Bogusław M. Kaszewski, Krzysztof Bartoszek, Andrzej Gluza

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Meteorologii i Klimatologii

20-718 Lublin, Al. Kraśnicka 2D; k.bartoszek@umcs.pl

Synoptyczne uwarunkowania napływu mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad Lubelszczyznę

Synoptic conditions of advection of arctic and tropical air masses over the Lublin region

Słowa kluczowe: masy powietrza, powietrze arktyczne, powietrze zwrotnikowe, typy cyrkulacji, Lubelszczyzna

Keywords: air masses, arctic air, tropical air, circulation types, the Lublin region

WPROWADZENIE

Cyrkulacja atmosferyczna jest procesem klimatotwórczym, który w znacznym stopniu determinuje zmienność czasowo-przestrzenną elementów meteorologicznych w Europie Środkowej. Wiąże się to głównie z napływem, z obszarów o odmiennych cechach fizycznych powierzchni czynnej (Ocean Atlantycki, wnętrze kontynentu euroazjatyckiego, Arktyka, Afryka Północna), mas powietrza różniących się pod względem stosunków termiczno-wilgotnościowych. Stąd też poznanie częstości występowania poszczególnych mas powietrza jest zagadnieniem niezmiernie ważnym dla celów prognozy pogody oraz wyjaśnienia zachodzących zmian klimatu.

Problematyka mas powietrza była podejmowana w wielu pracach w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Występowanie mas powietrza nad Europą Środkową analizował Więcław (2010), a nad Polską m. in. Rafałowski, Bołaszewska, Reutt (1955), Bołaszewska i Reutt (1962), Misiewicz (1969), Warakomski (1969) i Szychta (2002). W wielu pracach analizowano częstość mas powietrznych nad różnymi regionami kraju, np. nad Polską południową (Niedźwiedź 1981), Podlasiem (Kierklo 2012), makroregionem północno-wschodnim (Gluza 1978) czy Lubelszczyzną (Kaszewski 2008). Stosunkowo mniej prac dotyczyło uwarunkowań cyrkulacyjnych występowania mas powietrza. Takie opracowania wykonano dla całego kraju (Tajchman 1959), Polski południowej (Niedźwiedź 1969), środkowo-wschodniego makroregionu Polski (Kaszewski 1977), Lublina (Kijkowska-Wiślińska 1998) i Torunia (Więcław 2005).

Celem opracowania jest charakterystyka częstości i uwarunkowań synoptycznych napływu mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad obszar Lubelszczyzny, a także ich zestawienie z typami cyrkulacji określonymi dla tego obszaru. Warto podkreślić, że spośród występujących nad obszarem Polski rodzajów mas powietrza, największe odchylenia temperatury i wilgotności od normy, występują przede wszystkim podczas adwekcji powietrza arktycznego i zwrotnikowego (Kaszewski 1977), a wśród czynników decydujących o znacznych fluktuacjach klimatu w strefie umiarkowanej największe znaczenie ma dynamika mas powietrza o różnych właściwościach termicznych (Niedźwiedź 2000).

Materiał i metody

Występowanie mas powietrza arktycznego (PA) i zwrotnikowego (PZ) w ujęciu regionalnym określono dla godz. 12 UTC na podstawie dolnych map synoptycznych PIHM/IMGW z okresu 1951-2010. W opracowaniu nie uwzględniono podziału tych mas ze względu na ich odmianę morską lub kontynentalną oraz stopień transformacji, tj. na odmianę „świeżą” i „starą”.

Do oceny uwarunkowań synoptycznych napływu tych mas wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji dla Lubelszczyzny zaproponowany przez Bartoszka (2015, 2017a). W zastosowanej klasyfikacji typów cyrkulacji wyróżniono po 8 typów kierunkowych cyklonalnych, pośrednich i antycyklonalnych oraz po jednym typie bezadwekcyjnym cyklonalnym, antycyklonalnym i nieokreślonym. W celu uogólnienia wyników typy zostały odpowiednio zgrupowane według kierunku i charakteru cyrkulacji (tab. 1), co umożliwiło obliczenie częstości oraz prawdopodobieństwa warunkowego wystąpienia masy powietrza podczas określonego typu cyrkulacji. Do analizy wieloletniej zmienności występowania mas powietrza w klimatologicznych porach roku, tj. wiosną (III-V), latem (VI-VIII), jesienią (IX-XI) i zimą (XII-II), a także w całym roku, zastosowano nieparametryczny test Mann-Kendalla, a wielkość zmian w czasie określono metodą Sena (Sen 1968; Kendall 1975).

Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu powietrza arktycznego i zwrotnikowego przedstawiono w postaci uśrednionych map ciśnienia, temperatury powietrza na powierzchni 850 hPa oraz średniej grubości warstwy powietrza 850-1000 hPa wraz z odchyleniami od normy dla wybranych pór roku. Do konstrukcji tych map wykorzystano dane pochodzące z NCEP/NCAR Reanalysis (Kalnay i in. 1996). Sytuacje synoptyczne określono przy zastosowaniu hierarchicznej metody grupowania Warda (1963).

Wyniki badań

Częstość napływu mas powietrza arktycznego nad obszar Lubelszczyzny w ciągu roku jest dość niewielka i wynosi 13,4% (ryc. 1). Największy udział tych mas występuje wiosną (w kwietniu, marcu i maju – odpowiednio 20,4%, 17,3% i 17,2%), najmniejszy zaś latem (w lipcu i sierpniu poniżej 5%). Jeszcze rzadziej notuje się napływ powietrza zwrotnikowego (4,1% wszystkich dni w roku). Najczęściej nad Lubelszczyzną występuje ono w lecie (z maksimum w lipcu – 9,2%), natomiast najrzadziej w zimie (<1%; ryc. 1).

W latach 1951-2010 zaznaczyły się istotne zmiany w częstości napływu nad Lubelszczyznę mas arktycznych (wzrost średnio o 8 dni na 10 lat) i zwrotnikowych (wzrost o blisko 3 dni na 10 lat) (tab. 2). Udział mas arktycznych zwiększył się w zimie, jesieni i na wiosnę, mas zwrotnikowych zaś w lecie.

W przebiegu wieloletnim odchyleń rocznej liczby dni z występowaniem powietrza arktycznego zaznaczają się cztery okresy: pierwszy, do 1975 roku, drugi w latach 1976-1985, trzeci w latach 1986-1993 i czwarty po roku 1994 (ryc. 2). W okresie pierwszym i trzecim w zdecydowanej większości lat dominowały odchylenia ujemne, natomiast w drugim i czwartym częstość występowania PA była zdecydowanie większa niż przeciętnie. W przypadku powietrza zwrotnikowego wyraźny wzrost liczby dni jego występowania nad obszarem Lubelszczyzny wystąpił po roku 1992 (ryc. 2).

Powietrze arktyczne napływało nad Lubelszczyznę głównie z sektora NW-N-NE-E (ryc. 3) W poszczególnych porach roku występowaniu PA towarzyszyły najczęściej typy: N+NEo (wiosna i zima), N+NEa (lato) i W+NWc (jesień) (tab. 3). W okresie wiosny drugim pod względem częstości był typ N+NEa, w lecie W+NWa, a w jesieni i zimie typ A. Powietrze zwrotnikowe napływało najczęściej przy typach z sektora SE-S-SW (ryc. 3). Na wiosnę i w jesieni zaleganie tej masy związane było głównie z typami S+SWo i S+SWc, a w zimie także z typem W+NWo (tab. 4).

Prawdopodobieństwo warunkowe występowania powietrza arktycznego podczas poszczególnych typów cyrkulacji przekraczało 40% w typie N+NEc i N+NEo w okresie wiosny, jesieni i zimy, z maksimum 52,8% w typie N+NEc na wiosnę (tab. 5). Wysokie wartości tej charakterystyki dotyczyły również typu N+NEa (powyżej 37%). W wymienionych typach cyrkulacji największe prawdopodobieństwo warunkowe występowało także w lecie, ale wynosiło jedynie około 10%. W przypadku powietrza zwrotnikowego prawdopodobieństwo warunkowe jego występowania największe było w typach E+SEc, S+SWa, S+SWo i S+SWc w okresie wiosny, lata i jesieni (tab. 6). Jednakże tylko w tych dwóch ostatnich typach wartości przekraczały 20%.

Analiza uśrednionego pola ciśnienia podczas występowania powietrza arktycznego nad Lubelszczyzną pozwoliła wyróżnić cztery zasadnicze typy pola (ryc. 4a-d). Typ pierwszy, obejmujący 45% przypadków, dotyczy napływu PA z północy, podczas występowania niżu z centrum nad wschodnią Estonią i wyżu z centrum na południe od Irlandii (ryc. 3a). Typ drugi (43% przypadków) związany jest z silnie rozbudowanym wyżem nad środkową Skandynawią, który warunkuje napływ PA z północo-wschodu (ryc. 4b). Trzeci, obejmujący 8% przypadków, to adwekcja powietrza arktycznego z kierunku NW, podczas zalegania wyżu z centrum nad Szkocją i występowania klina wysokiego ciśnienia nad Polską (ryc. 4c). Typ czwarty (4% przypadków) wiąże się z napływem powietrza arktycznego z południo-wschodu, uwarunkowanego obecnością wyżu z centrum nad Zatoką Fińską (ryc. 4d).

W czasie napływu powietrza arktycznego w zimie, średnie odchylenie temperatury od normy na powierzchni izobarycznej 850 hPa wynosiło nad obszarem Lubelszczyzny od -7,0oC do -5,5oC (ryc. 5a). Notowano wówczas niższą, o około 3 gpdm, niż przeciętnie średnią grubość warstwy powietrza między powierzchniami izobarycznymi 850 i 1000 hPa (ok. 127 gpdm; ryc. 5b). Na wiosnę średnie odchylenie temperatury od normy mieściło się w przedziale od -5,5oC do -4,0oC (ryc. 5c), a średnia grubość warstwy powietrza 850-1000 hPa wynosiła ok. 131 gpdm, tj. ok 2-2,5 gpdm mniej niż przeciętnie (ryc. 5d).

Analiza uśrednionego pola ciśnienia podczas napływu powietrza zwrotnikowego pozwoliła wyróżnić trzy zasadnicze typy pola (ryc. 6a-c). Typ pierwszy, obejmujący 38% przypadków, dotyczy napływu tego powietrza z południo-zachodu, podczas występowania rozległego niżu nad Europą Środkową i wyżu z centrum nad wschodnią Ukrainą (ryc. 6a). Typ drugi (32% przypadków) to adwekcja PZ z południo-wschodu związana z wyżem znad północno-zachodniej Rosji, łączącego się wałem podwyższonego ciśnienia z Wyżem Azorskim (ryc. 6b). Typ trzeci, obejmujący 30% przypadków, warunkuje napływ powietrza zwrotnikowego z kierunku SW (ryc. 6c). Jest to sytuacja z podwyższonym ciśnieniem w Europie południowej i południowo-wschodniej oraz rozciągniętym strefowo niżem z centrum nad Morzem Norweskim.

W czasie napływu powietrza zwrotnikowego nad Lubelszczyznę w okresie wiosny średnie odchylenie temperatury powietrza od normy na powierzchni izobarycznej 850 hPa przekraczało 7oC (ryc. 7a), a średnia grubość warstwy powietrza 850-1000 hPa wynosiła ok. 137 gpdm, tj. ok 4 gpdm więcej niż przeciętnie (ryc. 7b). W lecie średnie odchylenie temperatury od normy (850 hPa) przekraczało +4,0oC (ryc. 7c), a średnia grubość warstwy powietrza (850-1000 hPa) wynosiła ok. 141 gpdm, tj. ok. 2-2,5 gpdm więcej niż przeciętnie (ryc. 7d).

wnioski

W ciągu roku częstość napływu mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad Lubelszczyznę jest nieznaczna i wynosi przeciętnie 13,4% oraz 4,1% wszystkich dni. W porównaniu do Polski południowej (Kotas i in. 2013), powietrze arktyczne występuje częściej o 5%, zwrotnikowe zaś o 1%. Powietrze arktyczne najczęściej napływa nad Lubelszczyznę w okresie wiosny, z maksimum w kwietniu (20,4% wszystkich dni w miesiącu). Powietrze zwrotnikowe najczęściej notowane jest w lecie, z maksimum w lipcu (9,2%).

W analizowanym okresie zaznaczyły się istotne zmiany w częstości napływu mas arktycznych (wzrost średnio o 8 dni na 10 lat) i zwrotnikowych (wzrost o blisko 3 dni na 10 lat). Udział mas arktycznych zwiększył się w zimie, jesieni i na wiosnę, mas zwrotnikowych tylko w lecie. Podobną zmienność wieloletnią częstości tych mas wykazał Więcław (2009) dla Bydgoszczy, a wcześniej Niedźwiedź (2000) dla Polski południowej. Może to mieć związek ze wzrostem w ostatnich dwóch dekadach badanego okresu udziału cyrkulacji o składowej północnej w zimie i wiosną, a południowej w lecie (Bartoszek 2017b).

We wszystkich porach roku największe prawdopodobieństwo występowania powietrza arktycznego notowano podczas typów cyrkulacji ze składową północną i północno-wschodnią, najmniejsze zaś w typach warunkujących adwekcję powietrza z południa i południo-zachodu. W przypadku powietrza zwrotnikowego największe prawdopodobieństwo jego wystąpienia notuje się podczas napływu powietrza z kierunków E-SE-S-SW, a wyraźnie niższe z kierunków W-NW-N-NE. Stwierdzono, że napływ obu mas powietrza uwarunkowany jest przede wszystkim kierunkiem adwekcji, a nie antycyklonalnym, cyklonalnym lub pośrednim charakterem cyrkulacji.

Niezależnie od pory roku, podczas występowania powietrza arktycznego i zwrotnikowego zaznaczyły się wyraźne anomalie, zarówno temperatury powietrza na powierzchni izobarycznej 850 hPa, jak i średniej grubości warstwy powietrza między powierzchnią izobaryczną 850 i 1000 hPa.

SUMMARY

The paper assesses the relationship between atmospheric circulation and seasonal air temperature in the Lublin region from 1951 to 2010. It also specifies the relations between the occurrence of extremely warm and cool seasons, and anomalies of sea level pressure (SLP) in the Atlantic European region. For this purpose, the classification of circulation types over East-Central Europe as well as mean seasonal air temperature values from 5 meteorological stations located in the area of research or in the vicinity were used. The strongest influence of atmospheric circulation on thermal conditions in the Lublin region was noticed in winter season, and the weakest in the spring months. The zonal circulation played an important role for seasonal air temperature both in winter and in summer, whereas meridional air flow in autumn. Compared to air flow direction, the character of atmospheric circulation, expressed by anticyclonic, cyclonic and transitional circulation, had a significantly weak influence on the seasonal air temperature. Moreover, strong relationship between anomalies of sea level pressure in the Atlantic European region and strong positive or negative deviations of seasonal air temperature in the Lublin region were found primarily during winter and summer seasons.

LITERATURA

Bartoszek K., 2015: *Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny*. Zbiór komputerowy. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii, Lublin. http://serwisy.umcs.lublin.pl/k.bartoszek/wyniki.html

Bartoszek K., 2017a: *The main characteristics of atmospheric circulation over East-Central Europe from 1871 to 2010*, Meteorology and Atmospheric Physics, 129, 2, 113–129.

Bartoszek K., 2017b: *Zmienność wskaźników cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Lubelszczyzny i związek temperatury powietrza i opadów atmosferycznych z tymi wskaźnikami*, Prace Geograficzne, 150, 61–78.

Bołaszewska J., Reutt F., 1962: *Częstotliwość występowania poszczególnych mas powietrza w Polsce w okresie 10 lat 1946-1956*, Prace PIHM, 66, 16–32.

Gluza A., 1978: *Masy powietrza i sytuacje baryczne a okresy dni charakterystycznych w makroregionie północnowschodnim w latach 1951-1970*, Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Seria Geografia, 20, 1, 15–18.

Kalnay E., Kanamistu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D., 1996: *The NMC/NCAR 40-Year Reanalysis Project*, Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437–471.

Kaszewski B. M., 1977: *Warunki synoptyczne napływu powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad środkowowschodni makroregion Polski (1961-1970)*, Przegląd Geofizyczny, 22, 1, 49–54.

Kaszewski B. M., 2008: *Warunki klimatyczne Lubelszczyzny*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, 60.

Kendall M. G., 1975: *Rank correlation measures*, Charles Griffin, London.

Kierklo K., 2012: *Variability of air masses over Podlasie (NE Poland) in the years 2001-2010*, Bulletin of Geography - Physical Geography Series, 5, 87–113.

Kijkowska-Wiślińska Z., 1998: *Masy powietrzne a typy cyrkulacji atmosferycznej w Lublinie w latach 1961-1970*, [w:] M. Nowosad (red.), *Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego*, Wydawnictwo UMCS, 57–58.

Kotas P., Twardosz R., Nieckarz Z., 2013: *Variability of air mass occurrence in southern Poland*, Theoretical and Applied Climatology, 114, 3–4, 615–623.

Misiewicz Ł., 1969: *Częstotliwość występowania mas arktycznych w Polsce w latach 1956-1960*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, 2, 32, 51–63.

Niedźwiedź T., 1969: *Sytuacje baryczne w Polsce południowej i ich wpływ na niektóre elementy klimatu*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 25, 63–98.

Niedźwiedź T., 1981: *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 58, 1–165.

Niedźwiedź T., 2000: *Dynamika adwekcji mas powietrza arktycznego nad Polską południową*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia, XXXI - Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, 106, Toruń, 191–199.

Rafałowski J., Bołaszewska J. Reutt F., 1955: *Częstotliwość występowania poszczególnych mas powietrza w Polsce*, Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 3, 5, 3–23.

Sen P. K., 1968: *Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau*. Journal of the American Statistical Association, 63, 1379–1389.

Szychta M. A., 2002: *Częstość występowania mas powietrza nad Polską w 25-leciu 1970–1995*, [w:] Z. Górka, A. Jelonek (red.), *Geograficzne uwarunkowania rozwoju Małopolski*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 239–243.

Tajchman S., 1959: *O częstotliwości występowania mas powietrza nad Polską w zimie w różnych typach cyrkulacji*, Biuletyn PIHM, 9, 33–42.

Warakomski W., 1969: *Częstość występowania dni i okresów z poszczególnymi typami mas powietrza nad Polską (1951-1960)*, Przegląd Geofizyczny, 14, 1, 67–77.

Ward J. H., 1963: *Hierarchical grouping to optimize an objective function*, Journal of the American Statistical Association, 58, 236–244.

Więcław M., 2005. Występowanie mas powietrza w Toruniu a typy cyrkulacji atmosferycznej [w:] Z. Babiński (red.), Środowisko przyrodnicze w badaniach geografii fizycznej, Promotio Geographica Bydgostiensia, Bydgoszcz, 2, 143–152.

Więcław M., 2009: *Roczna i wieloletnia zmienność częstości występowania mas powietrza w Bydgoszczy*, [w:] Z. Babiński (red.), *Środowisko przyrodnicze w badaniach geografii fizycznej*, Promotio Geographica Bydgostiensia, 4, 105–118.

Więcław M., 2010: *Przestrzenne i sezonowe zróżnicowanie częstości występowania mas powietrza w Europie Środkowej w latach 1996-2005*, [w:] L. Kolendowicz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy*, Warunki cyrkulacyjne i radiacyjne, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 9–21.