

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

**BADANIA TOPOKLIMATYCZNE I MIKROKLIMATYCZNE
W RÓŻNYCH STREFACH KLIMATYCZNYCH**

Krzysztof Błażejczyk, Barbara Krawczyk, Józef Skoczek

Nr 5

1992



Z E S Z Y T Y

INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

P A N

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

**BADANIA TOPOKLIMATYCZNE I MIKROKLIMATYCZNE
W RÓŻNYCH STREFACH KLIMATYCZNYCH**

Krzysztof Błażejczyk, Barbara Krawczyk, Józef Skoczek

Nr 5

1992

TOPOCLIMATIC AND MICROCLIMATIC INVESTIGATIONS IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES



Z E S Z Y T Y

INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

P A N

Redaguje zespół w składzie:

Teresa Kozłowska-Szczęсна (redaktor),

Alicja Breymeyer (zastępca redaktora),

Jerzy Grzeszczak,

Bronisław Czyż (sekretarz)

Opiniował do druku:

prof. dr Janusz Paszyński

Adres redakcji:

00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30,

tel. 26 19 31, 26 83 29; telefax 48 22 267 267

Redakcja techniczna i skład komputerowy:

Maria Mozolewska-Adamczyk

SPIS TREŚCI

Kształtowanie się stosunków termicznych pól kawy pod wpływem roślinności zacieniającej	
1 wiatrochronnej	5
1. Wprowadzenie	5
2. Wymagania klimatyczne kawy	6
3. Materiał i metoda opracowania	8
4. Wyniki	9
4.1. Stosunki termiczne w obrębie pól kawy	9
4.1.1. Promieniowanie słoneczne	10
4.1.2. Prędkość wiatru	12
4.1.3. Stosunki termiczne	12
4.2. Stosunki termiczne wybranych krzewów kawy	13
5. Podsumowanie	16
Literatura	17
Differentiation of thermal conditions in coffee fields under the influence of shading and wind protecting plants (summary)	18
Ryciny 1-9	19
Warunki termiczne w rejonie Bajan Bułag (Chentej, Mongolia) jako podstawa kartowania topoklimatycznego	29
1. Cel i zakres badań terenowych	29
2. Warunki termiczne w przygruntowej warstwie powietrza	30
2.1. Rozkład przestrzenny temperatur ekstremalnych	30
2.1.1. Temperatura maksymalna powietrza	31
2.1.2. Temperatura minimalna powietrza	35
2.2. Rozkład przestrzenny temperatury powietrza na wybranych profilach terenowych...38	
2.3. Rozkład pionowy temperatury w przy powierzchniowej warstwie powietrza.....40	
3. Zróznicowanie przestrzenne warunków termicznych w rejonie Bajan Bułag - mapa topoklimatyczna	41
4. Wnioski	46
Literatura	47
Thermal conditions at Bajan Bulag (Khentey Mountains, Central Mongolia) as a base of topoclimatic mapping (summary)	47
Ryciny 1-7	48

CONTENTS

Introduction to the Special Issue 1

1. Introduction 1

2. Wymagania dla nauki 2

3. Metody i metody oparte 3

4. Wzrost 4

4.1. Stwierdzenie 4.1.1

4.1.1.1. 4.1.1.1.1

4.1.1.2. 4.1.1.2.1

4.1.1.3. 4.1.1.3.1

4.2. 4.2.1

2. 2.1

Literature 2.2

..... 2.3

..... 2.4

..... 2.5

..... 2.6

..... 2.7

..... 2.8

..... 2.9

..... 2.10

..... 2.11

..... 2.12

..... 2.13

..... 2.14

..... 2.15

..... 2.16

..... 2.17

..... 2.18

..... 2.19

..... 2.20

..... 2.21

..... 2.22

..... 2.23

..... 2.24

..... 2.25

..... 2.26

..... 2.27

..... 2.28

..... 2.29

..... 2.30

..... 2.31

..... 2.32

..... 2.33

..... 2.34

..... 2.35

..... 2.36

..... 2.37

..... 2.38

..... 2.39

..... 2.40

..... 2.41

..... 2.42

..... 2.43

..... 2.44

..... 2.45

..... 2.46

..... 2.47

..... 2.48

..... 2.49

..... 2.50

..... 2.51

..... 2.52

..... 2.53

..... 2.54

..... 2.55

..... 2.56

..... 2.57

..... 2.58

..... 2.59

..... 2.60

..... 2.61

..... 2.62

..... 2.63

..... 2.64

..... 2.65

..... 2.66

..... 2.67

..... 2.68

..... 2.69

..... 2.70

..... 2.71

..... 2.72

..... 2.73

..... 2.74

..... 2.75

..... 2.76

..... 2.77

..... 2.78

..... 2.79

..... 2.80

..... 2.81

..... 2.82

..... 2.83

..... 2.84

..... 2.85

..... 2.86

..... 2.87

..... 2.88

..... 2.89

..... 2.90

..... 2.91

..... 2.92

..... 2.93

..... 2.94

..... 2.95

..... 2.96

..... 2.97

..... 2.98

..... 2.99

..... 3.00

KSZTAŁTOWANIE SIĘ STOSUNKÓW TERMICZNYCH

PÓL KAWY POD WPLYWEM ROŚLINNOŚCI

ZACIENIAJĄCEJ I WIATROCHRONNEJ

1. WPROWADZENIE

W marcu 1988 r. przeprowadzono badania fitoklimatyczne na plantacji doświadczalnej Instytutu Kawy w Ea-Kmat na Płaskowyżu Tay Nguyen (wysokość 500-700 m n.p.m.) w południowej części środkowego Wietnamu (ryc. 1)¹. Badania miały na celu poznanie stosunków termicznych, wietrznych i radiacyjnych wybranych typów pól kawy w zależności od rodzaju roślinności zacieniającej i wiatrochronnej. Wyniki tych badań mogą być pomocne w opracowaniu zakresu niezbędnych zabiegów agrotechnicznych intensyfikujących uprawę kawowca na tym terenie.

Uprawa kawy ma w Wietnamie ponad stuletnią tradycję. W 1987 r. w południowej i środkowej części kraju plantacje tej rośliny zajmowały około 20 tys. ha. O ile do 1965 r. uprawiano głównie gatunek *Coffea robusta* (67% areału), o tyle obecnie dominuje *Coffea arabica*, która daje niższe plony, ale ma mniejsze wymagania ekologiczne, co wyraża się między innymi odpornością na niską temperaturę powietrza (Ca-phe Viet Nam 1987; Krug, de Poerck 1968).

W literaturze dotyczącej warunków klimatycznych uprawy kawowca można znaleźć dane odnoszące się do wymagań tej rośliny, określonych średnimi wieloletnimi wartościami elementów meteorologicznych. Dane te, pochodzące ze stacji meteorologicznych, mogą mieć znaczenie dla badań w skali regionalnej (Hrankowski 1976; Merrit, Prostor 1967; Niven, Show 1975; Okers 1935; Wrigley 1972). Natomiast w niniejszym opracowaniu przedstawiono próbę

¹ W badaniach tych oprócz autorów opracowania uczestniczyli klimatolodzy wietnamscy, pracownicy Centrum Badań Naukowych Wietnamu w Hanoi: Mai Trong Thong, Dang Kim Nhung, Cao Ba Uynh.

oceny wpływu różnego rodzaju roślinności zacieniającej i wiatrochronnej na warunki termiczne panujące na wybranych, niewielkich polach kawy, dokonana na podstawie szczegółowych badań w skali mikroklimatycznej.

2. WYMAGANIA KLIMATYCZNE KAWY

W literaturze fachowej podkreśla się, że uprawa kawowca wymaga na ogół wysokiej temperatury powietrza i znacznej ilości energii słonecznej. Roślina ta źle jednak znosi wpływ promieniowania bezpośredniego. Stosowanie roślinności zacieniającej ma na celu nie tylko zmniejszenie dopływu promieniowania bezpośredniego, lecz także obniżenie dobowych wahań temperatury gleby i powietrza, duże dobowe wahania temperatury gleby uszkadzają bowiem system korzeniowy roślin. W celu zmniejszenia różnic dobowych temperatury gleby oraz ograniczenia parowania z jej powierzchni stosowane jest również tak zwane mulczowanie (Coffee 1970; Davies 1975; Gurnah, Mutea 1982; Hrankowski 1976; Wrigley 1972). Zabieg ten polega na przykrywaniu gleby wokół krzewu kawy słomą, liśćmi lub trawą.

Optymalne dla kultury kawy warunki termiczne występują wtedy, gdy średnia roczna temperatura powietrza zawiera się w przedziale 18-21°C (dla *Coffea arabica*) lub 22-26°C (dla *Coffea robusta*). Najwyższa temperatura nie powinna (dla obu tych gatunków) przekraczać średnio 38°C, a temperatura minimalna - być niższa niż 15°C. Optymalna dobowa amplituda temperatury powietrza, w rejonach gdzie znajdują się plantacje kawy, powinna wynosić 8-12°C.

Dla gatunku *Coffea arabica* najkorzystniejsza jest średnia roczna wilgotność względna powietrza zawierająca się w przedziale 75-85%, a w przypadku *Coffea robusta* wilgotność ta powinna być nieco większa (około 95%). Dla prawidłowej wegetacji kawy w fazie dojrzewania, zbiorów i kwitnienia niezbędny jest około trzymiesięczny okres suchy. Okres ten nie powinien być jednak dłuższy niż 4 miesiące.

Trzeba tu dodać, że przytoczone wyżej charakterystyki termiczne i wilgotnościowe dotyczą wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

Kawowiec wykazuje dość dużą tolerancję na wahania ilości opadów. Warunki optymalne występują wtedy, gdy roczna suma opadów zawiera się w przedziale 1500-2000 mm, ale nawet przy opadach poniżej 1000 mm nie zauważa się negatywnego wpływu ich zmniejszenia na rozwój i produktywność kawowca, jeżeli równocześnie mają miejsce sprzyjające warunki glebowe i termiczno-insolacyjne.

Niekorzystne dla kultury kawy są silne wiatry, szczególnie w okresie gorącym i suchym. Powodują one zwiększoną transpirację, a także mogą być przyczyną uszkodzeń mechanicznych krzewów.

Ogólnie można stwierdzić, że *Coffea arabica* najlepiej rozwija się w klimacie tropikalnym i subtropikalnym o małych rocznych i dobowych amplitudach temperatury powietrza

i znacznej jego wilgotności. Optymalne dla tego gatunku kawy warunki w tej strefie klimatycznej panują na wysokości 750-2000 m npm.

W tabeli 1 podano średnie wieloletnie wartości niektórych elementów meteorologicznych na stacji Buon Ma Thuot ($\phi = 12^{\circ}41' N$, $\lambda = 108^{\circ}05' E$, $H = 536$ m npm.), położonej w centralnej części Płaskowyżu Tay Nguyen i znajdującej się najbliższej miejsca przeprowadzonych badań. Dane te wskazują, że warunki klimatyczne panujące w tym regionie odpowiadają podanym wyżej wymaganiom uprawy kawowca. W wykonanej przez Nguyen Duc Ngu (1989) ocenie stopnia przydatności klimatu Płaskowyżu Tay Nguyen dla uprawy roślin tropikalnych okolice Buon Ma Thuot zostały zakwalifikowane jako „stosunkowo przydatne” dla uprawy kawy.

Tabela 1

Średnie wartości elementów meteorologicznych Buon Ma Thout

Mean values of meteorological data

($\phi = 12^{\circ}41' N$, $\lambda = 108^{\circ}05' E$, $H = 536$ m npm.)

Element meteorologiczny	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Rok
Dobowa temperatura powietrza ($^{\circ}C$)	20,7	22,3	24,4	25,9	25,5	24,6	24,1	23,9	23,6	23,1	22,0	20,8	23,4
Temperatura maksymalna ($^{\circ}C$)	27,8	30,5	33,3	33,9	32,0	29,4	29,0	28,6	28,8	28,6	27,6	26,6	29,7
Temperatura minimalna ($^{\circ}C$)	17,1	18,1	19,7	21,4	22,0	21,7	21,1	21,3	20,9	20,1	19,1	17,6	20,0
Dobowa amplituda temperatury ($^{\circ}C$)	10,7	12,4	13,6	12,5	10,0	7,7	7,8	7,3	7,9	8,5	8,5	9,0	9,7
Absolutna temperatura maksymalna ($^{\circ}C$)	33,3	36,4	37,2	37,9	36,7	35,1	31,8	32,0	31,3	31,6	31,2	32,4	33,9
Absolutna temperatura minimalna ($^{\circ}C$)	11,3	13,2	13,7	18,0	19,4	19,2	18,9	19,5	18,2	15,7	13,1	11,6	15,2
Wilgotność względna powietrza (%)	73,0	70,0	67,0	70,0	77,0	84,0	86,0	87,0	88,0	85,0	82,0	78,0	79,0
Suma miesięczna opadów (mm)	3,2	1,9	21,3	92,7	234,6	244,1	266,9	300,8	296,9	203,6	83,0	21,6	1770,6
Prędkość wiatru ($m s^{-1}$)	5,6	5,6	4,4	3,2	2,1	1,9	1,7	1,8	1,5	2,5	3,9	5,4	3,3

3. MATERIAŁ I METODA OPRACOWANIA

Szczegółowe badania fitoklimatyczne prowadzono na polach doświadczalnych Instytutu Kawy w Ea-Kmat 7km na wschód od miasta Buon Ma Thuot (ryc.1). Pomiarów mikroklimatycznych miały miejsce od 10 do 24 marca 1988 r. podczas pogody typowej dla pory sucho-gorącej, obejmującej marzec i kwiecień (Nguyen Duc Ngu 1989). Występowało wtedy małe zachmurzenie (<50%), wysoka temperatura powietrza i dość silne wiatry ze stałego kierunku (NE). Krzewy kawowca były w fazie kwitnienia i zawiązywania owoców.

Stanowiska pomiarowe usytuowane były na czterech polach z krzewami kawy gatunku *Coffea arabica* i trzema typami roślinności zacieniającej. Poza tym w terenie otwartym znajdował się punkt bazowy (nr 1), do którego odnoszono wartości elementów meteorologicznych mierzonych na polach kawy. Lokalizację stanowisk pomiarowych w Ea-Kmat przedstawiono na rycinie 2.

Stanowisko 2 (ryc. 3) znajdowało się w obrębie pola kawy o powierzchni 3,4 ha z wysoką roślinnością zacieniającą z gatunku *Cassia seamea* (strączyńiec). Są to drzewa o wysokości 15-17 m i gęstych koronach; tworzyły sieć prostokątów o bokach 12 i 9 m. Krzewy kawy (w wieku 8 lat) posadzone były w rozsądzie 2,5x3,0 m. Ich wysokość sięgała 180 cm.

Stanowisko 3 (ryc. 3) było zlokalizowane w obrębie pola kawy o powierzchni około 1,6 ha, na którym roślinnością zacieniającą jest *Leucaena leucephala* (drzewa o wysokości 5-7 m i ażurowych koronach tworzyły sieć kwadratów o boku 9 m). Krzewy kawy w wieku 8 lat, o wysokości 170 cm, posadzone były w kwadratach o boku 2,5 m.

Stanowisko 4 (ryc. 4) założono na polu kawy o powierzchni około 1,1 ha z roślinnością zacieniającą z gatunku *Crotalaria arecta* (klekotnica). Były to rośliny jednoroczne o wysokości około 2 m, posadzone w rzędach w odległości co 3 m. Czteroletnie krzewy kawy rosły w rozsądzie 3x3 m. Ich wysokość osiągała 150 cm.

Stanowisko 5 (ryc. 4) znajdowało się na niewielkim polu kawy o powierzchni około 0,12 ha bez roślinności zacieniającej. Czteroletnie krzewy kawowca posadzone były w sieci kwadratów o boku 3 m, a ich wysokość nie przekraczała 120 cm.

Wokół wszystkich badanych pól rosły wiatrochronne szpalery drzew (strączyńce - *Cassia seamea* i chlebowce - *Artocarpus communis*) o wysokości 7-10 m, posadzonych w odstępach co 4-10 m. Szpalery te były oddalone od skrajów pól o 5-10 m.

Na wszystkich stanowiskach pomiarowych mierzono:

- natężenie całkowitego (K_t) i odbitego promieniowania słonecznego na wysokości 50 cm nad koronami krzewów kawy (pyranometrami Janiszewskiego),
- saldo promieniowania w pełnym zakresie widmowym (bilansomierzami Janiszewskiego),
- prędkość wiatru na wysokości 50 cm (anemometrami Robinsona),
- temperaturę gleby na głębokościach 1 i 10 cm (termometrami oporowymi),

- temperaturę maksymalną i minimalną powietrza na wysokości 5 cm nad gruntem (standardowymi termometrami meteorologicznymi),

- temperaturę powietrza na wysokości 50 cm nad gruntem (termometrami oporowymi i rtęciowymi).

Oprócz tego na stanowiskach 2 i 4 mierzono:

- temperaturę powierzchni liści przeciętnego pod względem stopnia rozwoju krzewu kawy; wybrano liście eksponowane na północ, południe, wschód i zachód, znajdujące się na wysokościach 50, 100 i 150 cm nad gruntem, używano kontaktowego termometru termistorowego skonstruowanego w Zakładzie Klimatologii IGI PAN,

- temperaturę powietrza na poziomach 50, 100 i 150 cm w odległości około 30 cm od krzewu kawy (termometrami oporowymi),

- temperaturę powietrza wewnątrz krzewu kawy, przy jego pniu, na wysokościach 50, 100 i 150 cm (termometrami oporowymi).

Na stanowisku 5 mierzono natomiast:

- temperaturę powierzchni liści (analogicznie jak na stanowiskach 2 i 4) na dwóch poziomach - 50 i 100 cm,

- temperaturę powietrza na wysokości 50 cm, w odległości 30 cm od krzewu kawy (termometrem rtęciowym).

Wszystkie pomiary, a także wizualne obserwacje zachmurzenia, prowadzono od godziny 6⁰⁰ do 19⁰⁰ czasu miejscowego, w odstępach jednogodzinnych. Dwukrotnie przeprowadzono także codzienne pomiary całodobowe.

Badania terenowe odbyły się w dwóch seriach, w czasie których panował ten sam typ pogody. W serii I, trwającej od 11 do 16 marca 1988 r., prowadzono pomiary i obserwacje meteorologiczne na stanowiskach 1, 2 i 3, a w serii II, od 19 do 24 marca 1988 r. - na stanowiskach 1, 4 i 5. Przy analizie wyników operowano wartościami średnimi dla poszczególnych serii z uwagi na fakt, że odchylenia standardowe wybranych wskaźników termicznych były stosunkowo małe.

4. WYNIKI

4.1. STOSUNKI TERMICZNE W OBRĘBIE PÓL KAWY

Badając rozkład temperatury powietrza w obrębie wybranych pól kawy rozpatrzono na wstępie zmiany sumy promieniowania słonecznego i prędkości wiatru pod wpływem różnych gatunków roślinności zacieniającej krzewy kawy i chroniącej je przed działaniem silnych wiatrów.

4.1.1. PROMIENIOWANIE SŁONECZNE

Tabela 2 zawiera zestawienie średnich z poszczególnych serii pomiarowych sum dobowych promieniowania całkowitego i prędkości wiatru mierzonych w terenie otwartym i na badanych polach kawy, a także wyrażony w procentach stopień zasłonięcia horyzontu. Rycina 5 ilustruje zasłonięcie horyzontu na stanowiskach: bazowym oraz położonych w obrębie pól kawy. Wyznaczone zasłonięcie horyzontu może być miarą stopnia zacienienia² nieboskłonu przez roślinność wysoką.

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że na stanowisku 2 wielkość zacienienia była największa (64%). Promieniowanie bezpośrednie docierało do krzewów kawy jedynie od godziny 11⁰⁰ do 14³⁰. Na stanowisku 3 można wyróżnić dwa stopnie zacienienia: pełne i ażurowe, co jest związane z ulistnieniem rosnących tam drzew zacieniających. Przy zacienieniu pełnym do krzewów kawy docierało tylko rozproszone promieniowanie słoneczne, a przy zacienieniu ażurowym także promieniowanie bezpośrednie, przeświecające przez liście drzew. Zacienienie pełne wynosiło 35%.

Tabela 2

Zasłonięcie horyzontu (%), promieniowanie całkowite ($K\downarrow$) i prędkość wiatru (v)
w terenie otwartym (st. 1) i na badanych polach kawy w Ea-Kmat
(wartości średnie z okresu badań)

Horizon shading rate (%), daily sum of global solar radiation ($K\downarrow$) and wind speed (v)
in the open area (st. no 1) and in select coffee fields (st. No 2, 3, 4, 5),

Ea-Kmat (mean values for investigated periods)

Okres pomiarów	I seria (11-16 III 1988 r.)			II seria (19-24 III 1988 r.)		
	1	2	3	1	4	5
Zasłonięcie horyzontu (%)	2,0	64,0	35,0(76) [*]	2,0	28,0	14,0
$K\downarrow$ (MJ m ⁻² d ⁻¹)	21,6	12,8	19,1	26,0	26,8	26,3
v (m s ⁻¹)	1,9	0,3	0,5	3,1	0,4	1,8

^{*}() - zacienienie ażurowe (sparsely shading).

Konsekwencją różnego stopnia zacienienia pól kawy jest różny dopływ promieniowania całkowitego do powierzchni liści. Na polach z wysoką roślinnością zacieniającą (stanowisko 2) dzienne (z godzin 6⁰⁰-19⁰⁰) sumy promieniowania całkowitego ($K\downarrow$) były mniejsze o około 9MJm⁻²d⁻¹ niż w terenie otwartym, zaś tam, gdzie rosła niższa, ażurowa roślinność zacieniająca

²Przez stopień zacienienia nieboskłonu rozumiemy tu określone procentowo zasłonięcie horyzontu przez drzewa.

Charakterystyki termiczne terenu otwartego (stanowisko 1) i badanych pól kawy
(stanowiska 2, 3, 4, 5) w Ea-Kmat (wartości średnie z okresów pomiarów)

Main thermal characteristics in open area (st. No 1) and in selected coffee fields
(st. 2, 3, 4, 5), Ea-Kmat (mean values for investigated periods)

Okres pomiarów	Seria I (11-16 III 1988)			Seria II (19-24 III 1988)		
	Stanowiska pomiarowe					
Charakterystyki termiczne	1	2	3	1	4	5
$\bar{T}_{\max.} (^{\circ}\text{C})$	43,0	40,3	37,7	42,1	37,7	35,6
δ	1,9	2,1	1,3	0,9	0,5	1,0
$\bar{T}_{\min.} (^{\circ}\text{C})$	20,2	20,0	19,3	19,0	17,9	17,8
δ	1,4	0,9	0,7	0,9	1,3	1,3
$\overline{\Delta T} (^{\circ}\text{C})$	22,9	20,3	18,4	23,1	19,9	17,9
δ	1,7	2,2	1,4	1,4	1,5	1,8
$T_{\max.} (^{\circ}\text{C})$	46,0	43,7	39,6	42,9	38,2	37,2
$T_{\min.} (^{\circ}\text{C})$	17,6	18,1	18,0	17,1	15,3	16,0
$\bar{T}_g (^{\circ}\text{C})$	38,7	31,1	28,6	39,6	39,4	35,4
δ	1,5	0,9	0,7	1,0	1,3	0,5
$Tg_{\max.} (^{\circ}\text{C})$	54,4	54,6	40,8	55,5	61,7	49,8
$\bar{T}_p (^{\circ}\text{C})$	30,5	29,4	-	30,5	30,2	29,4
δ	1,3	0,9	-	0,4	0,3	0,3

$\bar{T}_{\max.}$ - średnia maksymalna temperatura powietrza na wysokości 5 cm, (mean maximum air temperature at height of 5 cm);

$\bar{T}_{\min.}$ - absolutna minimalna temperatura powietrza na wysokości 5 cm, (the lowest recorded minimum air temperature at height of 5 cm);

$\overline{\Delta T}$ - średnia dobowa amplituda temperatury, (mean daily air temperature amplitude at height of 5 cm);

\bar{T}_g - średnia temperatura gruntu na głębokości 1 cm, (mean soil temperature at depth of 1 cm);

$Tg_{\max.}$ - najwyższa zanotowana temperatura gruntu na głębokości 1 cm, (the highest recorded soil temperature at depth of 1 cm);

\bar{T}_p - średnia temperatura powietrza na wysokości 50 cm, (mean air temperature at height of 50 cm);

δ - odchylenie standardowe, (standard deviation).

(stanowisko 3), osłabienie dopływu promieniowania całkowitego wyraziło się średnią sumą $2,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (tab. 2). Stanowi to odpowiednio 59% i 88% ilości otrzymywanej w terenie otwartym.

Na stanowisku 4, gdzie występowały niskie, jednoroczne rośliny zacieniające (*Crotalaria arecta*), wielkość zacienienia niebosłonu wynosiła około 28%, zaś na stanowisku 5 jedynie 14%, co oznacza, że przez prawie cały dzień krzewy kawowca były narażone na dopływ promieniowania bezpośredniego.

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 2, roślinność zacieniająca z gatunku *Crotalaria arecta* nie tylko nie osłabia promieniowania całkowitego, ale w porównaniu z terenem otwartym zwiększa nieznacznie jego dopływ (stanowisko 4); do krzewów kawy dociera tutaj - oprócz promieniowania bezpośredniego i rozproszonego - także promieniowanie odbite od jasnych, blisko rosnących i wyższych od kawy krzewów *Crotalaria arecta*.

Zjawisko to zanotowano także na stanowisku 5, reprezentującym niewielkie pole kawy, znajdujące się w małej odległości od roślinności zacieniającej sąsiednie uprawy.

4.1.2. PRĘDKOŚĆ WIATRU

Jak już wspomniano, wokół wszystkich badanych pól kawy rosły - oprócz roślinności zacieniającej - wiatrochronne szpalery drzew (strączyńce i chlebowce), mające na celu zmniejszenie prędkości wiatru wokół krzewów kawy.

Największe (o 87%) osłabienie prędkości wiatru w stosunku do terenu otwartego obserwowano na stanowisku 4. Spowodowały to nie tylko szpalery drzew otaczające pole kawy, lecz przede wszystkim gęsto rosnące rzędy niskich krzewów zacieniających *Crotalaria arecta* (klekotnica).

Nieco mniejsze osłabienie prędkości wiatru występowało na stanowisku 2 (o 84%) i na stanowisku 3 (o 74%). Tu także decydujące znaczenie miały drzewa zacieniające rosnące między krzewami kawy, ponieważ same wiatrochronne szpalery drzew zmniejszały prędkość wiatru tylko o około 42% (stanowisko 5).

4.1.3. STOSUNKI TERMICZNE

Omówione zmiany prędkości wiatru i dopływu promieniowania słonecznego do krzewów kawy kształtowały stosunki termiczne badanych pól kawy.

Należy tu dodać, że w czasie badań mikroklimatycznych średnia maksymalna temperatura powietrza w warstwie przygruntowej (na wysokości 5 cm) wynosiła w obu seriach na stanowisku bazowym odpowiednio 43,0 i 42,1°C (tab. 3), zaś amplitudy dobowe temperatury powietrza na tej samej wysokości wynosiły średnio około 23°C.

Rozpatrując rozkład temperatur ekstremalnych powietrza w warstwie przygruntowej na badanym terenie można stwierdzić, że najwyraźniejsze obniżenie (w stosunku do terenu otwartego) temperatury maksymalnej powietrza i dobowej amplitudy temperatury powietrza zaobserwowano na stanowisku 5. Biorąc pod uwagę fakt, że nie rosła tam roślinność zacieniająca, wynik ten może wydawać się zaskakujący, trzeba jednak pamiętać, że na polu tym notowano największą (wśród badanych pól) średnią prędkość wiatru.

Temperatura minimalna w przygruntowej warstwie powietrza miała rozkład mało zróżnicowany, zaś przestrzenne różnice wartości średnich były niższe niż w przypadku temperatury maksymalnej. W obydwóch seriach pomiarowych zawierały się one w przedziale 0,2-1,2°C.

Jeśli chodzi o temperaturę gruntu na głębokości 1 cm, która ma istotne znaczenie dla systemu korzeniowego krzewów kawy, to należy stwierdzić, że w terenie otwartym wierzchnia warstwa bazaltowej gleby nagrzewała się nawet do 55,5°C (średnio do około 39°C). Dzienna amplituda temperatury gruntu na tej głębokości była znaczna i wynosiła 27-30°C.

Największe obniżenie średniej temperatury gruntu (w stosunku do punktu bazowego) obserwowano na stanowisku 3 (o około 10°), a najmniejsze - na 4 (tylko 0,2°); zaobserwowano, że w niektórych dniach temperatura maksymalna powierzchni gruntu była tam nawet o około 6° wyższa niż w terenie otwartym.

Temperaturę powietrza na wysokości 50 cm nad gruntem mierzono tylko na stanowiskach 1, 2, 4 i 5. Stwierdzono, że na stanowiskach 2 i 5 była ona niższa niż w terenie otwartym o 1,1°, natomiast na 4 - tylko o 0,3°.

Jak z powyższej analizy wynika, roślinność zacieniąca wpływała na złagodzenie surowych (dla uprawy kawy) warunków termicznych obserwowanych w skali mikroklimatycznej w rejonie Buon Ma Thuot. Należy jednak dodać, że w przypadku zarówno dobowych amplitud temperatury powietrza, jak i temperatury powierzchniowej warstwy gleby wpływ ten był niewielki, gdyż obserwowano się wysokie wartości obu tych wskaźników termicznych.

Jest interesujące, że na polu kawy bez żadnej roślinności zacieniącej obserwowano znacznie łagodniejsze warunki termiczne niż na sąsiednim polu z krzewami zacieniącymi z gatunku *Crotalaria arecta*; występowały tu niższe temperatury powietrza i gleby oraz mniejsze ich dobowe amplitudy. Należy sądzić, że na polu niezacienionym zwiększona pozioma wymiana powietrza i jego mieszanie wpływały łagodząco na panujące tam stosunki termiczne.

4.2. STOSUNKI TERMICZNE WYBRANYCH KRZEWÓW KAWY

W trakcie badań fitoklimatycznych podjęto także próbę szczegółowego określenia stosunków termicznych w obrębie wybranych pól kawy. W tym celu mierzono temperaturę powierzchni liści na trzech wysokościach nad poziomem gruntu po południowej, północnej, wschodniej i zachodniej stronie kawowca oraz temperaturę powietrza wewnątrz krzewu kawy, w pobliżu jego pnia, a także temperaturę powietrza okok niego, w odległości około 30 cm. Pomiarów te przeprowadzono na stanowisku 2, 4 i 5.

Ogólnie można stwierdzić, że w badanym okresie (pora sucho-gorąca) temperatura powierzchni liści kawowca wahała się od około 19°C w godzinach nocnych do około 41°C w godzinach okołopołudniowych. Szczególnie silnie nagrzewały się liście eksponowane na południe i zachód. W ciągu dnia temperatura liści poszczególnych części krzewu była wyższa od temperatury powietrza nawet o 10-12°C.

Na rycinie 6 przedstawiono termozoplety dla powierzchni liści przy różnych ich ekspozycjach dosłonecznych. Stosunkowo najbardziej wyrównany przebieg dzienny miała temperatura powierzchni liści kawy na stanowisku 2, gdzie występowała najbardziej rozwinięta roślinność zacieniająca (*Cassia searia*). Jak już wspomniano, suma dobowa promieniowania całkowitego (K_t) na tym stanowisku stanowiła około 60% ilości zaobserwowanej na otwartej przestrzeni. Jedynie w ciągu około 3 godzin (od 11⁰⁰ do 14³⁰) do krzewów kawy docierało promieniowanie bezpośrednie. Wtedy to temperatura liści gwałtownie wzrastała (od około 32 do ponad 40°C i była wyższa okresowo o 4-5°C od temperatury powietrza otaczającego krzew. W stosunku do temperatury powietrza obserwowanej w terenie otwartym (stanowisko 1) różnica ta była jeszcze większa i wynosiła 6-8°.

Duże zacienienie na stanowisku 2 powodowało, że powierzchnia liści kawowca nagrzewała się równomiernie niezależnie od ekspozycji. Tylko przy dopływie promieniowania bezpośredniego największe stwierdzone różnice temperatury na powierzchni liści krzewu kawy zwiększały się średnio do 2-3°, a maksymalne ich wartości nie przekraczały 4° (ryc. 7).

Na stanowisku 4 (ryc. 6) krzewy kawy były praktycznie przez cały dzień wystawione na działanie promieniowania bezpośredniego. W wyniku silnej radiacji oraz słabej poziomej wymiany powietrza (prędkość wiatru $< 1 \text{ m s}^{-1}$) temperatura powietrza wokół krzewów kawy była w godzinach okołopołudniowych wyższa niż na otwartej przestrzeni o około 3-4°. Największe stwierdzone różnice temperatury na powierzchni liści różnie eksponowanych były znaczne i średnio wynosiły około 3°, a maksymalnie nawet 5° (ryc. 8).

Wpływ różnego rodzaju roślinności zacieniającej na stosunki termiczne krzewów kawy ilustruje także tempo wzrostu temperatury powierzchni liści w pierwszej połowie dnia. Na stanowisku 2, gdzie krzewy kawy były w cieniu prawie do godziny 11⁰⁰, temperatura liści wzrastała stosunkowo powoli. Na stanowisku 4 natomiast, gdzie młoda roślinność z gatunku *Crotalaria arecta* nie chroniła krzewów kawy przed promieniowaniem bezpośrednim, temperatura powierzchni liści wzrastała bardzo szybko i już o godzinie 10⁰⁰ osiągała około 38°C. Warto dodać, że na stanowisku 2 temperatura powierzchni liści kawy była o tej samej godzinie o około 5° niższa.

Na pozbawionym roślinności zacieniającej polu kawy (stanowisko 5), stosunki termiczne w obrębie krzewu kawy były odmienne od wyżej opisanych. Zaobserwowano także, że kawowce na polu niezacienionym, mimo iż sadzone jednocześnie z krzewami na sąsiednim polu zacienionym, były słabo rozwinięte, niskie, o mało wykształconej koronie.

Temperatura liści krzewów kawy była na stanowisku 5 (bez roślin zacieniających) znacznie niższa niż temperatura liści obserwowana w tym samym czasie na stanowisku 4 (z jednoroczną roślinnością zacieniającą). W godzinach okołopołudniowych różnice te dochodziły nawet do 6,5°. Także różnice temperatury na powierzchni liści różnie eksponowanych były na stanowisku 5 mniejsze niż na 4 (ryc. 9).

Powyższe spostrzeżenie wymaga krótkiego komentarza. Niższe i bardziej wyrównane temperatury na powierzchni liści krzewu kawy rosnącego na polu bez roślinności zacieniającej w stosunku do kawowca rosnącego na polu z roślinnością zacieniającą (*Crotalaria arecta*) są związane z różnicami intensywności poziomej wymiany powietrza. Na stanowisku 4 prędkości wiatru były bardzo małe (poniżej 1 m s^{-1}), na niezacienionym polu kawy zaś - 4-5 razy większe, osiagając w niektórych dniach i godzinach nawet $3,6 \text{ m s}^{-1}$. Dość luźno rosnące na stanowisku 5 krzewy kawowca nie zakłócały w większym stopniu poziomego przepływu powietrza. Zwiększony ruch powietrza nasilał tu proces parowania z powierzchni liści i powodował obniżenie i wyrównanie temperatury na całym krzewie kawy, niezależnie od ekspozycji. Na stanowisku 4 natomiast, gdzie jednoroczna, niska roślinność zacieniająca posadzona była w rzędach odległych od siebie o 3 m, poziomy przepływ powietrza był niewielki, co sprzyjało silnemu nagrzewaniu się powietrza wokół krzewów kawy i powierzchni liści.

Porównano też różnice między temperaturą powierzchni liści a temperaturą powietrza otaczającego krzew. Na stanowisku 2 (ryc. 7) różnice te były największe w godzinach okołopołudniowych (10^{30} - 12^{30}). W tym czasie promienie słoneczne padały bezpośrednio na krzew kawy, co po okresie porannego zacienienia powodowało silną reakcję fizjologiczną rośliny. Polegała ona na tym, że po gwałtownym wzroście temperatury powierzchni liści - wywołanym dopływem promieniowania bezpośredniego - rozpoczął się intensywny proces parowania, w wyniku którego, w ciągu 1,5 godziny, temperatura powierzchni liści obniżyła się o około $2,5^{\circ}$ i była nawet niższa od temperatury powietrza o ponad 2° .

Zjawisko to nie występowało na stanowisku 4 (ryc. 8). Jednoroczna, niska roślinność *Crotalaria arecta* zacieniała tam jedynie dolne partie krzewów, do wysokości około 20 cm; pozostała ich część była przez cały dzień poddana działaniu promieniowania bezpośredniego. Spowodowało to stałą wyższą temperaturę liści kawowca w stosunku do otaczającego powietrza, a jej wahanła nie były tak duże i gwałtowne jak na stanowisku 2.

Na stanowisku 5 (ryc. 9), bez roślinności zacieniającej, różnice między temperaturą liści kawy a otaczającym je powietrzem jedynie późnym popołudniem (około godziny 16^{00} - 17^{00}) były bliskie zeru, w pozostałych godzinach były one znaczne i miały wartości dodatnie.

Różnice między temperaturą powietrza na zewnątrz i wewnątrz krzewu kawy są niewielkie. Świadczyć to może o gromadzeniu się ciepła w zielonej masie liści kawowca. Akumulacja ta może być na tyle duża, aby spowodować nawet nocą, przy braku promieniowania słonecznego, sytuację, w której temperatura powierzchni liści osiąga wyższe wartości niż temperatura powietrza (ryc. 7, 8).

5. PODSUMOWANIE

Badania fitoklimatyczne prowadzono w warunkach fizycznogeograficznych typowych dla płaskowyżu Tay Nguyen w środkowym Wietnamie. Badania te miały miejsce w czasie pogody charakterystycznej dla pory sucho-gorącej, występującej w "klimacie monsunowym zwrotnikowych wyżyn" w marcu i kwietniu (Nguyen Duc Ngu 1989).

Wyniki badań pozwoliły na poznanie warunków radiacyjnych, wietrznych i termicznych panujących w obrębie poszczególnych pól kawy o różnym stopniu zacienienia. Umożliwiły również dokonanie oceny wpływu warunków mikroklimatycznych na stopień rozwoju krzewów kawy.

Stwierdzono, że:

1. Roślinność zacieniająca z gatunku *Cassia seamta* i *Leucaena leucephala* zmniejszała dopływ promieniowania całkowitego do krzewów kawy odpowiednio o 41 i 12% w porównaniu z ilością docierającą do powierzchni czynnej na otwartej przestrzeni. Na polu, na którym rosły jednoroczne rośliny *Crotalaria arecta*, obserwowano natomiast niewielkie zwiększenie ilości promieniowania słonecznego dopływającego do krzewów kawy.

2. Wiatrochronne szpalery drzew sadzonych wokół pól kawy zmniejszały prędkość wiatru (w stosunku do terenu otwartego) o około 42%. Na polach, na których rosły także rośliny zacieniające, osłabienie prędkości wiatru wynosiło 74-87%.

3. Na polach kawy z roślinnością zacieniającą *Cassia seamta* i *Leucaena leucephala* maksymalna temperatura powietrza w warstwie przygruntowej była niższa niż w terenie otwartym średnio o 2,7 i 5,3°, natomiast dobowe amplitudy temperatury powietrza były mniejsze o 2,6-4,5°.

4. Najwyraźniejszy łagodzący wpływ roślinności zacieniającej na stosunki termiczne w obrębie krzewu kawy obserwowano na polu z wysoką roślinnością zacieniającą z gatunku *Cassia seamta*.

5. Największe obciążenia termiczne krzewów kawowca obserwowano na polu z jednoroczną roślinnością zacieniającą z gatunku *Crotalaria arecta*. Zarówno temperatura powierzchni liści, jak i przestrzenne różnice tej temperatury były tam większe niż na polu całkowicie pozbawionym roślin zacieniających, gdzie swobodny ruch powietrza intensyfikując parowanie z powierzchni liści obniżał ich temperaturę.

6. Obserwowana wysoka temperatura liści jest jednym z czynników zwiększających transpirację z ich powierzchni. Proces ten nasila się przy dużej prędkości wiatru. Jednocześnie w porze suchej obserwuje się na Płaskowyżu Tay Nguyen niedostateczną ilość wody w glebie, która mogłaby uzupełnić ubytek wilgoci w tkankach roślinnych spowodowany parowaniem z powierzchni liści. Prowadzi to do odwodnienia tkanek, a nawet do wędnięcia kawowca. Dlatego można stwierdzić, że to brak jakiegokolwiek roślinności zacieniającej i osłabiającej

prędkość wiatru na stanowisku 5 sprawił, iż mimo stosunkowo łagodnych warunków termicznych krzewy kawy na tym polu były znacznie słabiej rozwinięte niż na stanowisku 4, mimo ich jednakowego wieku i takich samych warunków glebowych.

7. Wstępna analiza stosunków termicznych w obrębie pojedynczych krzewów kawy świadczy o dużym znaczeniu roślinności zacieniającej, która pozwala roślinom łatwiej przetrwać okres suchogorący o znacznym natężeniu promieniowania słonecznego i dużych prędkościach wiatru.

LITERATURA

Ca-phe Viet Nam, 1987, *Union of Coffee Enterprises*, Buon Ma Thuot.

Coffee, 1970, *FAO Better Farming Series*, 23, Rome.

Davies J.W., 1975, *Mulching effects on plant climate and yield*, Technical Note 136, WMO 388, Geneva.

Gurnah A.M., Mutea J., 1982, *Effect of mulches on soil temperature under Arabica coffee at Kobete, Kenya*, *Agric. Meteorol.*, 25, 4, s. 237-244.

Hrankowski H., 1976, *Kawa, surowiec, technologia*, WNT, Warszawa.

Krug C.A., de Poerck R.A., 1968, *World coffee survey*, *FAO Agric. Studies*, 76, Rome.

Merrit M.C., Prostor B.E., 1967, *Effect of temperature during the roasting cycle on selected components of different types of whole bean coffee*, New York.

Niven W.W., Show B.C., 1957, *Critical conditions for quality coffee brewing*, New York.

Nguyen Duc Ngu, 1989, *Warunki klimatyczne płaskowyżu Tay Nguyen i możliwości ich gospodarczego wykorzystania*, Wyd. UMCS, Wydz. Biol. Nauk o Ziemi, Lublin.

Okers W.H., 1935, *All about coffee*, New York.

Wrigley G. 1972, *Rolnictwo tropikalne*, PWN, Warszawa.

**DIFFERENTIATION OF THERMAL CONDITIONS IN COFFEE FIELDS
UNDER THE INFLUENCE OF SHADING AND WIND PROTECTING PLANTS
(Summary)**

Phytoclimatic investigations at coffee plantation of the Coffee Research Institute in Ea-Kmat (Tay Nguyen Plateau, Central Vietnam) were performed in March 1988. The weather conditions were typical for the dry-hot season.

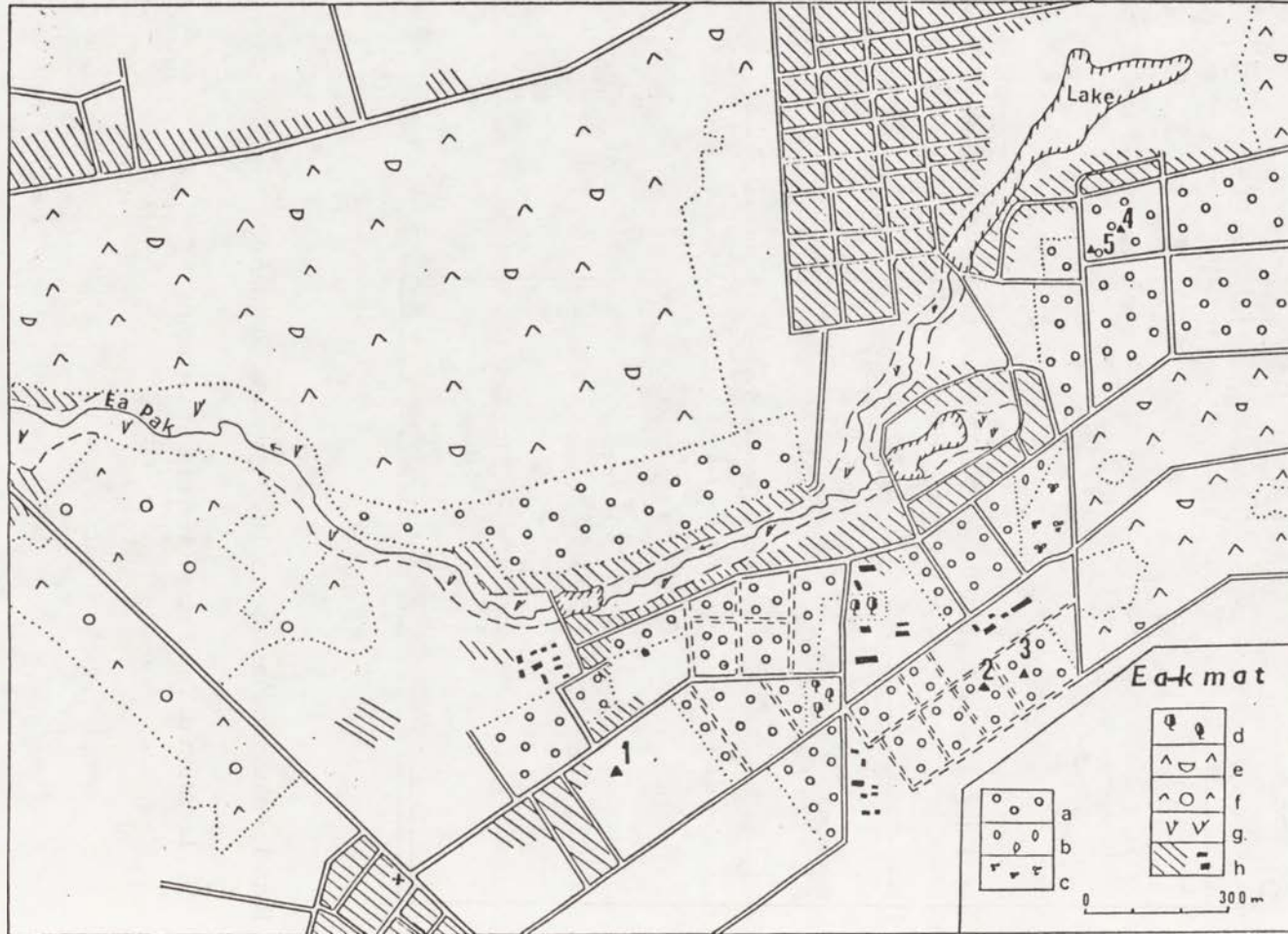
The aim of those investigations was to study the thermal, wind and radiative conditions of certain types of coffee fields as influenced by different kinds of shading and wind protecting plants. Four fields of *Coffea arabica* and three types of shading plants (*Cassia seamta*, *Leucaena leucephala*, *Crotalaria arecta*) were taken into considerations.

The results of investigations could be helpful for the intensification of coffee growing on the Tay Nguyen Plateau.



Ryc. 1. Położenie Płaskowyżu Tay Nguyen w Wietnamie

Location of Tay Nguyen Plateau in Vietnam

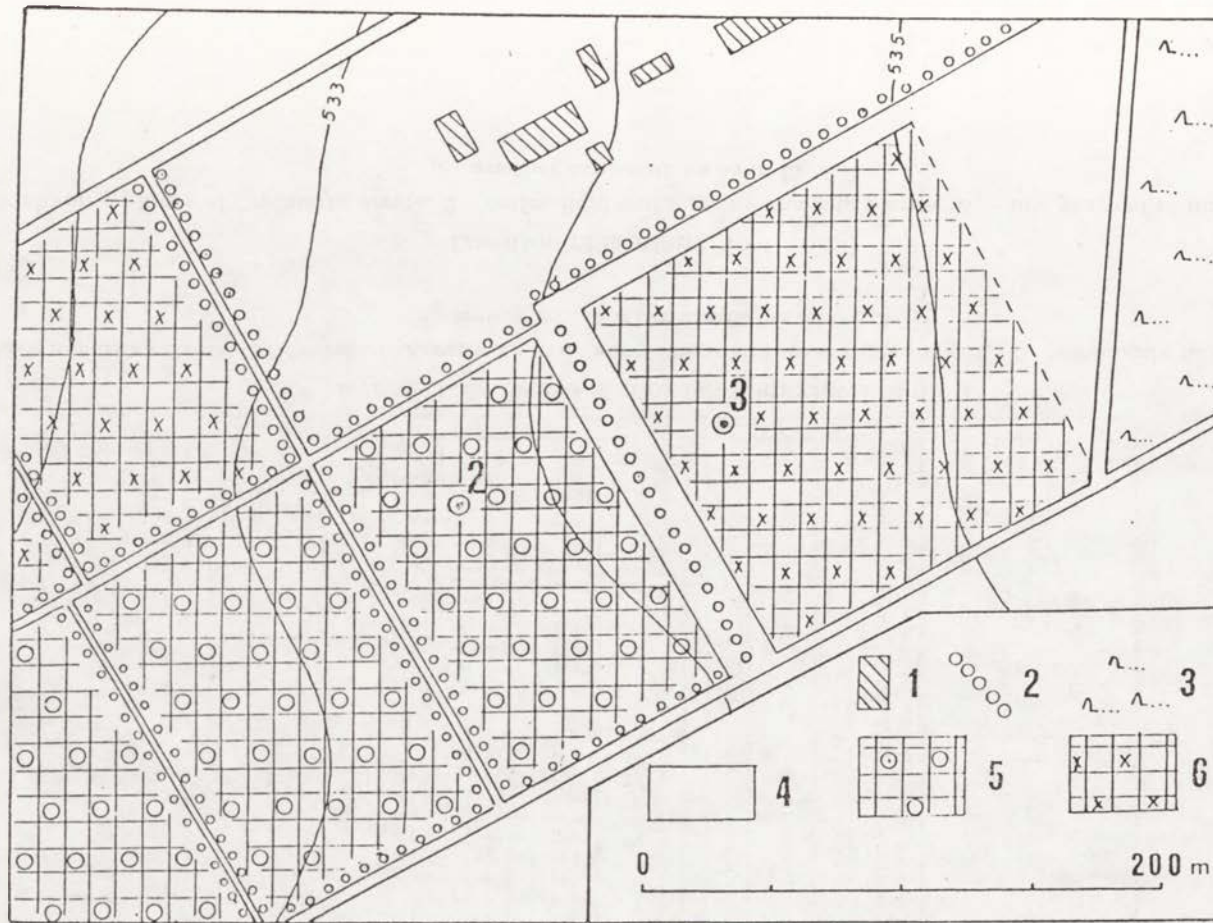


Ryc. 2. Szkic użytkowania ziemi Instytutu Kawy w Ea-Kmat

1-5 - stanowiska terenowych pomiarów fitoklimatycznych, a - kawa, b - kakao, c - pieprz, d - mango, e - kaczuk, f - las mieszany, g - ryż, h - zabudowa.

Land use sketch of Coffee Research Institute in Ea-Kmat

1-5 - stations of phytoclimatic investigations, a - coffee, b - cocoa, c - pepper, d - mango trees, e - para rubber, f - moist forest, g - rice, h - settlements.

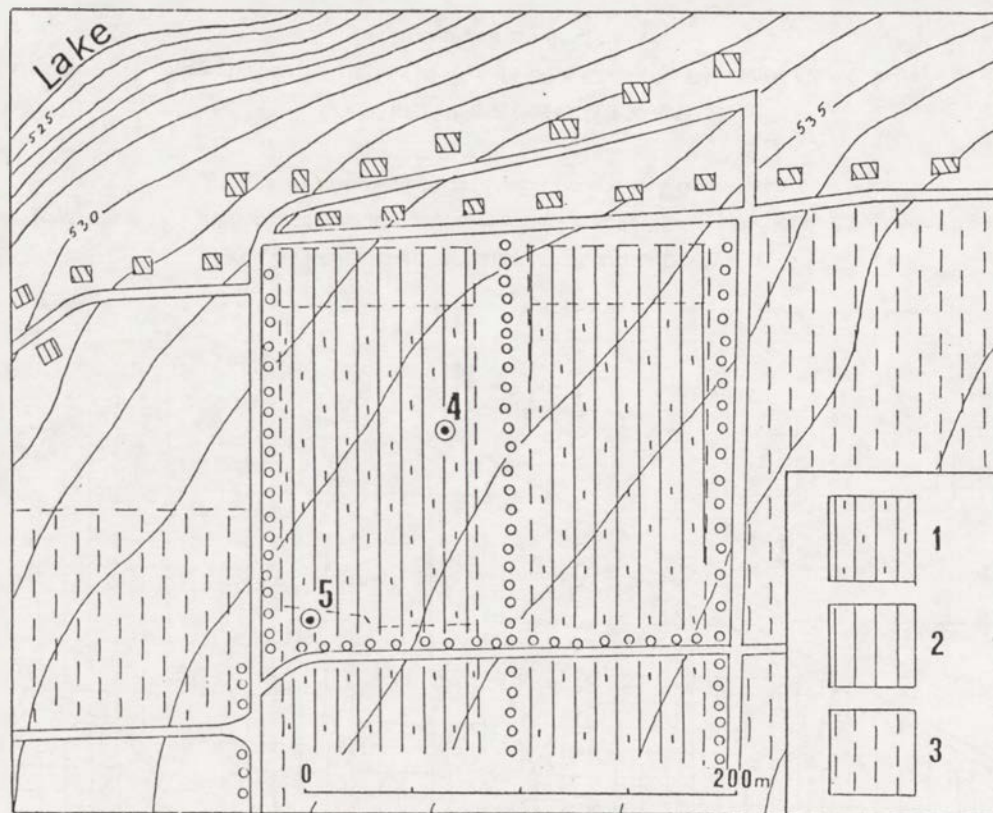


Ryc. 3. Lokalizacja stanowisk pomiarowych 2 i 3

1 - zabudowania, 2 - wiatrochronne szpalery drzew, 3 - plantacja drzew kauczukowych, 4 - nieużytki, 5 - pole kawy z roślinnością zaciemniającą *Cassia seamia*, 6 - pole kawy z roślinnością zaciemniającą *Leucaena leucephala*.

Location of stations No 2 and 3

1 - settlements, 2- wind protecting tree rows, 3 - para rubber plantation, 4 - waste land, 5 - coffee field with *Cassia seamia* shading trees, 6 - coffee field with *Leucaena leucephala* shading trees.

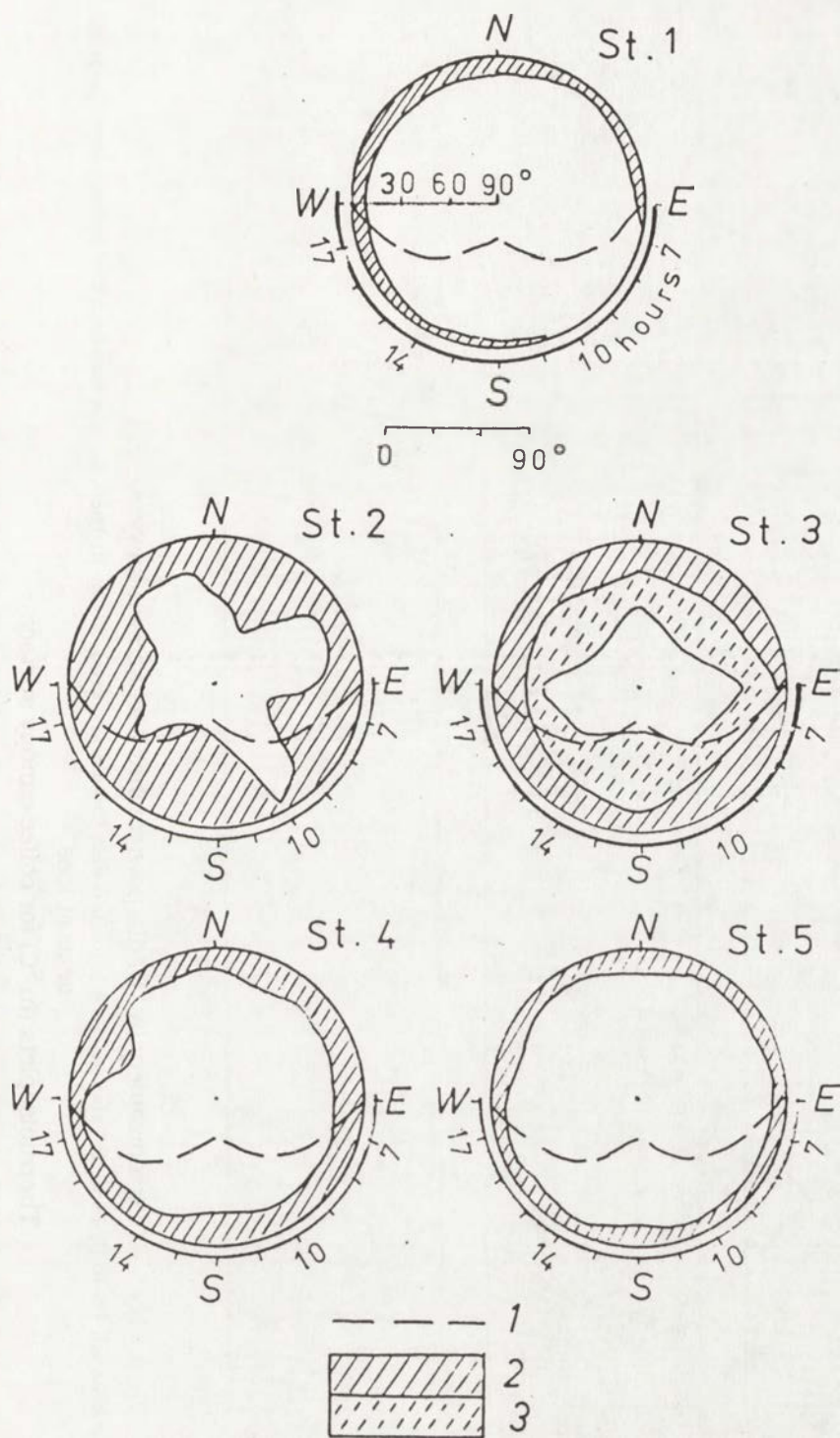


Ryc. 4. Lokalizacja stanowisk pomiarowych 4 i 5

1 - pole kawy z roślinnością zacienającą *Crotalaria Arrecta*, 2 - pole kawy bez roślinności zacieniałej, 3 - jednoroczne nasadzenia kawowca bez roślin zacieniałych; inne oznaczenia jak na ryc. 3

Location of stations No 4 and 5

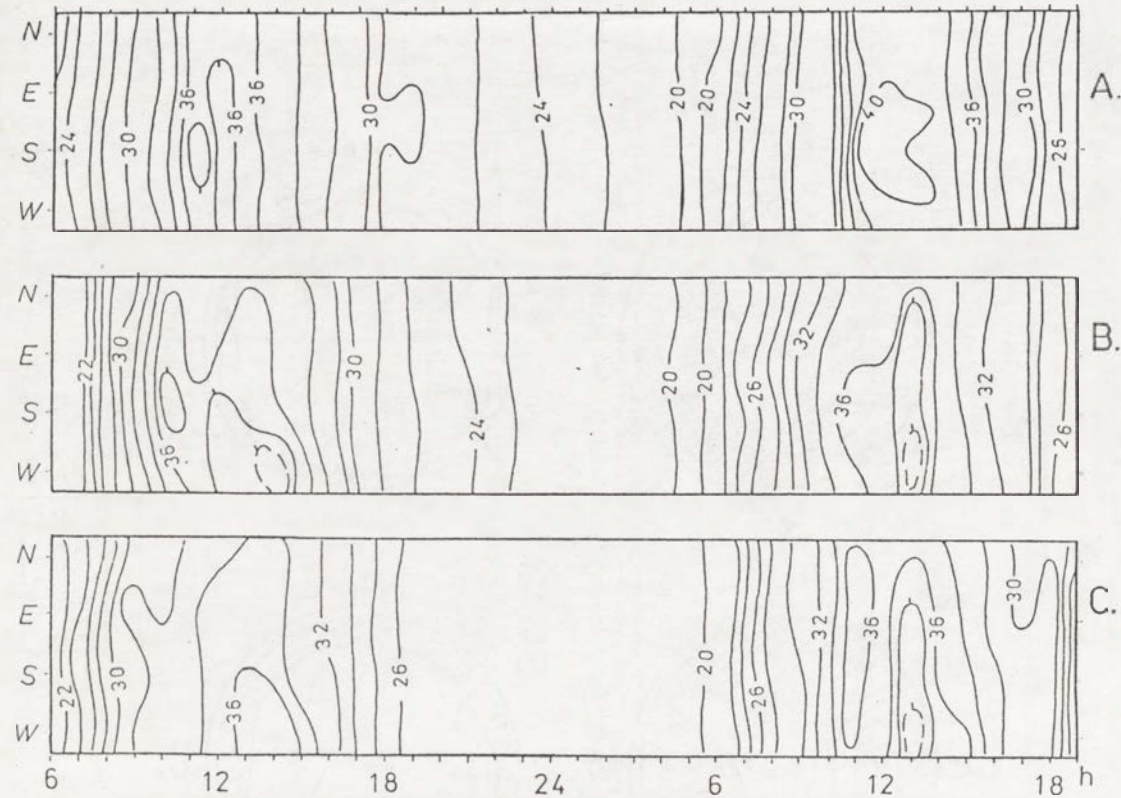
1 - coffee field with low shading plants of *Crotalaria arrecta*, 2 - coffee field without any shading plants, 3 - one year coffee bushes without shading plants; another explanations as in fig. 3



Ryc. 5. Zastłonięcie horyzontu na stanowiskach pomiarowych (St.) 1-5
 1 - wysokość Słońca 18 marca 1988 r., 2 - zacinienie pełne, 3 - zacinienie ażurowe.

Horizon shading rate at measurement stations (St.) 1-5

1 - Sun's altitude on 18 March 1988, 2 - full shading, 3 - sparsely shading

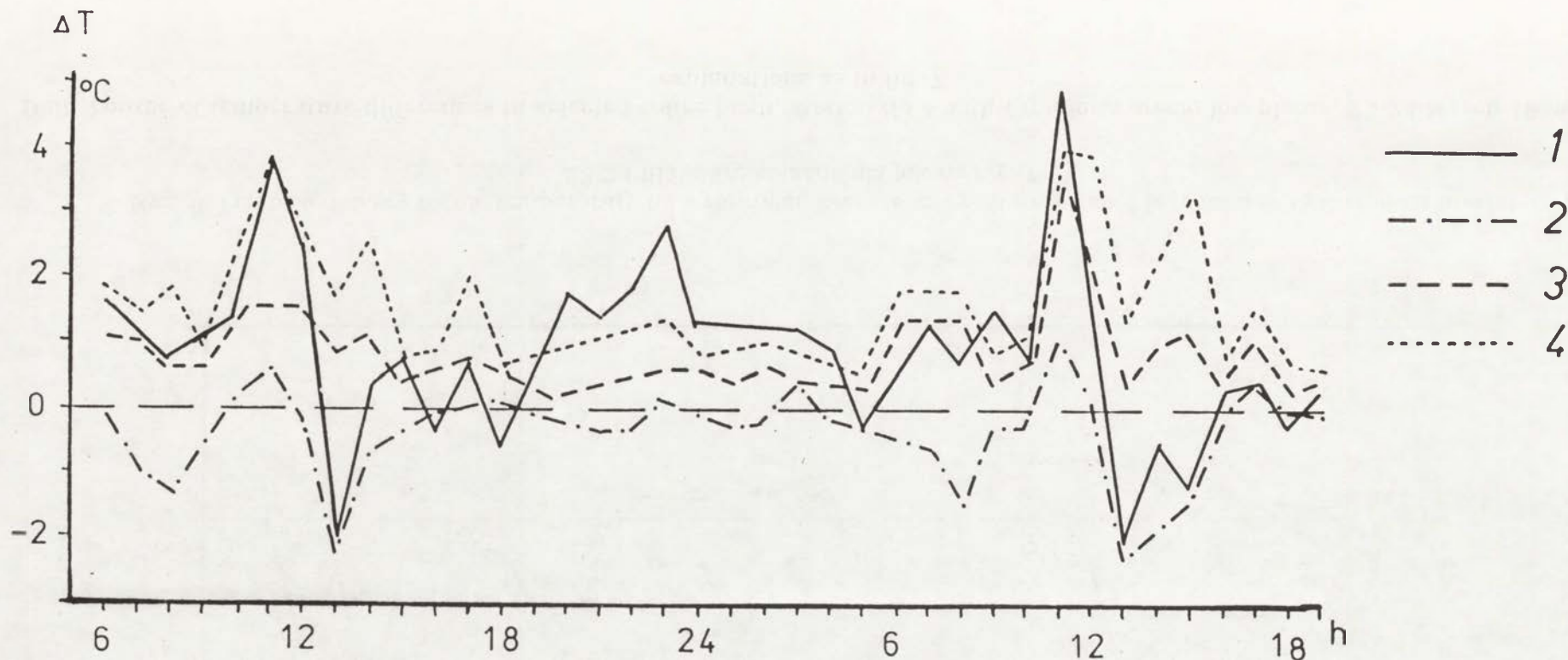


Ryc. 6. Termoizoplety (w °C) dla powierzchni liści krzewu kawy

A - stanowisko 2 (z roślinnością *Cassia seamía*), 15-16 III 1988, B - stanowisko 4 (z roślinnością *Crotalaria arecta*), 22-23 III 1988, C - stanowisko 5 (bez roślin zacienających), 22-23 III 1988

Thermoisopleths (in °C) for coffee canopy surface

A - station No 2 with *Cassia seamía* trees, 15-16 March 1988, B - station No 4 with *Crotalaria arecta* low plants, 23-24 March 1988, C - station No 5 without shading plants, 23-24 March 1988.

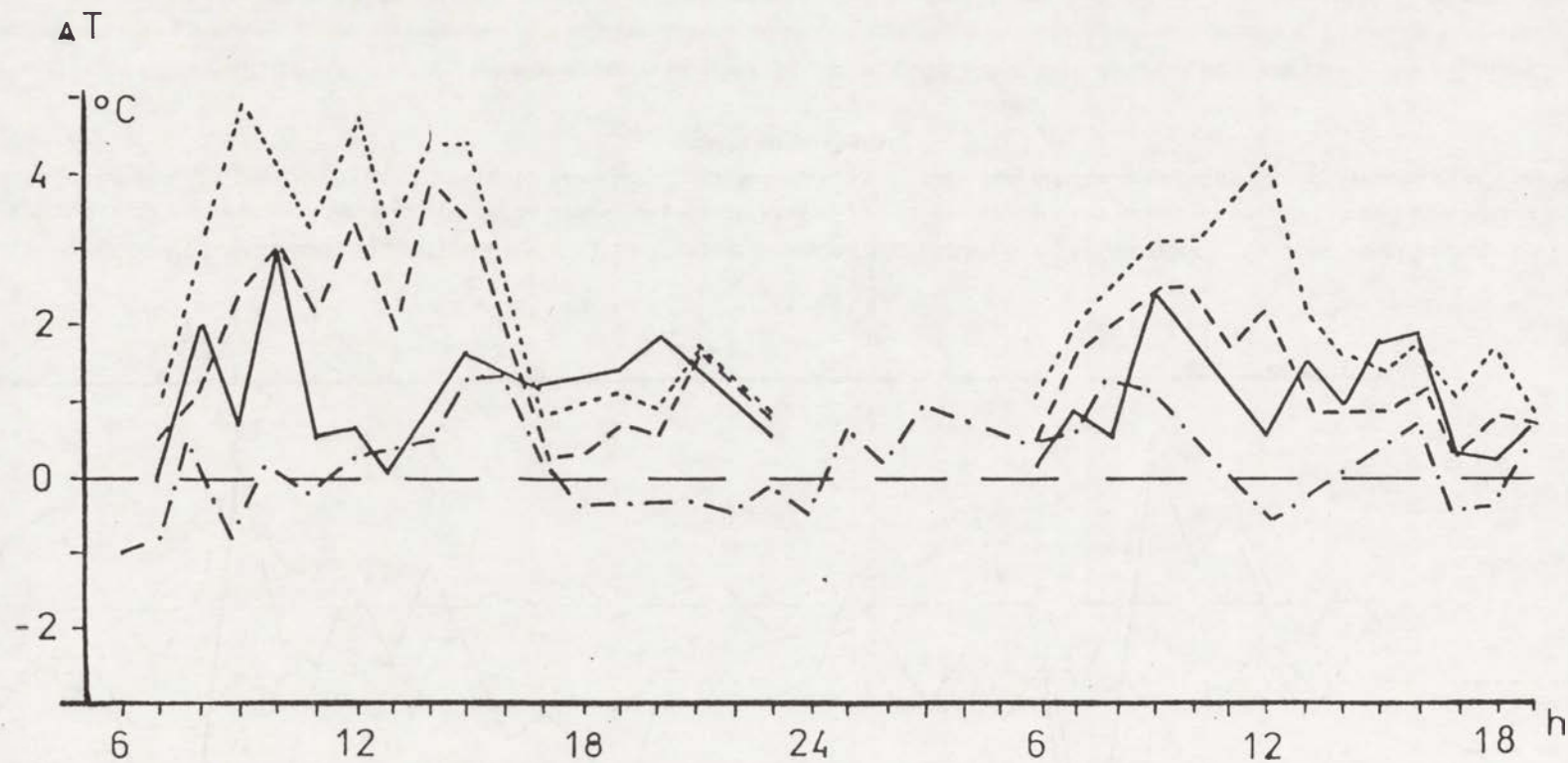


Ryc. 7. Przebieg dobowy różnic temperatury na wybranym krzewie kawy, stanowisko 2 (z roślinnością *Cassia seamta*), 15-16 III 1988 r.

1 - różnica między temperaturą powierzchni liści a powietrza na zewnątrz krzewu kawy, 2 - różnica między temperaturą powietrza na zewnątrz i wewnątrz krzewu kawy,
 3 - średnia różnica temperatury pomiędzy najcieplejszą i najchłodniejszą częścią krzewu kawy, 4 - najwyższa różnica temperatury pomiędzy najcieplejszą a najchłodniejszą częścią krzewu kawy.

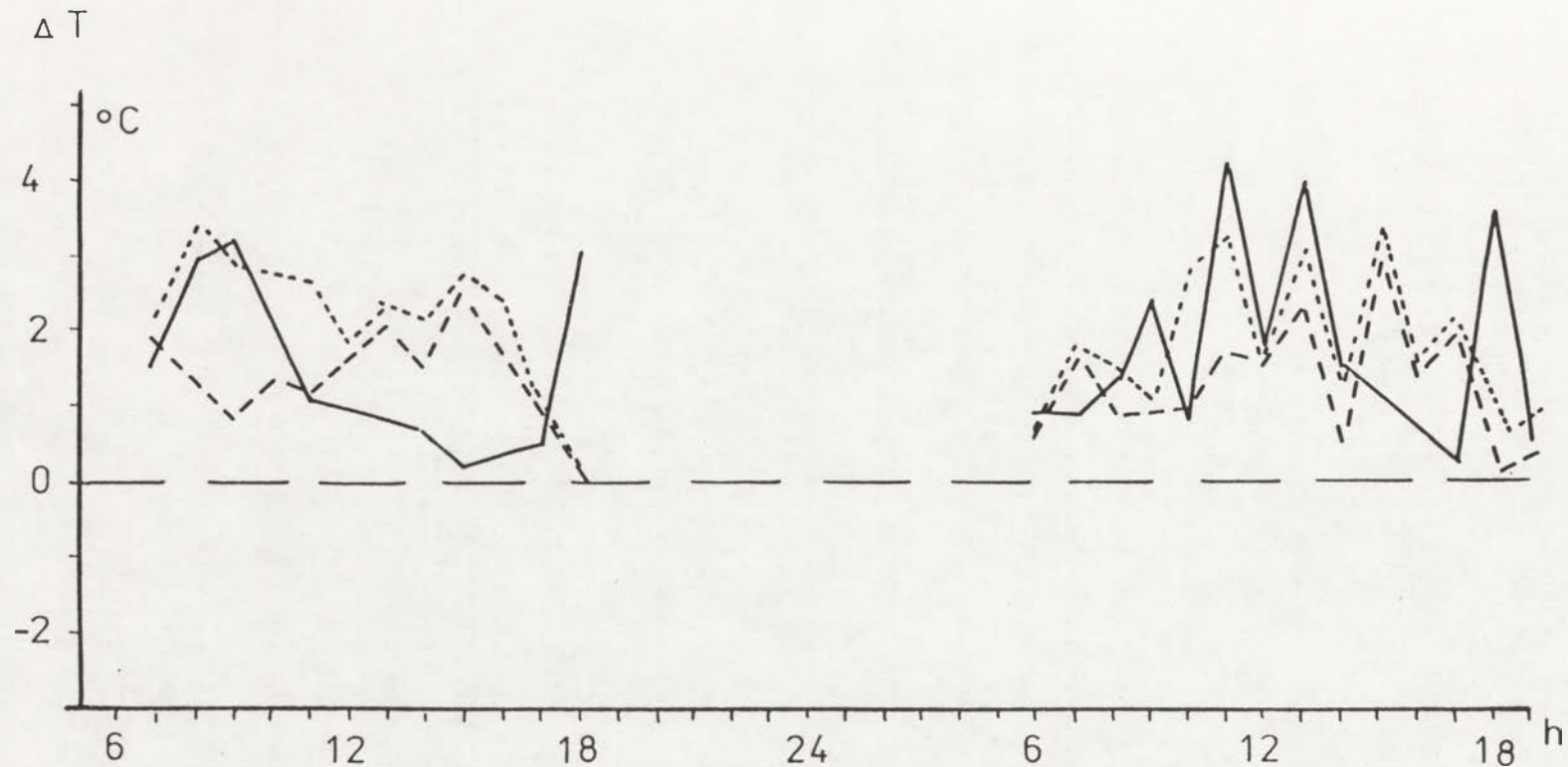
Daily course of temperature differences within selected coffee bush, station No 2 with *Cassia seamta* trees, 15-16 March 1988

1 - difference between leaves temperature and air temperature, 2 - difference between air temperature inside of the canopy and outside it, 3 - average temperature difference between warmest and coolest part of coffee canopy, 4 - highest temperature differences between warmest and coolest part of coffee canopy.



Ryc. 8. Przebieg dobowy różnic temperatury na wybranym krzewie kawy, stanowisko 4 (z roślinnością *Crotalaria arecta*) 23-24 III 1988r.; objaśnienia jak na ryc. 7

Daily course of temperature differences in selected coffee bush, station No 4 with *Crotalaria arecta* low plants, 23-24 March 1988; explanations as in fig. 7



Ryc. 9. Przebieg dobowy różnic temperatury na wybranym krzewie kawy, stanowisko 5 (bez roślin zacieniających), 23-24 III 1988 r.; objaśnienia jak na ryc. 7

Daily course of temperature differences in selected coffee bush, station No 5 without shading plants, 23-24 March 1988; explanations as in fig.7

Fig. 1. Temperature differences in selected coffee bushes, started No. 4 with *C. glabrata* under low plants, 23-24 March 1985.

Fig. 2. Temperature differences in selected coffee bushes, started No. 4 with *C. glabrata* under low plants, 23-24 March 1985.

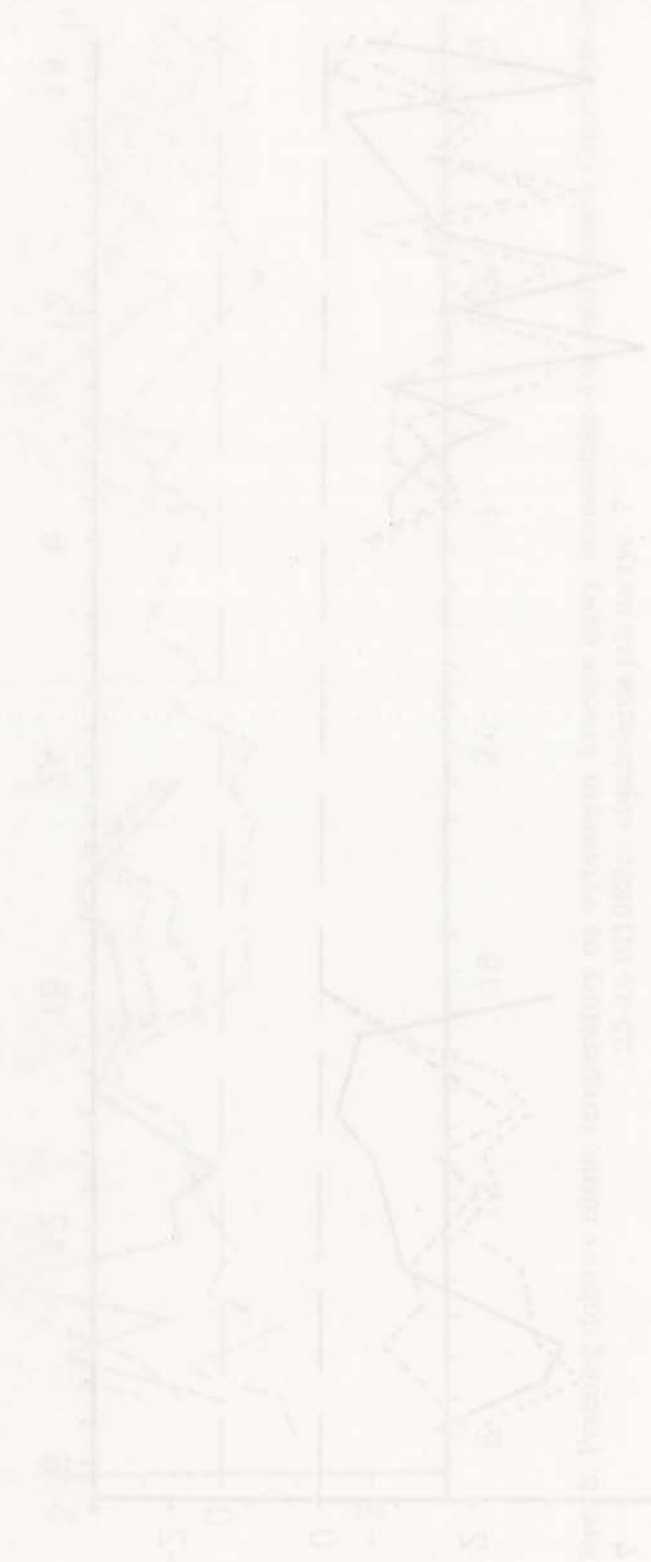


Fig. 3. Temperature differences in selected coffee bushes, started No. 4 with *C. glabrata* under low plants, 23-24 March 1985.

WARUNKI TERMICZNE W REJONIE BAJAN BUŁAG (Chentej, Mongolia)

JAKO PODSTAWA KARTOWANIA TOPOKLIMATYCZNEGO

1. CEL I ZAKRES BADAŃ TERENOWYCH

Przeprowadzone w sierpniu 1988 r. badania klimatologiczne w rejonie Bajan Bułag w Mongolii stanowiły kontynuację prac wchodzących w zakres umowy, zawartej między Instytutem Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN a Instytutem Geografii i Zmarzlinoznawstwa MAN (temat 2, zadanie 3: Ocena klimatyczno-krajobrazowych walorów obszarów wypoczynkowych dla mieszkańców Ułan Bator).

Celem tych badań było skonstruowanie mapy topoklimatycznej na podstawie szczegółowego rozpoznania warunków termicznych panujących w przygruntowej warstwie powietrza, kształtujących się pod wpływem warunków meteorologicznych, rzeźby terenu i szaty roślinnej.

Teren badań, wskazany przez geografów mongolskich, leży w widłach rzeki Toły i jej dopływu - Tereldź (ryc. 1). Obszar ten, o powierzchni około 20 km², obejmuje szerokie dno doliny wraz z utworzonymi stożkami napływowymi, boczną dolinę niewielkiego cieku oraz zbocza pasma górskiego Chentej, sięgającego tu powyżej 2000 m n.p.m. W podłożu znajdują się płaskowce, na których wytworzyła się cienka warstwa gleby kasztanowej. Wybrany teren porasta dość urozmaicona roślinność stepowa; tylko na niewielkich odcinkach stoków o ekspozycji północnej rośnie las modrzewiowy. Różnica wysokości na badanym terenie wynosi około 500 m. Szczegółowe badania warunków termicznych, w których wzięli udział również geografowie mongolscy (D.Undarmaa, D.Tuwszynżargał), miały miejsce w dniach 7 - 18 sierpnia 1988 r. Założony cel badań realizowano wykonując pomiary temperatury maksymalnej i minimalnej na wysokości 5 cm oraz drogą synchronicznych pomiarów patrolowych temperatury powietrza na wysokości 50 cm nad gruntem. Ponadto, na stacji bazowej, znajdującej się w dnie doliny Tereldź, na terasie nadzalewowej, wykonywano codziennie (od godz. 9 do 21 czasu urzędowego) pomiary pionowej różnicy temperatury powietrza pomiędzy poziomami 50 i 200 cm, z częstotliwością co 60 minut.

Pogoda w czasie badań terenowych była zmienna. W pierwszych dniach badań (od 7 do 11 sierpnia) przeważało zachmurzenie < 50% pokrycia nieba przez chmury typu Ci i Cu, a temperatura powietrza na wysokości 2 m wahała się od 8°C w godzinach porannych do 31°C w ciągu dnia. W dalszej części opracowania ten typ pogody jest określany jako I. W drugiej części okresu badań (od 12 do 18 sierpnia), po przejściu intensywnych opadów, panowało zachmurzenie > 50% (typu Ci, Ac, Cu) z opadami przelotnymi oraz z roz pogodzeniami w godzinach popołudniowych i wieczornych (typ pogody II). Prędkość wiatru w obu tych okresach nie przekraczała w dnie doliny 3 m s^{-1} .

2. WARUNKI TERMICZNE W PRZYGRUNTOWEJ WARSTWIE POWIETRZA

2.1. ROZKŁAD PRZESTRZENNY TEMPERATUR EKSTREMALNYCH

W celu zbadania zróżnicowania przestrzennego warunków termicznych panujących w przygruntowej warstwie powietrza w dolinie rzeki Tereldź i na przyległych zboczach, wykonywano codzienne pomiary temperatur ekstremalnych. Podstawowe punkty pomiarowe wybrano w ten sposób, aby reprezentowały typowe formy terenu i szaty roślinnej. Założono 23 posterunki, na których mierzono temperaturę maksymalną i minimalną na wysokości 5 cm nad powierzchnią gruntu. Sieć tę uzupełniało 11 punktów pomiarowych tylko temperatury maksymalnej, zlokalizowanych tak, aby można było uwzględnić zróżnicowanie szaty roślinnej i istnienie małych jednostek orograficznych (ryc. 2).

Pomiary wykonywano standardowymi termometrami meteorologicznymi Średnie wartości temperatury maksymalnej i minimalnej z okresu badań zawiera tabela 1.

Podczas pogody typu I temperatura maksymalna wahała się na różnych stanowiskach od 24,5 do 41,5°C; temperatura minimalna przyjmowała wartości między 3,0 a 12,8°C. W dniach z II typem pogody temperatura maksymalna zmieniała się od 15,7 do 29,7°C, minimalna zaś od -0,4 do 8,1°C.

Przy porównaniu dobowych wartości temperatury maksymalnej i minimalnej, podobnie jak w przypadku rozpatrywania rozpiętości między ich skrajnymi wartościami w obu typach pogody, uwidoczniły się większe różnice temperatury maksymalnej powietrza niż temperatury minimalnej. Różnice pomiędzy wartościami temperatury maksymalnej na różnych stanowiskach były w niektórych dniach dwukrotnie większe niż analogiczne różnice temperatury minimalnej.

Jak z powyższego wynika, na badanym obszarze występowało większe zróżnicowanie nagrzewania się przygruntowej warstwy powietrza niż jej wychładzania. Podobne zjawisko zaobserwowano także w innym rejonie Chenteju, w okolicach Cagan Arał (Skoczek, Krawczyk, Błażejczyk 1990).

2.1.1. TEMPERATURA MAKSYMALNA POWIETRZA

Bez względu na typ pogody, najwyższe dobowe wartości temperatury maksymalnej powietrza występowały zawsze na bezleśnych stokach o ekspozycji południowej i zachodniej, najniższe zaś na terenach zalesionych lub zadrzewionych, niezależnie od formy rzeźby terenu i ekspozycji.

Poszukując ilościowego wskaźnika do scharakteryzowania zależności temperatury maksymalnej od czynników topograficznych przeprowadzono analizę związku tej temperatury z wysokością nad poziom morza.

Współczynniki korelacji prostoliniowej (r), wyznaczone na podstawie danych ze wszystkich stanowisk pomiarowych, mają następujące wartości: dla typu pogody I - 0,586, co oznacza zależność słabo wyraźną, a dla pogody typu II - 0,216, co jest zależnością prawie nic nie znaczącą (Guilford 1960).

Rozpatrując związek temperatury maksymalnej z wyniesieniem nad poziom morza tylko w odniesieniu do stoków południowych (punkty pomiarowe 5a, 6, 6a, 7, 16, 19a, 19b na ryc. 2), otrzymano dla I typu pogody stosunkowo wysoki współczynnik korelacji $r = 0,833$, a dla pogody typu II - 0,302. W pierwszym przypadku oznacza to zależność znaczną. Zarówno przy pogodzie słonecznej jak i chmurnej (z opadami przelotnymi) zaznaczyła się więc tendencja do wzrostu temperatury wraz z wysokością nad poziom morza. Jest to wynik dość nieoczekiwany i wymaga komentarza.

Po pierwsze, wyznaczone współczynniki korelacji odnoszą się do ściśle określonego przedziału wysokości (1500-1870 m n.p.m.), w którym zlokalizowane były stanowiska na stokach południowych, a ponadto do określonej pory roku i typu pogody.

Po wtóre, im wyżej został zlokalizowany punkt pomiarowy, tym większy był kąt nachylenia jego podłoża. Na przykład: na najwyższym usytuowanym stanowisku nr 16 (1870 m n.p.m., czyli 380 m nad dnem doliny), o najwyższych wartościach temperatury maksymalnej, kąt nachylenia podłoża wynosił 35° ; na stanowiskach położonych niżej był on znacznie mniejszy ($15-20^{\circ}$). Uwzględniając zatem nachylenie terenu i uzależniony od niego kąt padania bezpośredniego promieniowania słonecznego, otrzymany pionowy rozkład temperatury maksymalnej powietrza można uznać za zasadny. Niska wartość współczynnika korelacji uzyskana dla pogody chmurnej, gdy ograniczona była ilość energii słonecznej docierającej bezpośrednio do powierzchni czynnej, potwierdza ten mechanizm kształtowania się wysokiej temperatury maksymalnej na dużych wyniesieniach.

Kolejnym czynnikiem był rodzaj podłoża. Im wyżej, tym podłoże na badanym terenie było bardziej skaliste i wysuszone. Dzięki temu mogło silnie nagrzewać się, a następnie oddawać część otrzymanej energii do przypowierzchniowej warstwy powietrza.

O wpływie innych czynników topograficznych na temperaturę maksymalną powietrza świadczą dane zawarte w tabeli 1. Można zauważyć, że doniosłą rolę w kształtowaniu się temperatury maksymalnej odgrywała mikroforma terenu w miejscu pomiaru. W formach

wklęsłych i osłoniętych przed wiatrem występowały wyższe temperatury niż na formach wypukłych, co było spowodowane małą poziomą wymianą powietrza. Można stwierdzić również, że bez względu na typ pogody stoki o ekspozycji zachodniej nagrzewały się bardziej niż stoki o wystawie wschodniej.

Tabela 1

Średnie wartości temperatury maksymalnej (T max.) i minimalnej (T min.)
w wyróżnionych typach pogody, Bajan Bułag, 7-18 VIII 1988
Mean values of maximum (Tmax.) and minimum (T min.) air temperature
in selected weather types

Punkt pomiarowy	Położenie	Wysokość (m n.p.m.)	Typ pogody I		Typ pogody II	
			T max. (°C)	T min. (°C)	T max. (°C)	T min. (°C)
1	terasa nadzalewowa	1490	32,8	9,6	23,3	4,6
1a	terasa zalewowa	1485	32,5	-	24,2	-
2	dno rozcięcia erozyjnego na terasie nadzalewowej	1487	33,4	9,4	23,2	4,8
2a	terasa nadzalewowa	1490	33,2	-	23,2	-
3	podmokła terasa zalewowa	1485	31,8	5,5	22,7	4,5
4	stożek napływowy	1505	34,8	9,0	23,4	4,8
5	stożek usypiskowy	1535	33,2	9,6	23,0	5,4
5a	rywna na stoku S	1530	33,0	-	23,8	-
6	nisza na stoku S	1595	35,6	11,5	23,6	5,2
6a	stok S	1590	35,8	-	24,0	-
7	stok S (część górna)	1655	33,4	11,0	22,5	5,0
8	szczyt wzniesienia	1695	34,2	9,1	24,7	5,5
9	las na stoku N	1670	26,4	10,6	18,3	4,6

Punkt pomiarowy	Położenie	Wysokość (m npm.)	Typ pogody I		Typ pogody II	
			T max. (°C)	T min. (°C)	T max. (°C)	T min. (°C)
10	dno bocznej doliny	1560	30,4	7,5	22,7	2,7
10a	las u podnóża stoku NE	1570	30,4	-	19,1	-
11	ujście bocznej doliny	1510	31,0	7,6	22,3	2,6
12	zarośla wiklinowe w korycie rzeki	1484	24,5	10,9	16,4	5,9
12a	sucha terasa zalewowa	1485	34,6	-	25,1	-
13	wilgotna terasa zalewowa	1485	33,8	6,8	24,6	3,0
13a	sucha terasa zalewowa	1485	33,6	-	24,2	-
14	stok W	1870	36,7	10,8	24,6	4,3
15	szczyt wzniesienia	2005	35,8	9,8	23,3	2,4
15a	las na grzbiecie	1985	.	-	17,7	-
16	stok S	1870	40,5	10,5	26,4	4,1
17	stok E	1870	35,2	9,6	22,9	2,9
18	stok S	1685	32,0	10,7	21,6	3,5
19a	wylot żlebu na stoku S	1520	35,3	-	26,1	-
19b	stok S	1525	33,6	-	24,8	-
20	stok W	1565	33,2	10,5	23,7	4,9
21	dno bocznej doliny	1530	31,8	10,2	23,8	3,7
22	stok E	1565	33,2	10,5	24,0	4,7
22a	grzbiet grzędy	1585	33,0	-	23,5	-
23	wylot bocznej doliny	1515	33,3	10,7	25,5	4,1

Zauważono także, że przy pogodzie o małym zachmurzeniu występowały istotne różnice wartości temperatury maksymalnej między mikroformami terenu (np. grzbiet grzędy, podnóże stoku, nisza na stoku, rynna płaskodenna, stożek napływowy, stożek usypiskowy itp.), które zanikały podczas pogody z dużym zachmurzeniem i opadami przelotnymi.

Na odrębne omówienie zasługuje porównanie wartości temperatury maksymalnej w najniższej położonych częściach terenu, o różnym rodzaju pokrycia roślinnością (tab. 2).

Temperatura maksymalna w zaroślach wiklinowych (o wysokości 3-4 m) rosnących w korycie rzeki Tereldź była w typie pogody I niższa przeciętnie o 8,7°C niż na okolicznych terasach zalewowej i nadzalewowej, pokrytych trawą o różnej gęstości. Te duże różnice wynikały z tego, iż wiklina stanowiła gęstą i jednolitą pokrywą (stopień zwarcia koron około 90%), uniemożliwiająca przenikanie promieni słonecznych do powierzchni gruntu i utrudniająca poziomą wymianę powietrza wewnątrz zarośli. Wskutek tego zalegało wśród nich stosunkowo chłodne i wilgotne powietrze.

Tabela 2

Średnia temperatura maksymalna (°C) na terasie zalewowej i nadzalewowej
w wyróżnionych typach pogody, Bajan Bułag, 7-18 VIII 1988

Mean maximum air temperature on the first and second river terraces in selected weather types

Nr	Punkty pomiarowe		Typ pogody I	Typ pogody II
	położone			
12	terasa zalewowa, zarośla wiklinowe		24,5	16,4
12a	terasa zalewowa, trawa średnia		34,6	25,1
1a	terasa zalewowa, trawa średnia		32,5	24,2
3	terasa zalewowa, trawa gęsta		31,8	22,7
13	terasa zalewowa, trawa gęsta		33,8	24,6
13a	terasa zalewowa, trawa gęsta		33,6	24,2
2	terasa nadzalewowa, trawa średnia		33,4	23,2
1	terasa nadzalewowa, trawa rzadka		32,8	23,3
2a	terasa nadzalewowa, trawa rzadka		33,2	23,2

Również w II typie pogody różnice temperatury maksymalnej powietrza między zaroślami wiklinowymi i przyległymi łąkami były znaczne (średnio $7,5^{\circ}\text{C}$).

Interesujący jest obraz temperatury maksymalnej wewnątrz lasów modrzewiowych i na najbliższych położonych terenach bezleśnych (granie, wierzchołki, dna dolin). Należy tutaj zaznaczyć, że zwarte obszary leśne w południowej, brzeżnej strefie Chenteju zajmują głównie stoki o ekspozycji północnej.

Różnica temperatury maksymalnej między bezleśnymi szczytami i krawędziami wzniesień a górną częścią zalesionych stoków w warunkach pogody typu II wynosiła średnio 6°C . Analogiczna różnica między dolną częścią zalesionego zbocza a sąsiednim, niezalesionym dnem doliny osiągała około 4°C . Ta mniejsza różnica wynika z faktu, że maksymalna temperatura powietrza w dnie doliny była niższa niż na okolicznych wyniesieniach. Wpływało na to wilgotne dno doliny, uniemożliwiające duże nagrzewanie się przypowierzchniowej warstwy powietrza.

2.1.2. TEMPERATURA MINIMALNA POWIETRZA

Zmienna pogoda w czasie badań terenowych w większym stopniu zacierała różnice w rozkładzie przestrzennym temperatury minimalnej powietrza niż w rozkładzie temperatury maksymalnej. Tym niemniej wpływ rzeźby terenu i szaty roślinnej był na tyle znaczący, że w wyniku przeprowadzonych badań można było stwierdzić pewne prawidłowości w rozkładzie temperatury minimalnej.

Rozpatrując dobowe wartości temperatury minimalnej w przygruntowej warstwie powietrza na wszystkich stanowiskach pomiarowych stwierdzono występowanie trzech układów pionowej stratyfikacji termicznej. Wybrane z całego materiału przykłady zawiera rycina 3.

Najczęściej występującym (niezależnie od typu pogody) układem stratyfikacyjnym temperatury minimalnej, wyznaczającym zarazem zasięgi stref termicznych, był układ "1" (ryc. 3). Wówczas na badanym terenie występowały trzy strefy termiczne.

Pierwsza, najchłodniejsza, położona była - generalnie biorąc - wzdłuż koryta rzeki Tereldź (na terasie zalewowej) i w dnach wąskich dolin bocznych. Trzecia strefa, o nieco wyższych niż w pierwszej wartościach temperatury minimalnej, obejmowała najwyżej położone części terenu badań. Strefa ta rozpoczynała się od około 1800 m n.p.m. (315 m nad dnem doliny) i wraz ze wzrostem wysokości obniżała się w niej temperatura minimalna. Druga strefa znajdowała się między dwiema wyżej opisanymi i charakteryzowała się relatywnie najwyższymi wartościami temperatury minimalnej powietrza.

W strefie pierwszej (najchłodniejszej) znajdowały się również miejsca o względnie wysokiej temperaturze minimalnej. Były to fragmenty terasy zalewowej, porośnięte wikliną, krzewami i pojedynczymi wysokimi topolami. Roślinność ta w znacznym stopniu chroniła

przypowierzchniową warstwę powietrza przed wypromieniowaniem ciepła. W związku z tym, temperatura minimalna była w tych miejscach równie wysoka, jak w strefie drugiej, najcieplejszej.

Odmianą przedstawionego wyżej obrazu strefowego rozkładu przez strzennego temperatury minimalnej powietrza jest układ 2 (ryc. 3). Najniższe wartości temperatury minimalnej były notowane w punktach położonych najwyżej, nieco cieplejsze okazywały się obszary terasy zalewowej i den dolin bocznych, a najcieplejsze - tereny terasy nadzalewowej, części stoków (w tym zalesione stoki N) i fragmenty dna doliny porośnięte wikliną.

Układ "3", wyrażający adyabatyczny spadek temperatury wraz z wysokością, zanotowany równocześnie na wszystkich stanowiskach pomiarowych, wystąpił raz w czasie przechodzenia ciepłego frontu atmosferycznego.

Na podstawie strefowego układu temperatury minimalnej w poszczególnych dniach całego okresu badań można stwierdzić, że do wysokości około 1600-1700 m npm. przeważała inwersyjna stratyfikacja temperatury. Powyżej zalegała zwykle około 200-metrowa warstwa izotermiczna, a nad nią rozpościerała się strefa, w której obserwowano spadek temperatury wraz z wysokością.

Można przypuszczać, iż z tej właśnie przyczyny wyznaczone ze wszystkich punktów pomiarowych współczynniki korelacji, określające siłę związku temperatury minimalnej powietrza z wysokością, przyjęły wartości bardzo niskie: dla pogody o małym zachmurzeniu - 0,138, dla pogody chmurnej - 0,330. Mniejsza wartość współczynnika korelacji otrzymana w pierwszym przypadku wynika z tego, że w I typie pogody wyraźnie zaznaczała się inwersyjna stratyfikacja termiczna, która sięgała do wysokości 1600-1700 m npm. (115-215 m nad dno doliny); powyżej następował jej spadek wraz z wysokością.

W uzupełnieniu powyższych rozważań obliczono współczynniki korelacji na podstawie danych z przedziału wysokości 1480-1700 m npm., czyli do granicy inwersji, z pominięciem wartości temperatury minimalnej wewnątrz zarośli wiklinowych. Dla I typu pogody r wynosiło 0,309, a w niektórych dniach (np. 8 sierpnia) - nawet 0,668.

Można zatem stwierdzić, że - niezależnie od rodzaju układu pionowej strefowości temperatury minimalnej w przygruntowej warstwie powietrza - najmniej wychłdzały się środkowe partie stoków, szczególnie eksponowanych na południe i zachód, następnie ich podnóża wraz ze stożkami usypiskowymi oraz tereny porośnięte drzewami i krzakami..

Najbardziej wychłodzone były natomiast niezarośnięte lasem: terasa zalewowa i nadzalewowa, dna głębokich dolin bocznych, w pewnych przypadkach najwyższe wzniesienia, krawędzie stoków i granie, a przy wietrze N i NE - również wysoko położone stoki o ekspozycji wschodniej.

Rola ekspozycji w kształtowaniu się temperatury minimalnej była dużo mniejsza niż to stwierdzono w odniesieniu do temperatury maksymalnej, większy natomiast był wpływ mikrorzeźby terenu (tab. 3).

Tabela 3

Temperatura minimalna powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w punktach reprezentujących różne formy terenu, ekspozycje i nachylenie stoków, Baján Bułag, sierpień 1988 r.
 Minimum air temperature at different relief forms, elevation and inclination of the slopes,
 Baján Bułag, August 1988

Usytuowanie punktu pomiarowego	H m n.p.m.	Dzień							
		8	9	11	12	14	15	16	17
Dno środkowej części wąskiej, głębokiej doliny bocznej; trawa; nachylenie 3° (punkt 10)	1560	6,8	8,7	7,0	-0,1	1,4	7,1	4,2	0,7
Zbocze W krótkiej, płytkiej doliny bocznej; trawa; nachylenie 20° (punkt 20)	1565	9,5	11,6	10,3	3,2	3,9	7,4	6,5	3,4
Zbocze E krótkiej, płytkiej doliny bocznej; trawa, nachylenie 18° (punkt 22)	1565	9,3	11,4	10,7	3,3	4,3	8,1	7,3	0,7
Dno krótkiej i płytkiej doliny bocznej o kierunku N-S; trawa; nachylenie 10° , (punkt 21)	1530	8,6	10,7	11,2	2,4	3,4	7,8	5,7	-0,4

Dna długich, wąskich i głębokich dolin bocznych odznaczały się niższą temperaturą minimalną niż dna dolin krótkich i płytkich, mimo że te ostatnie leżały niżej niż doliny długie. Z tabeli 3 można odczytać także, że nawet niewielka różnica wysokości między dnami płytkich dolin a ich zboczami powodowała niekiedy znaczne, choć różnokierunkowe, różnice wartości temperatury minimalnej. Tabela 4 ilustruje wpływ różnego rodzaju szaty roślinnej na wartość temperatury minimalnej mierzonej tuż przy powierzchni gruntu.

Mimo bliskiego sąsiedztwa 4 porównywanych stanowisk (odległość między skrajnymi punktami wynosiła 1 km), usytuowanych na prawie jednakowej wysokości na płaskich terasach: zalewowej i nadzalewowej, występowało duże zróżnicowanie wartości temperatury minimalnej. Przyczyna tego tkwiła w różnej gęstości i wysokości szaty roślinnej. Jak się okazuje, różnice były różnie ukierunkowane; niekiedy temperatura minimalna notowana w gęstej trawie była identyczna lub podobna do zmierzonej w trawie o średniej wysokości (11 VIII) lub niskiej i rzadkiej (17 VIII). Choć w wiklinie najczęściej notowano najwyższe wartości temperatury minimalnej, jednak 9 i 15 VIII była ona tam taka sama jak na terenie porośniętym trawą rzadką i niską.

Temperatura minimalna powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w punktach reprezentujących różny rodzaj szaty roślinnej, Bajan Bułag, sierpień 1988 r.

Minimum air temperature at the sites with different plant cover, Bajan Bułag, August 1988

Szata roślinna w miejscu pomiaru	H m npm.	Dzień							
		8	9	11	12	14	15	16	17
Niska, rzadka trawa, okresowo wypasana; terasa nadzalewowa (punkt 1)	1490	8,6	11,9	8,2	4,9	3,7	8,0	6,2	0,2
Niska, gęsta trawa, okresowo koszona i wypasana; terasa zalewowa (punkt 3)	1485	3,0	7,0	6,4	5,4	2,8	7,7	6,5	0,1
Zarośla wikłinowe w korycie rzeki (punkt 12)	1484	9,7	12,1	11,0	7,9	5,2	7,9	7,5	0,9
Średnio wysoka, gęsta trawa wypasana i okresowo koszona; terasa zalewowa (punkt 13)	1485	5,0	9,0	6,5	3,6	0,4	5,6	5,0	0,3

2.2. ROZKŁAD PRZESTRZENNY TEMPERATURY POWIETRZA NA WYBRANYCH PROFILACH TERENOWYCH

Profile pomiarów temperatury powietrza zostały wybrane w taki sposób, aby obejmowały charakterystyczne formy terenu i różne jego ekspozycje. Przy lokalizacji punktów pomiarowych zwracano uwagę na zachowanie warunku jednorodności rodzaju i stopnia pokrycia gruntu przez szatę roślinną; w głównej mierze stanowiła ją trawiasta roślinność typowa dla suchego stepu.

W czasie pomiarów wykonywanych wzdłuż wyznaczonych profili prowadzono synchronicznie (co 5 minut) obserwacje temperatury powietrza na wysokości 50 cm nad gruntem na stacji bazowej (punkt nr 1 na ryc. 2).

Pomiary patrolowe wykonywano w czasie pogody bezchmurnej lub o małym zachmurzeniu w różnych porach dnia, aby uchwycić zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza bezpośrednio po wschodzie Słońca i przed jego zachodem oraz w godzinach okołopołudniowych. Używano elektrycznych termometrów oporowych firmy ASEL z ekranowym wyświetlaczem wyników. Jedna seria pomiarów trwała od 30 do 60 minut.

Badaniami objęto południowe stoki wzniesienia o kulminacji 2036 m npm. - około 550 m nad dnem doliny (profil A, ryc. 2), grzbiet i różnie eksponowane stoki wzniesienia o wysokości 1695 m npm. - około 200 m nad dnem doliny (profile B, C, D) oraz dno bocznej doliny okresowego cieku - dopływu rzeki Tereldź (profil E).

Na rycinie 4 przedstawiono rozkład temperatury powietrza zanotowanej w kolejnych punktach profilu A. Pomiarów wykonano 16 sierpnia 1988 r. przed zachodem Słońca, a wyniki sprowadzono do jednego momentu czasowego (do godziny 20⁰⁰). W czasie wykonywania pomiarów wzdłuż profilu A prowadzono obserwacje temperatury powietrza na dwu stałych punktach: na szczycie wzniesienia (2005 m npm.) i w dolinie rzeki Tereldź (stacja bazowa - 1490 m npm.).

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że najniższą temperaturę powietrza na wysokości 50 cm nad powierzchnią gruntu notowano na spłaszczeniu grzbietowym pokrytym lasem modrzewiowym i na stodle podszczytowym (ryc. 4); była ona tam o około 2°C niższa niż na szczycie wzniesienia. Nie stwierdzono natomiast różnic temperatury pomiędzy stokami o ekspozycji wschodniej i zachodniej, pokrytymi roślinnością o jednakowym stopniu gęstości. Najwyższą temperaturę przypowierzchniowej warstwy powietrza notowano w tym czasie w dolnych częściach profilu. Różnice temperatury na omawianym profilu wynosiły około 4°C.

Kontynuacją pomiarów wzdłuż profilu A były obserwacje wykonane tego samego dnia już po zachodzie Słońca w dolinie wąskiej bocznej doliny i na terasie nadzalewowej doliny rzeki Tereldź (profil E). Uzyskane wyniki zostały sprowadzone do godziny 21⁰⁰. Pomiarów wzdłuż tego profilu miały na celu ocenę zróżnicowania termicznego den dolin o różnych cechach morfometrycznych. Wykazały one, że wychładzanie przypowierzchniowej warstwy powietrza było większe w dolinie wąskiej niż na terasie nadzalewowej szerokiej doliny rzeki Tereldź. Zmierzone różnice temperatury wynosiły około 2°C.

Porównując wyniki synchronicznych pomiarów temperatury na szczycie i w dolinie Tereldź można stwierdzić, że do godziny 20⁰⁰ w dolinie temperatura była o około 3°C wyższa niż na szczycie. Spadek temperatury w godzinach 19³⁰ - 21⁰⁰ był na szczycie znacznie wolniejszy niż w dolinie, na stacji bazowej.

Profile B, C i D obejmowały grzbiet i stoki wzniesienia o wysokości 1695 m npm. Na profilu B (ryc. 5) pomiary temperatury powietrza prowadzono 14 i 17 VIII w różnych porach dnia, a więc o wschodzie i zachodzie Słońca oraz w godzinach wczesnopołudniowych. Wyniki te sprowadzono do godzin: 8⁰⁰, 15⁰⁰ i 20⁰⁰ czasu urzędowego. Profil B rozpoczynał się w górnej części zalesionego stoku północnego i biegł przez kulminację wzniesienia, po jego stoku południowym do dna doliny rzeki Tereldź. Od wschodu Słońca (na szczycie o 7¹⁰) aż do około godz. 9⁰⁰ temperatura powietrza na szczycie była o około 3°C wyższa niż w położonej o 200 m niżej dolinie, co świadczy o utrzymywaniu się w tym okresie inwersyjnego układu temperatury. W górnej części stoku o ekspozycji północnej, porośniętego lasem modrzewiowym, temperatura powietrza była o 3°C niższa niż na leżącym na tej samej wysokości stoku południowym.

W godzinach wczesnopołudniowych rozkład temperatury powietrza na profilu B był znacznie zróżnicowany. W partii szczytowej wzniesienia temperatura powietrza była stosunkowo wysoka, podobnie jak w dnie doliny. W tym samym czasie górna i środkowa część stoku były znacznie chłodniejsze (o 1,5 - 2,0°C).

Podczas zachodu Słońca, co miało miejsce między 19⁰⁰ a 20⁰⁰, warunki termiczne na tym profilu były najmniej zróżnicowane. Zmiany pionowego układu termicznego z adlabatycznego na inwersyjny powodowały w tym okresie doby wyrównywanie temperatury. Niewielkim uprzywilejowaniem termicznym odznaczały się tylko środkowe i dolne partie stoku południowego.

Wyniki pomiarów prowadzonych wzdłuż profilu C w dniach 14 i 17 VIII również zostały sprowadzone do godzin: 8⁰⁰, 15⁰⁰ i 20⁰⁰. Badaniami zostały objęte wschodnie i zachodnie stoki usytuowanego południkowo garbu o wysokości 1670 m n.p.m. (około 180 m nad dnem doliny - ryc. 6). O godz. 8⁰⁰ zaznaczyło się wyraźne uprzywilejowanie termiczne szczytu wzniesienia względem dolnych partii profilu, którymi były małe doliny wciosowe. Można również zauważyć, że na stoku wschodnim temperatura powietrza była o około 3°C wyższa niż na stoku zachodnim. Było to spowodowane tym, że stok wschodni był oświetlony promieniami Słońca a stok zachodni - zacieniony. W godzinach wczesnopołudniowych temperatura na wzniesieniu była wyraźnie niższa niż na stokach i w dnach małych dolinek, zasłoniętych od wiatru i w związku z tym słabo przewietrzanych. O godzinie 20⁰⁰ temperatura powietrza na całym profilu była mało różnicowana; następowało przechodzenie do inwersyjnego układu temperatury.

Pomiary temperatury powietrza na profilu D przeprowadzono w dniu 17 VIII czterokrotnie, od wschodu Słońca do godziny 14, a wyniki sprowadzono do godzin: 8⁰⁰, 10⁰⁰, 12⁰⁰ i 14⁰⁰. Profil D obejmował szczyt wzniesienia (1695 m n.p.m.) i górne partie stoków o różnych ekspozycjach. Największe zróżnicowanie termiczne terenu badań objętych tym profilem zaobserwowano o godzinie 8⁰⁰ i 14⁰⁰. Temperatura powietrza w górnej części stoku wschodniego była wtedy o około 3°C wyższa niż stoku zachodniego. Ciepłszy był również szczyt wzniesienia w porównaniu ze stokiem zachodnim.

2.3. ROZKŁAD PIONOWY TEMPERATURY W PRZYPOWIERZCHNIOWEJ WARSTWIE POWIETRZA

Stratyfikację termiczną w przypowierzchniowej warstwie powietrza rozpatrywano na podstawie pomiarów pionowych różnic temperatury między poziomami 2 m i 0,5 m i podobnie jak w przypadku temperatur ekstremalnych: w typie pogody I (z małym zachmurzeniem i wysoką temperaturą powietrza) i II (z zachmurzeniem dużym i opadami przelotnymi oraz niższą

niz w typie I temperaturą powietrza). Pomiaru odbywały się na stacji bazowej znajdującej się na tarasie nadzalewowej rzeki Tereldź (punkt nr 1 na ryc. 2). Uzyskane wyniki są dla tych dwóch typów pogody wyraźnie zróżnicowane.

Przy pogodzie o małym zachmurzeniu różnice temperatury między poziomami 0,5 i 2 m były mniejsze niż przy pogodzie chmurnej, a inwersyjny układ temperatury w warstwie przy powierzchniowej rozpoczynał się około godziny 18³⁰. Mniejszy pionowy gradient temperatury odnotowany przy pogodzie typu I, spowodowany został - jak można sądzić - większą prędkością wiatru, która wywołała znaczne wymieszanie przy powierzchniowej warstwy powietrza. Przed południem, różnice temperatury między poziomami 0,5 i 2 m były w typie pogody I zmienne co do wartości i kierunku, a o godz. 13⁰⁰ występowała izotermia.

W czasie pogody chmurnej, o często zmieniającym się rodzaju i wielkości zachmurzenia i z opadami przelotnymi, stwierdzono nacznie większe niż w typie I różnice między wyróżnionymi poziomami, sięgające nawet 1°C. Trzeba tu dodać, że przy pogodzie chmurnej układ inwersyjny temperatury w 200-centymetrowej, przy powierzchniowej warstwy powietrza rozpoczął się około godzinę później niż podczas pogody o zachmurzeniu małym, tzn. około godziny 19³⁰.

W dniach 14, 16 i 17 sierpnia przeprowadzono również trzy serie pomiarów porównawczych temperatury powietrza w dnie doliny i na okolicznych wzniesieniach. Obserwacje te mogą posłużyć do określenia czasu powstawania i zaniku inwersji w obrębie doliny Tereldź. Ujemne różnice temperatury między dnem doliny a położonym 500 m wyżej wzniesieniem (2005 m n.p.m.) rozpoczęły się tuż przed zachodem Słońca, tzn. około 20²⁵. Analogiczne różnice między szczytem o kulminacji 1695 m n.p.m. a leżącym 200 m niżej dnem doliny zaczęły się kształtować około 20⁰⁰. Na tej podstawie można sądzić, że inwersja temperatury w przy powierzchniowej warstwy powietrza kształtowała się na najwyższych położonych szczytach (2000 m n.p.m.) o około 30 minut później niż na wzniesieniu 1695 m n.p.m., gdzie inwersyjny układ temperatury powietrza utrzymywał się do godziny 9³⁰, a więc około 2 godziny po wschodzie Słońca.

3. ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE WARUNKÓW TERMICZNYCH W REJONIE BAJAN BUŁAG - MAPA TOPOKLIMATYCZNA

Celem przeprowadzonych badań było określenie zróżnicowania termicznego przy powierzchniowej warstwy powietrza i przedstawienie tego zróżnicowania na mapie topoklimatycznej.

Granice poszczególnych jednostek topoklimatycznych pokrywają się z granicami jednostek fizycznogeograficznych wyznaczonych na podstawie mapy topograficznej i kartowania terenowego, prowadzonego podczas instalowania stanowisk pomiarowych (porównaj rozdział 2.1.). Jednostki fizycznogeograficzne odznaczały się jednorodną ekspozycją i nachyleniem zboczy, wysokością nad dnem głównej doliny Tereldź oraz rodzajem pokrywy roślinnej.

Konstrukcja mapy topoklimatycznej (ryc. 7) opiera się na dwóch kryteriach: pierwszym jest stopień nagrzewania się przygruntowej warstwy powietrza dnem, określony średnimi (z okresu badań) wartościami temperatury maksymalnej, drugie - to stopień wychładzania się tej warstwy powietrza nocą, określony średnimi wartościami temperatury minimalnej.

Zarówno w przypadku temperatury maksymalnej jak i minimalnej nie korzystano z ich bezwzględnych wartości, lecz obliczono odchylenia od wartości zmierzonych w punkcie bazowym. Punkt ten (nr 1 na ryc. 2), jak już wspomniano, położony był w dnie doliny Tereldź, na płaskiej tarasie nadzalewowej, porośniętej typową, niską roślinnością stepową. Można zatem przyjąć, że punkt bazowy był zlokalizowany w warunkach charakterystycznych dla standardowej stacji meteorologicznej. Odchylenia temperatur maksymalnych i minimalnych od punktu bazowego obliczono dla całej serii pomiarowej. Uwzględniono zatem oba typy pogody (I i II), jako że są one charakterystyczne dla okresu letniego w centralnej Mongolii.

Obliczone dla poszczególnych stanowisk pomiarowych odchylenia temperatur maksymalnych wahają się od $-7,6^{\circ}\text{C}$ (dla punktu 12) do $+5,4^{\circ}\text{C}$ (dla punktu 16). W dalszym ciągu postępowania posłużono się jedną z taksonomicznych metod grupowania - dendrytem wrocławskim (Woś 1979). Przedstawiono graficznie odchylenia wartości zaobserwowanych między bazą a kolejnymi stanowiskami pomiarowymi. Zbiory punktów, dla których wystąpiły podobne różnice odchyleń temperatury maksymalnej od punktu bazowego, nazwano dalej "klasami". Na podstawie całego materiału obserwacyjnego wyróżniono 5 klas odchyleń temperatur maksymalnych:

- 1 - $\Delta T \text{ max. } < -2,1^{\circ}\text{C}$,
- 2 - $\Delta T \text{ max. od } -2,0 \text{ do } -0,6^{\circ}\text{C}$,
- 3 - $\Delta T \text{ max. od } -0,5 \text{ do } +0,5^{\circ}\text{C}$,
- 4 - $\Delta T \text{ max. od } 0,6 \text{ do } 2,0^{\circ}\text{C}$,
- 5 - $\Delta T \text{ max } > 2,1^{\circ}\text{C}$.

Odchylenia temperatury minimalnej na poszczególnych stanowiskach pomiarowych od temperatury minimalnej w punkcie bazowym zmieniały się od $-2,1^{\circ}\text{C}$ (dla punktu 3) do $+1,3^{\circ}\text{C}$ (dla punktów 6 i 12). Zastosowano taką samą jak w przypadku temperatur maksymalnych taksonomiczną procedurę grupowania, która pozwoliła na wydzielenie 3 klas odchyleń temperatur minimalnych:

- 1 - $\Delta T \text{ min. } < -0,7^{\circ}\text{C}$,
- 2 - $\Delta T \text{ min. od } -0,6 \text{ do } +0,6^{\circ}\text{C}$,
- 3 - $\Delta T \text{ min. } > +0,7^{\circ}\text{C}$.

Otrzymane klasy odchyleń temperatur maksymalnych i minimalnych zastosowano do opracowania klasyfikacji topoklimatów. Wydzielono 5 grup topoklimatów, odpowiadających klasom odchyleń temperatury maksymalnej, a w każdej z nich 3 typy topoklimatu, odpowiadające klasom odchyleń temperatury minimalnej. Obserwowane podczas badań

terenowych wartości temperatur ekstremalnych sprawiły, że nie w każdej grupie topoklimatów występowały wszystkie, teoretycznie możliwe, ich typy. Przyjęta klasyfikacja obejmuje więc jedynie 11 typów topoklimatu (tab. 5, ryc. 7).

Tabela 5

Klasyfikacja topoklimatów w rejonie Bajan Bułag na podstawie odchyleń temperatur ekstremalnych od warunków standardowych

Topoclimatic classification of the Bajan Bułag area on the base of deviations of extremal temperature from basic post data

Symbol	Charakterystyka warunków termicznych
Grupa 1	Topoklimaty o bardzo małym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza w dzień (odchylenie temperatury maksymalnej od warunków standardowych $< -2,1^{\circ}\text{C}$).
Typ 1.1	Wychładzanie się przygruntowej warstwy powietrza nocą zbliżone do warunków standardowych.
Typ 1.2	Wychładzanie się powietrza mniejsze niż w warunkach standardowych (ΔT min. $> 0,7^{\circ}\text{C}$)
Grupa 2	Topoklimaty o małym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza w dzień (ΔT max. od $-2,0$ do $-0,6^{\circ}\text{C}$)
Typ 2.1	Większe niż w warunkach standardowych wychładzanie się powietrza nocą (ΔT min. $< -0,7^{\circ}\text{C}$)
Typ 2.2	Wychładzanie się przygruntowej warstwy powietrza nocą, zbliżone do warunków standardowych
Grupa 3	Topoklimaty o umiarkowanym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza w dzień (ΔT max. od $-0,5$ do $+0,5^{\circ}\text{C}$)
Typ 3.1	Większe niż w warunkach standardowych wychładzanie się powietrza nocą (ΔT min. $< -0,7^{\circ}\text{C}$)
Typ 3.2	Wychładzanie się przygruntowej warstwy powietrza nocą zbliżone do warunków standardowych
Typ 3.3	Mniejsze niż w warunkach standardowych wychładzanie się powietrza nocą (ΔT min. $> 0,7^{\circ}\text{C}$)
Grupa 4	Topoklimaty o dużym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza w dzień (ΔT max. od $0,6$ do $2,0^{\circ}\text{C}$)
Typ 4.1	Większe niż w warunkach standardowych wychładzanie się powietrza nocą (ΔT min. $< -0,7^{\circ}\text{C}$)
Typ 4.2	Wychładzanie się przygruntowej warstwy powietrza nocą zbliżone do warunków standardowych
Typ 4.3	Mniejsze niż w warunkach standardowych wychładzanie się powietrza nocą (ΔT min. $> 0,7^{\circ}\text{C}$)
Grupa 5	Topoklimaty o bardzo dużym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza w dzień (ΔT max. $> 2,1^{\circ}\text{C}$)
Typ 5.1	Wychładzanie się przygruntowej warstwy powietrza nocą zbliżone do warunków standardowych

Typ 1.1. topoklimatu odznacza się bardzo małym nagrzewaniem przygruntowej warstwy powietrza dniem; temperatura maksymalna jest niższa niż na stanowisku standardowym o 5-6°C. Wychładzanie powietrza nocą jest umiarkowane; temperatura minimalna jest o około 0,5°C wyższa niż w punkcie bazowym. Ten typ topoklimatu występuje lasach porastających północne, północno-zachodnie i północno-wschodnie stoki wzniesień.

Typ 1.2. odznacza się bardzo małym nagrzewaniem przygruntowej warstwy powietrza; temperatura maksymalna jest niższa niż w punkcie bazowym o 3,3-7,6°C, a przy pogodzie bezchmurnej - nawet 8,3°C. Wychładzanie powietrza nocą jest małe; temperatura minimalna jest o około 1,3°C wyższa niż na stanowisku standardowym. Ten typ topoklimatu obserwuje się w lasach porastających dna dolin i dolne partie ich zboczy.

Typ 2.1. topoklimatu cechuje się małym nagrzewaniem przygruntowej warstwy powietrza; temperatura maksymalna jest o 0,8-1,5°C niższa niż w warunkach standardowych. Wychładzanie powietrza nocą jest duże; temperatura minimalna jest niższa niż w punkcie bazowym o około 2,1°C. Większe niż w warunkach standardowych wychłodzenie powietrza zaznacza się już począwszy od zachodu Słońca. Ten typ topoklimatu występuje w wąskiej, głęboko wciętej dolinie Bajan Bułag oraz na niskiej, podmokłej terasie zalewowej rzeki Tereldź.

Typ 2.2. odznacza się małym nagrzewaniem powietrza dniem i umiarkowanym jego wychładzaniem nocą. Odchylenia od stanowiska standardowego wynoszą: dla temperatury maksymalnej - 1,3°C, a dla temperatury minimalnej - 0,0°C. Ten typ topoklimatu obserwowany jest u podnóża wysokich, południowych stoków, w obrębie niewielkich ślodeł na niskich grzbietach.

Typ 3.1. topoklimatu charakteryzuje umiarkowane nagrzewanie się przygruntowej warstwy powietrza dniem; temperatura maksymalna jest o około 0,3°C wyższa niż na stanowisku bazowym. Wychładzanie powietrza nocą jest duże; temperatury minimalne są niższe od obserwowanych w punkcie bazowym o około 1,5°C. Ten typ topoklimatu obserwowano na niskiej terasie zalewowej rzeki Tereldź, porośniętej bujną, świeżą roślinnością łąkową.

Typ 3.2. odpowiada standardowym warunkom topoklimatycznym i odznacza się zarówno umiarkowanym nagrzewaniem, jak i umiarkowanym wychładzaniem się przygruntowej warstwy powietrza. Odchylenia temperatury maksymalnej wahają się od -0,5 do +0,5°C, a odchylenia temperatury minimalnej od punktu bazowego od -0,6 do +0,6°C. Ten typ topoklimatu występuje na terasie nadzalewowej rzeki Tereldź, w obrębie niskich grzbietów o niewielkich wysokościach względnych - na ich stokach wschodnich i zachodnich oraz spłaszczeniach grzbietów łagodnie opadających w kierunku południowym - a także na fragmentach niezalesionych stoków o ekspozycji północnej.

Typ 3.3. wyróżnia się umiarkowanym nagrzewaniem i małym wychładzaniem się przygruntowej warstwy powietrza. Odchylenia temperatury maksymalnej od warunków standardowych są bliskie zeru, a odchylenia temperatury minimalnej wynoszą około $+1,0^{\circ}\text{C}$. Ten typ topoklimatu można obserwować na niewielkich fragmentach stoków o ekspozycji wschodniej i zachodniej (w ich dolnych partiach) i dużym nachyleniu.

Typ 4.1. topoklimatu odznacza się dużym nagrzewaniem i znacznym wychładzaniem przygruntowej warstwy powietrza; występuje w partiach szczytowych najwyższych wzniesień oraz na ich wschodnich stokach o dużym nachyleniu. Odchylenia od punktu bazowego wynoszą dla temperatury maksymalnej $+1,0 - +1,5^{\circ}\text{C}$, a dla temperatury minimalnej około $-1,1^{\circ}\text{C}$. Przy pogodzie słonecznej odchylenia temperatury maksymalnej mogą wzrosnąć nawet do $+3,0^{\circ}\text{C}$.

Typ 4.2. o dużym nagrzewaniu się i umiarkowanym wychładzaniu przygruntowej warstwy powietrza, występuje w szczytowych partiach średniej wysokości wzniesień (około 1700 m npm.), u podnóża północnego zbocza rzeki Tereldź, na płaskim stożku usypiskowym oraz w dnie doliny, na suchych, płaszczysto-żwirowych terasach akumulacyjnych. Odchylenia temperatury maksymalnej wynoszą około $+1,2^{\circ}\text{C}$, a temperatury minimalnej wahają się od $-0,2$ do $+0,6^{\circ}\text{C}$.

Typ 4.3. w którym przygruntowa warstwa powietrza silnie nagrzewa się dniem i mało wychładza nocą, występuje w środkowych partiach stoków o ekspozycji południowej (na wysokości 1500 - 1700 m npm.) o nachyleniu około $15-20^{\circ}$. Temperatura maksymalna jest wyższa niż w punkcie bazowym o $1,2-1,9^{\circ}\text{C}$, a temperatura minimalna o około $1,3^{\circ}\text{C}$.

Typ 5.1. topoklimatu, występujący w górnych partiach stoków o ekspozycji południowej i zachodniej i o nachyleniu ponad 25° , wyróżnia się bardzo dużym nagrzewaniem przygruntowej warstwy powietrza dniem (temperatura maksymalna przewyższa temperaturę na stanowisku standardowym o $2,6-5,4^{\circ}\text{C}$) i umiarkowanym jej wychładzaniem nocą (odchylenie temperatury minimalnej wynosi około $+0,3^{\circ}\text{C}$).

Mapa topoklimatyczna (ryc. 7) przedstawia rozkład omówionych typów topoklimatu w rejonie Bajan Bułag. Wyraźnie wyodrębnia się kilka obszarów:

- południowe stoki pasa wzniesień, z zaznaczoną kulminacją 1643 m npm., gdzie dominują topoklimaty o dużym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza dniem i małym jego wychładzaniu nocą (typ 4.3.);

- wschodnia część obszaru badań, gdzie na rzeźbę terenu składają się południkowo ułożone niskie, łagodne grzbiety; dominują tam topoklimaty o umiarkowanym nagrzewaniu i wychładzaniu się przygruntowej warstwy powietrza (typ 3.2.);

- najwyższe partie obszaru badań (z kulminacją 2036 m npm.), gdzie zależnie od ekspozycji i nachylenia stoków oraz szaty roślinnej obserwuje się topoklimaty z grupy o małym, dużym i bardzo dużym nagrzewaniu się przygruntowej warstwy powietrza; wychładzanie powietrza może być tam umiarkowane lub duże (typy 1.1., 4.1., 5.1.);

- dno doliny Tereldź, gdzie w zależności od wilgotności podłoża i rodzaju szaty roślinnej występują topoklimaty o bardzo małym, małym, umiarkowanym i dużym nagrzewaniu się powietrza dnem oraz małym, umiarkowanym lub dużym jego wychładzaniu nocą (typy: 1.2., 2.1., 3.1., 3.2., 4.2.).

Z analizy całości zebranego materiału wynika, że na zróżnicowanie topoklimatyczne obszaru badań wpływają przede wszystkim: urozmaicona rzeźba terenu oraz rodzaj szaty roślinnej i wilgotność podłoża.

4. WNIOSKI

Badania warunków termicznych w dolinie rzeki Tereldź, reprezentującej brzeźną strefę masywu górskiego Chentej, pozwoliły na następujące stwierdzenia:

- zaobserwowano dwukrotnie większe zróżnicowanie wartości bezwzględnych temperatury maksymalnej niż temperatury minimalnej i to bez względu na panujący typ pogody;

- wyniesienie nad poziom morza (w przedziale wysokości 1480-2000 m.) wpływało istotnie na wartość temperatury maksymalnej tylko na stokach południowych; miało również wyraźne odbicie w pionowym, strefowym układzie temperatury minimalnej;

- temperatura maksymalna zależała także od ekspozycji i kąta nachylenia podłoża oraz od szaty roślinnej;

- na temperaturę minimalną, oprócz wysokości nad poziom morza miały wpływ rodzaj szaty roślinnej, forma terenu i ekspozycja;

- stwierdzono, że do wysokości około 1600 m n.p.m. występował inwersyjny układ temperatury minimalnej powietrza w warstwie przygruntowej, a w przedziale 1600-1800 m n.p.m. zaznaczała się izotermia; powyżej 1800 m n.p.m. obserwowano spadek temperatury wraz z wysokością;

- pomiary patrolowe temperatury powietrza wykazały jej zróżnicowanie i zmienność w czasie uzależnioną od topografii terenu badań i pory dnia. Ogólnie można stwierdzić, że najbardziej uprzywilejowane termicznie były średnio wyniesione stoki, a szczególnie ich górne partie o niewielkim nachyleniu;

- wykonana mapa topoklimatyczna ilustruje duże zróżnicowanie przestrzenne warunków termicznych w przygruntowej warstwie powietrza. Może ona być podstawą do opracowania mapy bonitacyjnej tego terenu do różnych celów praktycznych, m.in. wypoczynku i turystyki. Autorzy nie mogą jednak na razie opracować takiej mapy, z uwagi na nikły stan wiedzy o reakcjach organizmu miejscowej ludności (Mongolów) na zmieniające się warunki termiczne otoczenia.

LITERATURA

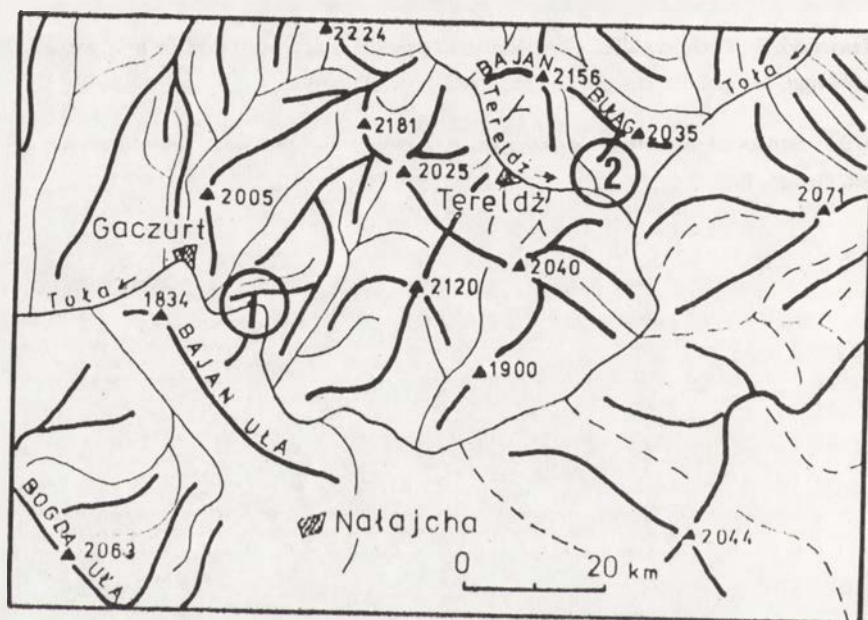
- Guilford J.P., 1960, *Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice*, MON, Warszawa.
- Skoczek J., Krawczyk B., Błażejczyk K., 1990, *Warunki topoklimatyczne i biotopoklimatyczne okresu letniego w dolinie Toły (Chentej, Mongolia)*, *Przeł. Geogr.*, 62, 1-2, s. 121-136.
- Woś A., 1979, *Seasonal structure of climate in Poznań; an analysis with the use of "Wrocław Dendrite"*, *Quaest. Geogr.*, 5.

THERMAL CONDITIONS AT BAJAN BULAG (KHENTHEY MOUNTAINS,
CENTRAL MONGOLIA) AS A BASE OF TOPOCLIMATIC MAPPING

(Summary)

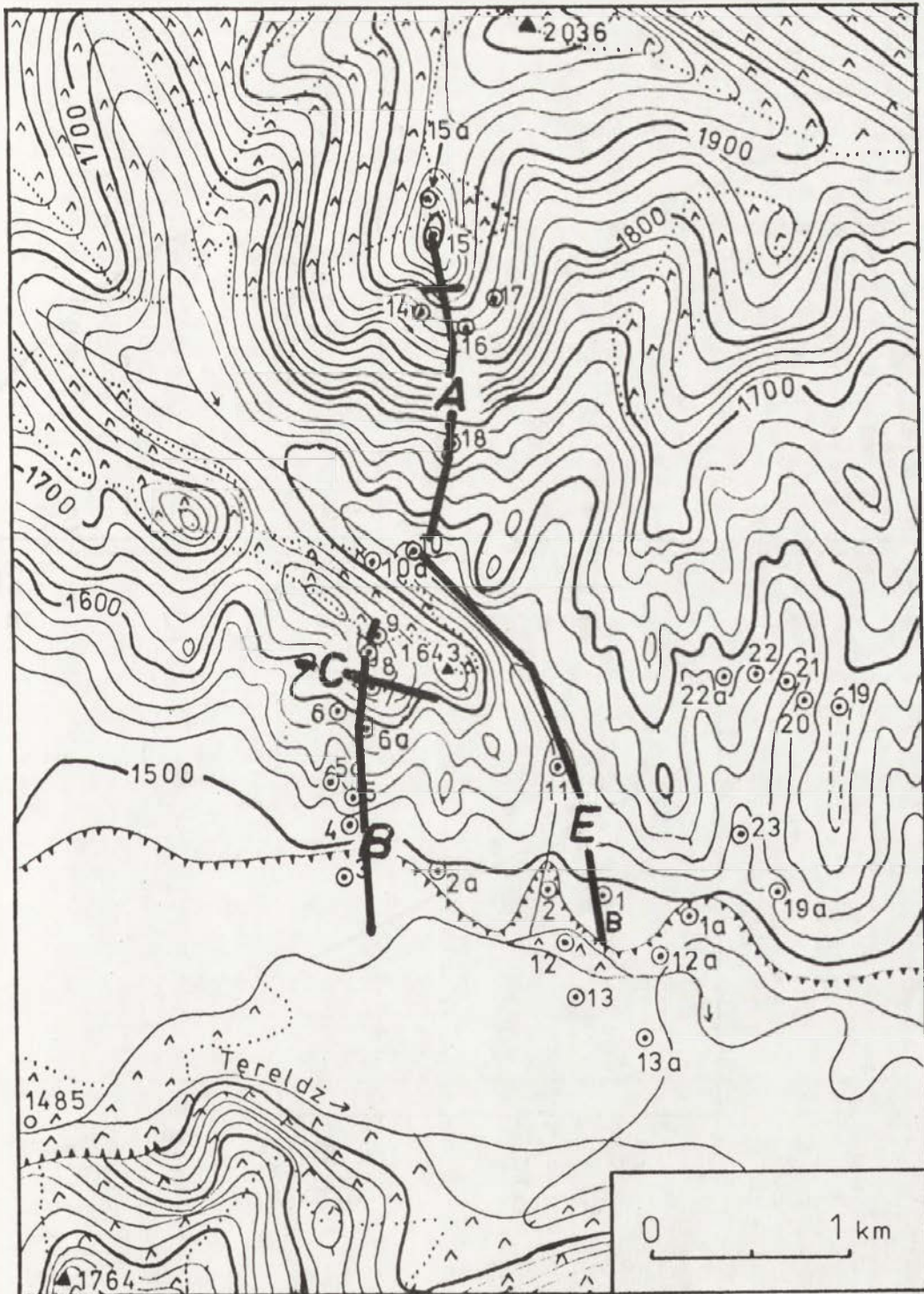
The aim of climatological investigations carried out in the Khentey Mountains (Central Mongolia) was detail examination of the thermal conditions observed in the surface air layer which are influenced by general meteorological conditions, orographical and plant cover differentiation. Investigations were performed in the mouth part of Terelj valley (tributary of Tola river) which area is about 20 km² and altitude differences reaching of about 500 m. Maximum and minimum air temperature at the height of 5 cm over the ground was measured. Periodically data of air temperature at the height of 50 cm were collected during special walking measurements at 5 hipsometric profiles. All measurement posts represented typical relief features as well as plant cover.

The map of topoclimate types is an effect of those studies. One of the taxonomic grouping method worked out in Poland, so called "Wrocław Dendrite" was used for objective evaluation of thermal similarities of different land types. Five groups of topoclimates adequate for maximum temperature deviation ranks and three types of topoclimate into each group, adequate for minimum temperature deviation ranks were distinguished. However, temperature observed during investigation period caused that, practically all theoretically possible topoclimate types did not occur. Thus topoclimatic classification includes 11 topoclimate types (tab. 5, fig. 7). The topoclimatic map made in this way can be a base for evaluation maps made for different applied purposes.



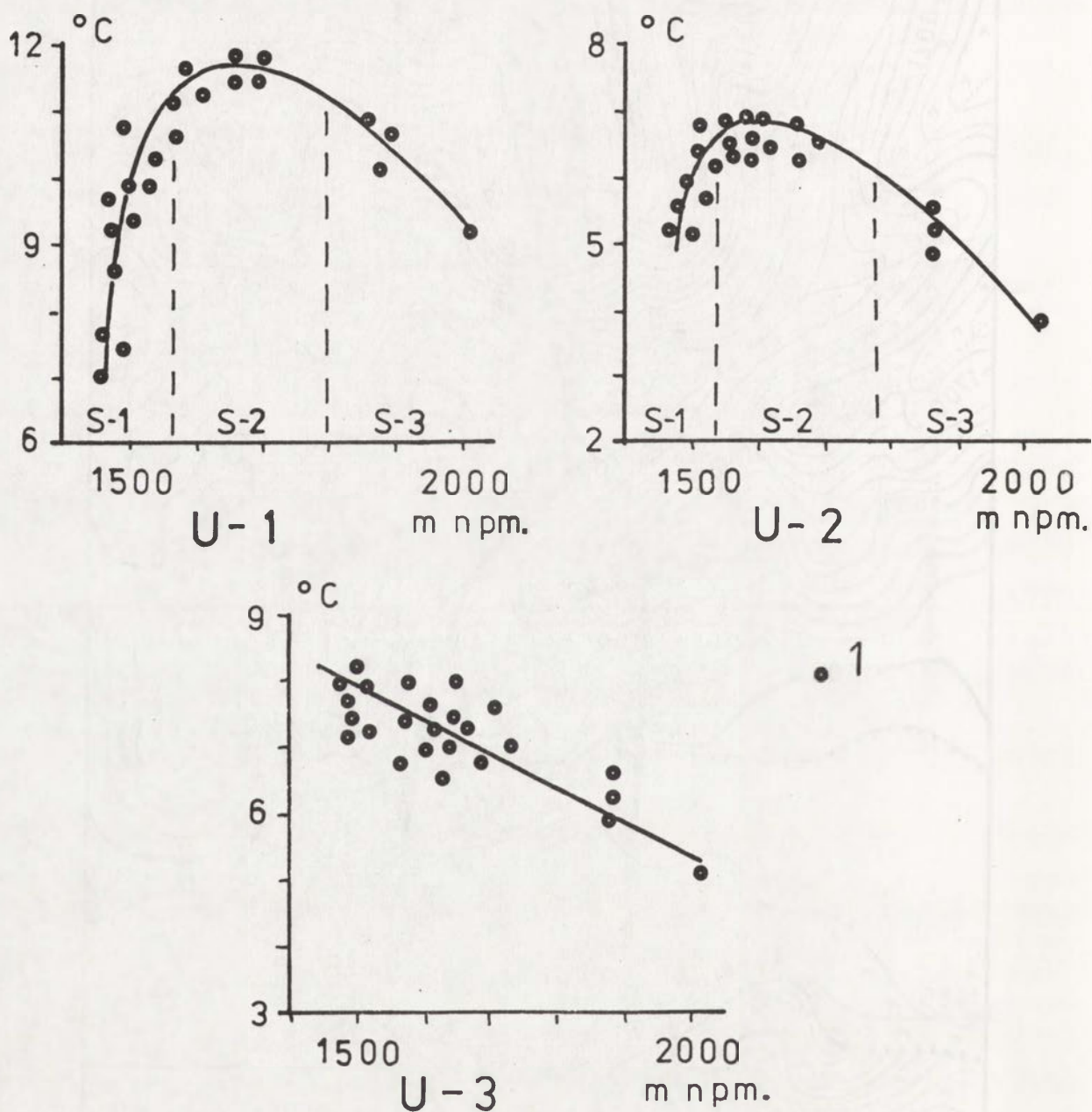
Ryc. 1. Usytuowanie terenów badań klimatycznych w górach Chentej:
1 - w 1987 r., 2 - w 1988 r.

Location of climatological investigated areas at Khentey Mountains (Mongolia):
1 - in 1987, 2 - in 1988



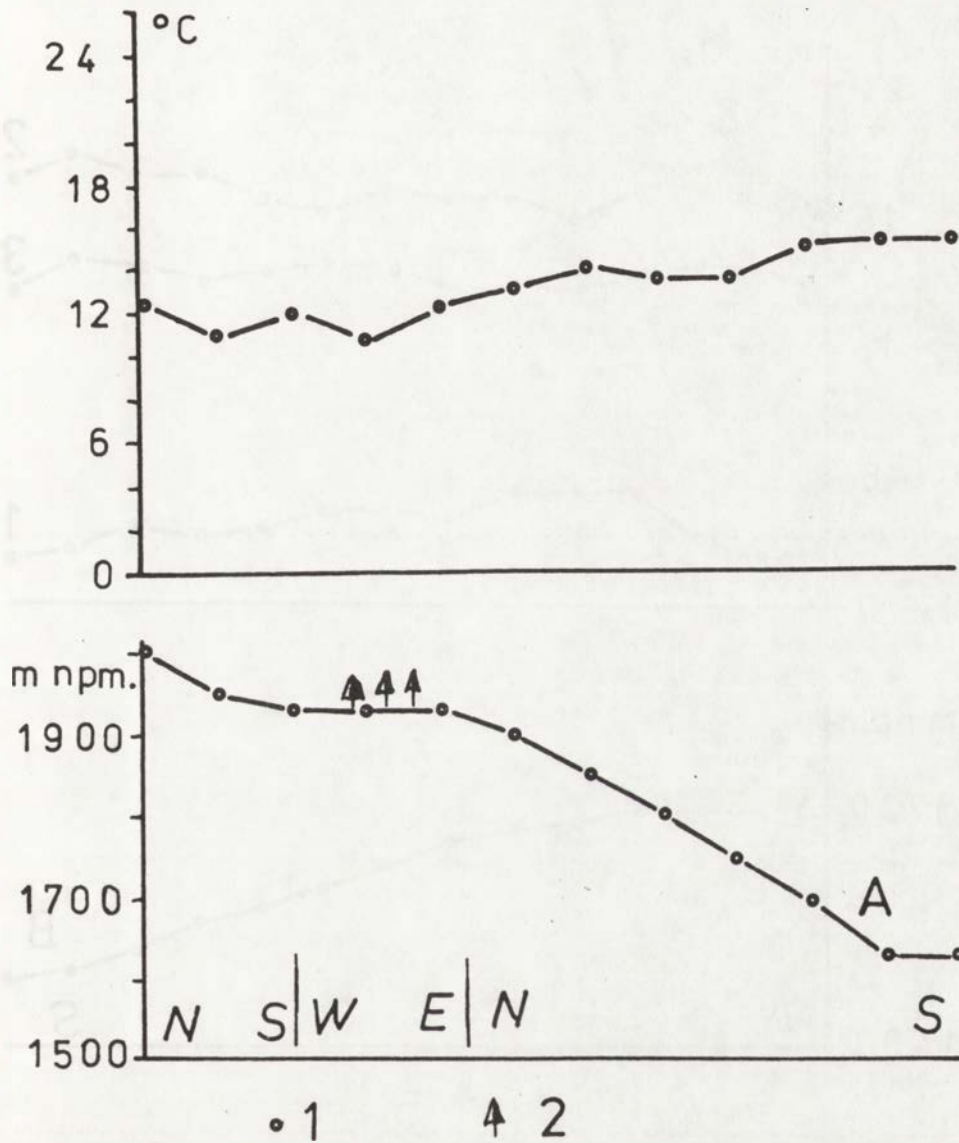
Ryc. 2. Rozkład punktów pomiarowych temperatury maksymalnej oraz minimalnej (1)
i trasy profilów patrolowych (2)

Distribution of measurements posts of maximum and minimum temperature (1)
and path of walking measurements (2)



Ryc. 3. Pionowa strefowość temperatury minimalnej powietrza, przykłady z wybranych dni
 1 - stanowiska pomiarowe; S-1, S-2, S-3 - strefy 1, 2, 3; U-1, U-2, U-3 - układy 1, 2, 3.

Vertical zonality of minimum air temperature, examples of selected days
 1 - measurement posts; S-1, S-2, S-3 - zones 1, 2, 3; U-1, U-2, U-3 - schemes 1, 2, 3.

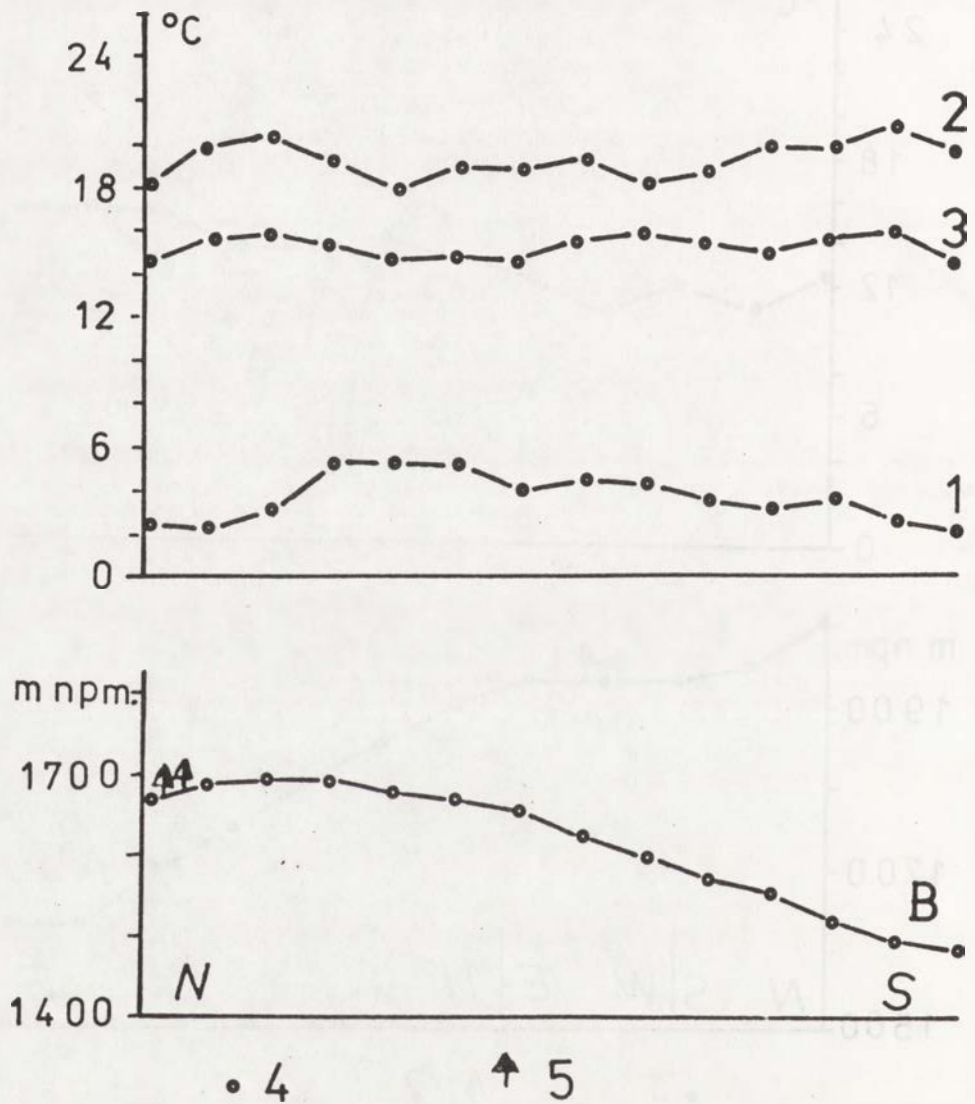


Ryc. 4. Rozkład temperatury powietrza wzdłuż profilu A (godz. 20⁰⁰)

1 - punkty pomiarowe, 2 - las modrzewiowy.

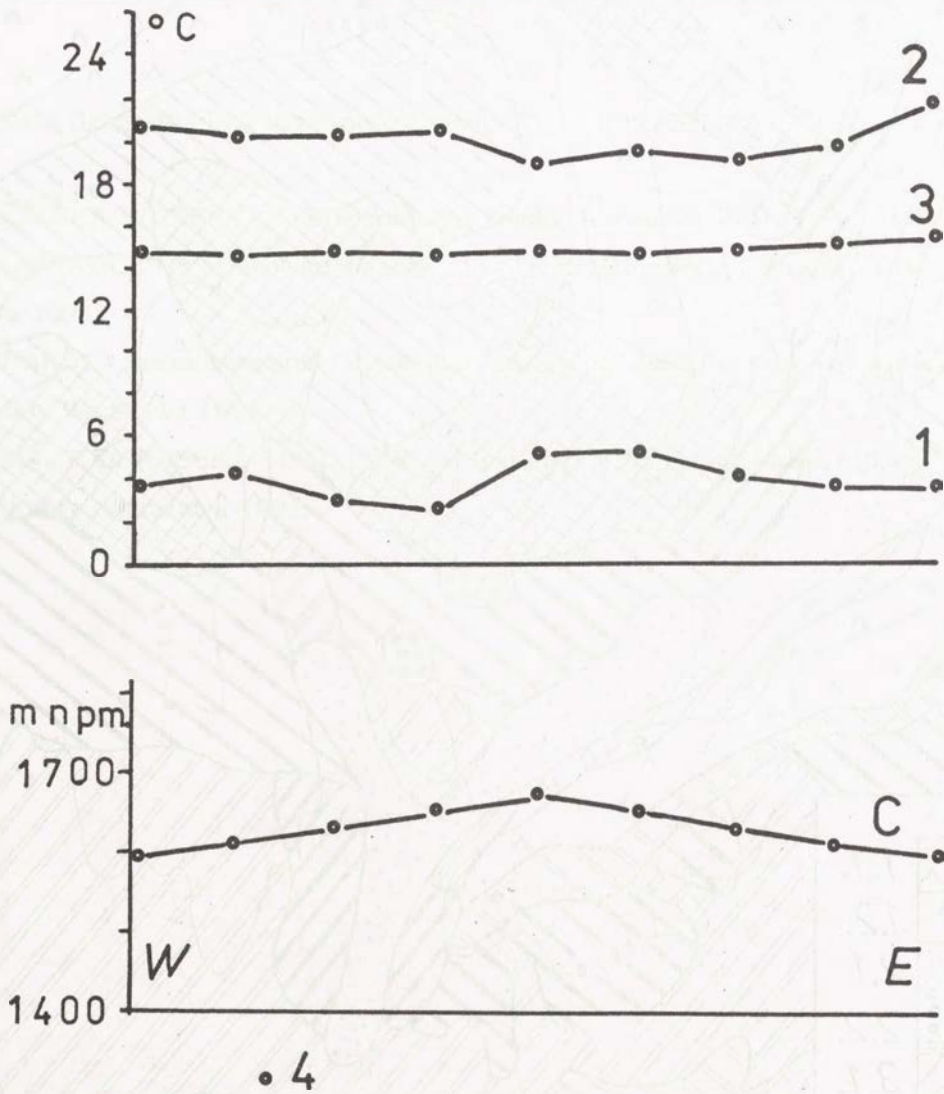
Distribution of air temperature on A profile at 8 p.m.

1 - measurements posts, 2 - larch forest.



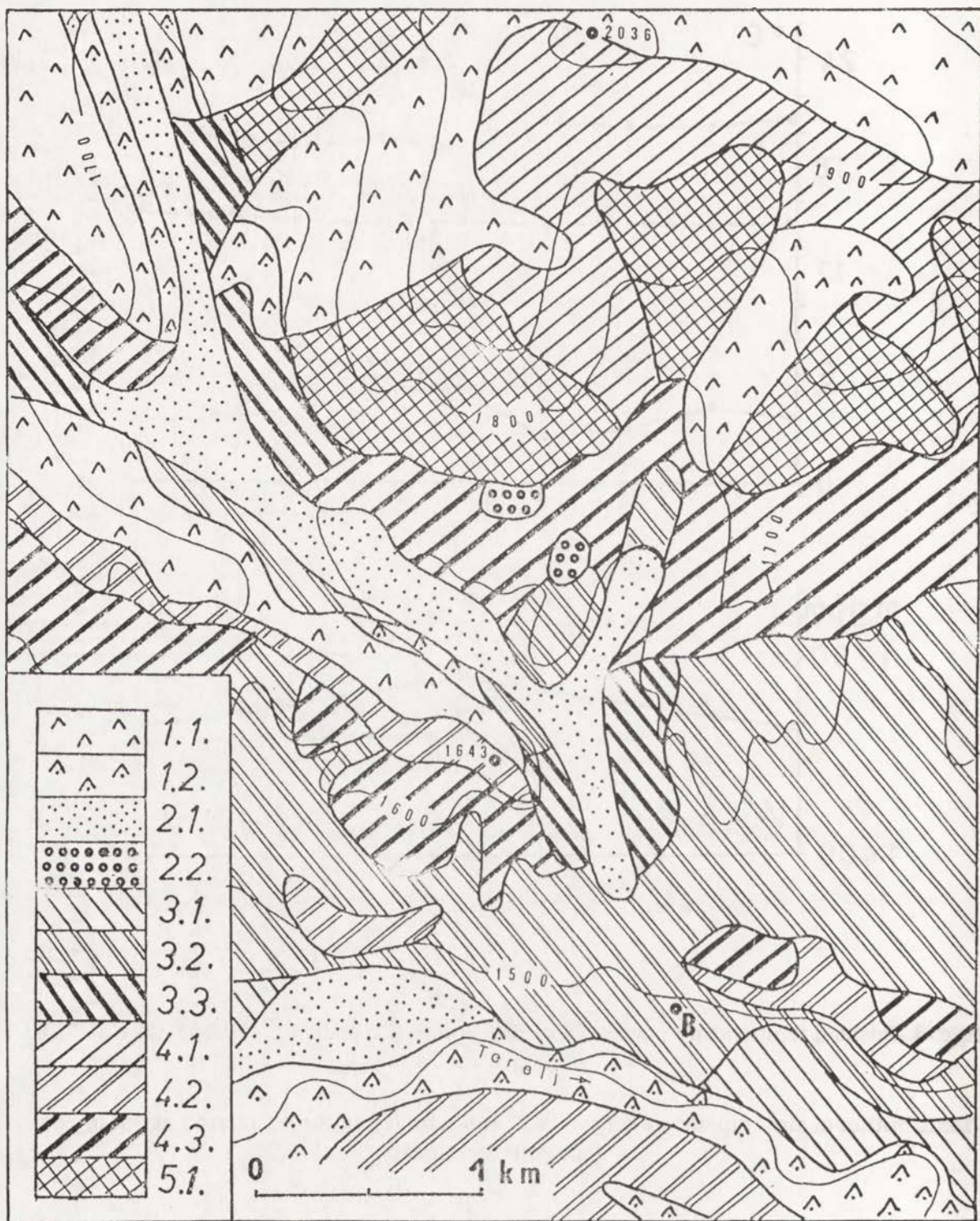
Ryc. 5. Rozkład temperatury powietrza wzdłuż profilu B o godz. 8⁰⁰ (1), 15⁰⁰ (2) i 20⁰⁰ (3);
4 - punkty pomiarowe, 5 - las modrzewiowy

Distribution of air temperature on profile B at 8 a.m. (1), at 3 p.m. (2) and at 8 p.m. (3);
4 - measurement posts, 5 - larch forest



Ryc. 6. Rozkład temperatury powietrza wzdłuż profilu C o godz. 8⁰⁰ (1), 15⁰⁰ (2) i 20⁰⁰ (3);
4 - punkty pomiarowe

Distribution of air temperature on profile C at 8 a.m. (1), at 3 p.m. (2) and at 8 p.m. (3);
4 - measurement posts



Ryc. 7. Typy topoklimatu

B - punkt bazowy (objaśnienia legendy w tab. 5).

Topoclimatic map of Bajan Bulag

B - basic measurement post (other explanations see table 5)

Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

1. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA - Antropoklimat Polski, Warszawa 1991.
2. G. WĘCŁAWOWICZ - Zróżnicowania społeczno-przestrzenne w aglomeracji warszawskiej (1978 i 1988), Warszawa 1991.
3. P. EBERHARDT - Rozmieszczenie i dynamika ludności wiejskiej w Europie środkowo-wschodniej w XX wieku, Warszawa 1991.
4. L. STARKEL, B. OBREŃBSKA-STARKŁOWA - Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego, Warszawa 1991.



PL - ISSN 0867-6836

WYDAWNICTWA IGI PZ PAN, WARSZAWA

<http://rcin.org.pl>