

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Toruniu
Zakład Geografii Fizycznej Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie

Zygmunt BABIŃSKI, Kazimierz PEKALA

**Obserwacje nad wieloletnią zmarzliną
w kotlinie Bajan-Nuurin-chotnor (Mongolia)**

Наблюдения многолетней мерзлоты
в котловине Баян-Нуурин-хотнор (Монголия)

Observation on the Permafrost within the Bajan-Nuurin-khotnor Basin (Mongolia) *

WSTĘP

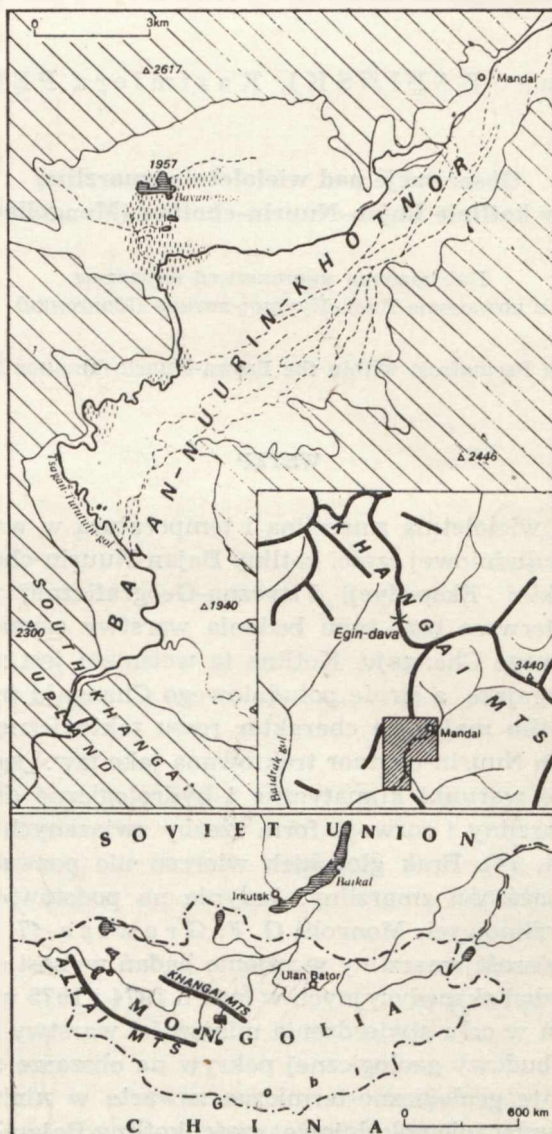
Badania nad wieloletnią zmarzliną i temperaturą w warstwie czynnej prowadzono w południowej części kotliny Bajan-Nuurin-chotnor w ramach Mongolsko-Polskiej Ekspedycji Fizyczno-Geograficznej w latach 1974 i 1975. Są to pierwsze tego typu badania warstwy czynnej na obszarze kotlin południowego Changaju. Kotlina ta wciśnięta jest między Wyżynę Południowochangajską a strefę południowego Changaju (ryc. 1). Wchodzi ona w skład kotlin mających charakter rowu tektonicznego (12, 14, 16).

Kotlina Bajan Nuurin-chotnor traktowana jako tzw. „zastoisko chłodu” posiada dogodne warunki klimatyczne i hydrologiczne do tworzenia się wieloletniej zmarzliny i rozwoju form rzeźby związanych z jej występowaniem (1, 2, 4, 14). Brak głębokich wierceń nie pozwala na dokładne stwierdzenie miąższości zmarzliny. Jedynie na podstawie analizy mapy warunków zmarzlinowych Mongolii G. F. Grawisa (7, 8) można przypuszczać, iż miąższość zmarzliny w rejonie badań wynosi około 50 m.

W trakcie badań ekspedycyjnych w latach 1974 i 1975 wykonano szereg płytkich wierceń w celu stwierdzenia miąższości warstwy czynnej zmarzliny i poznania budowy geologicznej pokryw na obszarze całej kotliny (2, 12, 14). Przekroje geologiczno-termiczne zawarte w niniejszym opracowaniu dotyczą wyłącznie południowej części kotliny Bajan-Nuurin-chotnor (fot. 1, 2), która jest zbudowana głównie z mułków i piasków różnoziarnistych genezy jeziornej, aluwialnej i eolicznej (12, 13, 14).

* Contribution of the Mongolian-Polish Physico-Geographical Expedition No. 19.

W każdym z otworów wiertniczych, od głębokości 0,5 m, w odstępach 20 cm, dokonywano pomiaru temperatury gruntu termometrem rtęciowym. Aby określić termiczny stan przypowierzchniowej warstwy gruntu (50 cm), założono trzy stanowiska pomiarowe. Złożyły się na nie zestawy



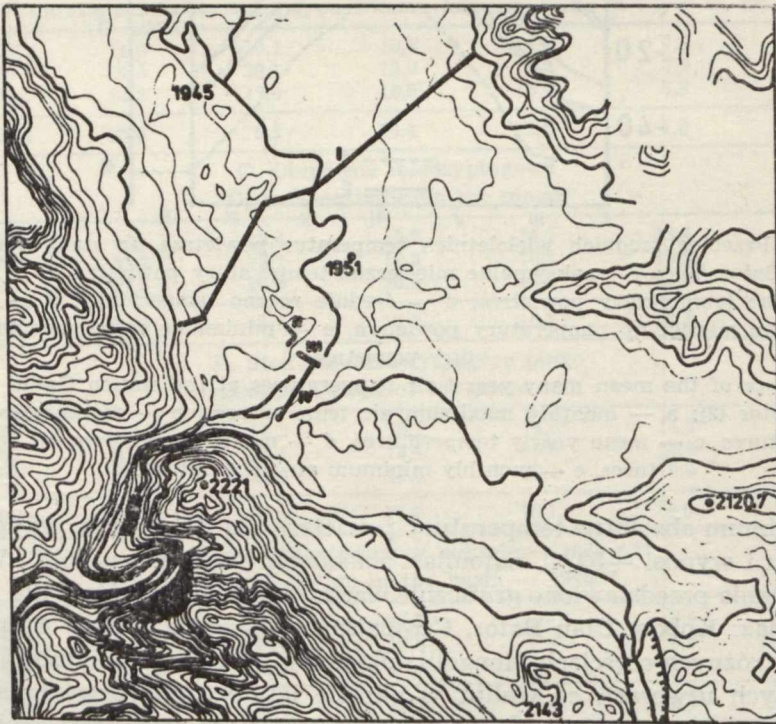
Ryc. 1. Położenie kotliny Bajan-Nuurin-chotnor w strefie południowego Changaju wg Klimka (11)

Situation of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin within the zone of the southern Khangaj, according to Klimek (11)

termometrów glebowych na głębokościach: 5, 10, 20, 50 cm oraz termometry zwykle maksymalne i minimalne na powierzchni gruntu. Stanowiska te usytuowano w miejscach najbardziej reprezentatywnych dla tej części kotliny (ryc. 2). Pierwsze z nich założono przy stacji klimatycznej (fot. 2 B) na powierzchni terasy, drugie — na południowym stoku pagóra „pingowego” (D) i trzecie stanowisko zlokalizowano w obniżeniu między pagórami typu pingo (C). Oprócz tego w analizie warunków termicznych gruntu kotliny uwzględniono także temperatury gleby z głównej stacji klimatologicznej ekspedycji, zlokalizowanej na N od terenu badań w okolicy miejscowości Mandal (1, 14). Dla pełniejszej charakterystyki dokonano również pomiaru przepuszczalności gruntu cylindrem Burgera na powierzchni (a) i na głębokości 20 cm (b) — (ryc. 6).

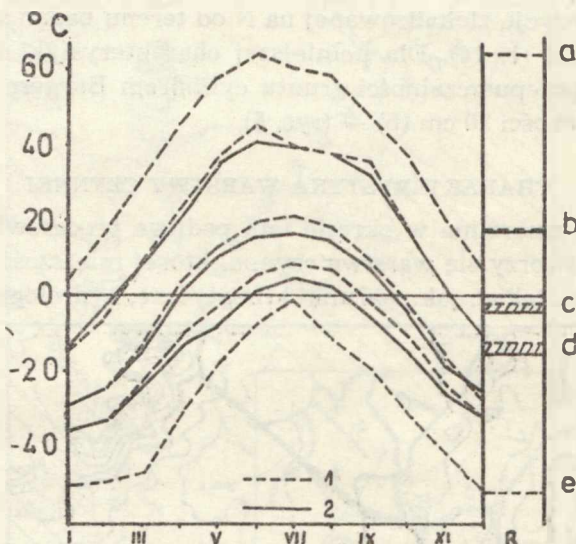
CHARAKTERYSTYKA WARSTWY CZYNNEJ

Wieloletnia zmarzlina w okresie lata podlega procesowi degradacji, w wyniku czego tworzy się warstwa czynna, której miąższość zależy od szeregu czynników, takich jak: warunki klimatyczne, hydrologiczne, gruntowe



Ryc. 2. Szkic południowej części kotliny Bajan-Nuurin-khotnor; I—IV — profile poprzeczne
 Outline of the southern part of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin; I—IV — transversal profiles

i inne. Warunki klimatyczne kotliny kilkakrotnie zostały omówione (1, 2, 3, 12, 14). Dla uzupełnienia tych danych dokonano zestawienia przebiegu temperatury powietrza (10) na stacji w miejscowości Gallut i Ułan Bator (ryc. 3). Wybór stacji klimatycznej w Ułan Bator, choć tak odległej od terenu badań, wynika stąd, że posiada ona ciągłość obserwacyjną oraz pomiary temperatury gleby, a warunki termiczne są zbliżone do stacji Gallut. Średnia roczna temperatura powietrza w Gallut w latach 1957—1963 wynosiła -4°C , zaś w Ułan Bator -2°C w okresie 1949—1963 (ryc.



Ryc. 3. Przebieg średnich wieloletnich temperatur powietrza na stacji Gallut (1) i Ułan Bator (2); a — maksymalne miesięczne temperatury powietrza, b — średnie miesięczne temperatury powietrza, c — średnie roczne temperatury, d — średnie minimalne miesięczne temperatury powietrza, e — minimalne miesięczne temperatury powietrza

Occurrence of the mean many years' air temperatures at the station Gallut (1) and Ułan Bator (2); a — monthly maximum air temperatures, b — monthly mean air temperatures, c — mean yearly temperatures, d — monthly minimum air temperatures, e — monthly minimum air temperatures

3). Minimum absolutne temperatury powietrza dla Ułan Bator przypada w grudniu i wynosi -52°C , natomiast maksimum w czerwcu 65°C . W celu porównania przedstawiono graficznie warunki termiczne gruntu dla innych stacji, jak: Kobdo, Ułan Bator, Czojbałsan, Dałanzadgad (ryc. 4), położonych w różnych częściach Mongolii. Dla stacji Ułan Bator usytuowanej na podobnych utworach co Gallut w okresie letniego nagrzewania średnia wieloletnia termoizopleta 0°C przypuszczalnie sięga głębokości około 4 m. Wartość należy odnieść do miąższości warstwy czynnej w Ułan Bator (5, 7, 8, 17). Powierzchniowa warstwa gruntu w zimie ochładza się do temperatury -28°C , zaś ogrzewa w okresie lata do 21°C . Jakkolwiek wielkości

zimowego przechładzania gruntu i letniego ocieplenia dla stacji Kobdo i Czobjaśan niewiele odbiegają od danych z Ułan Bator, to jednak nie ma tam warunków na to, aby utworzyła się wieloletnia zmarzlina. Zimowe ochładzanie sięga tylko do głębokości 3 m. W żadnym przypadku nie można mówić o występowaniu wieloletniej zmarzliny w Dałanzadgad, gdzie zimowa pokrywa zmarzlinowa osiąga głębokość 1,6 m. Średnia roczna temperatura powietrza obliczona za okres 1954—1964, charakteryzowana jako

Tab. 1. Temperatury gleb
Temperatures of the soils

A. Główna stacja klimatyczna ekspedycji w okolicy Mandał H=2095 m n.p.m.
Main climatic station of the expedition in the vicinity of Mandał H=2095 m. asl

Godzina	Powierzchnia	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	Średnia
8.00	9,7	11,1	12,0	13,4	12,6	11,8
14.00	27,2	19,8	17,1	14,3	12,5	18,2
20.00	13,8	18,7	18,5	16,6	12,4	16,0
Średnia	16,9	16,5	15,9	14,7	12,5	15,3

B. Stacja klimatyczna w kotlinie Bajan-Nuurin-chotnor H=1950 m n.p.m.
Climatic station in the Bayan-Nuurin-khotnor Basin H=1950 m. asl

8.00	11,6	10,1	10,8	11,5	7,8	10,4
14.00	24,2	20,1	15,9	11,8	7,9	16,0
20.00	14,2	17,0	16,5	13,4	7,8	13,8
Średnia	16,6	15,3	14,4	12,2	7,8	13,4

C. Obniżenie międzypingowe
Depression between the pingos

8.00	16,1	12,4	12,7	14,1	13,4	13,7
14.00	33,2	23,1	19,9	16,1	13,3	21,1
20.00	17,5	20,6	20,5	18,4	13,2	18,0
Średnia	22,3	18,7	17,7	16,2	13,3	17,6

D. Stok południowy pagóra pingo
Southern slope of the pingo hill

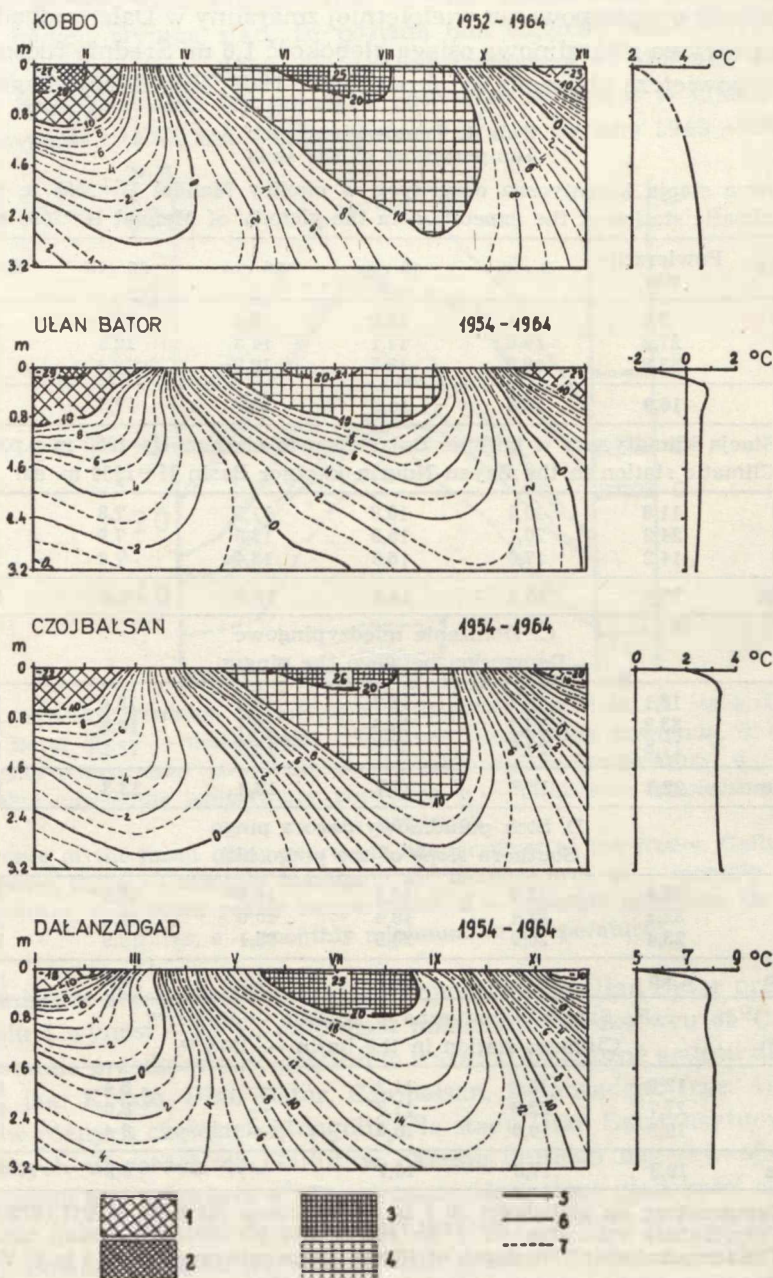
8.00	15,4	12,2	13,1	14,6*	14,8*	14,0*
14.00	32,1	23,4	19,4	15,6	14,4	21,0
20.00	23,4	20,9	20,5	18,1	16,9	19,8
Średnia	23,6	18,8	17,7	16,1	15,0	18,3

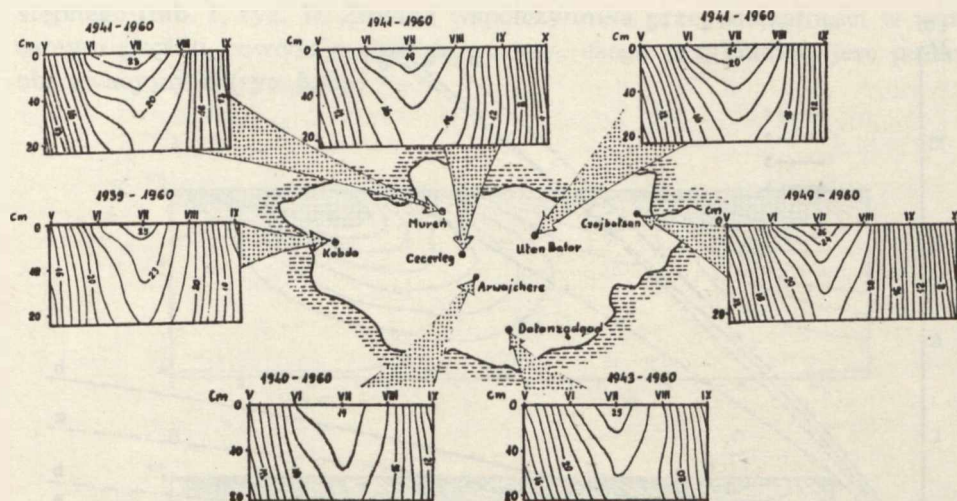
B₁. Stacja klimatyczna w kotlinie — 1975 r.**
Climatic station in the basin — 1975 **

8.00	12,0	10,4	11,2	—	8,4	10,5
14.00	27,7	22,6	17,3	—	8,6	19,1
20.00	18,9	19,0	18,5	—	8,4	16,2
Średnia	19,5	17,3	15,7	—	8,5	15,3

- * Temperatura na głębokości 20 i 30 cm mierzona od 9 do 31 VII 1975 r.
- ** Temperatura mierzona od 1 do 19 VII 1974 r.
- * The temperature at the depth of 20 and 30 cm measured since 9 to 31 VII 1975.
- ** The temperature measured since 1 to 19 VII 1974.

wartość ujemna dla Ułan Bator, może wskazywać na występowanie tam wieloletniej zmarzliny (11) w przeciwieństwie do pozostałych miejscowości. Wydaje się jednak, że w analizowanym przypadku ważniejszym wskaźnikiem byłaby średnia temperatura na powierzchni gruntu.



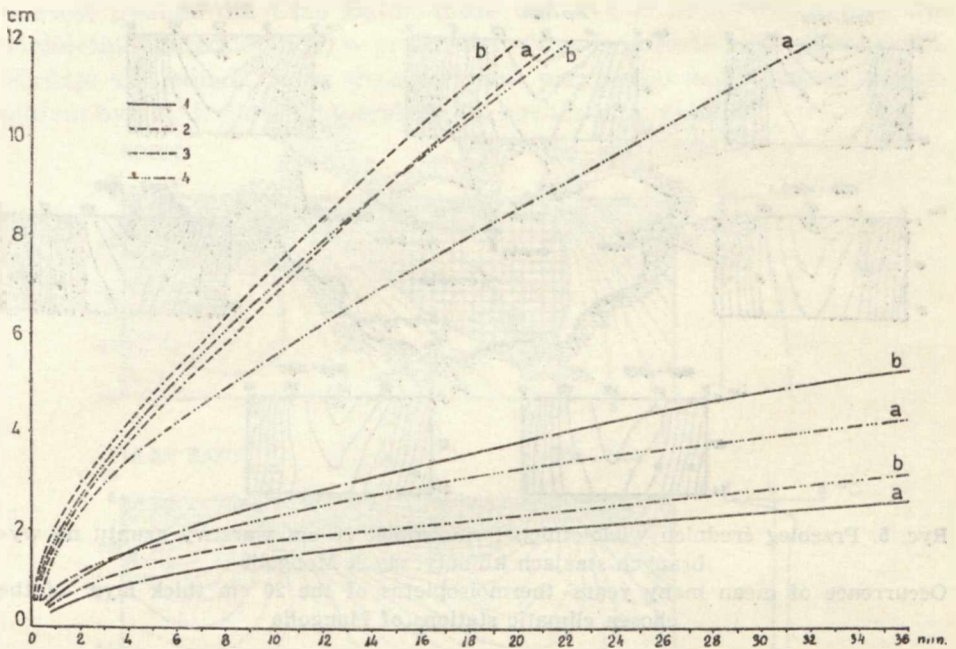


Ryc. 5. Przebieg średnich wieloletnich termoizoplei 20 cm warstwy gruntu na wybranych stacjach klimatycznych Mongolii
 Occurrence of mean many years' thermoisopleths of the 20 cm thick layer of the chosen climatic stations of Mongolia

Badania na obszarze kotliny Bajan-Nuurin-chofnor prowadzono w okresie lata od 1 VII do 15 VIII. Przebieg termoizoplei 20 cm warstwy gruntu dla tego okresu za dwudziestolecie 1941—1960 dla kilku stacji na terenie Mongolii przedstawiono na ryc. 5. Na obszarach, gdzie występuje wieloletnia zmarzlina, w okresie najcieplejszego miesiąca lipca, w gruncie na głębokości 20 cm zamyka się termoizopleta 16,5 — 17°C (Cecerleg, Ułan Bator). Podobne wartości otrzymano w lipcu 1975 r. w kotlinie w punktach C i D. Nieco niższe temperatury były w punktach obserwacyjnych A (14,7°C) i B (12,2°C) — tab. 1. Różnice w temperaturze wynikają z cech fizycznych gruntów (odmienne składy mechaniczne) i warunków orograficznych. Pośrednio o składzie mechanicznym gruntu świadczą warunki filtracyjne określane czasem przepływu wody w gruncie przez cylinder Burgera. Dokonane pomiary w kotlinie wskazują, że najdogodniejsze

Ryc. 4. Przebieg średnich wieloletnich termoizoplei na stacjach klimatycznych w Kobdo, Ułan Bator, Czojbałsan, Dałanzadgad; 1 — temperatury od -10° do -20°C, 2 — temperatury poniżej -20°C, 3 — temperatury powyżej 20°C, 4 — temperatury od 10°C do 20°C, 5 — termoizoplety co 10°C, 6 — termoizoplety co 2°C, 7 — termoizoplety co 1°C

Occurrence of the mean years' thermoisopleths in Kobdo, Ułan Bator, Czojbałsan and Dałanzadgad; 1 — temperatures from -10°C to -20°C, 2 — temperatures below -20°C, 3 — temperatures above 20°C, 4 — temperatures from 10°C to 20°C, 5 — thermoisopleths of every 10°C, 6 — thermoisopleths of every 2°C, 7 — thermoisopleths of every 1°C



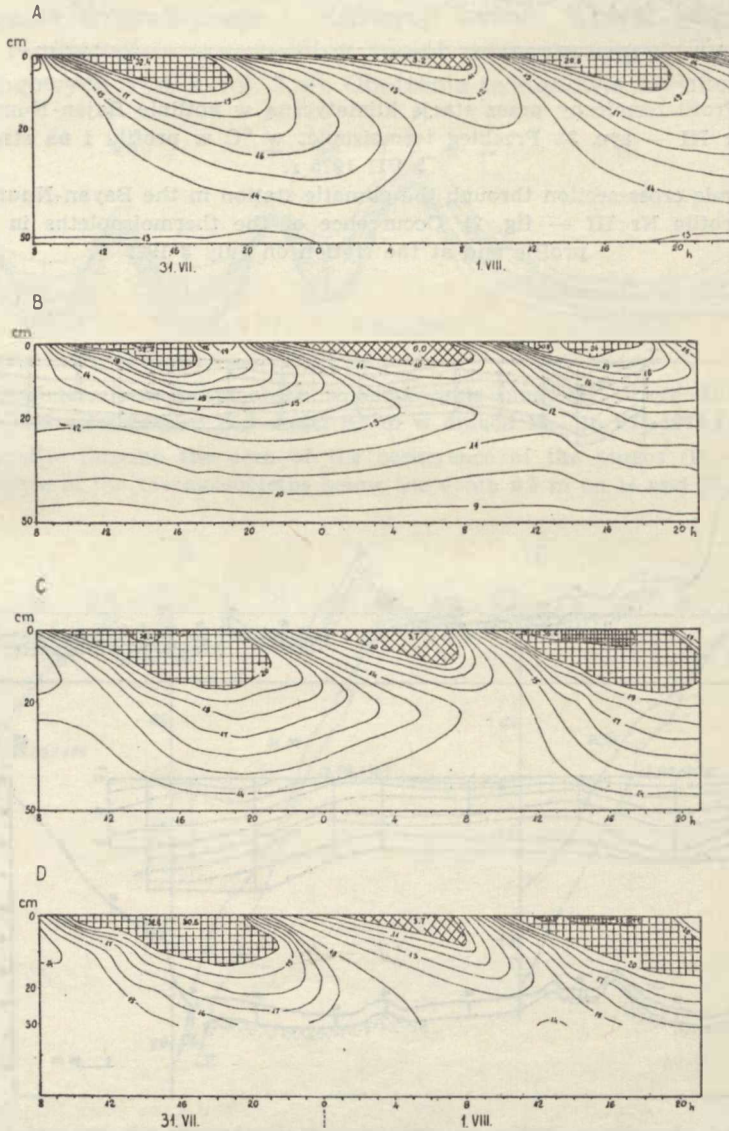
Ryc. 6. Przepuszczalność gleb w cm/min. w punktach obserwacyjnych: 1 — stacja klimatyczna w kotlinie (B), 2 — obniżenie międzypingo (C), 3 — stok południowy pingo (D), 4 — główna stacja klimatyczna w pobliżu Mandaj (A); a — pomiar na powierzchni, b — pomiar na głębokości 20 cm

Permeability of the soils in cm/min at following observation points: 1 — climatic station in the basin (B), 2 — depression between the pingos (C), 3 — southern slope of the pingo (D), 4 — the main climatic station in the vicinity of Mandaj (A); a — measurement of the surface, b — measurement at the depth of 20 cm

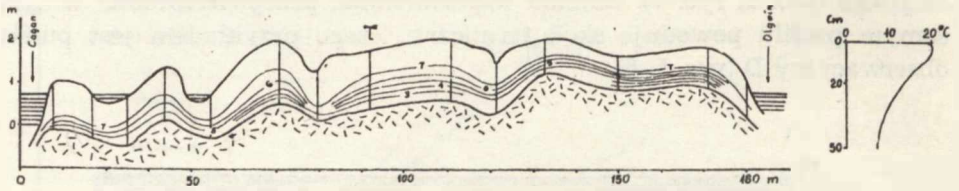
warunki infiltracyjne posiadają grunty w strefie punktu obserwacyjnego C i częściowo A na głębokości 20 cm, zaś gorsze są w B i D (ryc. 6). Ma to odzwierciedlenie w warunkach termicznych gruntu. Należy dodać, że na stacji klimatycznej A panowały niższe temperatury powietrza niż w kotlinie, stąd niższa temperatura 20 cm warstwy gruntu mimo dobrych warunków filtracyjnych.

Znacznie wyraźniej zaznacza się wpływ składu mechanicznego na rozkład temperatury, jak również na tempo nagrzewania i ochładzania gleby na głębokości 50 cm, gdzie dochodzi również oddziaływanie zmarzliny (tab. 1). W miejscach, gdzie warstwa czynna zbudowana jest z utworów łatwo przepuszczalnych (stanowisko A i C) maksimum południowe temperatury powietrza zaznacza się na głębokości 0,5 m już w okresie trzeciego pomiaru (godz. 20.00). W madzie rzecznej (B) maksimum temperatury z dnia ubiegłego zaznacza się dopiero przy pierwszej obserwacji dnia na-

stępnego (tab. 1, ryc. 7). Zmiana współczynnika przepuszczalności w tym samym profilu powoduje skok termiczny, czego przykładem jest punkt obserwacyjny D (ryc. 5, 6).

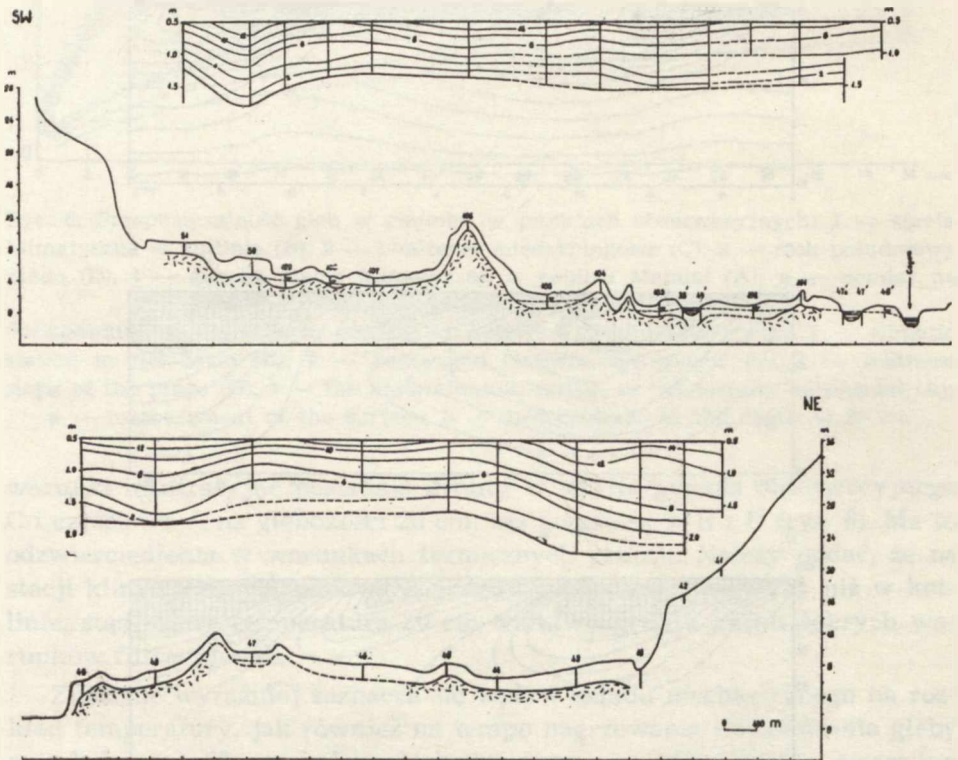


Ryc. 7. Przebieg termoisoplét w 50 cm warstwie gruntu w dniach 31 lipca i 1 sierpnia 1975 r. w punktach obserwacyjnych: A, B, C, D (objaśnienia jak na ryc. 6)
 Occurrence of the thermoisotheleth within the 50 cm thick ground layer in the days of 31 July and 1 August 1975 in the observation points A, B, C, D (explanation of Fig. 6)



Ryc. 8. Profil termiczny przez stację klimatyczną w kotlinie Bajan-Nuurin-khotnor (profil nr III — ryc. 2). Przebieg termizooplew w °C w profilu i na stacji w dniu 3 VII 1975 r.

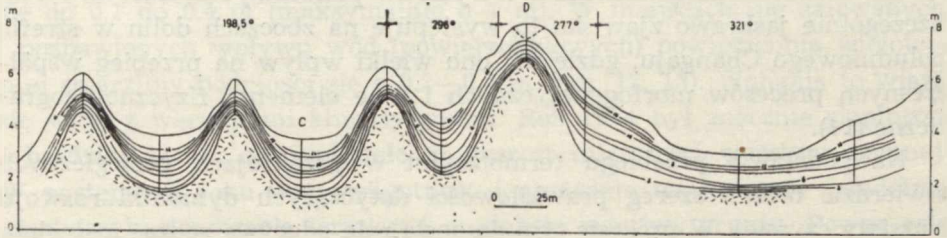
The thermic cross-section through the climatic station in the Bayan-Nuurin-khotnor Basin (profile Nr III — fig. 2). Occurrence of the thermoisoopleths in °C in the profile and at the station on July 3 1975



Ryc. 9. Profil poprzeczny przez kotlinę (ryc. 2 — I). Głębokość zalegania wieloletniej zmarzliny i przebieg termizooplew poniżej głębokości 0,5 m w dniach 4 i 5 VIII 1975 r.

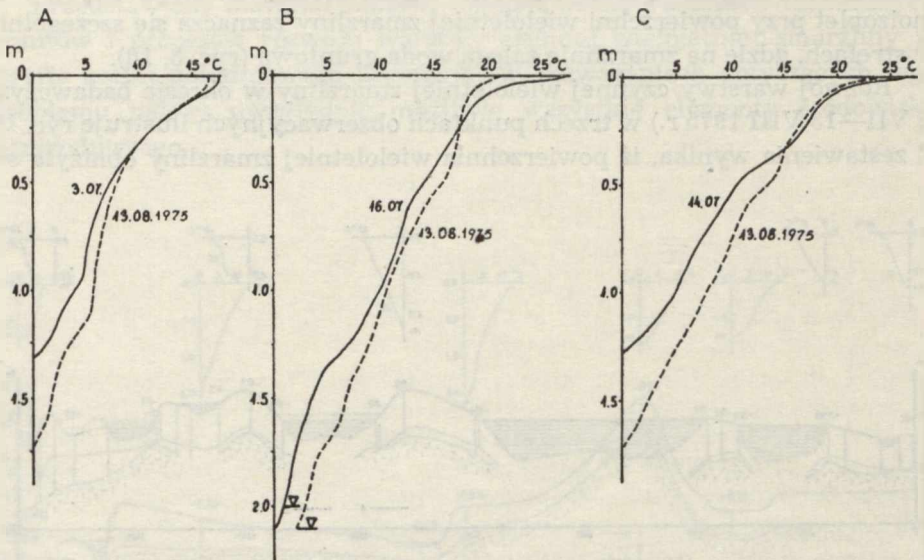
Transversal cross-section through the basin (fig. 2 — I). The depth of the occurrence of permafrost and the occurrence of the thermoisoopleths below the depth of 0,5 m in the days 4 and 5 VIII 1975

Interesująco przedstawia się rozkład temperatury w gruncie poniżej 0,5 m. Oprócz pewnych prawidłowości w przebiegu termizoopleth wynikających z rodzaju gruntu (mada: 0—7°C — ryc. 8, fot. 3, utwory piaszczyste: 0—13°C — ryc. 7) występują rozbieżności będące odzwierciedleniem zróżnicowania orograficznego i ekspozycji terenu. Wpływ orografii na przebieg termizoopleth w szczególny sposób zaznacza się w obniżeniach międzypingowych (ryc. 9, fot. 2, 4). Obniżenia te stanowią niejako „zwier-



Ryc. 10. Profil termiczny przez obszar występowania pingo (II — ryc. 2). Przebieg termizoopleth poniżej głębokości 0,5 m w dniach 14 i 16 VII 1975 r.

Thermic profile through the area of the occurrence of the pingos (II — fig. 2). The occurrence of the thermoisoopleths below the depth 0.5 m on 14 and 16 July 1975



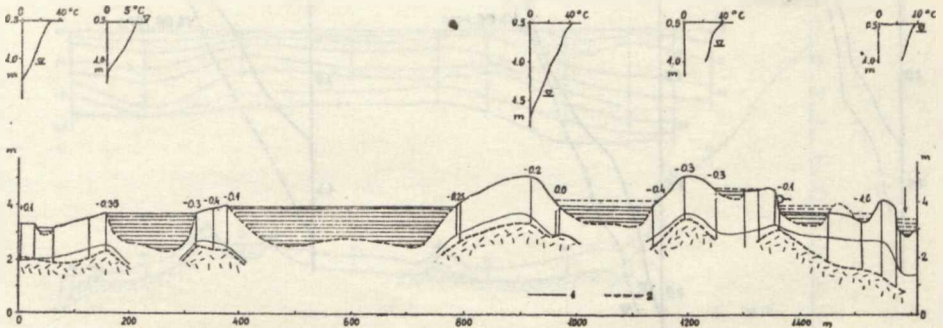
Ryc. 11. Intensywność degradacji wieloletniej zmarzliny w okresie badawczym 3 VII — 13 VIII 1975 r. i przebieg temperatury w glebie w punktach obserwacyjnych: A, B, C

The intensity of the degradation of the permafrost within the research period 3 VII — 13 VIII 1975, and the occurrence of the temperature of the soil in observation points A, B, C

ciadło wklęsłe” skupiające promienie słoneczne i zmniejszają wymianę powietrza. Prowadzi to do podwyższenia temperatury powietrza i gruntu (tab. 1), w wyniku czego wzrasta miąższość warstwy czynnej w obniżeniach do 3 m, podczas gdy na pagórach wynosi ona od około 1,5 m do 2 m. Ekspozycja zboczy odgrywa dużą rolę w rozkładzie temperatury w gruncie i wpływa na miąższość warstwy czynnej (ryc. 10). Na stokach o wystawie południowej w strefie pagórków pingo i na zboczach kotliny przekracza 2 m. Natomiast na stokach o wystawie północnej dochodzi do 1,5 m. Szczególnie jaskrawo zjawisko to występuje na zboczach dolin w strefie południowego Changaju, gdzie ma ono wielki wpływ na przebieg współczesnych procesów morfogenetycznych i inne elementy fizyczno-geograficzne (14).

Na podstawie przebiegu termozoplei w przekrojach geologicznych stwierdzić można szereg prawidłowości dotyczących dynamiki rozwoju warstwy czynnej. W procesie tym doniosłą rolę odgrywa rodzaj materiału budującego utwory pokrywowe. W strefach występowania utworów piaszczystych przebieg termozoplei o tych samych wartościach jest spokojny i rytmiczny (ryc. 9, 10). W profilach glebowych zbudowanych z mułków (mada rzeczna) następuje frontalna degradacja zmarzliny. Termozoplety układają się koncentrycznie (ryc. 8). Zagęszczenie jednostopniowych termozoplei przy powierzchni wieloletniej zmarzliny zaznacza się szczególnie w strefach, gdzie na zmarzlinie zalega woda gruntowa (ryc. 8, 10).

Rozwój warstwy czynnej wieloletniej zmarzliny w okresie badawczym (3 VII—13 VIII 1975 r.) w trzech punktach obserwacyjnych ilustruje ryc. 11. Z zestawienia wynika, iż powierzchnia wieloletniej zmarzliny obniżyła się



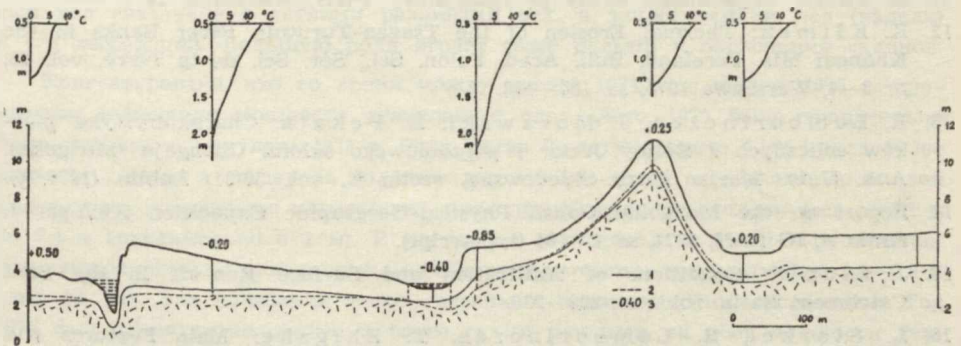
Ryc. 12. Profil poprzeczny przez starorzecza rzeki Cagan oraz przebieg temperatury w wybranych profilach glebowych. Różnice w głębokości zalegania wieloletniej zmarzliny w okresie między lipcem 1974 r. — 1 a lipcem 1975 r. — 2

Transversal profile through the old river beds of the river Cagan and the temperature occurrence in the chosen soil profiles. The differences in the depth of the occurrence of permafrost during the period between July 1974 — 1, and July

o około 50 cm, mimo że nie zaznaczyły się wyraźne zmiany termiczne gruntu.

Stwierdzono, że w okresie między lipcem 1974 a 1975 r. nastąpiły zmiany w miąższości warstwy czynnej. Lato 1975 r. było znacznie wilgotniejsze niż lato 1974 r. Rzeka Cagan-Turutuin (fot. 5, 6) posiadała wyższe stany wody (3, 12) i nastąpiły większe wylewy. W strefach, gdzie warstwa czynna ulegała nawodnieniu, powierzchnia wieloletniej zmarzliny obniżyła się od 0,1 do 0,4 m (maksymalnie o 1 m). W miejscach nie zalewanych i pozbawionych wpływu wód (powierzchniowych) powierzchnia wieloletniej zmarzliny podniosła się o 0,2—0,5 m (ryc. 12, 13). Wahania te wiążą się ściśle z warunkami klimatycznymi. Rok 1974 był znacznie cieplejszy i bardziej suchy, co wpłynęło na wzrost miąższości warstwy czynnej. W następnym roku duża wilgotność i obniżenie temperatury powietrza zmniejszyły penetrację termiczną w głębsze warstwy gruntu. Pewną rolę mogły odegrać pokrywy lodowe (naledi) tworzące się w zimie i ulegające w czasie wiosny nierównomiernemu topnieniu. Jednak czynnikiem decydującym w rozwoju warstwy czynnej były wody powierzchniowe wsiąkające w podłoże.

Przedstawiony materiał stanowi wstępną ocenę warunków termicznych gruntów i procesów rozwoju warstwy czynnej wieloletniej zmarzliny w strefie kotlin południowego Changaju. W rozważaniach dotyczących tego problemu należy uwzględnić możliwie wszystkie elementy środowiska przyrodniczego.



Ryc. 13. Profil poprzeczny przez rzekę Cagan, jej starorzecza i pingo w pobliżu stacji klimatycznej B (fot. 2); objaśnienia jak na ryc. 12
 Transversal profile through the river Cagan, its old river beds and pingo in the vicinity of the climatic station B (phot. 2); explanation as in Fig. 12

LITERATURA

1. B. Avirmid, T. Niedźwiedź: Diurnal Variability of Weather Elements in Summer on the Southern Slope of the Khangai. Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. de la Terre vol. 23, nr 3—4, Warszawa 1975, ss. 155—162.
2. Z. Babiński, M. Grześ: Forms of Permafrost Degradation in the Bayan-Nuurin-khotnor Valley. *ibid.*, ss. 177—184.
3. W. Froehlich, J. Słupik, T. Sugar: Means of Alimentation of the Tsagan-Turutuin-gol. *ibid.*, ss. 171—176.
4. W. Froehlich, J. Słupik: The Pattern of Natural Irrigation of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin, Possibilities of Imitating this Pattern. *ibid.*, ss. 193—195.
5. M. K. Gawriłowa: Klimaticzeskije (ciepłobałansowyje) faktory formirowania mnogoletniemorzłych gornych porod w Mongolskiej Narodnoj Riepublikie. II Miedzunarodnaja Konfierencyja po Mierzłotowiedieniju, Akademia Nauk SSSR, t. 1. Jakuck, ss. 60—64.
6. M. K. Gawriłowa: Klimaticzeskije faktory formirowanija i razwitija mnogoletniemorzłych gornych porod. Geokriologiczeskije usłowija Mongolskiej Narodnoj Riepubliki. Trudy, wyp. 10, Izdat. „Nauka”, Moskwa 1974, ss. 12—29.
7. G. F. Grawis, S. I. Zabołotnik, A. M. Lisun, W. Ł. Suchodrowskij: Geokriologiczeskaja charakteristika Mongolskiej Narodnoj Riepubliki i niekatoryje osobiennosti razwitija miorzłych tołszcz w proszłom. II Miedzunarodnaja Konfierencyja po Mierzłotowiedieniju, Akad. Nauk SSSR, t. 2, Jakuck 1973, ss. 37—45.
8. G. F. Grawis: Geograficzeskoje rasprostranienije i moszcznost' mnogoletniemorzłych gornych porod. Geokriologiczeskije usłowija Mongolskiej Narodnoj Riepubliki. Trudy, wyp. 10, Izdat. „Nauka”, Moskwa 1974, ss. 30—48.
9. G. F. Grawis: Kriogiennoje strojenije mnogoletniemorzłych gornych porod. *ibid.* ss. 117—131.
10. Klimaticzeskij Sprawocznik Mongolskiej Narodnoj Riepubliki. T. 1, Ułan Bator 1971.
11. A. Jahn: Zagadnienia strefy peryglacjalnej. PWN, Warszawa 1970.
12. K. Klimek: Thermal Erosion of the Tsagan-Turutuin River Banks in the Khangai Mts. Foreland. Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. de la Terre, vol. 23, nr 3—4, Warszawa 1975, ss. 185—192.
13. R. Lomborinczen, J. Morawski, K. Pękala: Charakterystyka piaszków eolicznych z Doliny Jezior i południowego skłonu Changaju (Mongolia). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. 30/31, Lublin (1975/76).
14. Report on the Mongolian-Polish Physical-Geographic Expedition Khangai 1, Kraków, IG PAN, 1974, ss. 1—104 (typescript).
15. J. Słupik: Conditions of Infiltration and Surface Run-off in the Sant Catchment Basin. *Ibid.*, ss. 233—236.
16. L. Starkel, R. Lomborinczen, T. Zhigzhe: Main Features and Evolution of the Relief of the Tsagan-Turutuin-gol Catchment Basin. *Ibid.*, ss. 143—147.
17. S. I. Zabołotnik: Siezonnije promierzanije i protaiwanije gruntow. Geokriologiczeskije usłowija Mongolskiej Narodnoj Riepubliki, Trudy, wyp. 10, Izdat. „Nauka”, Moskwa 1974, ss. 49—73.

OBJAŚNIENIA FOTOGRAFII

Fot. 1. Widok ogólny kotliny Bajan-Nuurin-chotnor.

Fot. 2. Stacja klimatyczna (B). Na drugim planie strefa form pingo.

Fot. 3. Koryto rzeki Olgoin w rejonie badań. Nierówna powierzchnia terasy wywołana procesami pęcznienia mrozowego i zjawiskami termokrasu.

Fot. 4. Pojedyncza forma pingo w kotlinie położonej na południe od terenu badań.

Fot. 5. Północna część kotliny Bajan-Nuurin-chotnor. Rozlewiska rzeki Cagan-Turutuin w lipcu 1974 r.

Fot. 6. Degradacja zmarzliny w sąsiedztwie koryt rzecznych w północnej części kotliny Bajan-Nuurin-chotnor w lipcu 1974 r.

Fotografie wykonał K. Pękala.

РЕЗЮМЕ

Предлагаемая работа является предварительной оценкой термических условий грунтов и процессов развития деятельного слоя многолетней мерзлоты в условиях континентального климата, сухого в пределах котловин зоны южного склона Хангая. Исследования проводились во время Монгольско-Польской физико-географической экспедиции в годы 1974—1975. На фоне термических условий в избранных климатических станциях Монголии (рис. 3—5) представлены термина и характеристика деятельного слоя многолетней мерзлоты (рис. 6—13). Указано, что в условиях сухого холодного климата на термические условия грунта и мощность деятельного слоя влияет ряд факторов. В районе котловины Баян-Нуурин-хотнор влияющие факторы это: температура воздуха и температура на поверхности грунта, физические свойства грунтов (механический состав и проницаемость), водные соотношения, особенно залегание поверхностных вод связанное с летними разливами рек, а также зимний лед (наледи) и его деградация. Большую роль играет тоже рельеф и экспозиция склонов.

Констатировано, что во время между июлем 1974 г. а июлем 1975 г. произошли изменения мощности деятельного слоя. Лето 1975 было значительно более влажным, чем лето 1974 г. Река Цаган Турутуин (фото 5, 6) имела более высокие уровни и создавала большие разливы. В зонах, где деятельный слой подвергался наводнению поверхность многолетней мерзлоты понизилась от 0,1 м до 0,4 м (максимально о 1 м). В местах не заливаемых и лишенных влияния вод (поверхностных) поверхность многолетней мерзлоты поднималась о 0,2—0,5 м (рис. 13, 14). Эти колебания тесно связаны с климатическими условиями. Год 1974 был значительно теплее и более сухим, повлиял на рост мощности деятельного слоя. В следующем году значительная влажность и понижение температуры воздуха уменьшили термическое проникновение в более глубокие слои грунта. Некоторую роль могли сыграть ледяные покровы (наледи) образовавшиеся зимой и неравномерно таящие весной. Однако решающим фактором в развитии деятельного слоя были поверхностные воды, проникающие в грунт.

ОБЪЯСНЕНИЯ РИСУНКОВ И ФОТОГРАФИЙ

Рис. 1. Положение котловины Баян-Нуурин-хотнор в зоне южного Хангая по Климке (II).

Рис. 2. Эскиз южной части котловины Баян-Нуурин-хотнор; I—IV — поперечные профили.

Рис. 3. Ход средних многолетних температур воздуха на станции Галлут (1) и Улан Батор (2); а — максимальные месячные температуры воздуха; б — средние месячные температуры воздуха; с — средние годовые температуры; д — среднемесячные минимальные температуры воздуха; е — минимальные месячные температуры воздуха.

Рис. 4. Ход средних многолетних термоизоплет на климатических станциях в Кобдо, Улан Батор, Чайбалсан, Даланзадгад; 1 — от 10°C до 20°C; 2 — температуры ниже — 20°C; 3 — температуры выше 20°C; 4 — температуры от 10°C до 20°C; 5 — температуры каждые 10°C; 6 — температуры каждые 2°C; 7 температуры каждые 1°C.

Рис. 5. Ход средних многолетних термоизоплет 20 см слоя грунта на избранных климатических станциях Монголии.

Рис. 6. Проницаемость почв см/мин. в наблюдательных пунктах: 1 — климатическая станция в котловине (В); 2 — межпинговое понижение (С); 3 — южный склон пинго (D); 4 — главная климатическая станция близ Мандал (А); а — измерение на поверхности; б — измерение на глубине 20 см.

Рис. 7. Ход термоизоплет в 50 см слое грунта 31 июля и 1 августа 1975 в наблюдательных пунктах: А, В, С, D (объяснения как в рис. 6).

Рис. 8. Термический профиль через климатическую станцию в котловине Баян-Нуурин-хотнор (профиль № III — рис. 2). Ход термоизоплет в °C в профиле и на станции 3 VII 1975 г.

Рис. 9. Поперечный профиль через котловины (рис. 2—1). Глубина залегания многолетней мерзлоты и ход термоизоплет ниже глубины 0,5 м 4/5 VIII 1975 г.

Рис. 10. Термический профиль через район наличия пинго (II — рис. 2). Ход термоизоплет ниже глубины 0,5 м 14 и 16 VII 1975 г.

Рис. 11. Интенсивность деградации многолетней мерзлоты за время исследований 3 VII—13 VIII 1975 г. и ход температуры в почве в наблюдательных точках: А, В, С.

Рис. 12. Поперечный профиль через старицы реки Цаган и ход температуры в избранных почвенных профилях. Различия в глубине залегания многолетней мерзлоты за время между июлем 1974 г. — 1, а июлем 1975 г. — 2.

Рис. 13. Поперечный профиль через реку Цаган, ее старицы и пинго близ климатической станции В (фото 2). Объяснения как на рис. 12.

Фото 1. Общий вид котловины Баян-Нуурин-хотнор.

Фото 2. Климатическая станция (В). На втором плане зона форм пинго.

Фото 3. Русло реки Ольгоин в районе исследований. Неровная поверхность террасы обусловленная процессами морозного набухания и термокарстовых явлений.

Фото 4. Единичная форма пинго в котловине расположенной на юг от района исследований.

Фото 5. Северная часть котловины Баян-Нуурин-хотнор. Разливы реки Цаган-Турутуин в июле 1974 г.

Фото 6. Деградация мерзлоты в соседстве речных русел в северной части котловины Баян-Нуурин-хотнор в июле 1974 г.

Табл. 1. Температуры грунтов.



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6

SUMMARY

The paper is a preliminary estimation of the thermic conditions of the ground and of the development processes of the active layer of the permafrost in the dry continental climate in the area of the valleys within the zone of the southern slope of Khangaj. The researches were carried out during the Mongolian-Polish Physico-Geographical Expedition in the years 1974 and 1975. On the background of the thermic conditions at the chosen climatic stations of Mongolia (Figs. 3—5) thermic conditions and characteristics of the active layer were shown (Figs. 6—13). It has been asserted that in the dry-cold climate many factors influence not only the thermic conditions of the ground but also the thickness of the active layer. Within the area of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin the factors are: air temperature, the temperature of the surface of the ground, physical features of the ground (mechanical composition and permeability), water conditions, especially the occurrence of the surface waters, resulting from the summer floods of the rivers, and also winter ice ("naledi") and its degradation. The important part plays also morphology of the terrain and exposition of the slopes.

It has been stated that in the time between July 1974 and July 1975 changes in the thickness of the active layer occurred. The summer of 1975 was much wetter than the summer of 1974. The river Cagan Turutuim (photos. 5, 6) had higher water levels and greater floods occurred. In the zones where the active layer was watered, the surface of the permafrost lowered from 0.1 to 0.4 m (down to maximum 1 m). In the areas neither watered nor having superficial water influx, the surface of the permafrost raised up to 0.2—0.5 m (Figs. 13, 14). These oscillations are closely connected with climatic conditions. The year 1974 was much warmer and dryer, and this influenced the growth of the thickness of the active layer. In the next year the great humidity and lower air temperature caused the reduction of the active layer. A certain part might have been played by the ice covers ("naledi"), arising in winter and undergoing unequal melting during the spring. But the decisive factors in development of the active layer were the superficial waters percolating into the substratum.

EXPLANATIONS TO PHOTOGRAPHS

Phot. 1. General aspect of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin

Phot. 2. Climatic station (B). In the background the zone of the pingo forms

Phot. 3. The bed of the river Olgoin in the region of the researches. The uneven surface of the terrace results from the processes of the frost heaving and from the thermo-karst phenomena.

Phot. 4. Single form of the pingo in the Basin situated south of research terrain.

Phot. 5. Northern part of the Bayan-Nuurin-khotnor Basin. Flood waters of the river Cagan-Turutuim in July 1974.

Phot. 6. Degradation of permafrost in the vicinity of the river beds in the northern part of the Bajan-Nuurin-khotnor Basin in July 1974 (photographs by K. Pękala).

