

KAZIMIERZ SENDOBRY

Uniwersytet Śląski
Instytut Geografii
Sosnowiec

MIECZYŚLAW SINKIEWICZ

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Instytut Geografii
Toruń

Próba wykorzystania zdjęć lotniczych do sporządzenia mapy geomorfologicznej okolic lodowca Dahl

Wykorzystywanie zdjęć lotniczych do badań obszarów arktycznych i subarktycznych datuje się od połowy lat trzydziestych XX wieku. Pierwsze zdjęcia tych trudno dostępnych i mało zbadanych obszarów umożliwiły dokonanie licznych odkryć geograficznych (Frost i in., 1965; Schytt, 1969). V. Schytt (1969) informuje na przykład o wykorzystaniu zdjęć lotniczych z lat 1924, 1938, 1956 i 1957 w badaniach oscylacji krawędzi lodowców w zachodniej części Nordaustlandet oraz o odkryciu wielu nie znanych lodowców. W początkowym okresie stosowania zdjęć lotniczych ważną rolę odegrały sterowce (Schneider, 1974). Między innymi podczas polarnej ekspedycji w 1931 roku z pokładu sterowca „Graf Zeppelin” wykonano niezwykle udane zdjęcia niektórych obszarów Ziemi Franciszka Józefa. Systematyczne wykorzystywanie zdjęć lotniczych do sporządzania map topograficznych krajów arktycznych rozpoczęli Amerykanie i Norwegowie. Z publikacji B. Luncke z 1949 roku (Troitskij i in., 1975) wiadomo, że na podstawie zdjęć lotniczych z lat 1936 i 1938 Norweski Instytut Polarny (Norsk Polarinstitut) sporządził topograficzne mapy Svalbardu, głównie w skali 1 : 100 000.

Po II wojnie światowej rozpoczął się okres intensywnych badań polarnych, w których znaczną rolę odgrywają zdjęcia lotnicze wykonywane różnymi technikami oraz obrazy satelitarne (Lueder, 1959; Frost i in., 1965; Chevallier, 1971; Schneider, 1974; Winogradow, 1976 i inni). Szczególnie interesujące są badania geomor-

fologiczne przeprowadzone na podstawie zdjęć lotniczych dotyczących obszarów tundrowych (Frost, 1955; Protasjewa, 1959; Svensson, 1964). W miarę możliwości zdjęcia lotnicze są coraz częściej wykorzystywane, także przez polskich badaczy polarnych (m.in. Churski, 1970, 1977; Klimek, 1970; Jania, 1979).

W większości wymienionych prac podkreśla się, że zdjęcia lotnicze obszarów arktycznych są nieocenionym materiałem źródłowym w badaniach naukowych, a zwłaszcza w studiach nad bardzo dynamiczną rzeźbą lodowców. W związku z tym w literaturze fotointerpretacyjnej często można spotkać termin „aeroglacjologia”.

W ostatnich latach obserwuje się w Polsce znaczny wzrost zainteresowania badaniami krajów polarnych. W tym celu organizuje się liczne ekspedycje naukowe, które realizują obszerne programy badawcze. Prace terenowe wykonywane są w trudnych warunkach, przy czym brak dokładnych opracowań kartograficznych dodatkowo ogranicza możliwości eksploracyjne. Przykładem może być Toruńska Wyprawa Polarna z 1975 roku, podczas której znaczną część pracy terenowej przeznaczono na pomiary geodezyjne i topograficzne (Zapolski, 1977).

Celem niniejszej pracy jest zwrócenie uwagi na możliwość wykorzystania zdjęć lotniczych do kompleksowego przedstawienia zagadnień geomorfologicznych z obszaru Spitsbergenu. W strefach arktycznych i subarktycznych fotografowany teren pokryty jest tylko w niektórych miejscach skąpą roślinnością tundrową, która pozwala rozpoznawać nawet bardzo małe formy. Ponadto pokrywa śnieżna w wyższych szerokościach geograficznych zalega przez przeważającą część roku, uniemożliwiając prowadzenie długoterminowych badań metodami klasycznymi.

Obszar badań został skartowany na podstawie panchromatycznych zdjęć lotniczych wykonanych w latach 1966 i 1969 przez Norsk Polar-institut oraz szczegółowych badań terenowych przeprowadzonych przez autorów w 1978 roku. Ponadto przy sporządzaniu mapy geomorfologicznej wykorzystano norweskie mapy topograficzne Svalbardu w skali 1:100 000 z 1936 roku (arkusz A = 8 Prins Karls Forland), 1:500 000 z 1968 roku (arkusz Vestspitsbergen — Nordre Del) oraz 1:300 000 z 1907 roku (sporządzoną przez Isachsena).

Analizowane zdjęcia lotnicze charakteryzują się doskonałą jakością. Wykonane w odstępie trzech lat stanowią dobry materiał porównawczy przy interpretacji zjawisk dynamicznych, szczególnie jeżeli chodzi o prześledzenie zmian w przebiegu koryt rzecznych, procesów zachodzących w szeroko rozumianych strefach marginalnych lodowców i wykształcenia form peryglacialnych na tundrze. Przy sporządzaniu mapy geomorfologicznej okolic lodowca Dahl najbardziej przydatnymi okazały się zdjęcia wykonane 19 sierpnia 1969 roku w skali 1:20 000. Stąd też skalę 1:20 000 przyjęto dla mapy roboczej. Wspomniane zdjęcia lotnicze charakteryzują się następującymi parametrami: wysokość lotu —

3000 m, maksymalne wychylenie osi optycznej kamery — 1° , ogniskowa kamery — 152,49 mm, czas nalotu od godz. 14⁰⁶ do godz. 15²². Łącznie wykonano 6 zdjęć pokrywających analizowany obszar. Są one ułożone w trzy szeregi o pokryciu podłużnym 55—65% i pokryciu poprzecznym 10—15%. Wielkość bazy waha się w granicach 7,5—9,6 cm w skali zdjęć.

Zdjęcia wykonane 28 lipca 1966 roku, obok celów porównawczych, zostały wykorzystane głównie w kartowaniu lewego, południowego skrzydła strefy marginalnej lodowca Dahl. Parametry tych zdjęć przedstawiają się następująco: skala 1 : 54 000, wysokość lotu — 8250 m, maksymalne wychylenie osi optycznej kamery — 1° , ogniskowa kamery — 152,61 mm, czas nalotu godz. 13²⁶. Łączna liczba zdjęć pokrywających analizowany obszar wynosi 3 sztuki. Ułożone są one w jeden szereg o pokryciu podłużnym około 60%. Baza tych zdjęć wynosi 6,5 cm w skali zdjęć.

W czasie interpretowania zdjęć lotniczych wykorzystano przede wszystkim zróżnicowanie fototonalne obrazu, natomiast wszystkie załomy i krawędzie oraz punkty wysokościowe wniesiono na podstawie dokładnych obserwacji i pomiarów stereoskopowych przeprowadzonych za pomocą interpretoskopu „B”. Uzyskane wydzielenia przeniesiono na podkład za pomocą przetwornika optycznego LUZ. Przyrząd ten umożliwił również wniesienie na wykonywaną mapę zasięgów lodowca Dahl w latach 1907, 1936, 1966 i 1969. Z powodu braku materiałów kartometrycznych nie udało się zaznaczyć aktualnego zasięgu tego lodowca. Charakterystyka cech rozpoznawczych analizowanego na zdjęciach obszaru nie jest konieczna, ze względu na to że są one zbliżone do powszechnie podawanych w licznych publikacjach (m.in. Ciołkosz i in., 1978).

Rezultatem prac terenowych i kameralnych jest mapa geomorfologiczna w skali 1 : 20 000 (ryc. 1), obejmująca południową część równiny Kaffiöyra oraz lodowiec Dahl z jego najbliższym otoczeniem. Na uwagę zasługuje fakt, że na powierzchni 48 km², którą obejmuje mapa, występują prawie wszystkie elementy rzeźby charakterystyczne dla zachodniej części Spitsbergenu. Są to: masywy górskie, lodowce, strefy morenowe i terasy morskie.

Najbardziej charakterystyczną cechą rzeźby Spitsbergenu są „ostre góry”, których przykładem może być masyw Ankerfjella (726 m n.p.m.) ograniczający od południa lodowiec Dahl oraz grzbiet Biornskanka (763 m n.p.m.) oddzielający go od lodowca Oliver. Granie górskie o przebiegu wschód — zachód są słabo rozczłonkowane. Strome stoki górskie rozcinają liczne żleby, u wylotu których występują wachlarzowate stożki usypiskowe zbudowane z ostrokrawędzistego gruzu. Niekorzystnym zjawiskiem na zdjęciach lotniczych obszarów górskich są cienie rzucane przez strome ściany skalne.

Bardzo czytelnym elementem rzeźby na zdjęciach lotniczych są lo-



Ryc. 1. Mapa geomorfologiczna okolic lodowca Dahl (stan z 1969 roku):

1 — powierzchnia lodowca ze szczelinami, 2 — studnie lodowe, 3 — wały lodowo-morenowe, 4 — lody naledziowe, 5 — obszary o zróżnicowanej rzeźbie pokryte osadami morenowymi, 6 — równiny moreny dennej, 7 — ozy, 8 — poziomy sandrowe, 9 — grzbiety górskie, 10 — stoki górskie, 11 — żleby ze stożkami usypiskowymi, 12 — terasy morskie, 13 — hydrolakolity, 14 — struktury wieloboków kamiennych, 15 — krawędzie teras morskich, 16 — plaża, 17 — sieć wodna: a-rzeki, b-jeziora, 18 — punkty wysokościowe, 19 — zasięgi lodowca Dahl w latach 1907, 1936, 1966 i 1969

Fig. 1. A geomorphological map of the Dahl glacier's vicinity (situation in 1969):

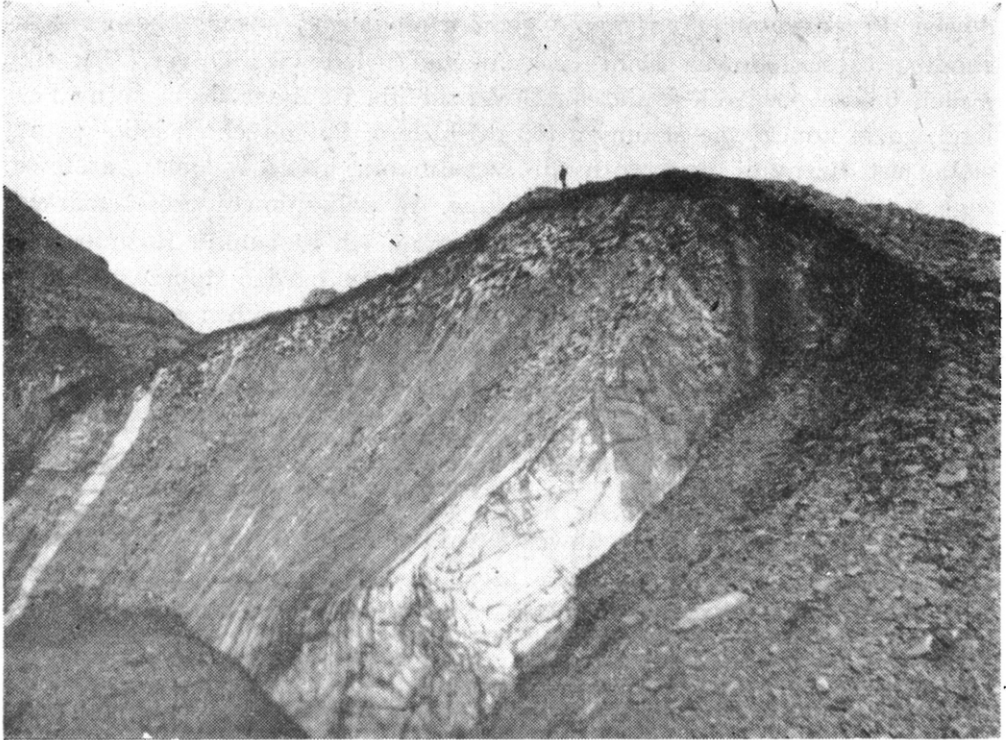
1 — the surface of the glacier with crevasses, 2 — ice wells, 3 — ice and moraine rampar, 4 — icing, 5 — areas of varied relief covered with moraine sediments, 6 — plains of basal moraine, 7 — osar, 8 — outwash plains, 9 — mountain ridges, 10 — mountain slopes, 11 — gullies with talus cones, 12 — sea terraces, 13 — hydrolacololith, 14 — structures of stone polygons, 15 — escarpments of sea terraces, 16 — beach, 17 — water system: a — rivers, b — lakes, 18 — spot heights, 19 — the extent of the Dahl glacier in the years 1907, 1936, 1966 and 1969

downce. Przedstawiony na mapie geomorfologicznej obszar obejmuje zachodnią część lodowca Dahl oraz niewielki lodowiec Oliver. Pierwszy z nich bierze początek z plateau Lövenskiölda i spływa do cieśniny Forland, gdzie kończy się stromym (60 m) klifem. Powierzchnia lodowca pocięta jest licznymi poprzecznymi szczelinami, które w partii czołowej zagęszczają się, tworząc strefy seraków. W południowej części lodowca obserwuje się zanikanie szczelin lub zmianę ich kierunku. Rozmieszczenie oraz kierunki szczelin lodowych, widoczne bardzo dobrze na zdjęciach lotniczych, ukazują kierunki strumieni lodowych i są pośrednim źródłem informacji o rzeźbie podłoża lodowca. Na podstawie materiałów kartograficznych i zdjęć lotniczych z lat 1966 i 1969 zaznaczono pozycję krawędzi lodowca, która wykazuje ciągłą recesję. Od 1907 do 1969 roku krawędź lodowca Dahl cofnęła się o 3,4 km, co daje średnią wartość recesji 56,6 m w ciągu roku.

W przeciwieństwie do lodowca Dahl, lodowiec Oliver cechuje słabe różnicowanie rzeźby oraz brak szczelin. Położony między wysokimi grzbietami górskimi ulega powolnej recesji, która w analogicznym okresie wynosiła średnio 6 m rocznie. Ze względu na ekspozycję intensywniejszej ablacji ulega północna część lodowca.

Trwająca od kilkudziesięciu lat recesja lodowców na Spitsbergenie powoduje ciągle powiększanie obszarów o rzeźbie polodowcowej. Na przedpolu lodowca Dahl strefę morenową można obserwować tylko wzdłuż zboczy doliny, ponieważ pozostała jej część powstaje w warunkach subakwalnych. Po prawej stronie lodowca strefa morenowa składa się z kilku równoległych do siebie wałów moren bocznych, wewnątrz których stwierdzono występowanie brył martwego lodu. Wały moren bocznych oparte o południową krawędź równiny Kaffiöyra są rozcięte w trzech miejscach przez wody płynące od lodowca Oliver. W zachodniej części występują fragmenty moren czołowych w postaci pojedynczych pagórów zbudowanych z ciemnoszarej gliny.

Po prawej stronie lodowca strefa morenowa ma kilkakrotnie większą szerokość (1 km) i składa się z licznych wałów lodowo-morenowych, w których miąższość martwego lodu osiąga 60 m (fot. 1). Między brzegiem zatoki morskiej i wałami lodowo-morenowymi występują niewielkie powierzchnie moreny dennej, sandry i formy szczelinowe. Większe rozmiary strefy morenowej po prawej stronie lodowca M. Klimaszewski (1960) tłumaczy słabszym topnieniem strony eksponowanej na północ. Analiza zdjęć lotniczych pozwala autorom stwierdzić, że kontrast między strefami moren po prawej i lewej stronie lodowca jest spowodowany nie tylko ekspozycją, ale przede wszystkim zależy od ilości materiału skalnego pokrywającego poszczególne części lodowca. Północne stoki Ankerfjella rozcięte są przez pięć małych lodowców, których



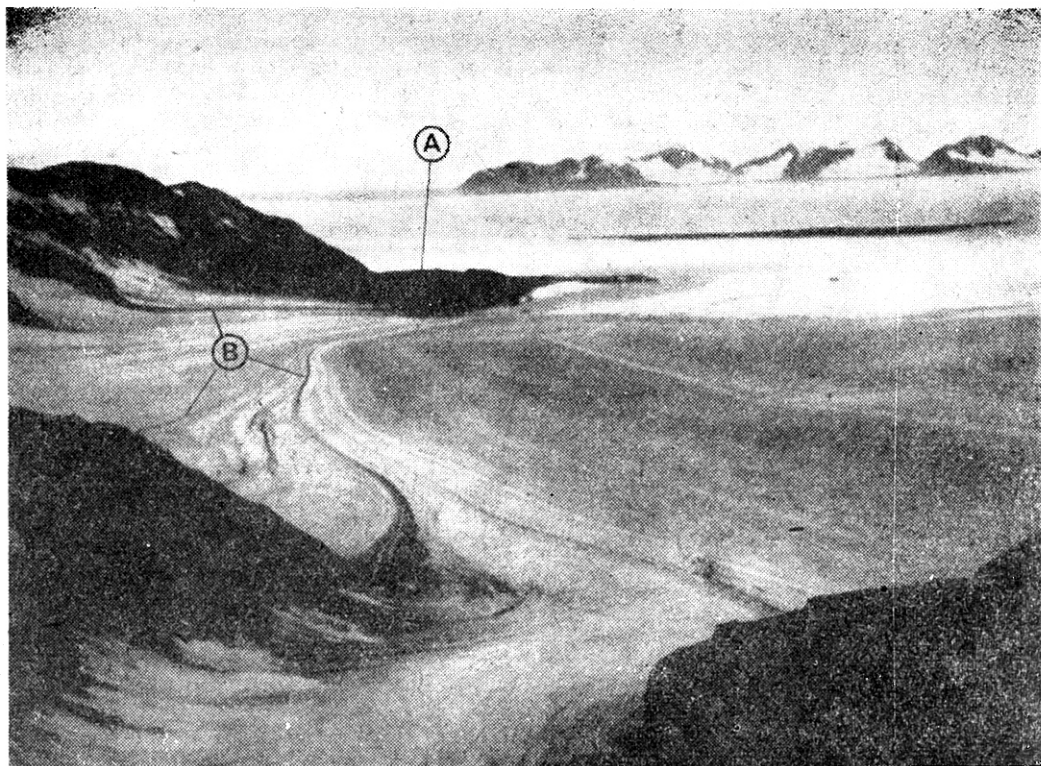
Fot. 1. Budowa jednego z wałów lodowo-morenowych występujących w południowo-zachodniej części strefy marginalnej lodowca Dahl (sierpień, 1978 rok)

Phot. 1. The structure of an ice and moraine rampart occurring in the South-Western part of the Dahl glacier's marginal zone (August 1978)

skoncentrowane moreny środkowe tworzą szeroką strefę wałów i pagórów lodowo-morenowych (fot. 2).

Na przedpolu lodowca Oliver występuje potężny wał moren czołowych zawierający martwy lód. Stoki dystalne tego wału są bardzo strome, natomiast proksymalne łagodnie łączą się z moreną denną.

Terasy morskie występujące na przedpolu gór pokrywa klasyczna tundra plamista. W jej obrębie występują słabo zauważalne na zdjęciach poligony kamieniste o średnicy 1 m, charakteryzujące się wypukłymi pierścieniami z lekko wklęsłym środkiem (fot. 3). W obniżeniach, szczególnie na szlakach odpływu wód, występują formy kriolakkolitowe. Jedną z nich położoną w rejonie półwyspu Snippen ma wysokość 1,2 m i średnicę 4,5 m. W powierzchni teras morskich wcięte są szlaki odpływu wód lodowcowych, tworząc poziomy sandrowe. Starsze poziomy sandrowe pokrywa skąpa roślinność, natomiast na powierzchni młodszych poziomów widoczna jest sieć suchych lub wypełnionych wodą korytek rzek roztokowych. Terasy morskie, zwłaszcza u podnóża gór, leżą na różnych wysokościach i oddzielone są od siebie dobrze widocznymi załomami.



Fot. 2. Południowa część lodowca Dahl:

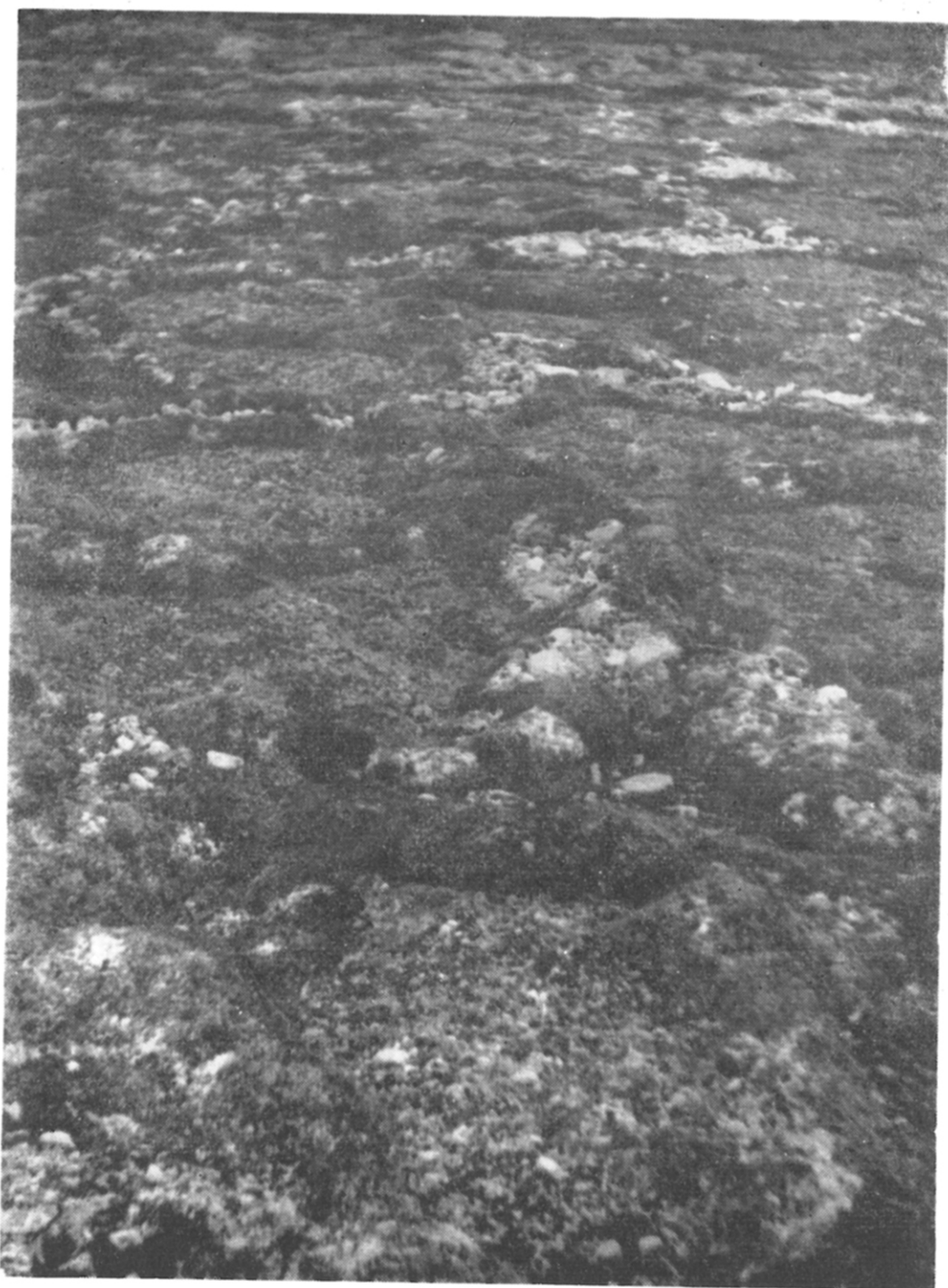
A — strefa morenowa, B — moreny środkowe

Phot. 2. Southern part of the Dahl glacier:

A — moraine zone, B — interlobate moraines



Zdjęcia lotnicze z obszaru Spitsbergenu udostępnione przez Norsk Polarinstitut są doskonałym materiałem źródłowym do badań rzeźby. Skala, w jakiej są one wykonane, pozwala na rozpoznawanie nawet bardzo niewielkich form terenowych. Zdjęcia wykonane w odstępie kilku lub kilkunastu lat umożliwiają odtworzenie poszczególnych etapów rozwoju rzeźby, przyczyniają się do poznania procesów geomorfologicznych zachodzących w danym czasie. Niekiedy metody interpretacji zdjęć są jedynym sposobem dokonywania obserwacji i dają możliwość oglądania poszczególnych form na tle otaczającego terenu. Ponadto zastosowanie zdjęć lotniczych ułatwia pracę terenową i pozwala na rozszerzenie obszaru badań.



Fot. 3. Wieloboki kamieniste w południowej części równiny Kaffiöyra
Phot. 3. Stone polygons in the Southern part of the Kaffiöyra plains

LITERATURA

- Churski Z., 1970: *Zmiany sieci hydrograficznej w przedpolu lodowca Skeidararjökull w świetle zdjęć lotniczych*, Fotointerpretacja w geografii, z. 8, Warszawa, s. 63—70.
- Churski Z., 1977: *Wykorzystanie zdjęć lotniczych w badaniach przedpola Skeidararjökull na Islandii*, Fotointerpretacja w geografii, z. 10, Toruń, s. 167—180.
- Chevallier R., 1971: *La photographie aérienne*, Librairie Armand Colin, Paris, s. 145—146.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R. 1978: *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa s. 249—253.
- Frost R.E., 1955: *Interpretacja merzlotnych charakteristik po aerofotosnimkam. Merzlotnyje jawlenija w gruntach*, Izd. Inostrannoj Literatury, Moskwa, s. 271—296.
- Frost R.E., McLerran J.H., Leighty R.D., 1965: *Photointerpretation in the Arctic and Subarctic*, Processes Permafrost International Conference, National Academy of Sciences — National Research Council, Washington, s. 343—348.
- Jania J., 1979: *Współczesne procesy stokowe na Sörkapplandzie (Spitsbergen) w świetle badań fotointerpretacyjnych*, Streszczenia referatów, IX Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji, Katowice 20—23 IX 1979, s. 33—34.
- Klimaszewski M., 1960: *Geomorfological studies of the western part of Spitsbergen between Kongsfjorden and Eidembukta*, Zesz. Nauk. UJ, 32, Prace Geogr., z. 1, Prace Inst. Geogr., UJ, z. 23, Kraków, s. 91—179.
- Klimek K., 1970: *Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniu form glacifluwialnych na przedpolu lodowca Skeidararjökull (Islandia)*, Fotointerpretacja w geografii, z. 8, Warszawa, s. 55—62.
- Lueder D.R., 1959: *Aerial photographic interpretation. Principles and applications*, Mc Graw — Hill Book Company, INC., New York, Toronto, London, s. 191—196.
- Protasjewa J.W., 1959: *Primienienije aerometodow dla izuczenija form relęfa w oblasti rasprostranienija mnogoletniemierztych gornych porod*, Trudy Laboratorii Aerometodow, t. VIII, Gosgeolizdat, Moskwa, s. 190—192.
- Schneider S., 1974: *Luftbild und Luftbildinterpretation*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, s. 179—185.
- Schytt V., 1969: *Some comments on glacier surges in eastern Svalbard*, Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 6, no 4, s. 867—873.
- Svensson H., 1964: *Aerial photographs for tracing and investigating fossil tundra ground in Scandinavia*, Biuletyn Peryglacjalny, nr 14, s. 321—325.
- Troitskij L.S., Zinger J.M., Koriakin W.A., Markin W.I., 1975: *Olednienije Szpicbergena (Svalbarda)*, Izd. „Nauka”, Moskwa, s. 8.
- Winogradow B.W., 1976: *Kosmiczeskije metody izuczenija prirodnoj sredy*, Izd. „Mysl”, Moskwa, s. 187.
- Zapolski R., 1977: *Geodetic and topographic accomplishments of the „Toruń Polar Expedition, Spitsbergen — 1975”*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia XIII, Toruń, s. 20—37.

KAZIMIERZ SENDOBRY, MIECZYŚLAW SINKIEWICZ

**AN ATTEMPT TO USE AIR PHOTOGRAPHS IN MAKING
A GEOMORPHOLOGICAL MAP OF THE DAHL GLACIER'S VICINITY**

S u m m a r y

The 1966 and 1969 air photographs obtained by courtesy of Norsk Polarinstittutt are of high quality which allows to make out even small land forms. On the basis of their interpretation by means of an interpretoscope „B” and maps, supplemented by additional investigation in situ a geomorphological map of the Dahl Glacier's vicinity was made. The terrain under investigation, 48 km², comprises almost all forms characteristic of Spitsbergen which allows to determine the usefulness of the photographs for geomorphological investigation.

Surface features occurring within mountain massifs as well as glaciers appear on photographs with particular sharpness. Features of the moraine zone area are less sharp due to their diversity, however, the good quality of pictures allows to isolate them. Surface features associated with flowing water (outwash aprons) as well as edges of terrace horizons are vividly drawn on raised beaches.

*Translated by
Stanisław D. Wojdała*

KAZIMIERZ SENDOBRY, MIECZYŚLAW SINKIEWICZ

**ESSAI DE MISE À PROFIT DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES
À L'ÉLABORATION D'UNE CARTE GÉOMORPHOLOGIQUE DES ENVIRONS
DU GLACIER DAHL**

R é s u m é

Les photographies aériennes prises dans les années 1966 et 1969 et offertes par Norsk Polarinstittutt se caractérisent d'une excellente qualité qui permet de reconnaître aussi les petites formes de terrain. A partir de leur interprétation effectuée à l'aide de l'interpréscope „B”, des cartes et des observations de terrain a été élaborée une carte géomorphologique des environs du glacier Dahl. La région d'études, à surface de 48 km², englobe presque toutes les formes caractéristiques pour le Spitsberg ce qui permet d'apprécier l'utilité de ces photographies pour les recherches géomorphologiques.

Il est à noter une particulière netteté de l'image des formes apparaissant à l'intérieur des massifs de montagne et des glaciers. Les formes à l'intérieur des zones de moraines, vu leur variété, sont moins lisibles, mais la bonne qualité des photographies laisse leur distinction. Sur les terrasses marines ce sont les formes liées à l'eau courante (dépôts fluvioglaciaires) et les rebords des terrasses qui se dessinent d'une façon très nette.

*Traduit par
Teresa Korba-Fiedorowicz*