

LESZEK KOWANETZ

CHARAKTERYSTYKA POSUCH ATMOSFERYCZNYCH
W POLSKICH KARPATACH

W artykule przedstawiono wyniki badań nad częstością występowania posuch atmosferycznych w polskich Karpatach na podstawie 10-lecia 1956—1965. Charakterystykę przeprowadzono opierając się na najczęściej stosowanych w Polsce metodach, które wcześniej starano się przystosować do określania natężenia i przebiegu posuch atmosferycznych w obszarach pogórskich i górskich.

I. WSTĘP

Jednym z niekorzystnych zjawisk klimatu Polski są posuchy atmosferyczne, które stanowią większe lub mniejsze zagrożenie dla roślin w zależności od aktualnych zasobów wilgoci w glebie. Z uwagi na duże znaczenie gospodarcze zjawiska, podejmowano niejednokrotnie próby jego charakterystyki. Podkreślić należy, że dla obszaru polskich Karpat Zachodnich brak jest szczegółowego rozpoznania klimatycznego dotyczącego częstości występowania posuch atmosferycznych. Niniejsze opracowanie ma uzupełnić tę dotkliwą lukę, a także ma stanowić ilustrację najczęściej stosowanych w Polsce metod oraz ocenę ich przydatności w obszarach pogórskich i górskich.

II. DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Określając posuchę atmosferyczną jako okres z niedoborem opadów, zwłaszcza w okresie letnim, Sten z [13] zwrócił uwagę, że należy odróżniać suszę atmosferyczną, która jest cechą obszarów o klimacie suchym, od posuchy atmosferycznej. Ta ostatnia jest zjawiskiem częstym, ale nieregularnym i mogącym się pojawiać w dowolnej porze roku (zwłaszcza cieplej) w krajach o dostatecznym uwilgotnieniu.

Istnieje duża różnorodność charakteryzowania natężenia i przebiegu posuch atmosferycznych. Najbardziej rozpowszechnione są metody oparte na niedoborach opadów notowanych w danym okresie w stosunku do sum średnich wieloletnich, przyjmowanych za normę. Metody te różnią się jedynie wartościami granicznymi niedoborów, stanowiącymi o występowaniu posuchy. Na przykład *Przedpełska* [9] za rok suchy lub suchy okres wegetacyjny uważała taki, w którym suma opadów kształtowała się poniżej 90% sum średnich wieloletnich. Natomiast *Schmuck* [12] za posuszne przyjął miesiące i okresy fenologiczne z opadem poniżej 75% sum średnich.

Długość trwania posuch atmosferycznych można też scharakteryzować za pomocą tzw. serii lub ciągów dni bezopadowych. W literaturze spotyka się różne poglądy dotyczące określenia długości tych ciągów. Charakteryzując częstość występowania susz na Ukrainie za pomocą ciągów dni bezopadowych, *Razowa* [10] przyjęła za podstawę serie trwające najmniej 10 dni, z których żaden nie otrzymał więcej niż 1 mm opadu. W Polsce krótsze serie niż 9-dniowe nie mają, według *Schmucka* [12], wpływu na wegetację roślin.

Trzecią grupę metod badania posuch atmosferycznych stanowią wskaźniki charakteryzujące stopień uwilgotnienia lub suchości atmosfery. *Stenz* [13] zaproponował wskaźnik suchości równy stosunkowi parowania z wolnej powierzchni do wysokości sum opadów (V/P). *Schmuck* [11] wprowadził tzw. wskaźnik uwilgotnienia, czyli stosunek opadu atmosferycznego do sumy wyparowanej wody w tym samym czasie (P/V). Wskaźnikiem tym posługiwał się *Hess* [4], który stwierdził, że u podnóża polskich Karpat Zachodnich ilość opadów równoważy się z parowaniem ($P/V=1$), a w półroczu letnim istnieje tu nawet niedobór opadów ($P/V=0,9$). Natomiast w partiach wysokogórskich parowanie jest kilkakrotnie mniejsze od opadów ($P/V=7,4$). Warunki klimatyczne obszaru Kotlin Podkarpackich i niższych części Pogórza *Hess* określił jako dostatecznie i umiarkowanie wilgotne, a w Beskidach, na Podhalu i w Tatrach jako nadmiernie wilgotne.

W wielu opracowaniach dla oceny zjawiska posuchy atmosferycznej w Polsce wykorzystywano współczynnik hydrotermiczny *Seliana* *in* *o* *wa* [6, 8] oraz wskaźnik biometeorologiczny *Chomicza* [1, 2]. W 1972 r. *Pieślak* [7] zaproponowała wskaźnik suchości Gaussena:

$$x_{\text{mies.}} = [N - (n_d + 0,1n_{r,m})] H$$

gdzie:

- $x_{\text{mies.}}$ — wskaźnik suchości danego miesiąca,
- N — liczba dni w miesiącu,
- n_d — liczba dni w miesiącu z deszczem (0,0 — dzień z deszczem),
- H — liczba dni w miesiącu z rosą lub mgłą,
- $n_{r,m}$ — stan higrometryczny (śr. miesięczny).

Zestawienie stacji klimatologicznych oraz miesięcznych sum opadów przyjętych za normę dla pięter klimatycznych w określonych jednostkach morfologicznych z uwzględnieniem formy i ekspozycji terenu

List of climatological observatories and monthly precipitation totals assumed as normal for climatic zones in definite morphological units and with consideration of the relief form and exposition

Stacja Station	H (m n.p.m.) Altitude	φ	λ	Region fizyczno-geograficzny Physical-geographical region	Forma terenu Relief form	Piętro klimatyczne Vertical climatic zone	Miesięczne sumy opadów (w mm) Monthly totals of precipitation (in mm)						
							IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kraków — Zakład Klimatologii UJ*	209	50°04'	19°57'	Brama Krakowska	wklęsła concave	umiarkowanie ciepłe moderately warm	41	62	81	92	78	54	43
Wieliczka	241	49°59'	20°03'	Wysoczyzna Wielicko-Gdowska	wypukła convex	umiarkowanie ciepłe moderately warm	50	76	98	112	94	66	53
Rabka	512	49°36'	19°58'	Beskid Wyspowy	wypukła convex	umiarkowanie ciepłe moderately warm	63	93	121	133	113	77	65
Sieniawa	578	49°32'	19°53'	Beskid Sądecki	wklęsła concave	umiarkowanie ciepłe moderately warm	63	93	121	133	114	77	65
Pólrzeczki	660	49°39'	20°12'	Beskid Wyspowy	stok N slope N	umiarkowanie ciepłe moderately warm	74	110	142	156	134	91	76
Zakopane	844	49°17'	19°58'	Rów Podtatrzański	wklęsła concave	umiarkowanie chłodne moderately cool	85	120	156	165	142	96	84
Kościelisko	927	49°16'	19°52'	Rów Podtatrzański	wklęsła concave	umiarkowanie chłodne moderately cool	85	120	156	165	142	96	84
Gubałówka	1000	49°18'	19°56'	Pogórze Gubałowskie	stok S slope S	umiarkowanie chłodne moderately cool	71	99	129	134	116	78	69
Kuźnice	1023	49°16'	19°59'	Tatry Zachodnie	stok N slope N	umiarkowanie chłodne moderately cool	95	133	173	179	155	104	93
Morskie Oko	1400	49°12'	20°04'	Tatry Wschodnie	wklęsła concave	chłodne cool	124	167	216	215	188	124	116
Kasprowy Wierch	1991	49°14'	19°59'	Tatry Zachodnie	wypukła convex	umiarkowanie zimne moderately cold	136	174	226	204	182	118	121

* Do maja 1976 r. stacja Kraków—Obserwatorium Astronomiczne UJ. — Till May 1976 the Astronomical Observatory of Jagellonian University in Cracow.

Uwzględnienie opadów poziomych jest pewnego rodzaju nowością w konstruowaniu tego rodzaju wskaźników.

Wyniki uzyskane za pomocą przedstawionych metod wskazują na wyraźne nasilenie zjawiska posuchy atmosferycznej na wiosnę i w jesieni. Jesień, a dokładniej wrzesień i październik, jest w Polsce okresem najsuchszym [2, 7, 9, 12]. Brak jest jednak zgodności w określaniu stopnia posusznosci miesięcy wiosennych. Można się spotkać ze stwierdzeniem, że najbardziej posusznymi miesiącami na wiosnę są marzec i kwiecień [12], kwiecień i maj [9] oraz czerwiec [2, 7].

Z powyższego przeglądu publikacji wynika, że w dotychczasowej literaturze dotyczącej klimatologii istnieje kilka opracowań, z których można czerpać jedynie fragmentaryczne wiadomości dotyczące posuch atmosferycznych w Karpatach. Niniejsze opracowanie jest próbą przeprowadzenia szczegółowej charakterystyki posuch atmosferycznych w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich.

III. METODA PRACY

Występowanie posuch atmosferycznych w polskich Karpatach Zachodnich scharakteryzowano na podstawie danych z 11 stacji klimatologicznych i opadowych PIHM (obecnie IMiGW), zlokalizowanych w przybliżeniu wzdłuż południka 20° na wysokościach od 200 do 2000 m n.p.m. (tab. 1). Większość punktów leży w piętrze klimatycznym umiarkowanie ciepłym i umiarkowanie chłodnym, a zatem na obszarze objętym uprawą roli, dla którego określenie częstości występowania posuch atmosferycznych ma szczególnie duże znaczenie.

Podstawę opracowania stanowiły opublikowane w rocznikach PIHM materiały dotyczące dobowych i miesięcznych sum opadów za lata 1956—1965, które umożliwiły przeprowadzenie szczegółowej analizy stosunków klimatycznych na podstawie codziennych wartości za okres 10-letni.

Posuchy atmosferyczne wydzielono 3 metodami:

- ciągów dni bezopadowych,
- niedoborów opadów w stosunku do norm wieloletnich przyjętych dla pięter klimatycznych,
- wskaźnikową, na podstawie wskaźnika suchości Gaussena.

W ten sposób postanowiono sprawdzić, w jakim stopniu przyjęte powszechnie metody charakteryzowania natężenia i przebiegu posuch atmosferycznych dają wyniki zgodne i czy metody te są przydatne w obszarach pogórskich i górskich.

Przy określaniu posuch atmosferycznych jako serie lub ciągi dni bezopadowych przyjęto kryterium Schmucka [12]. Nie uwzględniano więc ciągów trwających mniej niż 9 dni zakładając, że tak krótki czas bez opadów nie powoduje szkodliwych skutków w kulturach rolnych. Wyróż-

niono za Schmuckiem kilka rodzajów ciągów dni bezopadowych przyjmując, że w serii dni bezopadowych 1 dzień z opadem poniżej 1 mm lub 2 dni kolejne o łącznej sumie opadu poniżej 1 mm należą do tej samej serii dni bezopadowych (tab. 2). Zasadę tę zastosowano jedynie przy wy-

Tabela 2 — Table 2

Klasyfikacja ciągów dni bezopadowych

Classification of series of precipitation-less days

Czas trwania ciągu bezopadowego Duration of the rainless period (in days)	Grupa Group	Nazwa Designation
9—17	I	Posucha Dry spell
18—28	II	Umiarkowana posucha Moderate dry spell
>28	III	Długotrwała posucha Persistent dry spell

dzielaniu ciągów trwających 9—17 dni. Po 18 dniach bez opadu w ciepłej porze roku 1 dzień z opadem 1 mm zapewne nie przerywa posuchy. Dlatego też w przypadku trwania okresu bezopadowego ponad 17 dni przyjęto, że posuchę przerywał dzień z sumą opadów powyżej 5 mm, albo kilka kolejnych dni z małymi opadami (nie więcej niż 5 dni) o łącznej sumie opadów 5 lub więcej mm. Podobne stanowisko zajęła R a z o w a [10] przy określaniu częstości występowania posuch atmosferycznych trwających ponad 10 dni. Tak określone ciągi dni bezopadowych obliczono oddzielnie dla miesięcy kalendarzowych, a oddzielnie dla okresu wegetacyjnego w celu uniknięcia sztucznego przerywania serii.

Wydzielając posuchy atmosferyczne jako okresy z niedoborem opadów w stosunku do sum średnich wieloletnich przyjmowanych za normy, przeprowadzono próbę zastąpienia sumy średniej wieloletniej każdej stacji średnią sumą wieloletnią uzyskaną dla danego piętra klimatycznego (w którym położona jest stacja) w określonej jednostce morfologicznej z uwzględnieniem wypukłych i wklęsłych form terenu oraz stoków o ekspozycji północnej i południowej (tab. 1). Ze względu bowiem na znaczne różnicowanie średnich wieloletnich sum opadów w polskich Karpatach Zachodnich [4, 5] natężenie posuch atmosferycznych wydzielanych na podstawie niedoborów opadów w stosunku do sum średnich wieloletnich każdej stacji byłoby nieporównywalne [9]. Do określania tą metodą miesięcy posusznych przyjęto kryterium S c h m u c k a [12]. Zgodnie z nim za miesiąc posuszny uważano taki, w którym suma opadów kształtuje się poniżej 75% średniej sumy wieloletniej. Skalę intensywności posuch przytoczono za Schmuckiem w tab. 3.

Tabela 3 — Table 3

Opady a stopień intensywności posuchy

Precipitation and the degree of intensity of dry spells

Opad okresu posusznego w % średniej wielolet- niej sumy Percentage of precipita- tion of the dry spell period in the mean total of precipitation in many years series	Grupa Group	Stopień intensywności posuchy Degree of the intensity of dry spell
75—51	I	Umiarkowana posucha Moderate dry spell
50—25	II	Silna posucha Intensive dry spell
<25	III	Bardzo silna posucha Very intensive dry spell

Wydzielono również okresy posuszne na podstawie wskaźnika suchości Gaussena [7]. Wskaźnik ten poddano modyfikacji, nie uwzględniając rosy po stronie przychodowej bilansu wodnego. W obszarach pogórskich i górskich większe znaczenie przypisano wartościom opadów z mgły niż z rosy [3]. Uproszczenie to było również konieczne ze względu na niedokładne obserwacje występowania rosy prowadzone przez obserwatorów na stacjach meteorologicznych. Wskaźnik po zmodyfikowaniu ma postać następującą:

$$x_{\text{mies.}} = [N - (n_d + 0,1 n_m)] H$$

gdzie:

- $x_{\text{mies.}}$ — wskaźnik suchości danego miesiąca,
 N — liczba dni w miesiącu,
 n_d — liczba dni w miesiącu z deszczem
(0,0 — dzień z deszczem),
 n_m — liczba dni w miesiącu z mgłą,
 H — stan higrometryczny (śr. miesięczny).

Stan higrometryczny Gaussena ustala według zasady: dzień z wilgotnością względną powietrza wynoszącą 40% i poniżej przyjmuje jako dzień suchy, dzień z wilgotnością względną równą 100% jako dzień w połowie suchy. Wartości zawarte w granicach 40—100% wilgotności dzieli na następujące grupy:

- $41 \leq H \leq 60$ — 0,9 dnia suchego,
 $61 \leq H \leq 80$ — 0,8 dnia suchego,
 $81 \leq H \leq 90$ — 0,7 dnia suchego,
 $91 \leq H < 100$ — 0,6 dnia suchego.

Wyznaczono miesięczne wartości wskaźnika suchości Gaussena dla 4 stacji (Zakład Klimatologii UJ — Kraków, Rabka, Zakopane, Kasprowy Wierch).

Korzystając z wyników badań Pieślak [7], jako początek posuchy przyjęto wartość wskaźnika równą 11, a suszy — wartość wskaźnika równą 14. Ze względu na ujemne skutki, jakie powoduje posucha atmosferyczna w kulturach rolnych, wydaje się celowe określenie na podstawie wymienionych metod częstości występowania tego zjawiska, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym. W celu zapewnienia porównywalności danych jako okres wegetacyjny przyjęto umownie kwiecień—październik. Rozpatrywano również występowanie posuch w poszczególnych miesiącach tego okresu.

IV. CIĄGI DNI BEZOPADOWYCH

W badanym 10-leciu zanotowano w okresie wegetacyjnym (IV—X) ogółem 281 ciągów bezopadowych trwających ponad 8 dni (dane z 11 stacji), w tym 263 ciągi trwające 9—17 dni, 13 ciągów trwających 18—28 dni oraz 5 ciągów trwających ponad 28 dni (tab. 4). Najczęściej występowały więc serie trwające 9—17 dni. Ich udział w ogólnej liczbie ciągów stwierdzonych na danej stacji kształtował się od 79,4% (Wieliczka) do 100% (Kasprowy Wierch). Udział ciągów trwających 18—28 dni kształtował się od zera (Rabka, Zakopane, Kościelisko, Kuźnice, Kasprowy Wierch) do 14,7% (Wieliczka). Natomiast udział ciągów trwających ponad 28 dni wynosił w Wieliczce 5,9%, a w Krakowie 7,7% i ograniczał się tylko do najniższych partii piętra umiarkowanie ciepłego. Ciągi bezopadowe trwające ponad 8 dni najczęściej pojawiały się w jesieni. W październiku zanotowano ich 67, a we wrześniu 51. Znaczna też liczba ciągów przypadała na miesiące wiosenne. W kwietniu zanotowano 36, a w maju 32 takie ciągi. Natomiast najmniej ciągów stwierdzono w miesiącach letnich (czerwiec — 12 przypadków). Ciągi I grupy (9—17 dni) wykazywały podobny rozkład w poszczególnych miesiącach. Ciągi II grupy (18—28 dni) zdarzały się rzadziej, przy czym najwięcej ich przypadało na październik i kwiecień. Ciągów tych nie notowano w ogóle w miesiącach letnich. Wyłącznie we wrześniu i październiku stwierdzono ciągi III grupy (ponad 28 dni). W dolnych partiach profilu (Kraków — Półrzeczki) najmniej ciągów bezopadowych trwających ponad 8 dni przypadało na lipiec. Począwszy od Zakopanego ciągów tych nie notowano w ogóle w czerwcu. Zjawisko to zapewne ma związek z przesunięciem maksimum opadów w przebiegu rocznym z lipca na czerwiec w wysokogórskiej części Karpat Zachodnich [4].

Stwierdzono wyraźną zależność między wysokością n.p.m. a średnią częstością występowania w okresie wegetacyjnym ciągów bezopadowych trwających ponad 8 dni. Zależność tę określa linia regresji o równaniu:

$$y = 1,4 + 606,91/h$$

gdzie: $r = -0,84$.

Linia regresji jest tutaj hiperbola, co wskazywałoby, że wraz ze wzrostem

Tabela 4 — Table 4

Liczba ciągów bezopadowych w okresie wegetacyjnym (IV—X) i w poszczególnych miesiącach dla wybranych stacji w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich (1956—1965)

Number of series of precipitation-less days during the vegetation period (IV—X) and in separate months for selected observatories in the vertical profile of the Polish Western Carpathians (1956—1965)

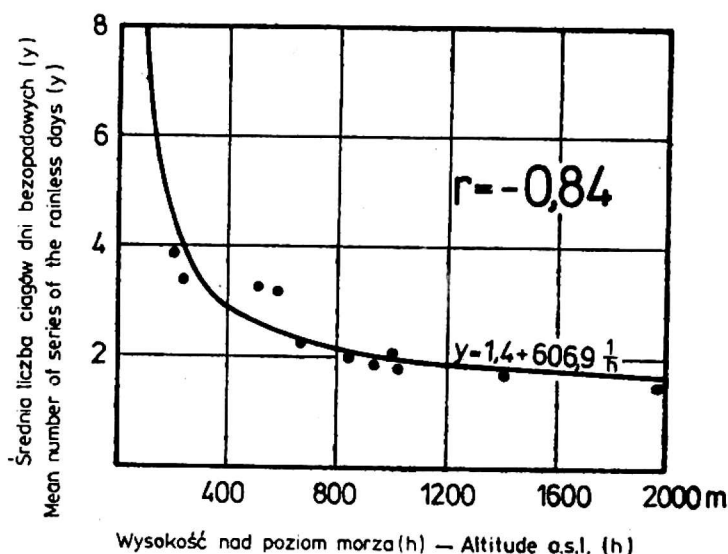
Stacja Station	Grupa Group	Miesiąc — Month								%
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV—X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kraków — Zakład Klimatologii UJ	I	4	5	4	3	4	4	5	33	84,6
	II	2	1	.	.	.	1	1	3	7,7
	III	.	.	.	.	.	.	2	3	7,7
	Suma Total	6	6	4	3	4	5	8	39	100,0
Wieliczka	I	2	5	3	3	4	3	3	27	79,4
	II	2	.	.	.	.	1	3	5	14,7
	III	.	.	.	.	.	1	.	2	5,9
	Suma Total	4	5	3	3	4	5	6	34	100,0
Rabka	I	4	5	2	2	1	7	8	33	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	4	5	2	2	1	7	8	33	100,0
Sieniawa	I	3	3	1	3	4	5	10	31	96,9
	II	1	.	.	.	.	.	.	1	3,1
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	4	3	1	3	4	5	10	32	100,0
Pólrzeczki	I	4	5	2	2	2	5	6	27	93,1
	II	.	.	.	.	.	.	.	2	6,9
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	4	5	2	2	2	5	6	29	100,0
Zakopane	I	3	1	.	2	3	5	6	23	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	3	1	.	2	3	5	6	23	100,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kościelisko	I	2	1	.	2	2	4	5	19	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	2	1	.	2	2	4	5	19	100,0
Gubałówka	I	3	2	.	3	3	4	4	21	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	3	2	.	3	3	4	4	21	100,0
Kuznice	I	2	1	.	2	1	4	4	18	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	2	1	.	2	1	4	4	18	100,0
Morskie Oko	I	2	1	.	1	.	3	4	15	88,2
	II	.	.	.	.	.	.	2	2	11,8
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	2	1	.	1	.	3	6	17	100,0
Kasprowy Wierch	I	2	2	.	2	.	4	4	16	100,0
	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Suma Total	2	2	.	2	.	4	4	16	100,0
Profil Profile	I	31	31	12	25	24	48	59	263	93,5
	II	5	1	.	.	.	2	6	13	4,6
	III	.	.	.	.	.	1	2	5	1,8
	Suma Total	36	32	12	25	24	51	67	281	100,0

wysokości n.p.m. tempo spadku częstości występowania ciągów bezopadowych trwających ponad 8 dni wyraźnie maleje (ryc. 1).

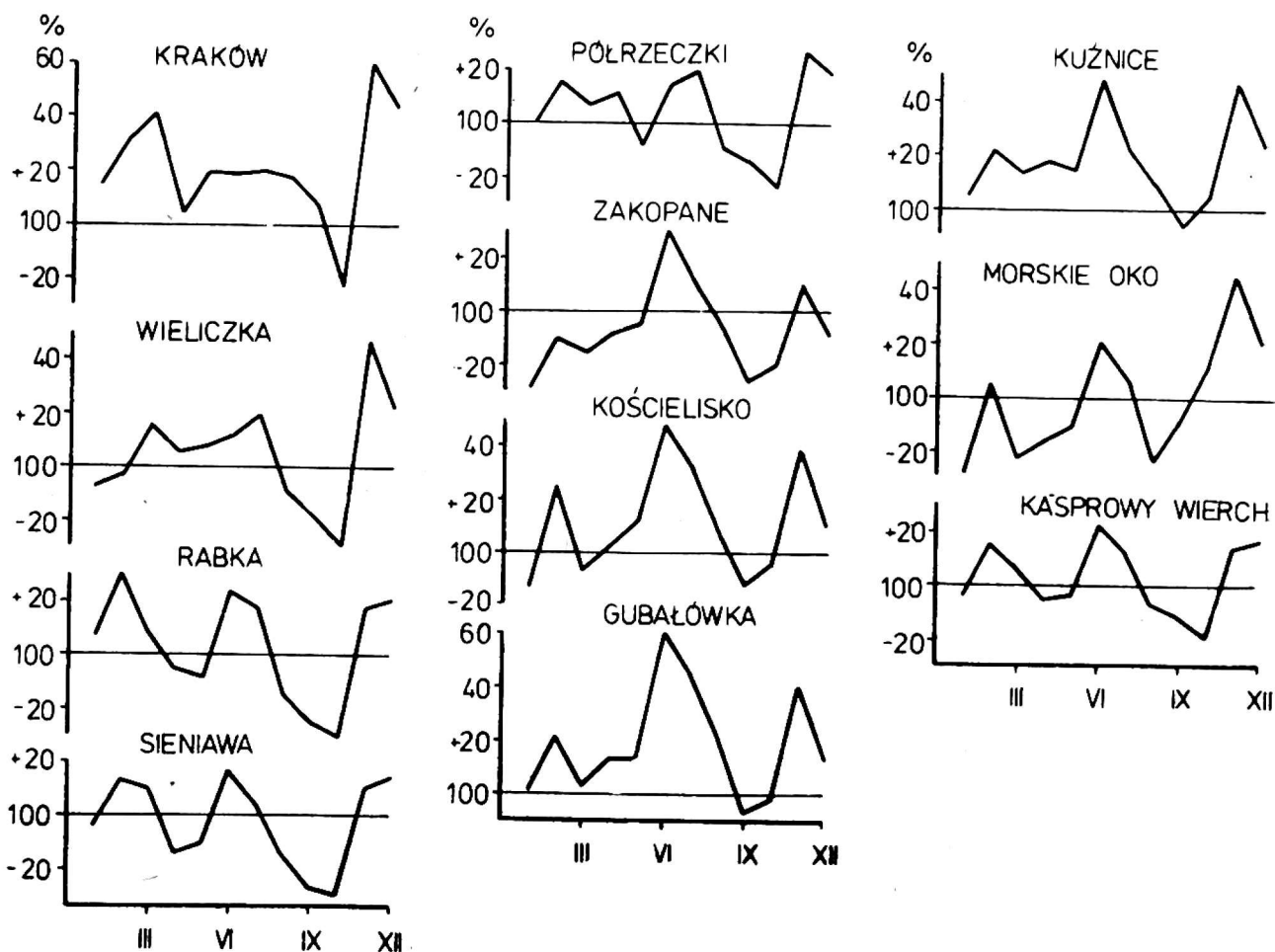
V. MIESIĘCZNE SUMY OPADÓW W ODSETKACH NORM WIELOLETNICH PRZYJĘTYCH DLA PIĘTER KLIMATYCZNYCH

Średnie miesięczne sumy opadów w okresie wegetacyjnym od kwietnia do października za lata 1956—1965 wahały się w granicach 69—161% normy (ryc. 2). Najbardziej posuszonym miesiącem okazał się październik. Średnie 10-letnie sumy opadów tego miesiąca kształtowały się w poszczegól-



Ryc. 1. Zależność między średnią częstością występowania w okresie wegetacyjnym (IV—X) ciągów bezopadowych trwających ponad 8 dni (y) a wysokością nad poziom morza (h) w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich

Fig. 1. Relation between the mean frequency of occurrence, during the vegetation period (IV—X), of precipitation-less series of days lasting more than 8 days (y) and altitude above sea-level (h) in the vertical profile of the Polish Western Carpathians



Ryc. 2. Średnie miesięczne sumy opadów za lata 1956—1965 w odsetkach norm przyjętych dla pięter klimatycznych dla wybranych stacji w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich

Fig. 2. Mean monthly precipitation totals for the period 1956—1965 in per cent of the normals assumed for climatic zones and selected observatories in the vertical profile of the Polish Western Carpathians

nych punktach profilu od 69 do 111% normy. Tylko w Kuźnicach i Morskim Oku średnie opady października były powyżej normy. Równie posuszny był wrzesień, którego średnie 10-letnie sumy opadów osiągały 73—108% normy. Do grupy miesięcy posusznych, ale nie o tak intensywnych posuchach, należy również kwiecień. Miesiącami o najwyższym nadmiarze opadów okazały się czerwiec i lipiec, w których średnie 10-letnie sumy opadów kształtowały się we wszystkich punktach profilu powyżej normy. Podana analiza dotyczy zróżnicowania w odniesieniu do wartości średnich 10-letnich.

Z kolei zanalizowano posusznosc według miesięcy kalendarzowych. We wszystkich punktach profilu najczęściej występowały miesiące z opadem 75—51% normy (tab. 5). Ich udział w ogólnej liczbie miesięcy posusznych stwierdzonych na danej stacji kształtował się od 45,5% (Kraków) do 68% (Zakopane). Jedynie na Gubałówce udział miesięcy posusznych (z opadem 75—51% normy) wynosił 40% i był niższy od udziału miesięcy silnie posusznych (z opadem 50—25%). Udział miesięcy posusznych z opadem 50—25% normy był nieco niższy i kształtował się od 20% (Zakopane) do 50% (Gubałówka), a miesiące z opadem poniżej 25% normy od 6,7% (Kuźnice) do 22,7% (Kraków). W badanym 10-leciu najwięcej miesięcy posusznych zanotowano w Rabce (30 przypadków), najmniej na Gubałówce (10 przypadków). Z konfrontacji zróżnicowania w pozostałych punktach profilu wynika, że na liczbę miesięcy posusznych nie miała wyraźnego wpływu wysokość n.p.m.

W ciągu badanego okresu miesiące posuszne występowały najczęściej w jesieni. W październiku stwierdzono 55, a we wrześniu 43 przypadki, kiedy sumy opadów tych miesięcy były równe lub poniżej 75% normy (dane z 11 stacji). Znaczną liczbę miesięcy posusznych zanotowano również na wiosnę: w maju stwierdzono 33, a w kwietniu 30 przypadków. Natomiast najmniej odchylen równych lub poniżej 75% normy zaobserwowano w czerwcu (22 przypadki). Najwięcej miesięcy posusznych z opadem 75—51% notowano na wiosnę (maj — 28 przypadków). Miesiące posuszne z opadem 50—25% były rzadsze w profilu, przy czym najwięcej ich notowano w jesieni (październik 22, wrzesień 16 przypadków). Wyłącznie w kwietniu, wrześniu i październiku stwierdzono w profilu przypadki odchylen poniżej 25% normy. Wyraźnie dominował tutaj październik. Na ogółem 29 przypadków aż 21 wystąpiło w tym miesiącu. Jest znamieny fakt, że na wiosnę najczęściej występowały miesiące posuszne z opadem 75—51%, natomiast w jesieni miesiące z opadem równym lub poniżej 50% normy.

Tabela 5 — Table 5

Liczba miesięcy posusznych w okresie wegetacyjnym (IV—X) dla wybranych stacji w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich (1956—1965)

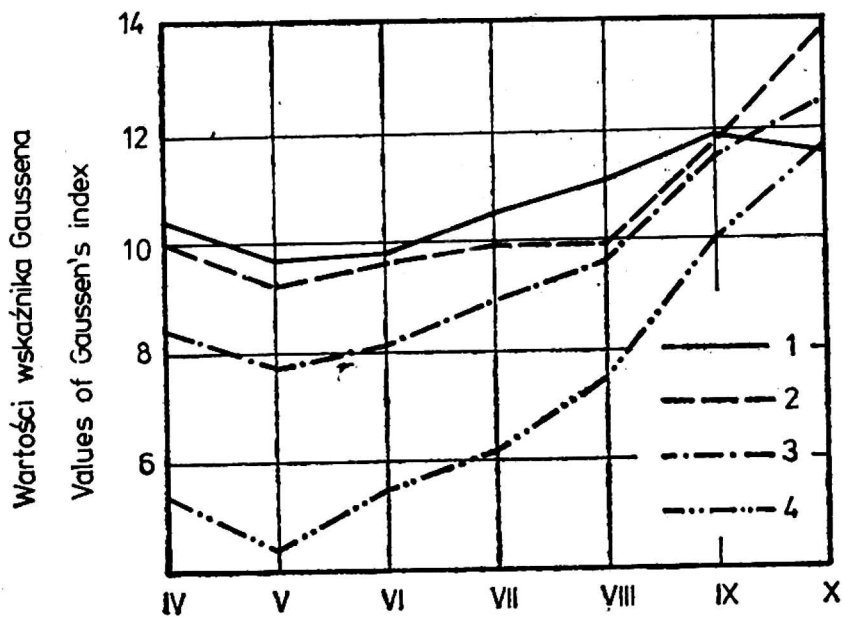
Number of months with dry spells in the vegetation period (IV—X) for selected observatories in the vertical profile of the Polish Western Carpathians (1956—1965)

Stacja Station	Grupa Group	Miesiąc — Month								%
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kraków — Zakład Klima- tologii UJ	I	2	4	.	2	.	2	.	10	45,5
	II	1	.	1	2	1	1	1	7	31,8
	III	.	.	.	.	.	1	4	5	22,7
	Suma Total	3	4	1	4	1	4	5	22	100,0
Wieliczka	I	1	4	1	2	2	3	.	13	50,0
	II	1	1	1	2	1	1	2	9	34,6
	III	.	.	.	.	.	1	3	4	15,4
	Suma Total	2	5	2	4	3	5	5	26	100,0
Rabka	I	3	5	1	2	2	3	.	16	53,3
	II	1	1	1	.	3	.	4	10	33,3
	III	.	.	.	.	.	2	2	4	13,4
	Suma Total	4	6	2	2	5	5	6	30	100,0
Sieniawa	I	3	2	.	3	2	3	1	14	50,0
	II	1	1	2	.	2	1	4	11	39,3
	III	1	.	.	.	.	1	1	3	10,7
	Suma Total	5	3	2	3	4	5	6	28	100,0
Pólrzeczeki	I	.	4	.	1	4	2	2	13	54,2
	II	.	1	2	.	1	2	3	9	37,5
	III	1	.	.	.	.	.	1	2	8,3
	Suma Total	1	5	2	1	5	4	6	24	100,0
Zakopane	I	.	4	2	3	2	3	3	17	68,0
	II	2	.	.	.	1	1	1	5	20,0
	III	.	.	.	.	.	1	2	3	12,0
	Suma Total	2	4	2	3	3	5	6	25	100,0
Kościelisko	I	1	1	1	2	3	2	2	12	60,0
	II	1	.	1	.	1	2	1	6	30,0
	III	.	.	.	.	.	.	2	2	10,0
	Suma Total	2	1	2	2	4	4	5	20	100,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gubałówka	I	2	.	1	.	1	.	.	4	40,0
	II	.	.	.	.	1	2	2	5	50,0
	III	.	.	.	.	.	.	1	1	10,0
	Suma Total	2	.	1	.	2	2	3	10	100,0
Kuźnice	I	1	.	2	2	1	1	2	9	60,0
	II	1	.	.	.	1	2	1	5	33,3
	III	.	.	.	.	.	.	1	1	16,7
	Suma Total	2	.	2	2	2	3	4	15	100,0
Morskie Oko	I	3	2	3	2	3	.	.	13	56,5
	II	1	1	.	.	2	2	2	8	34,8
	III	.	.	.	.	.	.	2	2	8,7
	Suma Total	4	3	3	2	5	2	4	23	100,0
Kasprowy Wierch	I	2	2	2	1	3	2	2	14	60,9
	II	1	.	1	1	1	2	1	7	30,4
	III	.	.	.	.	.	.	2	2	8,7
	Suma Total	3	2	3	2	4	4	5	23	100,0
Profil Profile	I	18	28	13	20	23	21	12	135	54,9
	II	10	5	9	5	15	16	22	82	33,3
	III	2	.	.	.	.	6	21	29	11,8
	Suma Total	50	33	22	25	38	43	55	246	100,0

VI. MIESIĘCZNE WARTOŚCI WSKAŹNIKA SUCHOŚCI GAUSSENA

Przebieg średnich (1956—1965) wartości wskaźnika w poszczególnych punktach profilu wskazuje na wyraźne nasilenie zjawiska posuchy w jesieni, a w dolnych partiach profilu (Kraków — Rabka) również na wiosnę (ryc. 3). Zarówno w październiku, jak i we wrześniu średnie wartości wskaźnika zmniejszyły się nieznacznie wraz ze wzrostem wysokości n.p.m., w przeciwieństwie do miesięcy wiosennych, kiedy stwierdzono wyraźny ich spadek. Na przykład w kwietniu średnie wartości wskaźnika kształtowały się od 10,4 (Kraków) do 5,4 (Kasprowy Wierch), a w październiku od 11,6 (Kraków) do 13,9 (Rabka). W badanym okresie zanotowano ogółem 98 miesięcy (dane z 4 stacji), dla których wartość wskaźnika suchości (x) była wyższa lub równa 11 (tab. 6), w tym 63 przypadki posuch ($11 \leq x \leq 14$) i 35 przypadków susz ($x > 14$). Oprócz przewagi liczebnej posuch nad suszami zaznaczył się wyraźny spadek liczby posuch i susz wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. Na przykład w Krakowie stwierdzono w okresie wegetacyjnym IV—X 22 posuchy i 11 susz, a na Kasprowym Wierchu tylko



Ryc. 3. Średnie wartości wskaźnika suchości Gaussena w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (IV—X) w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich (1956—1965) dla stacji: 1 — Zakład Klimatologii UJ, Kraków, 2 — Rabka, 3 — Zakopane, 4 — Kasprowy Wierch

Fig. 3. Mean values of Gausson's index of dryness in the separate months of the vegetation period (IV—X) in the vertical profile of the Polish Western Carpathians (1956—1965) for the observatories: 1 — Department of Climatology, Jagellonian University, Cracow, 2 — Rabka, 3 — Zakopane, 4 — Kasprowy Wierch

8 posuch i 4 susze. Najwięcej miesięcy, dla których wartość wskaźnika była wyższa lub równa 11 pojawiło się w jesieni. W październiku stwierdzono 21, a we wrześniu 19 przypadków. Równie posuszny był sierpień. Znaczna też liczba miesięcy, dla których wartość wskaźnika była wyższa lub równa 11 przypadała na wiosnę, na przykład w maju stwierdzono 13 przypadków. Najwięcej posuch ($11 \leq x \leq 14$) zanotowano w sierpniu (13 przypadków), we wrześniu (11 przypadków) oraz w maju (11 przypadków). Natomiast najwięcej susz stwierdzono w październiku (16 przypadków) oraz we wrześniu (8 przypadków). Susze w ogóle nie pojawiały się w czerwcu. Na uwagę zasługuje fakt, że na wiosnę przeważały posuchy, a w jesieni susze. W każdym punkcie profilu najczęściej miesiące, dla których wartość wskaźnika była wyższa lub równa 11 notowano w jesieni, przy czym w okresie tym — w przeciwieństwie do okresu wiosennego — ich liczba nie wykazywała zależności od wysokości n.p.m. (tab. 6).

Zastosowany wskaźnik suchości Gaussena odznacza się dużą zależnością od dni „suchych”, czyli dni pozbawionych przychodu wody z deszczu i mgły. Jeżeli za y przyjmujemy wartość wskaźnika, a za x liczbę dni „suchych”, to otrzymamy równania linii regresji $y = 0,7x + 1,86$ oraz $x = 1,18y - 0,3$, gdzie $r = 0,91$, określające zależność między wartościami wskaźnika a liczbą dni „suchych” (ryc. 4). Znajomość powyższej zależności umożliwia w polskich Karpatach Zachodnich określać na podstawie liczby dni „suchych” wartości wskaźnika suchości poszczególnych miesięcy i odwrotnie.

Liczba posuch i susz (według metody Gaussena) w okresie wegetacyjnym (IV—X) i w poszczególnych miesiącach dla wybranych stacji w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich (1956—1965)

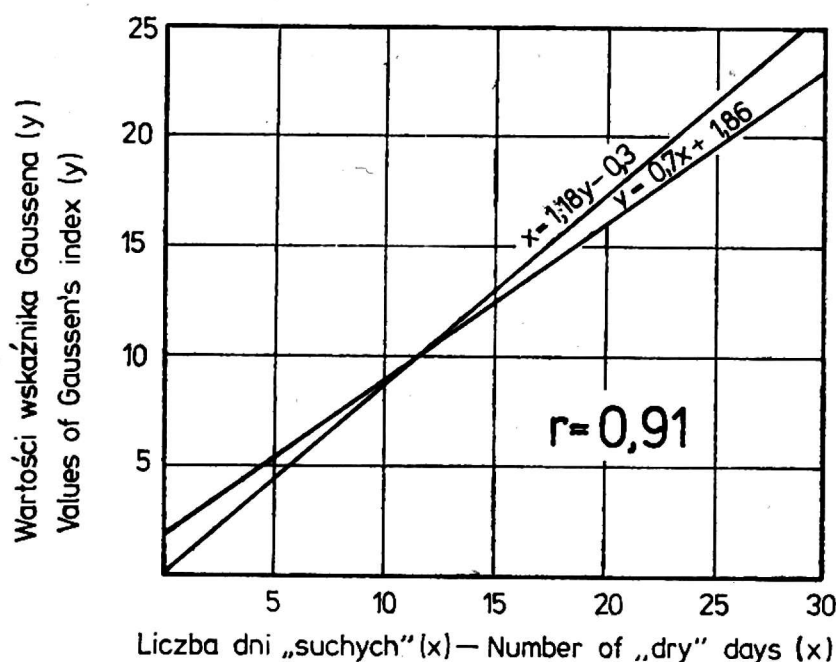
Number of dry spells and droughts (after Gaussen's method) during the vegetation period (IV—X) and its separate months in the vertical profile of the Polish Western Carpathians (1956—1965)

Stacja Station	Grupa Group	Miesiąc — Month								%
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV—X	
KRAKÓW — Zakład Klima- tologii UJ	[11—14]	2	3	4	2	7	3	1	22	66,7
	>14	1	2	.	2	1	2	3	11	33,3
	≥11	3	5	4	4	8	5	4	33	100,0
RABKA	[11—14]	1	6	6	2	1	3	1	20	64,5
	>14	1	.	.	2	1	2	5	11	35,5
	≥11	2	6	6	4	2	5	6	31	100,0
ZAKOPANE	[11—14]	3	2	1	1	3	2	1	13	59,0
	>14	.	.	.	1	.	3	5	9	41,0
	≥11	3	2	1	2	3	5	6	22	100,0
KASPROWY WIERCH	[11—14]	.	.	.	1	2	3	2	8	66,7
	>14	.	.	.	.	.	1	3	4	33,3
	≥11	.	.	.	1	2	4	5	12	100,0
PROFIL PROFILE	[11—14]	6	11	11	6	13	11	5	63	64,3
	>14	2	2	.	5	2	8	16	35	35,7
	≥11	8	13	11	11	15	19	21	98	100,0

VII. PORÓWNANIE WYNIKÓW ZASTOSOWANYCH METOD

Wszystkie 3 metody wykazały wyraźne nasilenie zjawiska posuchy w jesieni i nieco mniejsze na wiosnę. Uznanie na podstawie przyjętych metod września, a szczególnie października, za najsuchsze miesiące okresu wegetacyjnego jest niewątpliwie słuszne i znajduje potwierdzenie w literaturze. Przy ocenie stopnia posuszności miesięcy wiosennych zaznaczyły się nieznaczne różnice w wynikach uzyskanych poszczególnymi metodami. Metody ciągów bezopadowych i niedoborów opadów w stosunku do norm wieloletnich przyjętych dla pięter klimatycznych wykazały, że wiosną najsuchszy był kwiecień, zaś według metody wskaźnikowej Gaussena — maj.

W świetle zastosowanych metod badany obszar charakteryzował się częstymi wprawdzie, ale nieintensywnymi posuchami. Największe natężenie zjawiska było związane z długotrwałymi ciągami bezopadowymi. Ma-



Ryc. 4. Zależność wartości wskaźnika suchości Gaussena (y) od dni „suchych” (x) w profilu pionowym polskich Karpat Zachodnich

Fig. 4. The relation of the values of Gausse's index of dryness (y) and the number of "dry" days i.e. days without additional water from rain or fog (x) in the vertical profile of the Polish Western Carpathians

ksymalna długość ciągów bezopadowych osiągała ponad 50 dni (1 IX—22 X 1959 — Wieliczka). W okresie jesiennym wyraźnie większe częstotliwości występowania osiągały intensywne posuchy atmosferyczne, a na wiosnę posuchy krótkie, mało intensywne (metoda niedoborów opadów w stosunku do norm, metoda wskaźnikowa). Ocena posuchy atmosferycznej metodą ciągów bezopadowych i metodą wskaźnikową Gaussena wykazała spadek częstotliwości występowania tego zjawiska wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. Brak powyższej zależności wykazywały jedynie posuchy określone na podstawie niedoborów opadów w stosunku do norm przyjętych dla pięter klimatycznych.

VIII. OCENA PRZYDATNOŚCI ZASTOSOWANYCH METOD W OBSZARACH POGÓRSKICH I GÓRSKICH

Długość trwania posuch atmosferycznych i częstotliwość ich występowania w obszarach pogórskich i górskich stosunkowo dobrze można scharakteryzować za pomocą tzw. serii lub ciągów dni bezopadowych. Podstawową zaletą tej metody jest możliwość ustalenia początku, końca i czasu trwania każdej posuchy. Istotne znaczenie posiada tutaj właściwe określenie granicznej sumy opadu przerywającego serię. Proponowane w niniejszym opracowaniu kryterium stanowiło próbę uwzględnienia warunków wilgotnościowych gleby przy ocenie stopnia intensywności okresu posusznego.

Wydzielanie posuch atmosferycznych na podstawie niedoborów opadów w stosunku do norm przyjętych dla pięter klimatycznych było podyktowane zapewnieniem porównywalności natężenia posuch w obszarach górskich, charakteryzujących się silnym zróżnicowaniem sum opadów. Wyniki tej metody nie wykazały wyraźnej zależności między wysokością n.p.m. a częstością występowania miesięcy posusznych. Częstość występowania określonych sum opadów można badać tylko za pomocą długich serii obserwacyjnych, np. 40-letnich. Zapewne dłuższy okres badań w stosunku do opracowanego przeze mnie przyczyniłby się do wykazania wyraźnej zależności między wysokością n.p.m. a częstością występowania miesięcy posusznych. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że analiza posuch atmosferycznych oparta wyłącznie na niedoborach opadów jest uproszczeniem zagadnienia, gdyż o natężeniu i czasie trwania zjawiska decyduje cały kompleks elementów meteorologicznych.

Przy charakteryzowaniu posuch atmosferycznych w obszarach pogórskich i górskich najbardziej kompleksowy charakter i największe znaczenie praktyczne, z uwagi na uwzględnienie wielkości opadu poziomego, posiada metoda Gaussena, oparta na wskaźniku suchości. Wskaźnik ten wykazał wyraźną zależność między wysokością n.p.m. a częstością występowania posuch atmosferycznych, co jest wyrazem jego szczególnej wrażliwości na zmiany warunków wilgotnościowych klimatu. W przypadku niemożliwości posługiwania się wskaźnikiem suchości, słuszniej wydaje się jako podstawę przyjąć metodę ciągów bezopadowych.

IX. WNIOSKI KOŃCOWE

Przeprowadzona analiza częstości posuch atmosferycznych w okresie wegetacyjnym IV—X wykazała, że zjawisko posuchy nie występuje przypadkowo w polskich Karpatach Zachodnich, lecz wykazuje określone prawidłowości:

- posuchy atmosferyczne notowane są często, ale natężenie ich bywa zwykle niewielkie,
- w natężeniu posuch zaznaczają się wyraźnie dwa maksima — wiosenne i jesienne,
- na wiosnę przeważają posuchy krótkie (mało intensywne), natomiast w jesieni wyraźnie dominują posuchy długie (intensywne),
- największe natężenie posuch związane jest z długotrwałymi ciągami bezopadowymi, których maksymalna długość osiąga ponad 50 dni,
- liczba posuch, jak i ich natężenie gwałtownie maleje wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. (szczególnie zjawisko to jest widoczne w okresie wiosennym),
- najsuchszymi miesiącami okresu wegetacyjnego w Karpatach są październik i wrzesień,

— najwilgotniejszym miesiącem okresu wegetacyjnego jest lipiec w dolnych partiach profilu, a czerwiec w części wysokogórskiej.

Zakład Klimatologii Instytutu Geografii
Uniwersytetu Jagiellońskiego

LITERATURA

- [1] Chomicz K., *Bioklimat Polski*. „Przegl. Geof.”, z. 2, 1970, s. 195—206.
- [2] Chomicz K., *Wskaźnik biometeorologiczny i jego zastosowanie w fenologii*. „Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.”, z. 120, 1971, s. 37—57.
- [3] Ermich K., Orlicz M., *Osady mgielne na Kasprowym Wierchu w Tatrach*. „Probl. Zagosp. Ziem Górsk.”, z. 14, 1975, s. 81—115.
- [4] Hess M., *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*. Zesz. Nauk. UJ, „Prace Geogr.”, z. 11, 1965, ss. 258.
- [5] Hess M., *Metoda określania ilościowego zróżnicowania mezoklimatycznego w terenach górskich*. Zesz. Nauk. UJ, „Prace Geogr.”, z. 18, 1968, s. 7—26.
- [6] Molga M., *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, 1958, ss. 571.
- [7] Pieślak Z., *Próba oceny zjawiska suszy w Polsce metodą Gaussena*. „Przegl. Geof.”, z. 2, 1972, s. 107—125.
- [8] Prawdzic K., Koźmiński Cz., *Susze atmosferyczne na terenie woj. szczecińskiego*. Szczecińskie Towarzystwo Naukowe, Wydział Nauk Przyrodniczo-Rolniczych, t. 28, z. 2, 1966, ss. 42.
- [9] Przedpeńska W., *Zagadnienie susz atmosferycznych w Polsce i metody ich określania*. „Prace PIHM”, z. 103, 1971, s. 3—24.
- [10] Razowa E. S., *Perjody bezdożdża na Ukrainie, ich raspredelenie i prodolżitelnost’*. „Trudy Ukr. NIGMI, nr 13, Moskwa 1958, s. 3—24.
- [11] Schmuck A., *Stopień uwilgotnienia w Polsce w latach 1948—1951*. „Przegl. Meteor.”, z. 3—4, 1953, s. 24—34.
- [12] Schmuck A., *Posuchy i wysokie opady atmosferyczne w woj. wrocławskim w latach 1950—1959*. „Czas. Geogr.”, t. 33, z. 4, 1962, s. 411—440.
- [13] Stenz E., *Charakterystyka klimatologiczna suszy ze szczególnym uwzględnieniem suszy 1951 roku*. „Przegl. Meteor.”, z. 3—4, 1953, s. 16—20.

Leszek Kowanetz

CHARACTERISTIC OF ATMOSPHERIC DRY SPELLS IN THE POLISH CARPATHIANS

Summary

Basing on data from the decade 1956—1965 the author characterized the occurrence of atmospheric dry spells in the vertical profile of the Polish Western Carpathians. The dry spells were distinguished by three methods: 1. that of series of pre-

precipitation-less days, 2. that of precipitation deficits as compared to multiannual normals assumed for the climatic zones, 3. that of indices based on Gaussen's index of dryness.

The said methods were submitted to numerous modifications with an attempt to adapt them to a determination of dry spells in foothill and mountain areas. Basing on the said methods the occurrence of dry spells was characterized during the vegetation period (April-October) and its separate months. The author ascertained from the results that the occurrence of atmospheric dry spells in the Polish Western Carpathians shows definite regularities:

- dry spells are noted frequently, but their intensity is usually small,
- in the dry spells intensity there are two marked maxima, the spring and the autumn ones,
- in spring short dry spells prevail (not very intense), while in autumn long (intense) dry spells distinctly dominate,
- the greatest intensity of dry spells is connected with extended series of precipitation-less days, the maximum length of which may attain more than 50 days,
- the number of dry spells as well as their intensity very strongly decrease as the altitude increases (this phenomenon is especially visible in spring),
- the driest months of the vegetation period in the Carpathians are October and September,
- the most moist months of the vegetation period are: July in the lower parts of the profile, and June in the high mountain part.

Comparing the results obtained by the methods stated above the author ascertained that the most complex character as well as the greatest practical effectiveness are shown by Gaussen's method, based on the index of dryness. If it becomes impossible to use this index, it seems more purposeful to base on the method of series of precipitation-less days.

Department of Climatology, Institute of Geography,
Jagellonian University, Cracow

Л. Кованэц

ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНЫХ ЗАСУХ В ПОЛЬСКИХ КАРПАТАХ

Резюме

На основании десятилетия 1956—1965 охарактеризовано выступление атмосферных засух в вертикальном профиле польских Западных Карпат. Атмосферные засухи были выделены тремя способами:

- продолжительности безосадочных периодов,
- недостатка осадков по отношению к многолетним нормам принятым для климатических ярусов,
- показательным, на основании показателя засухи Гауссена.

Вышеназванные методы подвергались ряду модификаций, стараясь приспособить их к определенным атмосферным засухам в горных и предгорных районах.

Опираясь на эти методы охарактеризовано выступление атмосферных засух в вегетационный период (апрель—октябрь) и в отдельные его месяцы.

На основании полученных результатов констатировано, что проявление атмосферных засух в вегетационный период в польских Западных Карпатах выступает в определенной закономерности:

- атмосферные засухи наблюдаются часто, но интенсивность их обычно невелика,
- в интенсивности засух четко выделяются два максимума — весенний и осенний,
- весной преобладают засухи кратковременные (малоинтенсивные), но осенью выразительно доминируют продолжительные засухи (интенсивные),
- самая большая интенсивность засух связана с продолжительными безосадковыми периодами, максимальный период которых достигает количества более 50 дней,
- количество засух как и их интенсивность резко уменьшается наряду с ростом высоты над уровнем моря (явление это особенно заметно в весенний период),
- самыми сухими месяцами вегетационного периода являются октябрь и сентябрь,
- самым влажным месяцем вегетационного периода является июль в нижних частях профилей и июнь в высокогорной части.

Сравнивая полученные результаты при помощи вышеприведенных методов констатировано; что наиболее комплексный характер и самое большое практическое значение при определении проявления атмосферных засух в предгорных и горных районах имеет метод Гауссена, опирающийся на показатель засухи. В случае невозможности применения показателя засухи, более целесообразным кажется принять, как основу, метод продолжительности безосадочных дней.

Отдел Климатологии Института Географии
Ягеллонского Университета