ antycyklonalny ma najniższą częstość, a najwyższa występuje w grudniu. Typ Wa ma przebieg zbliżony do cyrkulacji południowo-zachodnich, które charakteryzują się maksimum w grudniu i minimum w kwietniu, maju. Cyrkulacje południowe mają minima w zbliżonym czasie do minimów cyrkulacji południowo-zachodnich, podczas gdy maksima przypadają na październik i listopad, podobnie jak w cyrkulacjach południowo-wschodnich. Minima cyrkulacji południowo-wschodniej obserwuje się w lipcu oraz, dla typu antycyklonalnego, w kwietniu. Cyrkulacje zerowe mają minima w chłodnej części roku: w styczniu (Oc, Oo) i w marcu (Oa), termin maksimum jest bardziej zróżnicowany: Oc – czerwiec, Oo – wrzesień i Oa – październik. Przebieg częstości poszczególnych typów cyrkulacji w ciągu roku jest więc zróżnicowany i występujące dla pewnych typów podobieństwa ograniczają się przeważnie do jednego z ekstremów. Dowodzi to słuszności uwzględnienia 8 możliwych kierunków cyrkulacji.

Zróżnicowana jest także absolutna zmienność częstości. Spośród najczęściej występujących typów cyrkulacji najniższą różnicę pomiędzy maksymalną i minimalną częstością ma typ Wc – 4,1%. Oznacza to, że we wszystkich miesiącach pojawia się on stosunkowo często. W lipcu i sierpniu jest typem najczęstszym, a najniższą, 8 pozycję zajmuje w październiku. Duża zmienność częstości charakteryzuje typ Ea. W marcu jest on typem o największej częstości, w kwietniu większe częstości ma 15 innych typów, a w maju częstszy od niego jest tylko typ Oo. Najniższą, 18 pozycję zajmuje typ Ea w lipcu. Największe oscylacje w rocznym przebiegu częstości występujące w cyrkulacji wschodniej antycyklonalnej stwierdziła także Osuchowska-Klein (1975).

Przedstawione wstępne wyniki zastosowanej metody wydzielenia typów cyrkulacji pozwoliły określić ogólne prawidłowości cyrkulacji atmosfery dla stacji

Poznań-Ławica. Generalna zbieżność charakterystyk cyrkulacji, pomimo pewnych różnic, z innymi opracowaniami o podobnej tematyce, potwierdza poprawność proponowanej metody.

PODSUMOWANIE

Prezentowana metoda wydzielenia typów cyrkulacji atmosfery w skali regionalnej odbiega od dotychczas stosowanych. Oparcie metody na mierzonych elementach cyrkulacji atmosfery pozwoliło w znacznym stopniu zobiektywizować procedurę klasyfikacji. Wskazane związki ze zjawiskami fizycznymi w atmosferze mogą świadczyć o poprawności wyboru średniego dziennego kierunku wiatru jako wskaźnika kierunku cyrkulacji. Sposób ujęcia wskaźnika rodzaju cyrkulacji umożliwia uwzględnienie zmiennej w okresie roku aktywności układów barycznych. Zweryfikowanie proponowanej metody możliwe będzie dopiero po przeprowadzeniu analizy katalogów opracowanych dla kilku stacji. Ostatecznym potwierdzeniem przydatności metody byłoby jednak stwierdzenie związku pogody z typami cyrkulacji uzyskane dla kilku stacji meteorologicznych.

Dyskusyjne jest wykorzystanie trzech terminów pomiarowych z okresu doby. Wskazane byłoby porównanie z katalogami otrzymanymi przy zastosowaniu wyników z pomiarów o większej częstotliwości.

Interesujące byłoby porównanie cyrkulacji na różnych wysokościach. Klasyfikacja mogłaby być przeprowadzona na podstawie wyników sondaży aerologicznych. Proponowane ujęcie metodyczne umożliwia także określenie przestrzennego zróżnicowania cyrkulacji atmosfery i, w dalszym etapie, badania jego wpływu na zmienność przestrzenną klimatu.

*Instytut Geografii Fizycznej
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Zakład Klimatologii*

LITERATURA

- Barry R. G., Perry A. H., 1973: Synoptic climatology. Methods and applications. Methuen, Londyn.
- Baur F., 1936: Wetter, Witterung, Grosswetter und Weltwetter. Z. angew. Met., 53.
- Buchert L., (w druku): Masy powietrza i układy baryczne w rejonie Poznania w latach 1981-1990. Bad. Fizjogr. nad Polską Zach.
- Chojnicki Z., Czyż T., 1973: Metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej. PWN, Warszawa-Poznań.
- Chromow S. P., 1969: Meteorologia i klimatologia. PWN, Warszawa.
- Hess P., Berezowsky H., 1952: Katalog der Grosswetterlagen Europas. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, nr 33.
- Janiszewski F., 1988: Instrukcja dla stacji meteorologicznych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Kaszewski M., 1983: Próba wydzielenia naturalnych okresów synoptycznych na podstawie częstotliwości typów cyrkulacji nad Polską. Przegl. Geofiz., T. 28, z. 2.
- Kaszewski B. M., 1989: Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej (część I). Typologie w makroskali. Wiad. IMGW, T. 12, z. 3-4.

- K a s z e w s k i B. M., 1990: Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej (część II). Typologie w skalach lokalnej i regionalnej. Wiad. IMGW, T. 13, z. 1-4.
- Katalog povertnonostnich situaci pro uzemi CSSR. 1967. HMU Praga.
- L a m b H. H., 1950: Types and spells of weather around the year in the British Isles: annual trends, seasonal structure of the year, singularities. Quart.J.R.Met.Soc., 76.
- L a u s c h e r F., 1958: Studien zur Wetterlagenklimatologie der Ostalpenlander. Wetter u. Leben, 10.
- L i t y Ń s k i J., 1969: Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. Prace PIHM 97. Warszawa.
- L u n d I. A. 1963: Map pattern classification by statistical methods. J.Appl. Met., 2.
- M a r d i a K. V., 1972: Statistics of Directional Data. Academic Press. New York.
- N i e d ź w i e d ź T., 1969: Sytuacje baryczne w Polsce południowej i ich wpływ na niektóre elementy klimatu. Prace Geogr. IG, UJ, T. 47, z. 25.
- N i e d ź w i e d ź T., 1981: Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. Rozp. Hab. UJ 58. Kraków.
- N i e d ź w i e d ź T., 1988: Wybrane problemy klimatologii synoptycznej. Folia Geogr., ser. Geogr. Phys., Vol. XX. Kraków.
- O s u c h o w s k a - K l e i n B., 1973: Analiza rocznych przebiegów częstości występowania w Polsce makrotypów cyrkulacji atmosferycznej. Przeg. Geofiz. R. 18, z. 3-4. Warszawa.
- O s u c h o w s k a - K l e i n B., 1975: Prognostyczne aspekty cyrkulacji atmosferycznej nad Polską. Prace IMGW, z. 7.
- P a r c z e w s k i W., 1962: Układy ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w Polsce środkowej. Przeg. Geofiz. T. 7, z. 2.
- P e c z e l y G., 1957: Grosswetterlagen in Ungarn. Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie, nr 30.
- S c h u e p p M., 1959: Klimatologie der Wetterlagen im Alpengebiet. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, nr 54.
- S t ę p n i e w s k a - P o d r a ż k a M., 1991: Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej (1951-1990). IMGW, Warszawa.
- W a r a k o m s k i W., 1983: Teoretyczne i empiryczne podstawy wyznaczania średniego dziennego kierunku wiatru. Przegląd Geofizyczny R. 28, z. 3-4. Warszawa.
- W a r a k o m s k i W., 1984: Średni dzienny kierunek wiatru. Folia Soc. Sci. Lublin., vol. 26 nr 1-2. Lublin.
- Y o s h i n o M. M., 1968: Pressure Pattern Calendar of East Asia. Meteorol. Rundschau, z. 8.

TYPES OF CIRCULATION OF THE ATMOSPHERE IN POZNAŃ

Summary

In the article conclusions from the review of selected methods of typology of atmospheric circulation are presented. Suggestions concerning methodology of classification are formulated. Methods based on analysis of synoptic maps are acknowledged as too subjective. 8 sectors of circulation direction and unidirectional circulation combined with the coefficient of pressure system for the scale smaller than continental is assented. The method should be universal as much as it is possible, so it could be used for different areas. The procedure of classification should be applicable and repeatable by different investigators.

Method of classification of the atmospheric circulation for single meteorological station based on the wind direction and atmospheric pressure is proposed. Coefficient of direction of circulation is mean daily wind direction, calculated according to the formula (1), where α is mean wind direction and α_j is measured wind direction. Formula (2) is used to calculate coefficient of concentration of wind directories - a . Its value lower than 0.621 indicates circulation without direction. For each 10-days period three classes (cyclonic, intermediate, anticyclonic) of atmospheric circulation pressure are delimited. Border values are calculated as 9 periods moving averages of border values three equal

probability classes of the atmospheric pressure. Combination of 9 classes of direction and 3 classes of pressure system gives as a result 27 circulation types.

Method for data from Poznań-Ławica meteorological station for years 1951-90 was applied. Monthly and annual frequencies of particular circulation types are presented in table 1. The highest frequencies for SWc, Wc, Wo circulation types are observed. For circulation from S-SW-W directions cyclonic circulations are more frequent than anticyclonic ones. For other directions anticyclonic are more frequent. South-western and western cyclonic circulations are dominating during almost whole year. In the March Ea circulation type, in the April and the May Oo and in the June Wo one are the most frequent.

Ascertained general regularities of circulation are close to statements found while using different methods and have base in circulation processes in Europe. It is introductory confirmation of correctness of the method. Proposed formulation gives possibility to compare circulation in different stations, show similarities and differences and to stake out regions with similar circulation conditions. Final confirmation of the method would be found relationship between weather and types of circulation for some stations.

*Institute of Physical Geography
Adam Mickiewicz University in Poznań
Department of Climatology*