

Występowanie układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad regionem pienińskim

Occurrence of pressure systems, air masses and atmospheric fronts
over the Pieniny Mts. region

DAMIAN DĄBROWSKI¹, ANDRZEJ JAGUŚ²

¹ IX Liceum Ogólnokształcące im. H. Sienkiewicza, Al. B. Krzywoustego 9, 40-870 Katowice

² Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Stacja Badawcza w Jaworkach, 34-460 Szczawnica

Abstract. In the paper the dynamics of atmospheric circulation over the Pieniny Mts. region was characterised. The frequency of pressure systems, air masses and atmospheric fronts' occurrence was analysed in the annual course. Investigations demonstrated the large variety of it in particular months, deciding of shaping of specific distribution of climatic conditions and variety in weather conditions.

WSTĘP

Nierównomierny rozkład energii promieniowania słonecznego na kuli ziemskiej decyduje o powstawaniu w atmosferze obszarów o podwyższonym bądź obniżonym ciśnieniu atmosferycznym. Wywołuje to ruch powietrza w postaci systemu wielkoskalowych prądów nad powierzchnią Ziemi, określanego mianem cyrkulacji atmosferycznej (Chromow 1977). Cyrkulacja atmosferyczna decyduje z kolei o kształtowaniu warunków klimatycznych, bowiem z nią związany jest transport mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych (Martyn 1995). W umiarkowanej strefie geograficznej półkuli północnej, pole ciśnienia jest mocno zróżnicowane i podlega szczególnie częstym zmianom (Kaczorowska 1977), a napływające tu masy powietrza powstają w obszarach rozciągających się od strefy zwrotnikowej do okołobiegunowej (Radomski 1973). W synoptyce znane są sytuacje cyrkulacyjne, podczas których obszar Polski znajdował się pod wpływem kilku różnych

mas powietrza, co skutkowało wyraźnym zróżnicowaniem warunków pogodowych (Kuziemski 1962). Stąd też w obrębie naszego kraju podstawę do rozważań nad regionalnym kształtowaniem się i rozkładem podstawowych czynników klimatycznych stanowi rozpoznanie regionalnych uwarunkowań i dynamiki cyrkulacji atmosferycznej. Prace takie wykonano tylko dla niektórych regionów Polski (m.in. Niedźwiedz 1968, 1969, 1981, 2000; Hess 1969; Michna, Paczos 1971; Konček, Orlicz 1974; Gluza 1978; Dąbrowski 1997), a także dla niektórych stacji meteorologicznych (m.in. Buchert 1994; Więclaw 1998; Szychta 2002).

Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka dynamiki cyrkulacji atmosferycznej nad regionem pienińskim, a w szczególności analiza częstości występowania określonych układów barycznych i mas powietrza oraz częstości przechodzenia frontów atmosferycznych w przebiegu rocznym. Ułatwi to interpretację danych liczbowych pozyskiwanych na funkcjonujących w regionie stacjach i posterunkach meteorologicznych

(Kopeć i in. 1992). Pozwoli również na lepsze zrozumienie i uzupełnienie dostępnych w literaturze charakterystyk klimatycznych (Hess 1965; Kopeć i in. 1982; Strojny 1987). Warto zaznaczyć, że znajomość cyrkulacji atmosferycznej na określonym obszarze i związanych z nią procesów i zjawisk hydrometeorologicznych decyduje o możliwości prognozowania warunków pogodowych.

METODY BADAŃ

Podstawowym materiałem badawczym dla niniejszego opracowania były dolne mapy synoptyczne Europy z lat 1991–2000 publikowane w Codziennym Biuletynie Meteorologicznym wydawanym przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie. Analizie poddano 3653 mapy z godziny 00 UTC (dawniej GMT). Polegała ona na określeniu panującej przez całą dobę sytuacji cyrkulacyjnej nad regionem pienińskim, tzn. sklasyfikowaniu występującego układu barycznego, rozpoznaniu rodzaju zalegającej masy powietrza oraz odnotowaniu faktu przechodzenia każdego frontu atmosferycznego. Ponieważ każda z map przedstawiała stan cyrkulacji atmosferycznej dla rozpoczynającej się doby, przy analizie posiłkowano się mapą z początku doby kolejnej. Pomocne w pracy analitycznej były również zamieszczone w Biuletynie opisy stanu pogody w Polsce oraz wartości ekstremalnych temperatur powietrza wraz z dobowymi sumami opadów dla niektórych stacji meteorologicznych, zwłaszcza Nowego Sącza i Zakopanego. Dysponowano też wynikami codziennych obserwacji i pomiarów meteorologicznych ze stacji klimatologicznej IMUZ w Jaworkach (pogranicze Piecin i Beskidu Sądeckiego). Stacja ta jest prowadzona zgodnie z zasadami stosowanymi w IMGW (Jaguś, Rzętała 2001).

Klasyfikacji układów barycznych dokonano za pomocą metody Parczewskiego (1962), wyróżniając wyż baryczny, niż baryczny oraz siodło, będące obszarem zawartym między dwoma układami niżowymi i wyżowymi położonymi na krzyż. Jako podstawę do zaliczenia danego układu jako wyżu lub niżu brano pod uwagę nie bezwzględną wartość ciśnienia lecz charakter prze-

biegu izobar – antycykloniczny bądź cykloniczny.

Określenie rodzaju masy powietrza zalegającej nad regionem pienińskim przeprowadzono w oparciu o stosowaną w meteorologii synoptycznej klasyfikację geograficzną, w której kryterium podziału stanowi obszar źródłowy formowania się masy (Schmidt 1975). Uwadze poddano następujące masy powietrza kształtujące pogodę w Europie Środkowej:

- powietrze arktyczne (PA),
- powietrze polarne (PP),
- powietrze zwrotnikowe (PZ).

W sytuacji wystąpienia powietrza polarnego wydzielano dodatkowo jego odmianę morską (PPm) i kontynentalną (PPk) ze względu na znaczne różnice między nimi (Bac, Rojek 1981) i tym samym wyraźnie różny wpływ na kształtowanie czynników klimatycznych.

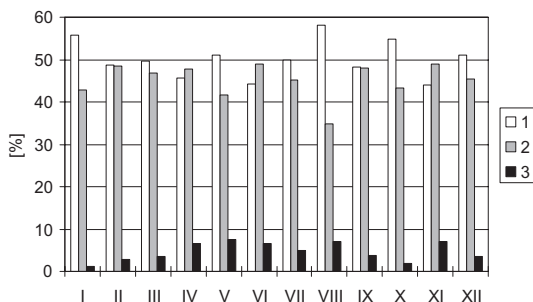
W badaniach notowano przejście każdego frontu atmosferycznego oddzielającego masy powietrza o różnych właściwościach, czyli masy główne, ich odmiany morskie i kontynentalne oraz powietrze przetransformowane stare od świeżego. Wyróżniano fronty ciepłe, chłodne, zokludowane i stacjonarne. Podstawą tego podziału jest charakter ruchu mas powietrza względem powierzchni frontalnej (Radomski 1973).

WYNIKI BADAŃ

Częstość występowania układów barycznych

Analiza wieloletnia częstości występowania układów barycznych nad regionem pienińskim wykazała, że najczęściej zdarzają się układy wyżowe (50,2%), nieco mniejszy odsetek stanowią niży (45,1%), najrzadziej pojawia się siodło (4,7%). Proporcje te wykazują jednak dużą zmienność w poszczególnych latach. W badanym wieloleciu najbardziej wyżowym rokiem był rok 1991, kiedy to częstość występowania układów wysokiego ciśnienia osiągnęła prawie 60%. Zdarzały się też lata (np. 1994 i 1998), w których przez większą ilość dni pogodę kształtowały układy niżowe. W 2000 roku wyży i niży wystąpiły z tą samą częstością – po niespełna 45%. Rok ten charakteryzował się również największym udziałem siodła barycznego.

Częstość występowania wyróżnionych układów barycznych w przebiegu rocznym jest zmienna. W poszczególnych miesiącach zróżnicowane są również proporcje pomiędzy nimi (Ryc. 1).



Ryc. 1. Roczny przebieg średniej częstości występowania układów wyżowych (1), niżowych (2) oraz siodła (3) nad regionem pienińskim.

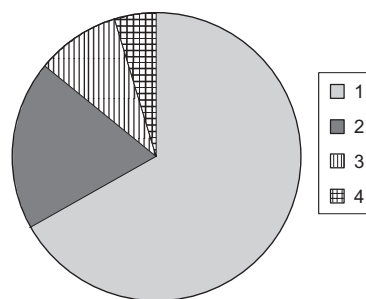
Annual course of average frequencies of anticyclonic systems (1), cyclonic systems (2) and saddle (3) over the Pieniny Mts. region.

Maksimum występowania wyżów (58,1%) przypada w sierpniu. W tym miesiącu kształtują one pogodę średnio przez 18 dni i mają zdecydowaną przewagę nad niżami (34,8%). Układy wyżowe dość wyraźnie przeważają nad niżowymi również w styczniu (średnio 17,3 dni) i w październiku (średnio 17 dni). Z kolei niż dominują w kwietniu (średnio 14,3 dni), czerwcu (średnio 14,7 dni) i listopadzie (średnio 14,7 dni). Luty i wrzesień to miesiące, w których wyż i niż zdarzają się z prawie jednakową częstością. Maksimum występowania siodła barycznego przypada w okresie od kwietnia do sierpnia, a także w listopadzie. Zimą siodło pojawia się rzadko – przez 1 lub 2 dni w miesiącu. Warto dodać, że wbrew zależnościom wieloletnim, miesiącem najbardziej wyżowym w badanym wieloleciu był lipiec 1994 roku (26 dni wyżowych), natomiast najwięcej układów niżowych (24 dni) wystąpiło w grudniu 1993 r.

Częstość występowania mas powietrza

Analiza materiału synoptycznego wykazała, że spośród wyróżnionych mas powietrza, nad region pieniński najczęściej napływa powietrze polarno-

morskie, a następnie – z wyraźnie mniejszą częstością – powietrze arktyczne, polarno-kontynentalne i zwrotnikowe (Ryc. 2). W związku z tymi proporcjami dominuje wpływ z sektora zachodniego, gdyż powietrze polarno-morskie napływa zazwyczaj z kierunków od WSW do NW. Adwekcje powietrza arktycznego wiążą się zwykle ze sphywem z kierunków od NNW do NE, natomiast powietrza polarno-kontynentalnego ze sphywem z kierunków od ENE do ESE. Powietrze zwrotnikowe dociera nad region pieniński generalnie z sektora południowego przy sphywie z kierunków od SE do SW.



Ryc. 2. Średni roczny udział [%] występowania powietrza polarno-morskiego (1), arktycznego (2), polarno-kontynentalnego (3) i zwrotnikowego (4) nad regionem pienińskim.

Average shares [%] of Polar-maritime (1), Arctic (2), Polar-continental (3) and Tropical (4) air over the Pieniny Mts. region.

Adwekcje powietrza arktycznego stanowią średnio 18,8% liczby dni w roku. W badanym wieloleciu największy udział PA zanotowano w 1995 i 1997 roku (25,8% i 26,0%), najmniejszy w 1992 roku (8,5%). Częstość napływu powietrza arktycznego w przebiegu rocznym (Ryc. 3) jest najwyższa w miesiącach wiosennych (marzec-maj). W okresie tym powietrze arktyczne utrzymuje się nad regionem pienińskim średnio przez 8–10 dni w miesiącu. Latem – od czerwca do sierpnia – napływa ono sporadycznie, najwyżej przez 3 dni w miesiącu, przy czym w sierpniu często zupełnie nie występuje. Jesienią i zimą adwekcje PA zdarzają się średnio przez 5–7 dni w miesiącu, choć przykładowo we wrześniu 1996 r. kształtowało ono pogodę aż przez 20 dni.

Powietrze polarno-morskie jest masą dominującą w każdym z analizowanych lat i występuje średnio przez 67,0% dni w roku. Najwyższą częstość napływu PPM, równą blisko 80%, zanotowano w 1992 r. Powietrze polarno-morskie napływało w owym czasie średnio przez prawie 24 dni w miesiącu. Okresem z najmniejszym udziałem PPM okazał się 1996 rok, w którym masa ta występowała nad omawianym regionem przez 55,2% dni w roku, czyli średnio przez niespełna 17 dni w miesiącu. Częstość adwekcji powietrza polarno-morskiego w poszczególnych miesiącach jest wyraźnie zróżnicowana (Ryc. 3). Najwyższa notowana jest w lipcu (80,0%) i poprzedzającym go czerwcu (74,0%), a także w lutym (75,6%). Przykładowo w lipcu 2000 roku powietrze polarno-morskie utrzymywało się przez 30 dni. Równie wysoką frekwencję osiągnęło – wbrew charakterystyce wieloletniej – w grudniu 1993 r. Wyraźne minimum występowania PPM dotyczy miesięcy wiosennych (marzec-maj), w których jego adwekcje zdarzają się co najwyżej kilkanaście dni w miesiącu, a czasem obserwowane są tylko przez kilka dni (np. marzec 1996, kwiecień 1993). Stosunkowo niski udział powietrza polarno-morskiego zaznacza się również wczesną jesienią (wrzesień-październik) – średnio około 20 dni w miesiącu.

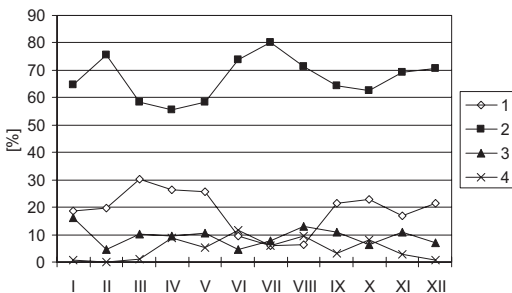
Powietrze polarno-kontynentalne napływa nad region pieniński średnio przez 9,4% dni w roku. Najczęstsze jego adwekcje (powyżej 10%) w ba-

danym wieloleciu miały miejsce w latach: 1993, 1996 i 1998, najrzadziej napływało w 1994 r. (5,2%) oraz 2000 r. (5,7%). W przebiegu rocznym częstość występowania PPK jest stosunkowo wyrównana (Ryc. 3), przy czym maksimum zaznacza się w styczniu i w sierpniu. Niższy udział tej masy obserwowany jest szczególnie w lutym i w czerwcu. Badania wykazały, że napływ powietrza polarno-kontynentalnego kształtuje warunki pogodowe w regionie pienińskim średnio przez niespełna 3 dni w miesiącu. Dość często PPK nie pojawia się przez cały miesiąc (dotyczy wszystkich miesięcy w roku), zdarzają się również jego adwekcje przez kilkanaście dni w miesiącu (np. listopad 1993, styczeń 1996).

Powietrze zwrotnikowe dociera nad region pieniński najrzadziej z wszystkich wyróżnionych mas. Jego udział wynosi średnio 4,8% dni w roku. W badanym wieloleciu, tylko w 2000 r. adwekcje powietrza zwrotnikowego zdarzały się częściej niż powietrza polarno-kontynentalnego, bo aż przez 9,0% dni w roku. Śledząc przebieg częstości występowania PZ w poszczególnych miesiącach (Ryc. 3) dostrzega się, że masa ta prawie w ogóle nie pojawia się w okresie od grudnia do marca, natomiast w pozostałych miesiącach występuje z różną częstością – najwyższą w czerwcu (średnio przez 3,5 dnia) i sierpniu (średnio przez 2,9 dnia), najniższą we wrześniu (średnio przez 1 dzień) i w listopadzie (średnio przez 0,8 dnia).

Częstość przechodzenia frontów atmosferycznych

W ciągu całego analizowanego okresu zanotowano 1231 dni z frontami atmosferycznymi. Stanowi to średnio 33,7% dni w roku. Tym samym fronty nie pojawiają się średnio przez 66,3% dni w roku. Proporcje te w poszczególnych latach badanego wielolecia były stosunkowo podobne. Najwięcej dni frontalnych wystąpiło w 1998 roku (36,7%), najmniej w 1996 roku (29,5%). W przebiegu rocznym dni z frontami zdarzają się najczęściej w styczniu i w lutym (ponad 38% dni), a najrzadziej w kwietniu (30,7%) i w sierpniu (28,7%). W pozostałych miesiącach częstość występowania dni z frontami jest zbliżona do średniej rocznej, tzn. że takich dni notuje się około 10. Maksymalnie w miesiącu zdarza się do 20 dni



Ryc. 3. Roczny przebieg średniej częstości występowania powietrza arktycznego (1), polarno-morskiego (2), polarno-kontynentalnego (3) i zwrotnikowego (4) nad regionem pienińskim.

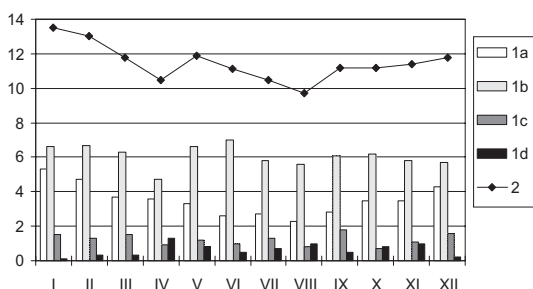
Annual course of average frequencies of Arctic (1), Polar-maritime (2), Polar-continental (3) and Tropical (4) air over the Pieniny Mts. region.

z frontami, minimalnie kilka dni. W okresie badawczym nie odnotowano miesiąca bez udziału dni z frontami.

W badanym wieloleciu nad regionem pienińskim zarejestrowano przejście 1376 frontów atmosferycznych. Wartość ta, w porównaniu z liczbą dni frontalnych, świadczy o niejednokrotnym przechodzeniu co najmniej dwóch frontów w ciągu doby. Spośród wszystkich odnotowanych frontów, fronty ciepłe stanowiły 30,7%, fronty chłodne 53,1%, fronty zokludowane 10,7%, a fronty stacjonarne 5,5%. W każdym roku poddanym analizie udział frontów chłodnych był najwyższy i oscylował wokół 50%, maksymalnie osiągając prawie 60%.

Liczba frontów atmosferycznych przechodzących nad regionem pienińskim w poszczególnych miesiącach jest wyraźnie zróżnicowana (Ryc. 4). Zdecydowanie najwięcej frontów pojawia się w miesiącach zimowych, najmniej w miesiącach letnich. Minimum występowania frontów jest charakterystyczne dla sierpnia.

W przebiegu rocznym widoczne jest wyraźne zróżnicowanie liczby poszczególnych rodzajów frontów pojawiających się w kolejnych miesiącach nad regionem pienińskim (Ryc. 4). Fronty chłodne dominują w każdym miesiącu osiągając średnią liczbę 6,1. Jedynie w kwietniu przechodzi ich średnio niespełna 5. Najwięcej frontów ciepłych notuje się w styczniu. Ich liczba spada



Ryc. 4. Roczny przebieg średniej liczby frontów ciepłych (1a), chłodnych (1b), zokludowanych (1c) i stacjonarnych (1d) oraz łącznej liczby wszystkich frontów (2) przechodzących nad regionem pienińskim.

Annual course of average numbers of warm (1a), cold (1b), occluded (1c) and stationary (1d) fronts and total number of all fronts (2) passing over the Pieniny Mts. region.

w kolejnych miesiącach do wartości minimalnych obserwowanych od czerwca do sierpnia, a następnie wzrasta do końca roku. Średnia miesięczna liczba przechodzących frontów zokludowanych wynosi 1,2. Liczba okluzji jest stosunkowo wyrównana w ciągu roku. Fronty stacjonarne praktycznie nie pojawiają się w okresie zimowym, a w pozostałych porach roku zdarzają się sporadycznie.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone badania wykazały, że dynamika cyrkulacji atmosferycznej nad regionem pienińskim jest wyraźnie zróżnicowana nie tylko w poszczególnych latach, ale przede wszystkim w przebiegu rocznym. Znajduje to wyraz w zróżnicowaniu częstości występowania elementów cyrkulacji w kolejnych miesiącach, a decyduje o kształtowaniu rocznego rozkładu czynników klimatycznych i zmienności warunków pogodowych.

Nad regionem pienińskim układy wyżowe występują nieco częściej niż niżowe, a zdarzają się średnio przez ponad 50% dni w roku. Kształtują one na ogół pogodę bezchmurną z dużymi dobowymi amplitudami temperatur, powodowanymi znacznym przychodem energii słonecznej w dzień i silnym wypromieniowaniem w porze nocnej (Bac, Rojek 1981). W okresie letnim, ze względu na prądy konwekcyjne, w wyżu mogą tworzyć się chmury burzowe, z kolei zimą wychłodzenie powierzchni terenu może prowadzić do powstawania zachmurzenia warstwowego. Układy wyżowe pojawiają się nad regionem pienińskim najczęściej na przełomie lata i jesieni, generalnie jako efekt osłabienia wymiany mas powietrza między Oceanem Atlantyckim i kontynentem europejskim. Dość często zdarzają się też w styczniu. Wynika to z położenia omawianego regionu w południowo-wschodniej części Polski, a więc w strefie słabszego oddziaływania rozległego i głębokiego w porze zimowej niżu islandzkiego wobec wpływu układów wyżowych tworzących się w obszarach na południe i wschód od Polski.

Niżej występują nad regionem pienińskim najczęściej na przełomie zimy i wiosny oraz późną jesienią. Dość wyraźnie dominują dodatkowo

w czerwcu. Absolutne minimum częstości pojawiania się niżów przypada na sierpień, kiedy to pogodę nad Europą Środkową kształtują przeważnie stosunkowo stabilne (stacjonarne) wyży. Z reguły niży tworzą się w okresach występowania dużych gradientów barycznych pomiędzy oceanem i kontynentem. Są także charakterystyczne dla stref odgraniczających różne masy powietrza i przemieszczają się na ogół w kierunku ruchu masy cieplejszej (Bac, Rojek 1981). W związku z tym przynoszą z sobą pogodę zmienną i dynamiczną z zachmurzeniem i zwykle opadem.

Siodło jest układem barycznym mającym zdecydowanie najmniejszy udział w kształtowaniu rozkładu ciśnienia nad omawianym regionem. Najczęściej występuje w cieplej połowie roku, zwłaszcza od kwietnia do czerwca z maksimum w maju. W tym czasie pole ciśnienia nad Europą jest dość niewyraźne i słabo zróżnicowane (słabe wyży i płytkie niży). Mniejszy udział siodła w okresie zimowym związany jest z obserwowanym dynamicznym charakterem cyrkulacji, tzn. dość szybkim tworzeniem oraz przemieszczaniem ośrodków wyżowych i niżowych.

Napływ mas powietrza nad Polskę jest pochodną rozmieszczenia i rozwoju głównych ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia, zwłaszcza nad Atlantykiem, Europą Wschodnią i Azją Zachodnią oraz w rejonie Arktyki. Ze względu na położenie geograficzne Polski, docierają tu różnorodne masy, posiadające – w zależności od tempa przemieszczania – cechy mniej lub bardziej charakterystyczne dla swoich odległych obszarów źródłowych (Radomski 1973).

Powietrze arktyczne może napłynąć nad region pieniński w każdym miesiącu (z najmniejszym prawdopodobieństwem w sierpniu), przy czym w ciągu całego roku występuje średnio przez niespełna 20% dni. Jego adwekcja jest typowa zwłaszcza dla miesięcy wiosennych, w związku z często występującą w tym czasie cyrkulacją północną. Najrzadziej pojawia się w okresie letnim. Powietrze to tworzy się w strefie okołobiegunowej. W odmianie kontynentalnej (ponad obszarami lodowymi) cechuje się bardzo niską temperaturą, znaczną przezroczystością i niewielką zawartością pary wodnej. W odmianie morskiej (ponad obszarami wolnymi od lodu)

jest nieco cieplejsze i bardziej wilgotne. Jego napływ zawsze przynosi ochłodzenie, np. siarczyste zimowe mrozy, niebezpieczne wiosenne przymrozki, a nawet majowe opady śniegu. W okresie letnim ochłodzenie związane z adwekcją PA jest mniej odczuwalne, gdyż powietrze to ogrzewa się nieco podczas przemieszczania nad Skandynawią.

Najczęściej nad Polskę docierają masy powietrza polarno-morskiego, występując nad regionem pienińskim średnio przez 67,0% dni w roku. Częstość adwekcji powietrza polarno-morskiego w przebiegu rocznym, wynosząca w każdym miesiącu ponad 50%, jest wyraźnie związana z częstością napływu powietrza arktycznego. Udział PPM maleje wiosną i jesienią na rzecz PA. Odwrotna sytuacja następuje w okresie letnim. Powietrze polarno-morskie powstaje nad Atlantykiem pomiędzy 45° i 70° szerokości geograficznej północnej. Przy swej dużej wilgotności jest stosunkowo chłodne w lecie i dość ciepłe w okresie zimowym. Stąd też latem powoduje na ogół ochłodzenie, a zimą ocieplenie (odwilż). Powietrze polarno-morskie związane z układem niżowym przynosi z reguły pogodę pochmurną z opadami, w sytuacji wyżowej charakteryzują go zamglenia i mgły.

Powietrze polarno-kontynentalne kształtuje się nad obszarami Rosji i Europy Wschodniej oraz rzadziej Europy Środkowej i Skandynawii. W swych dolnych partiach jest suche, latem bardzo ciepłe, zimą mroźne. Najczęściej jego obecność wiąże się z pogodą bezchmurną. Jeśli jednak jego górne partie zawierają znaczną ilość pary wodnej przynosi zasłone chmur warstwowych. Powietrze polarno-kontynentalne napływa nad region pieniński w każdym miesiącu ze średnią częstością nieco poniżej 10%, tym samym jego udział w kształtowaniu warunków klimatycznych jest niewielki. Najczęstsze jego adwekcje zdarzają się w styczniu oraz w sierpniu, co skutkuje wystąpieniem posusznych, mroźnych lub stosunkowo gorących dni. Powietrze polarno-kontynentalne z reguły związane jest z rozległymi układami wyżowymi, które tworzą się nad Europą Wschodnią.

Powietrze zwrotnikowe napływa nad region pieniński najrzadziej z wyróżnionych mas, bo tylko średnio przez niespełna 5% dni w roku.

Powstaje ono w obszarach podzwrotnikowych Atlantyku jako masa związana z wyżem azorskim, a także nad Bliskim Wschodem, Bałkanami i północną Afryką. Jest zatem bardzo ciepłe, a latem wręcz gorące. Zimą masa ta prawie w ogóle nie pojawia się nad regionem pienińskim, a w przypadku napływu powoduje gwałtowną odwilż. W cieplej połowie roku również zdarza się sporadycznie (najwyżej kilka dni w miesiącu). W środku lata PZ przynosi upały i nierzadko pogodę pamią, co związane jest ze wzrostem jego wilgotności podczas przemieszczania nad Morzem Śródziemnym lub Morzem Czarnym. Jesienią sprowadza pogodę ciepłą, suchą i słoneczną, nazywaną babim latem. Powietrze zwrotnikowe dociera nad omawiany region najczęściej w czerwcu, dominując w tym miesiącu nad powietrzem arktycznym i polarno-kontynentalnym.

Przemieszczanie mas powietrza wiąże się z wędrówką oddzielających je stref frontalnych. Występowanie frontów atmosferycznych związane jest z reguły z ośrodkami niskiego ciśnienia (Bac, Rojek 1981), tzn. że powstają, przemieszczają się i zanikają w związku z działalnością cyklonalną (Chromow 1977). Fronty ciepłe i chłodne występują najczęściej w zatokach niskiego ciśnienia, natomiast fronty zokludowane w centrum niżu. Fronty stacjonarne ciągną się wzdłuż izobar i występują zazwyczaj na skraju wyżu lub starego niżu, a także między dwoma wyżami. Z powyższego wynika, że przechodzenie frontu wiąże się z dynamicznymi zmianami warunków pogodowych, a także ze zmianą dotychczasowego stanu pogody. Badania wykazały, że średnio 1/3 dni w roku nad regionem pienińskim charakteryzuje się występowaniem frontów atmosferycznych, przy czym zwłaszcza w miesiącach zimowych – ze względu na częste przemieszczanie się nad Europą Środkową aktywnych i głębokich ośrodków niżowych znad Atlantyku – zdarza się przechodzenie dwóch lub kilku frontów w ciągu doby. Charakterystyczne w tej porze roku jest postępowanie układu dwóch frontów – najpierw ciepłego, a zaraz za nim chłodnego. Wszystko to powoduje, że największa częstość dni z frontami (blisko 40%) przypada właśnie na miesiące zimowe, kiedy to mogą występować dość częste i duże skoki temperatury w ciągu zaledwie kilku dni,

a czasem nawet godzin. Najmniej frontów obserwuje się w sierpniu jako wynik przeważającego występowania układów wyżowych.

Około 30% wszystkich frontów atmosferycznych przechodzących nad regionem pienińskim stanowią fronty ciepłe. Latem przynoszą one niewielkie pogorszenie pogody (głównie wzrost zachmurzenia), a następnie wyraźny wzrost temperatury. Przechodząc zimą sprowadzają nie tylko znaczne ocieplenie, ale przede wszystkim kilkogodzinne ciągłe opady – początkowo najczęściej śniegu, następnie marznącego deszczu i w końcu deszczu. Fronty ciepłe powstają w sytuacji, kiedy na ustępującą masę chłodną nasuwa się masa cieplejsza, a przebiegają w przedniej części przemieszczającego się niżu. Zbliżanie frontu ciepłego zwiastuje układ kolejno postępujących określonych rodzajów chmur. Najwięcej frontów ciepłych nad omawianym regionem pojawia się w pierwszym i ostatnim kwartale roku. W miesiącach letnich ich liczba jest wyraźnie niższa.

W sytuacji ustępowania powietrza ciepłego na rzecz napływającego dołem powietrza chłodnego powstaje linia frontu chłodnego. Jego przejście wiąże się zatem z obniżeniem temperatury, wzrostem ciśnienia oraz występowaniem przelotnych opadów pochodzących z kłębiastych chmur deszczowych. Należy podkreślić, że w cieplej połowie roku, zwłaszcza w czasie upalnej pogody, przechodzeniu frontu chłodnego często towarzyszą burze, które w obszarach górskich mogą być bardzo intensywne. Nad regionem pienińskim fronty chłodne dominują nad innymi rodzajami frontów, przechodząc średnio 6 razy w miesiącu z nieznacznym minimum pojawiania się przypadającym na kwiecień.

Wykształcenie frontu zokludowanego związane jest z obecnością trzech różnych mas powietrza: dwóch chłodnych zalegających przy powierzchni ziemi i cieplej wypchniętej ku górze. Dzieje się tak w sytuacji kontaktu przemieszczającego się szybko frontu chłodnego z postępującym przed nim frontem ciepłym. Proces okluzji powoduje więc zanikanie ośrodka niżowego, a przynosi ocieplenie bądź ochłodzenie w zależności od różnicy temperatury kontaktujących mas chłodnych. Fronty zokludowane częściej powstają zimą, lecz w każdej porze roku ich udział jest niewielki.

W regionie pienińskim okluzje zdarzają się raz lub dwa razy w miesiącu.

Fronty stacjonarne jako jedyne występują nad regionem pienińskim głównie w ciepłej połowie roku. Sprzyja temu powolny w tym czasie ruch mas powietrza pomiędzy obszarami słabych wyżów i płytkich niżów. Fronty te stanowią zaledwie kilka procent wszystkich przechodzących frontów. Odgraniczają co prawda masę ciepłą od chłodnej, lecz ruch obu tych mas jest słaby i odbywa się równoległe do linii frontu. Stąd też warunki pogodowe w strefie frontu stacjonarnego mogą być równie dobrze dość stabilne, co stosunkowo dynamiczne.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza rocznego przebiegu częstości występowania elementów cyrkulacji atmosferycznej nad regionem pienińskim pozwala na wysunięcie następujących wniosków:

1. Udział występowania układów wyżowych i niżowych jest zbliżony przez większą część roku, co świadczy o dużej dynamice przemieszczania mas powietrza.
2. Dominacja pogody wyżowej (antycyklonicznej) zarysowuje się w styczniu, sierpniu i październiku.
3. Warunki klimatyczne kształtowane są głównie przez masy powietrza polarno-morskiego, choć w okresie wiosennym i jesienno-zimowym występują częste adwekcje powietrza arktycznego.
4. Powietrze polarno-kontynentalne napływa stosunkowo rzadko w ciągu całego roku, natomiast powietrze zwrotnikowe pojawia się praktycznie tylko w ciepłej połowie roku.
5. Maksimum dni z frontami atmosferycznymi przypada na miesiące zimowe, przy czym przez cały rok częściej występują dni bez frontów.
6. Fronty chłodne są frontami dominującymi, a ich liczba – podobnie jak frontów zokludowanych – jest stosunkowo wyrównana w kolejnych miesiącach.
7. Fronty ciepłe przechodzą znacznie częściej w chłodnej połowie roku, natomiast fronty stacjonarne pojawiają się bardzo rzadko, głównie w miesiącach ciepłych.
8. Elementy cyrkulacji atmosferycznej cechuje duża dynamika występowania w ciągu roku, będąca efektem położenia geograficznego regionu i całego kraju w strefie klimatu umiarkowanego przejściowego.

PIŚMIENNICTWO

- Bac S., Rojek M. 1981. *Meteorologia i klimatologia*. — PWN, Warszawa, 250 s.
- Buchert L. 1994. Występowanie mas powietrza, frontów atmosferycznych oraz układów barycznych nad Poznaniem w latach 1965–1980. — *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A*, **45**: 43–52.
- Chromow S. P. 1977. *Meteorologia i klimatologia*. — PWN, Warszawa, 487 s.
- Dąbrowski D. 1997. Charakterystyka cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Wyżyny Śląskiej w okresie 1986–1995. — *Wydział Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec (maszynopis)*, 91 s.
- Gluz A. 1978. Masy powietrza i sytuacje baryczne a okresy dni charakterystycznych w makroregionie północno-wschodnim w latach 1951–1970. — *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Seria Geografia*, **20**(1): 15–18.
- Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach zachodnich. — *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, **11**: 1–255.
- Hess M. 1969. Klimat podregionu miasta Krakowa. — *Folia Geographica, Series Geographica-Physica*, **3**: 5–65.
- Jaguś A., Rzętała M. 2001. Szczawnica i okolice. Niektóre możliwości kształcenia w zakresie geografii. — *Wydział Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec*, 128 s.
- Kaczorowska Z. 1977. *Pogoda i klimat*. — *Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa*, 309 s.
- Konček M., Orlicz M. 1974. *Synoptická klimatológia*. [W:] M. Konček (red.) *Klimat Tatr*. — *Slovenská Akadémia Vied, Bratislava*, ss. 27–49.
- Kopec S., Misztal A., Czemerda A. 1982. Charakterystyka klimatyczna rejonu Jaworek. [W:] *Problemy rolniczo-leśne województwa nowosądeckiego*. — *Podhalańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Nowy Targ – Zakopane*, ss. 259–300.
- Kopec S., Misztal A., Nowak K. 1992. Kształtowanie się podstawowych czynników klimatycznych w rejonie Jaworek w latach 1981–1990. — *Materiały informacyjne Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*, **19**: 1–28.
- Kuziemski J. 1962. Cyrkulacja atmosferyczna jako czynnik przestrzennego zróżnicowania warunków klimatycznych w Polsce. — *Przegląd Geofizyczny*, **7**(1): 23–36.

- Martyn D. 1995. Klimaty kuli ziemskiej. — PWN, Warszawa, 359 s.
- Michna E., Paczos S. 1971. Częstość występowania mas powietrznych i frontów atmosferycznych nad Bieszczadami Zachodnimi. — *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Seria Geografia*, **12**: 93–97.
- Niedźwiedz T. 1968. Częstość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad Polskimi Karpatami Zachodnimi. — *Przegląd Geograficzny*, **40**(2): 473–477.
- Niedźwiedz T. 1969. Sytuacje baryczne w Polsce południowej i ich wpływ na niektóre elementy klimatu. — *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, **25**: 63–98.
- Niedźwiedz T. 1981. Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. — *Rozprawy Habilitacyjne UJ*, **58**: 1–165.
- Niedźwiedz T. 2000. Częstość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad regionem górnośląskim. [W:] A. T. Jankowski, U. Myga-Piatek, S. Ostaficzuk (red.) Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego. Stan poznania, zagrożenia i ochrona. — Wydział Nauk o Ziemi UŚ, Katowicki Oddział PTG, Sosnowiec, ss. 71–77.
- Parczewski W. 1962. Układy ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w Polsce środkowej. — *Przegląd Geofizyczny*, **7**(2): 95–105.
- Radomski Cz. 1973. Agrometeorologia. — PWN, Warszawa, 449 s.
- Schmidt M. 1975. Meteorologia. — Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Strojny W. 1987. Pieniny. — Wiedza Powszechna, Warszawa, 185 s.
- Szycha M. A. 2002. Częstość występowania mas powietrza nad Polską w 25-leciu 1970–1995. [W:] Z. Górka, A. Jelonk (red.) Geograficzne uwarunkowania rozwoju Małopolski. — Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, ss. 239–243.
- Więclaw M. 1998. Częstość występowania mas powietrza nad Koszalinem w latach 1971–1990. — *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A*, **49**: 205–211.

SUMMARY

The aim of this study was to characterise the dynamics of atmospheric circulation over the Pieniny Mts. region and particularly to analyse the frequency of pressure systems, air masses and atmospheric fronts' occurrence in annual course. The basic analytic materials were daily lower synoptic maps of Europe from the years 1991–2000.

Investigations demonstrated that the shares of anticyclonic and cyclonic systems over the Pieniny Mts. region were similar in the majority of the year (Fig. 1), what betokens the large dynamics of air masses transfer. The predomination of anticyclonic weather is only noticed in January, August and October (Fig. 1). Climatic conditions are here mainly shaped by masses of Polar-maritime air (Fig. 2), although in spring and autumn-winter periods frequent advections of Arctic air occur (Fig. 3). Polar-continental air inflows relatively rarely all the year round, whereas Tropical air practically appears only in warm half of the year (Fig. 3). Days with atmospheric fronts in the region discussed most often happen in winter months, but all the year round they occur with smaller frequency than days without fronts. Cold fronts are predominating ones and their number – similarly to occluded fronts – is relatively even in the following months (Fig. 4). Warm fronts significantly more often pass in cold half of the year, whereas stationary fronts mainly appear in warm months (Fig. 4).

The large dynamics of atmospheric circulation over the Pieniny Mts. region is the derivative of its location in geographical zone of transitional temperate climate.