



Bohdan Mucha

Lwowski Uniwersytet Narodowy im. Iwana Franki
Wydział Geografii, Zakład Geografii Fizycznej
ul. Doroszenka 41, Lwów, Ukraina
pbmucha@yahoo.de

Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe
Problemy Ekologii Krajobrazu, tom XVI
Warszawa 2006

Badania na stacji terenowej Wydziału Geografii Uniwersytetu Lwowskiego na Roztoczu Południowym

The investigation at the Geographical Station
of Lvov University in the Southern Roztocze

Abstract: The results of landscape investigations at the Geographical Station and neighboring areas conducted during last 35 years are presented. They include landscape maps and topo-climate maps. Besides, results of soil investigations as well as water and radiation balance calculations are demonstrated. The method of preparation of landscape insolation map is proposed.

Key words: landscape units, meteorological measurement, actinometry measurement, topoclimate, radiation balance, water balance, heat balance

Słowa kluczowe: jednostki krajobrazowe, pomiar meteorologiczny, pomiar aktynometryczny, topoklimat, bilans radiacyjny, bilans wodny, bilans cieplny

Uniwersytet Lwowski ma kilka stacji terenowych (geograficznych „stacjonarów”), które prowadzą badania krajobrazowe: sporządzają mapy geokompleksów w różnej skali oraz zajmują się analizą cech geomorfologicznych, topoklimatycznych, aktynometrycznych, hydrologicznych, glebowych i biocenotycznych. Są to następujące stacje: Szacka, Roztocka (na Roztoczu Południowym), Dniestrzańska (na Podkarpaciu) i Czarnogórska (w Karpatach Wschodnich).

Stacja na Roztoczu Południowym funkcjonuje od 1969 r. jako stacja meteorologiczna, a od 1971 r. została przekształcona w stację krajobrazowo-geofizyczną (Mucha 1980, 2004).

W prowadzonych pracach wykorzystane są doświadczenia stacji: Instytutu Geografii Syberii (A.A. Krauklis), Uniwersytetów Moskwy (W.K. Żuczkowa, K.N. Djakonow), Kijowa (W.T. Gryneweckyj), a w szczególności Uniwersytetu w Tbilisi (N.L. Beruczaszwili). Znane są także osiągnięcia geografów polskich, a zwłaszcza wyniki badań w Pińczowie (*Prace i Studia Geograficzne* 2000) i w Szymbarku (Starkel, Gil 1994).

Od początku funkcjonowania stacji na Roztoczu prowadzone były dwa programy badań terenowych: obserwacje meteorologiczne i aktynometryczne w ogródku meteorologicznym oraz terenowe kartowanie jednostek krajobrazowych w skali 1:10 000. Obecnie stacja dysponuje 35-letnią serią pomiarów meteorologicznych i 33-letnią serią pomiarów aktynometrycznych. Na terenie stacji i w jej okolicach założono 176 punktów badawczych i wykonano kartowanie krajobrazowe na terytorium o wielkości 35 km². Na podstawie tej dokumentacji przeprowadzono delimitację i typologię jednostek krajobrazowych. Określono strukturę jednostek krajobrazowych, obliczono dominanty i subdominanty w odniesieniu do jednostek o różnej powierzchni i częstości ich występowania. Mapa krajobrazu stanowi podstawę do wyboru transektu, na którym prowadzono badania geofizyczne. Podstawowym ich celem było uzyskanie ciągłych serii danych ilościowych odzwierciedlających dynamikę jednostek krajobrazowych i oddających przebieg odbywających się w nich procesów, jak również wyznaczenie współczynników regresji pomiędzy cechami badanych jednostek krajobrazowych. Współczynniki te określono niezależnie w różnych porach roku i przy różnych sytuacjach pogodowych.

Wykonano pomiary: mikroklimatyczne, aktynometryczne i luksometryczne, wilgotności gleby (do głębokości 150 cm), parowania fizycznego i transpiracyjnego, grubości warstwy śniegu i zapasów wody w śniegu, fitoprodukcji (traw na łące i w lesie), sezonowej zmiany fizycznych wskaźników gleby, zawartości humusu, azotu, fosforu i potasu oraz innych fizycznych, hydrofizycznych i fizyko-chemicznych parametrów gleby, (pH – wodnego i solnego, zdolności cząsteczek gleby poszczególnych warstw do pęcznienia przy wzroście wilgotności). Obliczono także parametry bilansów promieniowania słonecznego i składowe bilansów: wodnego i cieplnego. Wykorzystano rejestratory elektroniczne, aby rozpoznać dynamikę gradientów temperatury w przygrunтовой warstwie (do $h = 9$ m). Sporządzono mapy: insolacyjne geokompleksów w odniesieniu do czterech pór roku i całego roku, zróżnicowania czasu topnienia pokrywy śnieżnej, walorów rekreacyjnych i inne. Obliczono też daty początków sezonów (pór roku) i czas ich trwania na podstawie tendencji parametrów geofizycznych, obliczono jakość i trwałość stanów geofizycznych jednostek krajobrazowych na Roztoczu Południowym. Niektóre rezultaty tych badań demonstrujemy w niniejszym artykule.

Badania topoklimatyczne rozpoczęto w latach 70. XX w. Prowadzono je psychrometrami aspiracyjnymi. Pomiary prowadzono co 6 godzin synchronicznie w 11 punktach transektu. W ostatnich latach powtórzono pomiary topoklimatyczne w niektórych punktach wykorzystując rejestratory automatyczne (model Tinytag Ultra TGU-1500). Rejestratory były zaprogramowane na odczyt wskaźników z interwałem 30 minut, co pozwoliło wyjaśnić szczegóły zmian temperatury powietrza w różnych jednostkach krajobrazowych. Okazało się, że w warunkach Roztocza Południowego różnice przebiegu temperatury

i wilgotności powietrza w punktach transektu do wartości temperatury powietrza w ogródku meteorologicznym zmienia się w granicach 0,9–1,3 (tab. 1). Współczynniki te obliczono na podstawie około 8000 pomiarów w każdym punkcie, wykonanych zimą, wiosną latem i jesienią 2003 roku.

Tab. 1. Wartości stosunku temperatury powietrza w punktach, położonych w jednostkach krajobrazowych na transekcji i w ogródku meteorologicznym

Tab. 1. Transitional coefficients of air temperature in points of the RLGS's transect and in the meteoground

Pozycja	Numery punktów pomiarowych, ekspozycja i stromość stoków						
Numer punktu	10	2	3	4	5	6	8
Ekspozycja	S	NE	N	N	дно wąwozu	S	S
Stromość	1–2°	8°	12°	7°		18°	10°
Współczynniki	1	0,97	0,89	0,97	0,9	0,95	1,03

Różnice wartości temperatury powietrza w geokompleksach były minimalne zimą przy pogodzie mroźnej. Maksymalne zróżnicowanie temperatury powietrza między punktami położonymi na stokach o ekspozycji południowej i północnej pojawiało się w sezonach przejściowych – wiosennym i jesiennym, przy temperaturze 15–17°C (tab. 2).

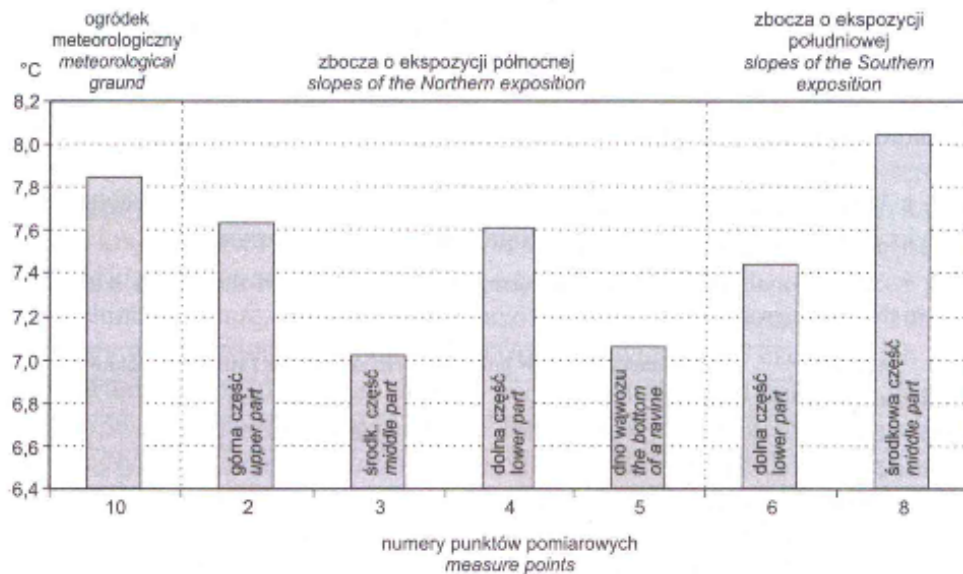
Tab. 2. Ekstremalne i średnie wartości temperatury powietrza w punktach 3 i 8 transektu RLGS w sezonach 2003 r.

Tab. 2. Extremal and mean temperature of air in the points 3 and 8 of the RLGS's transect in seasons of 2003

Zbocza o ekspozycji południowej (8) i północnej (3) wąwozu leśnego o głębokości 70 m i szerokości 320 m		Pory roku					
		Zima		Wiosna		Lato	
		Numery punktów pomiarów					
		3	8	3	8	3	8
Wartości temperatury powietrza	Maksymalna	18,6	17,1	21,4	26,1	26,5	28,70
	Minimalna	-19,4	-19,4	-12,7	-10,7	4,9	4,90
	Średnia	-6,97	-6,54	3,40	10,0	16,24	16,28

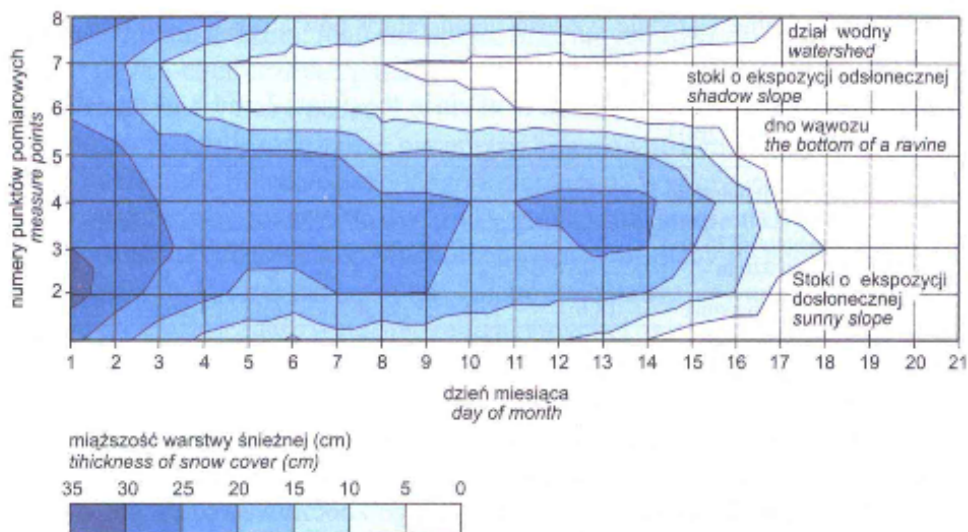
Ważny aspekt tych badań stanowiło wyjaśnienie współzależności, dynamiki wartości elementów meteorologicznych w różnych geokompleksach. I tak na przykład dolna i środkowa część północnego zbocza wąwozu o głębokości 70 m okazała się cieplejsza od innych części zboczy odsłonecznych. Potwierdza to wcześniejsze topnienie śniegu (rys. 1, 2) związane z promieniowaniem długofalowym pochodzącym ze zbocza o ekspozycji dosłonecznej.

Na transekcji dokonano pomiarów temperatury gleby termometrami elektrycznymi w różnych poziomach genetycznych, a w ogródku geofizycznym dodatkowo z interwałem 10 cm, co dało możliwość monitoringu procesów cieplnych (rys. 3).



Ryc. 1. Średnia temperatura powietrza w punktach pomiarowych na transekcje RLGS w 2003 r.

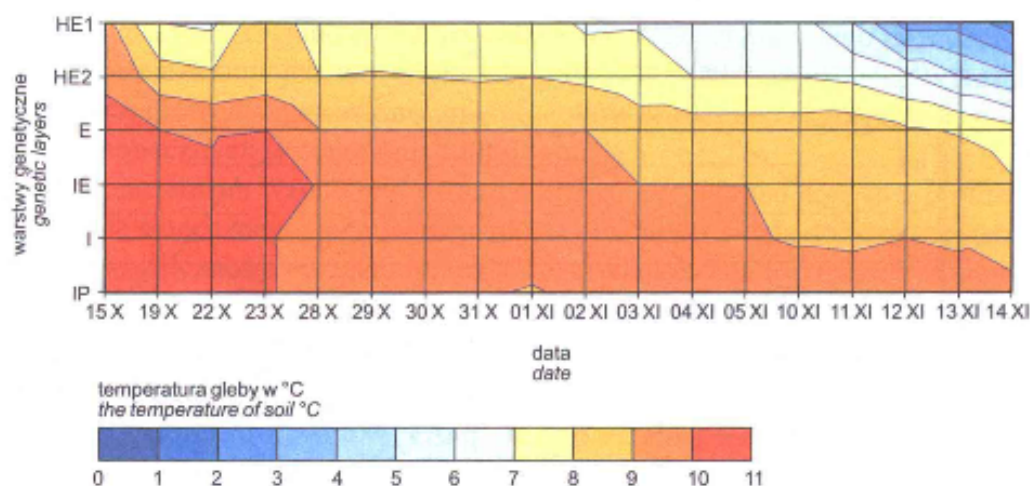
Fig.1. Mean air temperature in points along the RLGS's transect in 2003



Ryc. 2. Dynamika topnienia śniegu na transekcje RLGS (wiosna 1978 r.)

Fig. 2. The dynamics of snow melting in the RLGS's transect (spring, 1978)

Ważną dziedziną pracy stacji na Roztoczu są badania aktynometryczne i obliczanie składników bilansu promieniowania słonecznego. Obserwacje aktynometryczne w ogródku geofizycznym trwają od 34 lat i są prowadzone



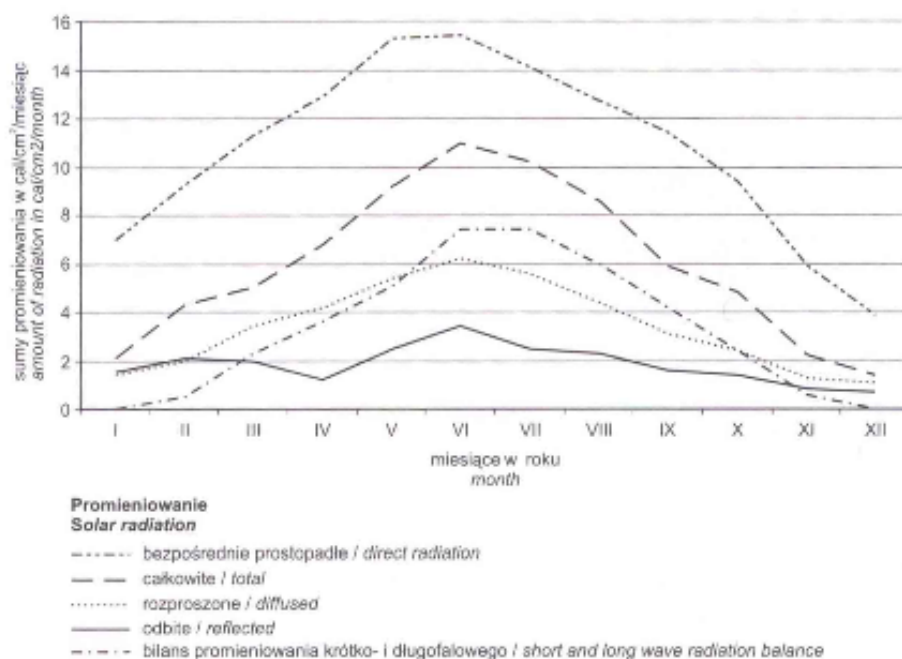
Ryc. 3. Dynamika ochłodzenia gleby w ogródku geofizycznym jesienią 1983 r.

Fig. 3. Dynamics of soil cooling in geophysical garden in autumn of 1983

sześć razy na dobę. Na transekcie badawczym dokonano też pomiarów przyrządami przenośnymi konstrukcji J. Janiszewskiego (Janiszewskij 1957) w ciągu kilku sezonów letnich jeszcze w latach 70. XX w. Rezultatem tych badań był wniosek, że na Rostoczu Południowym intensywność promieniowania całkowitego na stokach i zboczach bezleśnych eksponowanych dosłonecznie i odsłonecznie waha się w takich proporcjach jak ten sam wskaźnik na powierzchni poziomej między Budapesztem a Gdańskiem. Stwierdzono wielką różnicę w sumach promieniowania całkowitego na stokach dosłonecznych i odsłonecznych, szczególnie przy równoległej do stoków instalacji pyranometrów, a małą różnicę między stokami zachodnimi a wschodnimi. Pod szatą leśną (*Fagus sylvatica* w wieku 70–100 lat) w okresie pełnego ulistnienia drzew intensywność promieniowania słonecznego spada 20–27-krotnie.

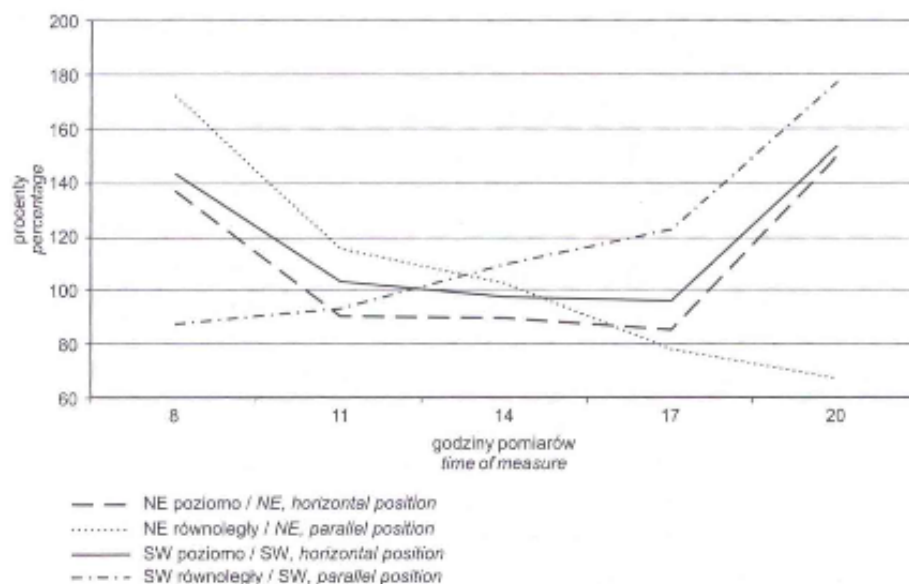
Na podstawie pomiarów aktynometrycznych dokonanych w ogródku geofizycznym (sześć terminów w ciągu doby) w ciągu ostatnich 20 lat opisano dobową i roczną dynamikę intensywności promieniowania słonecznego oraz sum ciepła dochodzącego od Słońca na powierzchnię poziomą na Rostoczu (z podziałem na promieniowanie bezpośrednie, rozproszone) oraz ich sumę (promieniowanie całkowite), promieniowanie odbite od powierzchni Ziemi oraz bilans promieniowania krótko- i długofalowego (rys. 4–7).

Dane te pozwoliły przejść do następnego etapu – opracowania modelu ich zróżnicowania przestrzennego i wykonania map insolacyjnych. Za kartograficzną podstawę posłużyła mapa krajobrazowa. Do obliczenia insolacji z legendy tej mapy wybrano parametry orientacji i stromości stoków, co pozwoliło obliczyć parametry insolacji w odniesieniu do każdego wydzielenia mapy. Szczególną uwagę zwrócono na promieniowanie bezpośrednie i jego korekcie, wynikające z tego, że z promieniowaniem tym dochodzi do Ziemi stru-



Ryc. 4. Roczny przebieg średnich miesięcznych sum promieniowania słonecznego na Roztoczu Południowym

Fig. 4. Changes of average monthly sum of solar radiation components in the Southern Roztocze



Ryc. 5. Intensywność promieniowania słonecznego na stokach północno-wschodnich i południowo-zachodnich o stromości 15 stopni przy poziomej i równoległej pozycji pyranometrów w wartości uzyskanych z pomiarów na powierzchni poziomej w lipcu

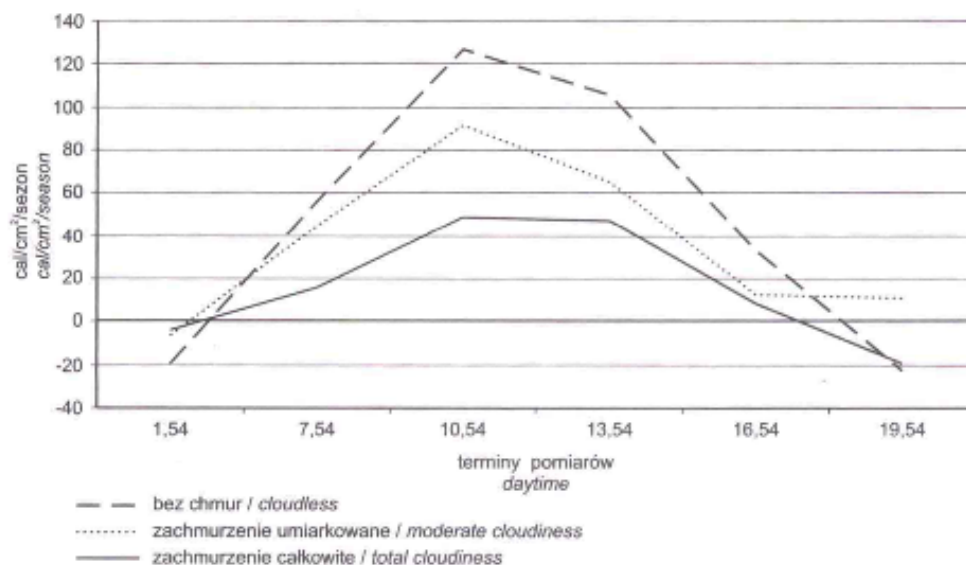
Fig. 5. Radiant intensity on the slopes NE and SW exposure and 15° inclination when the pyranometer has horizontal and parallel position in July

mień ciepła o maksymalnej intensywności i że efekt cieplny tego promieniowania uzależniony jest od wielu czynników topoklimatycznych, wyrażających się głównie przez usłonecznienie stoków oraz zmiany kąta padania promieni słonecznych w ciągu dnia i roku (rys. 5).

W obliczeniach wzięto pod uwagę także korekcję czasu dopływu promieniowania słonecznego, jego intensywności oraz ilości ciepła docierającego od Słońca w zależności od zachmurzenia. Jego wielkość na Roztoczu Południowym obliczono też według materiałów RLGS (rys. 6). Schemat obliczenia wartości sum dobowych lub miesięcznych insolacji w poszczególnych jednostkach krajobrazowych przedstawiono w postaci wzoru:

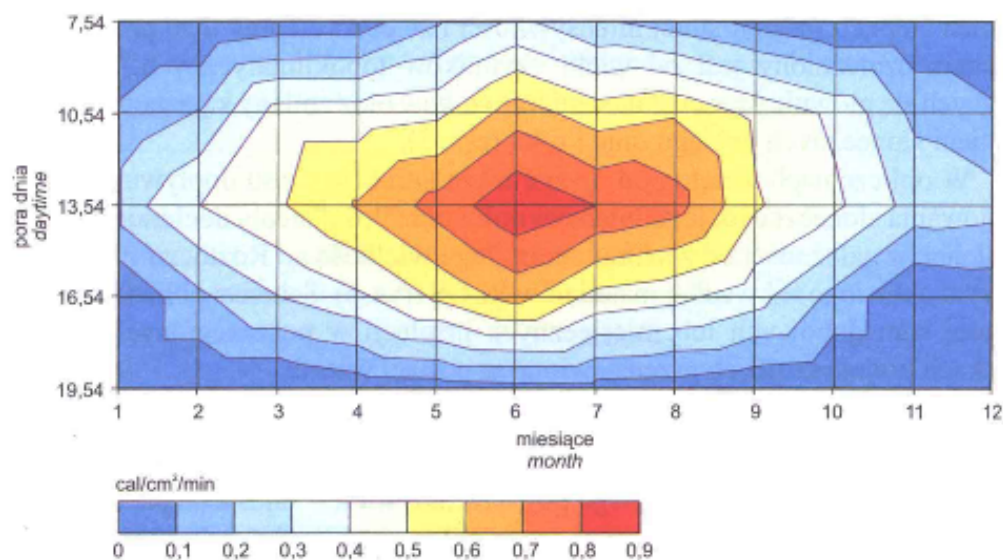
$$Q = [S_n \times \sin h \times (T\Delta_{ag} - T\Delta_{ap} - T\Delta_m) + D] \times k_{OH}$$

Gdzie: S_n – intensywność bezpośredniego promieniowania słonecznego docierającego do prostopadłej do niego powierzchni; $\sin h$ – sinus kąta padania promieni Słońca na jednostkę krajobrazową; T – czas dopływu bezpośredniego promieniowania do danej jednostki krajobrazowej; Δ_{ag} – korekcja czasu dopływu promieniowania bezpośredniego w zależności od czynników astronomicznych i szerokości geograficznej; Δ_{ap} – korekcja czasu dopływu promieniowania bezpośredniego powiązana z ekspozycją dosłoneczną lub odsłoneczną; Δ_m – korekcja czasu dopływu promieniowania bezpośredniego uzależniona od czynnika meteorologicznego (zachmurzenia); D – wielkość promieniowania rozproszonego; k_{OH} – poprawka zależna od czynnika optyczno-hipsometrycznego: funkcja ilości mas optycznych i ich przejrzystości.



Ryc. 6. Sumy dobowe bilansu promieniowania słonecznego w dniach z różnym stopniem zachmurzenia na RLGS

Fig. 6. Diurnal sum of solar radiation balance during days with different level of cloudiness



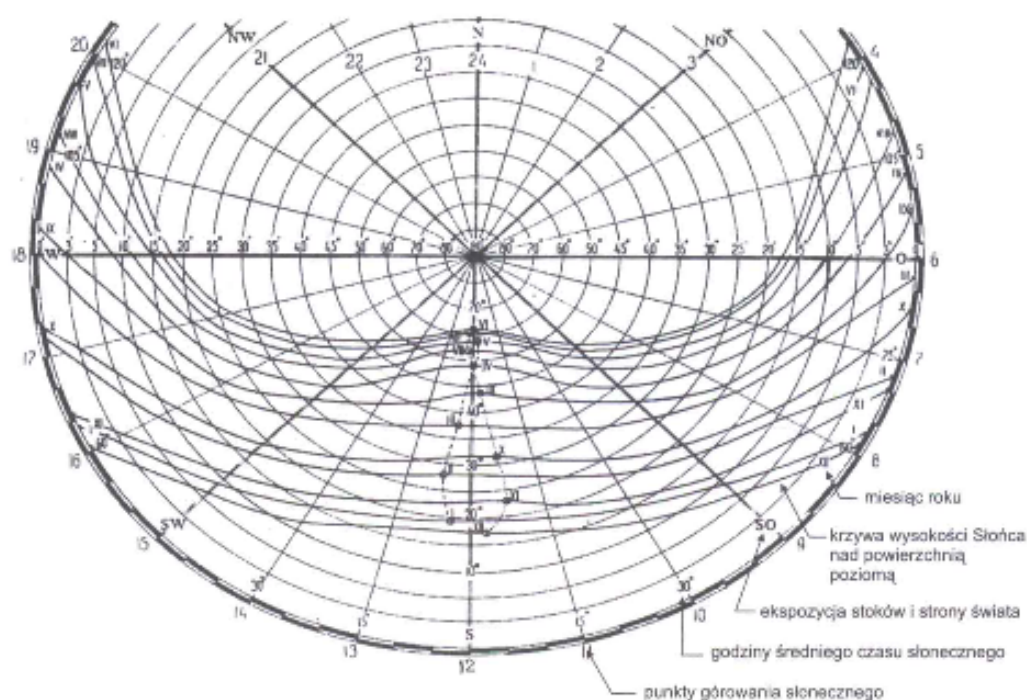
Ryc. 7. Izoplety intensywności promieniowania całkowitego na Roztoczu Południowym (w $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$) na powierzchnię poziomą (RLGD)

Fig. 7. Isoleths of total radiation on the horizontal ground in the Southern Rotocze

Dla obliczenia insolacji na stokach o różnej orientacji i stromości opracowano specjalną metodykę. Ważną jej częścią jest wyznaczenie czasu dopływu promieniowania bezpośredniego do stoków, uzależnione od pozycji astronomicznej Ziemi, szerokości geograficznej, pory dnia, orientacji stoków i ich stromości. Do tych obliczeń sporządzono specjalny nomogram (rys. 8). Pozwala on obliczyć czas insolacji od wschodu Słońca do jego zachodu na stokach o każdej ekspozycji i stromości, jak również przerwy w insolacji wywołane zacieleniem własnym tego stoku w odniesieniu do obszarów o szerokości geograficznej 50°N (rys. 9). Oprócz tego nomogram pozwala wyznaczyć: kąt padania promieni słonecznych na powierzchnię poziomą w ciągu dnia i roku, oraz momenty wschodu i zachodu Słońca, inne czasowe i kątowe parametry.

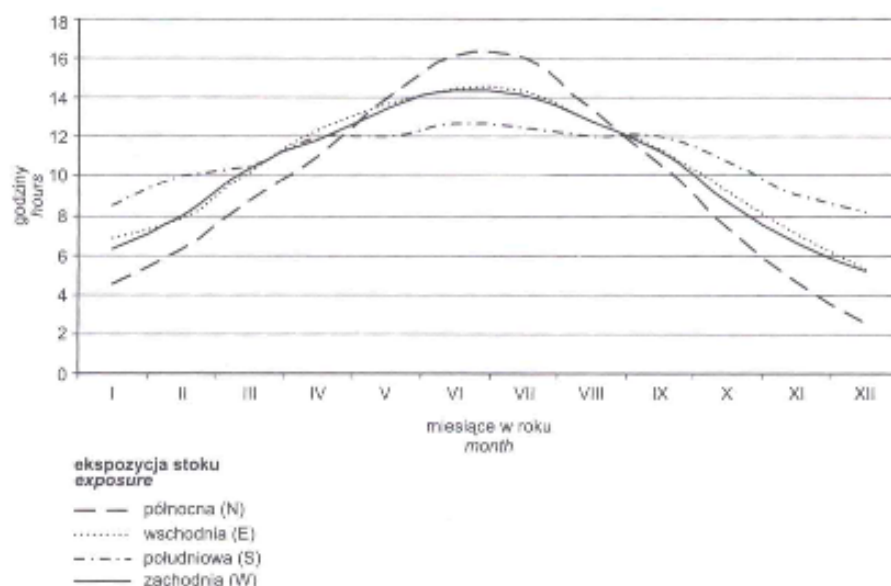
Zastosowanie mapy krajobrazowej i rezultatów badań aktynometrycznych na stacji RLGS pozwoliło obliczyć średnie miesięczne sumy promieniowania całkowitego we wszystkich jednostkach krajobrazowych na obszarze objętym mapą i stworzyć mapy krajobrazowo-insolacyjne w poszczególnych porach roku oraz całym roku.

Kolejną dziedziną pracy stacji krajobrazowo-geofizycznej na Roztoczu Południowym były badania bilansu wodnego. W ogródku geofizycznym prowadzono regularnie pomiary ilości i intensywności opadów atmosferycznych, ilości rosy, parowania fizycznego i transpiracyjnego (w ewaporometrach glebowych) oraz wilgotności gleby (metodą termostatyczno-wagową, a także za pomocą przyrządów do pomiarów oporu elektrycznego gleby (rys. 10).



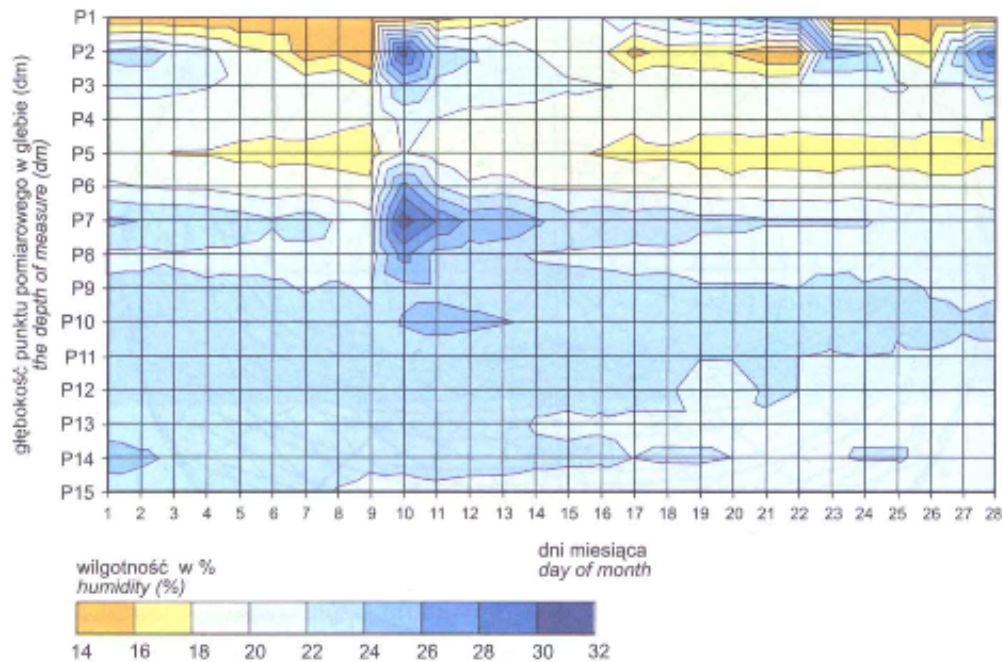
Ryc. 8. Nomogram do obliczenia potencjalnego czasu dopływu promieniowania słonecznego do stoków o różnej orientacji i ekspozycji na $\varphi = 50^\circ$ szerokości geograficznej północnej

Fig. 8. The nomogram for estimation of potential duration of solar radiation on the slopes of different exposure and inclination on $\varphi = 50^\circ$ of the Northern latitude



Ryc. 9. Średnie dobowe usłonecznienie stoków o różnej ekspozycji i nachyleniu 15° w poszczególnych miesiącach (w godzinach)

Fig. 9. Daily average radiation on 15° slopes with different exposure



Ryc. 10. Dynamika wilgotności gleby brunatnej właściwej (w %) przed wystąpieniem deszczu ulewnego (18 mm) w lipcu 1978 i po nim na RLGS

Fig. 10. Dynamics of soil humidity (cambisols) (%) before and after cloudburst (18 mm) on the RLGS, in July, 1976

Prowadzono specjalne regularne pomiary pokrywy śnieżnej (grubość warstwy i zapasy wody w śniegu), zwłaszcza w okresie jej topnienia (rys. 2).

Czujniki wilgotności zainstalowano w glebie co 10 cm do głębokości 150 cm, a oprócz tego w poszczególnych jej warstwach genetycznych (gleby brunatne właściwe typowe i szarobrunatne). Oprócz ogródka geofizycznego takie czujniki były założone jeszcze w ośmiu punktach transektu RLGS w poziomach genetycznych gleby.

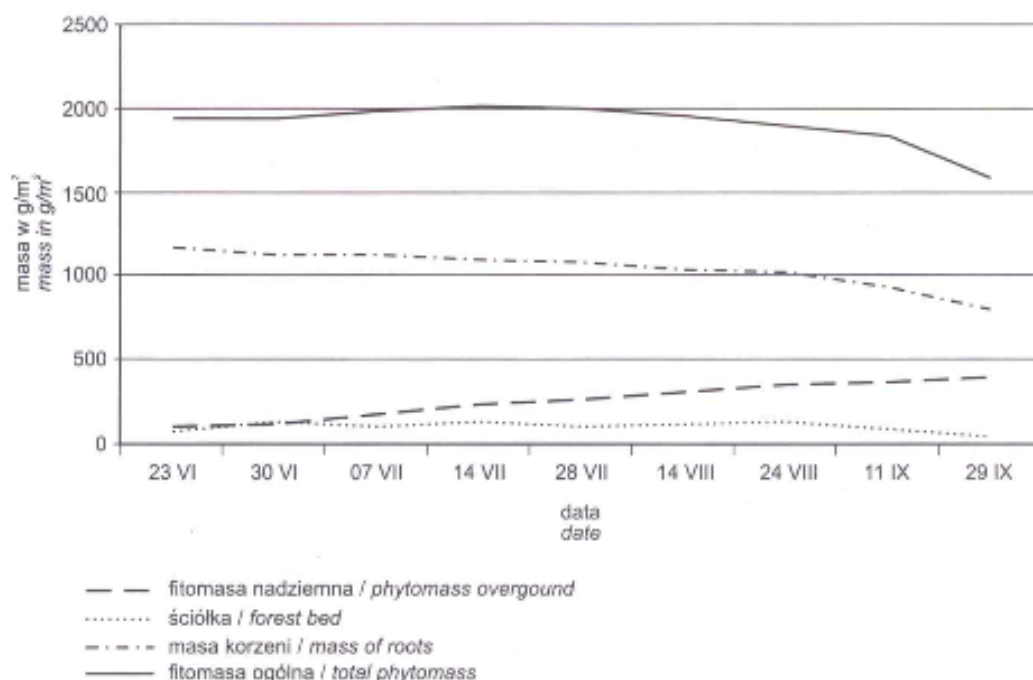
Przy wykonywaniu odkrywek glebowych prowadzono badania terenowe i pobrano próbki z warstw genetycznych do wyznaczenia terenowego i laboratoryjnego parametrów struktury gleby: ciężaru gatunkowego (właściwego) i względnego, porowatości, frakcji granulometrycznych, wilgotności, objętości kapilarnej, zdolności do pęcznienia.

Pomiary wilgotności w ogródku geofizycznym wykonywano metodą klasyczną raz na tydzień i metodą elektryczną dwa razy dziennie, a przy opadach deszczu – zależnie od ich sumy. Na punktach transektu pod szatą leśną liczbę pomiarów zmniejszono do jednego na trzy dni, a w okresie zimowym – do jednego na tydzień. Okazało się, że do interpretacji dynamiki wilgotności gleby, a w szczególności do wytłumaczenia przepuszczalności wody przez glebę, bardzo ważną cechą gleb brunatnych (okresowo przemrywanych) z poziomami

diagnostycznymi eluwialnymi oraz iluwialnymi jest ich zdolność do pęcznienia. Odbywa się ono początkowo (pierwsze 30 minut) bardzo szybko i silnie zmniejsza przepuszczalność wody w warstwie powierzchniowej, a następnie w poziomie iluwialnym. Przy deszczach ulewnych po długotrwałych okresach suchych odbywa się gwałtowna infiltracja wody przez szczeliny do głębszych warstw gleby (rys. 10, 10 lipca), a w tej samej glebie o dużej wilgotności infiltracja wody jest utrudniona (rys. 10, 20–28 lipca) i formuje się spływ powierzchniowy. Rozprzestrzenianie się wody w takiej glebie odbywa się kapilarami gleby i uzależnione jest od cech hydrofizycznych warstw glebowych (rys. 10).

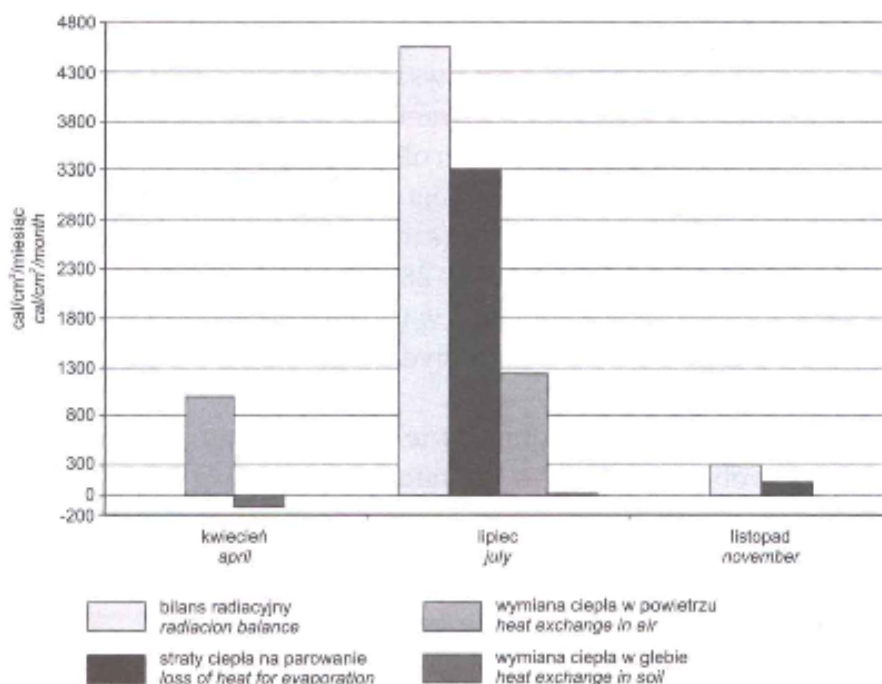
Synchroniczne badania dynamiki wielu komponentów jednostek krajobrazowych oraz obliczenie typów i trwałości stanów (wg N. Bieruczaszwili) pogodowych w jednostkach krajobrazowych pozwoliło interpretować dynamikę fitoprodukcji, uzależniając ją od bilansów: wodnego i cieplnego (rys. 11, 12, 13).

Rezultaty badań Stacji Krajobrazowo-Geofizycznej Uniwersytetu Lwowskiego na Roztoczu Południowym znacznie wzbogaciły wiadomości o funkcjonowaniu jednostek krajobrazowych tego regionu.



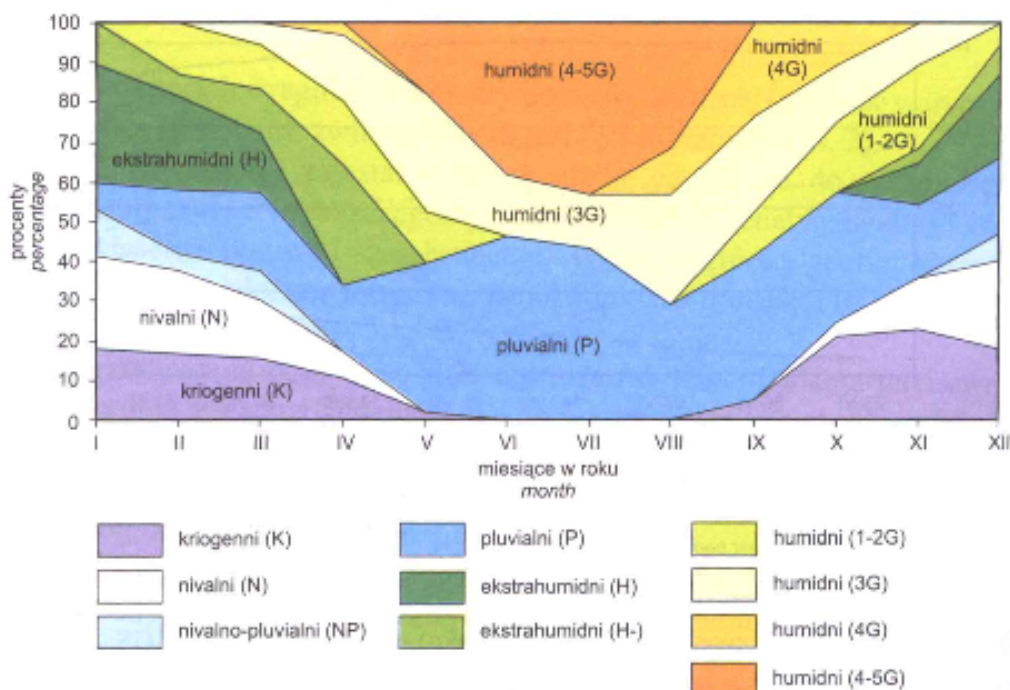
Ryc. 11. Dynamika fitomasy w punkcie N1 (łąka) w okresie lata na RLGS

Fig. 11. The dynamics of phytomass in point N1 (a meadow) in summer 1981 on the RLGS



Ryc. 12. Skład bilansu cieplnego na RLGS

Fig. 12. The components of thermal balance on the RLGS



Ryc. 13. Prawdopodobieństwo występowania stanów pogodowych (wg klasyfikacji Bieruczaszwili, 1986) w jednostkach krajobrazowych Roztocza Południowego

Fig. 13. Changes of weather states (according to Beruczaszwili 1986) in landscapes of the Southern Roztocze

Literatura

- Bieruczaszwili N.L., 1986: *Czetyrje izmierzenija landszafta*. Moskwa, Mysl: 182. (ros.).
- Djakonow K.N., 1988: *Geofizika landszaftow. Mietod balansów*. Izdat. Moskow. Uniwersitieta: 93 (ros.).
- Janiszewskij J.D., 1957: *Aktinometriczeskije pribory i mietody nabludienij*. Leningrad, Hidromietieorologiczeskoje izdatielstwo: 415.
- Krauklis A.A., 1979: *Problemy eksperimentalnogo landszaftowiedienija*. Nowosibirsk, Nauka: 232 (ros.).
- Miller G.P., 1972: *Polewaja sjomka gornych tierritorij*. Lwow, izd. Lwowskoho Uniwersitieta: 127 (ros.).
- Mucha B.P., 1980: *Roztoćkyj landszaftno-geofizycznyj stacionar*. Wisnyk Lwiwśkoho uniwersytetu, serija geograficzna, Wyszczta szkola, Wydawnycstwo pry Lwiwśkomu derżawnomu uniwersyteti, wypusk, 12: 80–84 (ukr.).
- Mucha B., 2004: *Kafedra fizycznoji geografii Lwiwśkoho nacionalnoho uniwersytetu imeni Iwana Franka (1944–2004). Istorija ta personalii*. Lwiw, Wydawnyczyj centr Lwiwśkoho Nacionalnoho Uniwersytetu im. I. Franka: 433 (ukr.).
- Richling A. (red.), 1993: *Metody szczególowych badań geografii fizycznej*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN: 284.
- Starkel L., Gil E. (red.), 1994: *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Stacja bazowa Szymbark (Karpaty fliszowe)*. Warszawa: 172.
- Studia geograficzne Poniżzia Pińczowskiego*. 2000: „Prace i Studia Geograficzne”, 27: 269.