

WPLYW RZEŻBY TERENU NA TEMPERATURY EKSTREMALNE W PRZYGRUNTOWEJ WARSTWIE POWIETRZA NA POGÓRZU WIELICKIM

Wstęp

Rzeźba terenu jest jednym z najistotniejszych elementów środowiska kształtujących temperaturę powietrza w skali lokalnej, zwłaszcza w terenie górskim czy pogórskim. Dla Karpat polskich zagadnienie to było opracowywane m.in. przez M. Hessa (1965, 1970), B. Obrębską-Starkłową (1969, 1973), T. Niedźwiedzia (1973), T. Niedźwiedzia i Z. Oleckiego (1970), J. Lewińską i in. (1970). W pracach tych rozpatrywano cechy powietrza w dolinach i na wierzchołkach przeważnie na podstawie badań wykonywanych na wys. 2 m n.p.g. w dwu lub więcej punktach pomiarowych. Taki profil badawczy miał odpowiadać przekrojowi pionowemu przez powietrze wypełniające dolinę. Niniejsza praca prezentuje nowe podejście do omawianego zagadnienia. Autorka zbadała bowiem warunki termiczne w warstwie 50-200 cm n.p.g. w dnie doliny i w tej samej warstwie na wierzchołku, czyli warunki kształtowane zarówno przez rzeźbę terenu, jak też przez właściwości podłoża, m.in. z tą rzeźbą związane. Warto tu przypomnieć, że warunki termiczne w tej warstwie powietrza wykazują największą zmienność w ciągu doby i roku, a zarazem są niezwykle istotne dla środowiska przyrodniczego i wielu działów gospodarki człowieka, gdyż właśnie w tej części warstwy granicznej funkcjonuje większość z nich.

Materiały i metody

W pracy wykorzystano dane pomiarowe ze Stacji Naukowej IGiGP UJ w Gaikow-Brzezowej ($\Phi=49^{\circ}52' N$, $\lambda=20^{\circ}04' E$), z dwu okresów: 1976-80 oraz 1988-97. W pierwszym pięcioleciu stacja główna była położona na terasie w dnie doliny Raby, na wys. 259 m n.p.m., i nosiła nazwę „Terasa”. W 1974 r. rozpoczęto pierwsze prace związane z budową dobczyckiego zbiornika wodnego, co spowodowało w roku 1985 ostateczne zaprzestanie pomiarów na stacji „Terasa”. Napełnianie zbiornika zakończono w grudniu 1987. Od roku 1983 rolę stacji głównej przejął punkt pomiarowy „Kopiec” na

pobliskiej wierzchowie, usytuowany na wys. 302 m n.p.m. i 32 m powyżej średniego stanu spiętrzenia wód zbiornika. Dane z pięciolecia 1976-80 reprezentują więc warunki panujące na terasie w dnie dużej pogórskiej doliny, zaś dane z dziesięciolecia 1988-97 ukazują warunki panujące na wierzchowie, która jest bardzo często spotykaną formą geomorfologiczną Pogórza Wielickiego. Przeniesienie stacji spowodowało zerwanie homogeniczności serii pomiarowej. Nie można zatem porównywać wartości temperatury powietrza uzyskanych z pomiarów w dwu różnych okresach i formach terenu. Autorka wykorzystała jednak fakt, że na stacji, niezależnie od jej usytuowania, wykonywane były codzienne pomiary gradientowe temperatury powietrza, w klatkach meteorologicznych na wys. 50 i 200 cm n.p.g., sześć razy dziennie w terminach pomiarowych (6, 8, 12, 14, 18, 20 czasu GMT), a także pomiary temperatury maksymalnej i minimalnej. Dzięki temu dla każdego dnia dysponujemy sześcioma terminowymi wartościami pionowego gradientu termicznego oraz gradientami temperatur ekstremalnych (choć są to raczej pseudogradienty, gdyż wartości ekstremalne najczęściej nie występują na obu wys. w tym samym momencie), co tworzy unikatową, wieloletnią serię obserwacji mikroklimatycznych. Różnice temperatury w warstwie powietrza o miąższości 1,5 m (50-200 cm n.p.g.) zostały przeliczone na gradienty ($^{\circ}\text{C}/1\text{ m wys.}$). Wartość ujemna oznacza inwersję temperatury. Przy tak długich, jak na badania mikroklimatyczne, seriach badawczych możliwe jest porównanie uśrednionych wyników uzyskanych dla obu form terenu. O ile bowiem temperatura opisuje poziom energii cieplnej w powietrzu, to gradient termiczny ukazuje różnice w nagrzaniu poszczególnych sąsiadujących ze sobą warstw powietrza, tworzących się wskutek jego słabego przewodnictwa cieplnego (Kędziara 1995). Gradient posiada wartość i znak; wartość informuje nas głównie o intensywności przepływu strumienia ciepła jawnego, zaś znak o kierunku tego przepływu (do lub od powierzchni czynnej). Niniejsza praca prezentuje porównanie gradientów temperatur ekstremalnych w warstwie powietrza 50-200 cm n.p.g., mierzonych w dnie doliny i na wierzchowie. Gradienty z terminów pomiarowych zostały omówione w innych pracach (Bokwa 2000; Bokwa 2001 a, b). Przeprowadzone analizy wykazały, że można i należy porównywać pięciolecie 1976-80 z dziesięcioleciem 1988-97, gdyż różnice powodowane wpływem rzeźby terenu są znacznie większe niż np. między okresami 1988-92 i 1993-97 na tej samej formie terenu, wierzchowie (Bokwa 2000).

Wyniki

Obliczając różnice między temperaturą maksymalną z wys. 50 i 200 cm n.p.g. oraz temperaturą minimalną z tych dwu wysokości można uzyskać gradienty termiczne reprezentujące odpowiednio dzienną i nocną porę doby. Jak wynika z badań J. Lewińskiej (1968) oraz Lewińskiej i in. (1970) inwersyjne uwarstwienie termiczne (wzrost temperatury wraz z wysokością) określane przy pomocy takich danych wyjściowych dominuje dla nocnej, a normalne (spadek temperatury wraz z wysokością) – dla dziennej pory doby. Wartości bezwzględne gradientów wykazują małą zmienność, gdyż wpływ turbulencji przy powierzchni gruntu jest bardzo mały. W przebiegu rocznym dla dziennej pory doby charakterystyczny jest pionowy spadek temperatury w ciepłym półroczu i inwersja w chłodnym. Dla nocy natomiast uwarstwienie inwersyjne przeważa w całym

Tab. 1. Średnie miesięczne wartości temperatury maksymalnej i minimalnej na wys. 50 i 200 cm n.p.g. ((C) oraz ich gradientów ((C/1 m wys.) w Gaiku-Brzezowej w latach 1976-80 (dno doliny) i 1988-97 (wierzchowina); m-c - miesiąc, gr - gradient

m-c	Temperatura minimalna						Temperatura maksymalna					
	1976-80			1988-97			1976-80			1988-97		
	50	200	gr	50	200	gr	50	200	gr	50	200	gr
I	-7,8	-7,4	-0,4	-3,7	-3,4	-0,3	-0,1	0,2	-0,3	2,7	2,7	0,0
II	-5,2	-4,9	-0,3	-3,2	-2,9	-0,3	2,6	2,6	0,0	4,4	4,3	0,1
III	-0,1	0,1	-0,2	-0,6	-0,3	-0,3	8,7	8,6	0,1	7,9	7,5	0,4
IV	1,7	1,9	-0,2	2,7	3,0	-0,3	11,4	11,2	0,2	12,9	12,4	0,5
V	5,5	5,7	-0,2	7,8	8,4	-0,6	18,3	17,6	0,7	18,9	18,3	0,6
VI	9,7	10,1	-0,4	11,0	11,7	-0,7	22,4	21,5	0,9	21,8	21,1	0,7
VII	11,0	11,3	-0,3	12,9	13,6	-0,7	22,3	21,7	0,6	24,1	23,6	0,5
VIII	10,5	10,9	-0,4	13,0	13,7	-0,7	21,8	21,3	0,5	24,0	23,5	0,5
IX	8,0	8,3	-0,3	9,5	10,0	-0,5	17,6	17,4	0,2	18,0	17,5	0,5
X	3,9	4,1	-0,2	5,1	5,7	-0,6	14,3	14,1	0,2	13,8	13,5	0,3
XI	0,2	0,5	-0,3	0,2	0,5	-0,3	7,2	7,3	-0,1	6,4	6,3	0,1
XII	-4,5	-4,2	-0,3	-3,3	-3,0	-0,3	3,0	3,1	-0,1	2,4	2,3	0,1

roku. Na podstawie analiz danych dla Gaika-Brzezowej można te wnioski rozszerzyć. Przede wszystkim seria badawcza tej stacji jest znacznie dłuższa niż dla wspomnianych badań, a więc można operować wartościami średnimi miesięcznymi temperatur ekstremalnych czy też ich różnic przeliczonych na gradienty (tab. 1). Ponadto brano pod uwagę dwie odmienne formy rzeźby terenu: dno doliny i wierzchowinę. Na wierzchowinie, gdzie przeważają wpływy cyrkulacji ogólnej i nawet oddziaływanie pobliskiego zbiornika jest znikome (Obrębska-Starkłowa 1995), roczny przebieg gradientów, tak temperatury maksymalnej jak też minimalnej, jest regularny, od najniższych wartości zimą do najwyższych latem. W dzień przez cały rok panuje uwarstwienie normalne, zaś nocą inwersja. W dnie doliny natomiast brak takich prawidłowości. Od listopada do stycznia przez całą dobę panuje inwersja. Od marca do października sytuacja jest podobna jak na wierzchowinie. W listopadzie i grudniu, w ciągu dnia (temp. maks.) na wierzchowinie panuje uwarstwienie normalne, zaś w dnie doliny inwersyjne, choć w obu przypadkach wartości bliskie są izotermii. W dnie doliny zatem nie zanikała w ciągu dnia inwersja utworzona nocą, na co wpływ mogło mieć znaczne zacinienie przez otaczające wzgórza, niska wysokość słońca nad horyzontem, co powoduje dopływ małej ilości energii do powierzchni ziemi, a ponadto i tak niewielkie usłonecznienie w tej porze roku. Na wierzchowinie gradienty temperatury maksymalnej jak też minimalnej są większe w półroczu ciepłym niż chłodnym, zaś dla dna doliny taka zależność występuje tylko dla temperatury maksymalnej. W ciepłej porze roku większe gradienty temperatury minimalnej występują na wierzchowinie niż w dnie doliny, co może być skutkiem lepszego przewietrzania tego obszaru (Bokwa 2000).

Wnioski

Przedstawione wyniki, stanowiące fragment większej całości (Bokwa 2000),

wskazują na znaczny, ale także złożony wpływ rzeźby terenu na temperatury ekstremalne w przygruntowej warstwie powietrza. Wpływ adwekcji w dnie doliny jest znacząco osłabiany przez jej osłonięcie. W takich warunkach o temperaturze decydują nocne spływy grawitacyjne chłodnego powietrza oraz przemiany fazowe wody związane z parowaniem, topnieniem i zamarzaniem. Sterasowane dno dużej doliny rzecznej posiada stosunki hydrologiczne wyraźnie odmienne od wierzchowiny, gdzie wpływ przemian fazowych wody schodzi na plan dalszy. W styczniu, w dnie doliny różnica między gradientem dla pory dziennej i nocnej jest jeszcze mniejsza niż w listopadzie i grudniu, co potwierdza znaczną stabilność termiczną powietrza tam się znajdującego. W lutym w dnie doliny nocą uwarstwienie termiczne jest inwersyjne, zaś w ciągu dnia panuje jedynie izotermia, nie wytwarza się uwarstwienie normalne, jak na wierzchowinie. Wyraźnie zaznaczający się wpływ rzeźby terenu na gradienty temperatur ekstremalnych w przygruntowej warstwie powietrza jest następujący: w chłodnej porze roku gradienty temperatur maksymalnej mają w zależności od formy terenu znak ujemny bądź dodatni (a wartości podobne), zaś w cieplej porze roku gradienty temperatur minimalnej mają znacznie większe wartości na wierzchowinie niż w dnie doliny (znak taki sam).

Literatura

- Bokwa A., 2000, *Struktura termiczna przygruntowej warstwy powietrza na Pogórzu Wielickim (na przykładzie Gaika-Brzezowej)*, praca doktorska, maszynopis, Biblioteka Jagiellońska, Kraków.
- Bokwa A., 2001a, *Ekstremalne gradienty temperatury w przygruntowej warstwie powietrza*, Przegląd Naukowy Wydz. Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW, 21, 153-159.
- Bokwa A., 2001b, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na dzienny przebieg pionowych gradientów termicznych w przygruntowej warstwie powietrza*, Dokum. Geogr., 23, 33-40.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach zachodnich*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 11.
- Hess M., 1970, *Zróżnicowanie stosunków mikroklimatycznych w profilu pionowym Karpat*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 4, 43-61.
- Kędziora A., 1995, *Podstawy agrometeorologii*, PWRiL, Poznań.
- Lewińska J., 1968, *O pionowym gradiencie temperatury w przyziemnej warstwie powietrza*, Przeg. Geogr., 40, 2, 493-498.
- Lewińska J., Śniadowski A., Klarner M., 1970, *O stratyfikacji termicznej powietrza nad dolinę górską*, Prace Państw. Inst. Hydrol.-Meteor., 100, 165-176.
- Niedźwiedz T., 1973, *Temperatura i wilgotność powietrza w warunkach rzeźby pogórskiej Karpat (na przykładzie doliny Raby koło Gaika-Brzezowej)*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 32, 7-88.
- Niedźwiedz T., Olecki Z., 1970, *Pionowe zróżnicowanie temperatury minimalnej w przygruntowej warstwie powietrza w dolinie Raby*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 4, 83-102.
- Obrębska-Starkłowa B., 1969, *Mezoklimat zlewni potoków Jaszczce i Jamne*, Studia Naturae, Ser. A, 3, 7-99.

- Obrębska-Starkłowa B., 1973, *Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku*, Dokum. Geogr., 5.
- Obrębska-Starkłowa B., 1995, *Differentiation of Topoclimatic Conditions in a Carpathian Foreland Valley Based on Multiannual Observations*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 101.

dr Anita Bokwa
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński
Kraków