

Agata Buchwał

FUNKCJONOWANIE DRÓG W GÓRSKIM SYSTEMIE STOKOWYM MASYWU PYRAMIDEN NA SPITSBERGENIE

Zarys treści: Badania przeprowadzono na drogach stokowych w masywie Pyramiden podczas lata polarnego 2007 roku. Celem opracowania jest przedstawienie różnicowania procesów zachodzących w systemie stokowym, rozpoznane na podstawie zróżnicowania morfologii dróg. Mimo nieużytkowania dróg od 10 lat, są one nadal bardzo wyraźnie zaznaczone w systemie stokowym, a ich nawierzchnia jest stosunkowo dobrze zachowana i wyrównana, poza miejscami większych wpływów gruzowych oraz pojedynczych osuwisk skarp i jęzorów soliflukcyjnych. Badania wykazały, że największym rozczłonkowaniem charakteryzują się odcinki dróg poprowadzone na powierzchni stożka napływowego.

Słowa kluczowe: drogi stokowe, kartowanie geomorfologiczne, masyw Pyramiden, Spitsbergen
Key words: slope roads, geomorphological mapping, Pyramiden Massif, Spitsbergen

Wprowadzenie

Jednym z celów badań polarnych powinno być poznanie prawidłowości funkcjonowania geosystemów arktycznej strefy polarnej w warunkach antropopresji (Kostrzewski 2003). Należy przyznać, że problem ten jest na obszarze środkowego Spitsbergenu rozpoznany w niewielkim stopniu, a ślady przekształceń antropogenicznych masywu Pyramiden związane głównie z działalnością górniczą – jeszcze słabiej (Gulińska i in. 2003).

Drogi, jako dominujące formy antropogeniczne w systemie stokowym masywu Pyramiden (935 m n.p.m.), stanowią ważny element systemu morfologicznego gór, poddanych w niedalekiej przeszłości eksploatacji górniczej. Mimo zaprzestania górnictwa w 1998 roku (Birks i in. 2004), formy te stanowią ważny element krajobrazu zachodniej części Zatoki Petunia. Okazuje się bowiem, że geosystemy polarne, tak wrażliwe na globalne zmiany klimatu, stają się również, mimo ograniczonej obecnie ingerencji człowieka, ważnym źródłem informacji o działalności antropogenicznej w minionych dziesięcioleciach. Antropogeniczne formy rzeźby terenu są w strefie

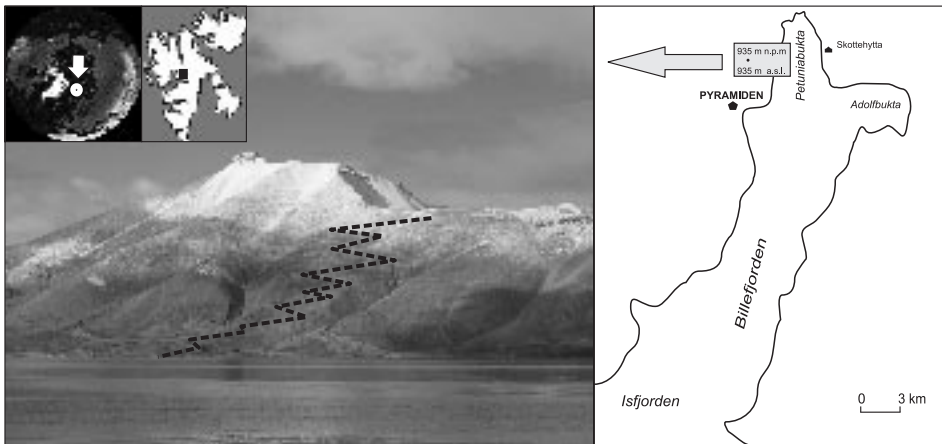
arktycznej doskonale konserwowane i nie ulegają tak szybkiemu zatarciu, jak w niższych szerokościach geograficznych. Brak zwartej szaty roślinnej, a szczególnie drzew i krzewów, powoduje, że wszelkie antropogeniczne formy rzeźby nie są w tym krajobrazie maskowane, a ich często ostre krawędzie i granice zasięgu nie zostają łagodzone czy też wyrównywane tak szybko, jak ma to miejsce chociażby w strefie umiarkowanej, przez narastanie miększej warstwy organiczno-mineralnej.

Drogi dojazdowe poddano kartowaniu geomorfologicznemu. Najwyżej położony odcinek znajdował się na wysokości ok. 550 m n.p.m., a najniższy osiągał niespełna 5 m n.p.m. Zgromadzono informacje dotyczące morfometrii dróg, szerokości korony drogi, wysokości skarp oraz głębokości bruzd i rozcięć erozyjnych powstałych na ich powierzchni.

Obserwacje stanu dróg na wschodnim skłonie Pyramiden dokonano w połowie sierpnia 2007 roku podczas XIII ekspedycji naukowej pracowników i studentów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Ważnym uwarunkowaniem stanu dróg były panujące w okresie poprzedzającym czas obserwacji warunki pogodowe, z bardzo niskimi opadami atmosferycznymi i dodatnią temperaturą powietrza.

Obszar badań – masyw Pyramiden

Badania przeprowadzono na stoku masywu Pyramiden o wystawie wschodniej, eksponowanym w kierunku Zatoki Petunia, będącej północną częścią Billefjorden (ryc. 1). Analizowany górotwór jest zbudowany ze skał osadowych kompleksu dewońsko-karbońskiego, z wkładkami węgla kamiennego (Dallmann i in. 2004), który był głównym surowcem, dzięki któremu rozwinął się przemysł górniczy w tym regionie.

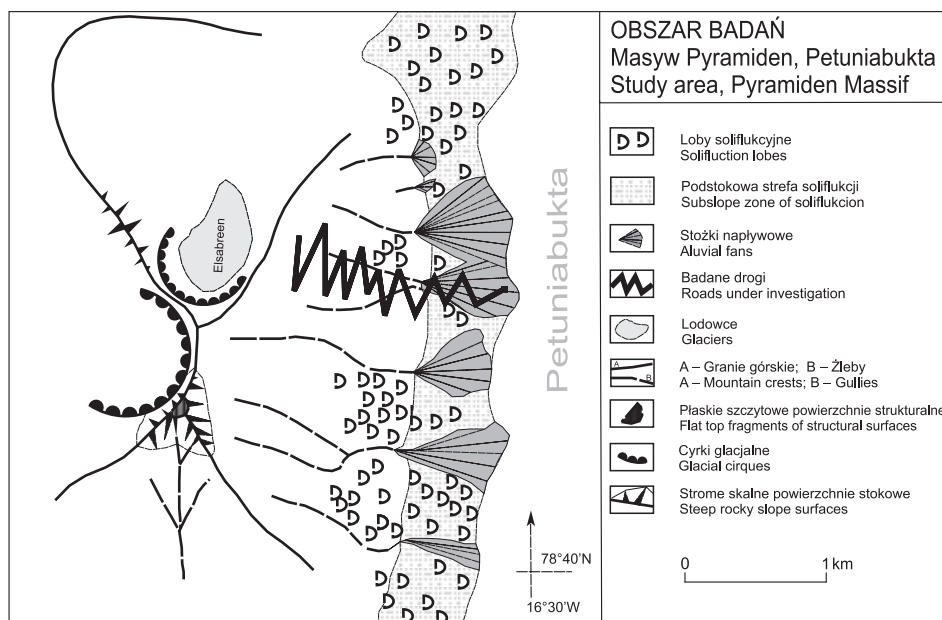


Ryc. 1. Położenie obszaru badań i poddane badaniom drogi

Figure 1. Location of the study area and roads under investigation

Szczyt Pyramiden jest górą o kształcie ostrosłupa, której stoki okrywają miększe pokrywy gruzowe. Stanowią one typowy przykład zwietrzelin stanu początkowego, będących materiałem wyjściowym w cyklu litogenezy strefy zimnej (Kostrzewski 1996). Stoki masywu rozcinają głębokie żleby, u wylotu których rozbudowały się bardzo obszerne stożki napływowe i usypiskowe znacznych rozmiarów, wykształcone wachlarzowo i oparte na podniesionej terasie morskiej (ryc. 2). Stożki te mają charakter stożków torencjalnych, o nierównej powierzchni, zbudowane z materiału ostrokrawędzistego, bloków skalnych i głazów, rozczłonkowane rynnami i jezorami spływów gruzowych i gruzowo-błotnych. Sam wierzchołek szczytu Pyramiden tworzą widoczne terasy strukturalne, powstałe w wyniku wietrzenia mrozowego i procesów grawitacyjnych (odpadania i obrywania), na których wykształciły się ambony i ściany skalne.

Masyw jest pocięty bardzo gęstą, jak na warunki polarne, siecią dróg, które w przeszłości stanowiły sieć komunikacyjną między poszczególnymi kopalniami węgla kamiennego a portem w niedalekiej osadzie rosyjskiej Pyramiden. Zbadane drogi są drogami stokowymi, miarowo trawersującymi stok z zachowaniem względnie stałego kąta nachylenia, przeważnie do 15°. Są to drogi nieutwardzone, a ich płaska powierzchnia stanowi wymuszoną strefę akumulacji materiału przemieszczanego na stoku. Nawierzchnia dróg jest naturalna; stanowią ją w niższej partii ostrokrawędzisty rumosz skalny, a wyżej ubita inicjalna masa zwietrzelinowo-glebowa. Zabezpieczenie techniczne dróg jest ubogie, zapewne celowo, z uwagi na wysokie koszty utrzymania



Ryc. 2. Szkic geomorfologiczny masywu Pyramiden (na podstawie Karczewski i in. 1990)

Figure 2. Geomorphological sketch of the Pyramiden massif (based on Karczewski et al. 1990)

dróg, które w trakcie roztopów ulegały zniszczeniu przez olbrzymie spływy gruzowo-błotne i spływ skoncentrowany. Na zakrętach dróg zastosowano jedynie pojedyncze linie drenarskie, służące do odprowadzania wody z powierzchni dróg. Brak jest tu sączków czy też poprowadzonych równoległe do trasy rowów odwadniających, co istotnie przyczynia się do koncentracji spływu wody w obrębie powierzchni samych dróg.

Zróznicowanie morfologii dróg w systemie stokowym masywu Pyramiden w profilu podłużnym

Gęsta sieć dróg w obrębie systemu stokowego wpływa w znaczący sposób na zachwianie jego równowagi dynamicznej. Łagodny profil podłużny stoku po wytrasowaniu drogi zmienia się na profil schodkowy, powstały na skutek sterasowania, w wyniku wyprofilowania półek drogowych. Bezpośrednim źródłem dostawy materii ze stoku stają się strome ściany skarp, w części dostokowej korony drogi.

Zaobserwowano pewną prawidłowość w wykształceniu form oraz dominację określonego typu form na powierzchni dróg i w ich bezpośrednim sąsiedztwie w zależności od wysokości bezwzględnej. Na powierzchni dróg poprowadzonych w najwyższej części stoku, tj. powyżej 450 m n.p.m., nie obserwujemy znaczących zmian w ich morfologii. Świadczy to zasadniczo o względnie słabej dynamice przebiegu procesów rzeźbotwórczych w tej strefie. Droga przecinająca pokrywy staje się lokalną bazą erozyjną, na której wykształciły się niewielkie stożki napływowe, zbudowane w przeważającej mierze z materiału frakcji ilastej, a będące doskonałym odzwierciedleniem miejsc koncentracji spływu wody pod powierzchnią miększych pokryw rumowiskowych, z których są wymywane drobne produkty wietrzenia. Mogą one również być odzwierciedleniem stref wysięku wód nazmarzlinowych. Woda ze spływu śródpokrywowego przechodzi najczęściej w spływ rozproszony, rzadziej skoncentrowany, a kontynuację spływu można z łatwością zaobserwować na powierzchni drogi (fot. 1). W wielu miejscach zaobserwowano, że to właśnie na powierzchni drogi następuje transport i odprowadzanie wody ze stoku, jednak nie powoduje to tak wyraźnych i V-kształtnych w profilu poprzecznym rozcięć czy bruzd erozyjnych. Powierzchnia dróg jest bowiem rozcinana głównie przez wody roztopowe, pochodzące z ablacji pokrywy śnieżnej, która w okresie lata polarnego ustępuje całkowicie z badanej części stoku. Należy przypuszczać, że wykształcenie form jest jedynie w niewielkim stopniu związane z działaniem wód opadowych, których średnia roczna suma wynosi tu niespełna 250 mm.

Na drogach poprowadzonych w środkowej części stoku (między 450 a 150 m n.p.m.) stwierdzono dominację form o przebiegu liniowym, jak bruzdy i rozcięcia erozyjne. Im niżej położony odcinek drogi, tym większe rozmiary tych form, co wynika z narastającą energią spływu wody, jak również wzrastającej masy wody spływającej do podnóża stoku. Rozmiary form zwiększają się zarówno w profilu podłużnym stoku, w kierunku do podnóża, jak również w profilu podłużnym drogi (poprowadzonej raczej w poprzek lub skośnie do osi spadku stoku). Najwięcej form zarówno akumulacyjnych (łachy kamieniste), jak i erozyjnych (bruzdy, kociołki eworsyjne) występuje na załomach dróg, tj. na zakrętach. Należy jednoznacznie stwierdzić, że formy te nie przybierają, mimo sprzyjających spadków, rozmiarów rynien erozyjnych. W warunkach gór średnich



Fot. 1. Drogi bardzo często przejmują funkcję odprowadzania wody ze stoku

Photo 1. Roads very often tend to drain slope surfaces

umiarkowanej strefy morfoklimatycznej o podobnej budowie geologicznej zwykle spotykamy się z formami bardziej wciętymi w podłoże, jak również dłuższymi i głębszymi. Średnia szerokość bruzd erozyjnych na powierzchni dróg w środkowej części stoku masywu Pyramiden wynosi 1,5 m, a głębokość nie przekracza 40 cm. Istotnym ograniczeniem rozwoju głębokich form erozyjnych jest niewątpliwie płytkie zaleganie wieloletniej zmarzliny.

Równie aktywne pod względem geomorfologicznym są skarpy drogowe, które podlegają obsypywaniu, deflacji i soliflukcji. Przewagę jeziorów soliflukcyjnych wkraczających na powierzchnię dróg zaobserwowano w środkowej części stoku, co jest związane z morfologią stoku, którego środkową część charakteryzuje największy spadek.

W niższej części stoku (poniżej 150 m n.p.m.) na powierzchni drogi są również widoczne wychodnie litej skały, która została odsłonięta po usunięciu materiału z nawierzchni drogi, będącej miejscem skoncentrowanego odpływu wody ze stoku. Nie wiadomo, czy forma ta jest skutkiem selektywnego wymywania, czy też wynikiem zdarzenia ekstremalnego, związanego chociażby z silnymi roztopami.



Fot. 2. Jęzory soliflukcyjne wkraczające na powierzchnię drogi

Photo 2. Solifluction lobes encroaching onto a road

takie jak kociołki eworsyjne czy łachy i odsypy z materiału grubofrakcyjnego. Maksymalna długość zaobserwowanych łach wyniosła 4 m.

W sąsiedztwie dróg zaobserwowano również formy związane z występowaniem lodu gruntowego i procesami kriogenicznymi. Na krawędzi drogi są widoczne mrozowe szczeliny kontrakcyjne (fot. 4), które miejscami predysponują odspajanie pakietów glebowych, pokrytych cienką warstwą roślinności tundrowej i przemieszczanie ich w wyniku powolnych procesów geliflukcyjnych czy *stricte* soliflukcyjnych w niższe partie stoku.

Dominującymi formami zaobserwowanymi na powierzchni dróg w obrębie stożka napływowego są bruzdy spływów gruzowo-błotnych i towarzyszące im wały torencjalne.

Na powierzchni dróg poprowadzonych w dolnej partii stożka zaobserwowano dominację odwadniania liniowego, którego efekty morfologiczne możemy obserwować w postaci głębokich do 0,7 m rynien erozyjnych, stanowiących koryta okresowe odprowadzania wód roztopowych ze stoku.

Równoległe do powierzchni drogi zachodzi przemieszczanie uwilgotnionej warstwy czynnej masy zwietrzelinowo-glebowej, co odzwierciedla się częstym wkraczaniem jęzorów soliflukcyjnych na powierzchnię dróg (fot. 2).

Skartowano także drogi najniżej położone, poprowadzone na powierzchni stożka napływowego. Charakteryzują się one największym rozczłonkowaniem i jednocześnie złożoną deformacją korony drogi. Jest to niewątpliwie związane z ogromną siłą erozyjną wód płynących ze stoku i budujących stożek napływowy na wyniesionej terasie morskiej.

Droga w tym miejscu ma 5 m szerokości i rozcięta jest w centralnej części rynną, w której płynie niewielki ciek (fot. 3). Najszersze rozcięcie zajmuje około 80% szerokości drogi (tj. około 4 m), a jego maksymalna głębokość wynosi 70 cm. W wypreparowanych na powierzchni dróg okresowych korytach można z łatwością zaobserwować także formy fluwialne,



Fot. 3. Zniszczona droga na powierzchni stożka napływowego

Photo 3. Damaged road crossing an alluvial fan



Fot. 4. Mrozowe szczeliny kontrakcyjne powstałe na skraju drogi

Photo 4. Frost contraction cracks at the edge of the road

Podsumowanie

Powstanie przemysłu wydobywczego w masywie Pyramiden przyczyniło się na trwałe do zmiany krajobrazu, a w nim nie tylko fizjonomii stoków, ale również sposobu odprowadzania wody z systemu stokowego. Na powierzchni dróg wykształciło się zróżnicowane odprowadzanie wód, zapisane w sieci niewielkich rozcięć erozyjnych i stożków napływowych. W górnej części stoku dominuje odpływ śródpokrywowy w pokrywach rumowiskowych, w których jaśniejsze pasy rumoszu świadczą o aktywności procesów i wskazują jednocześnie na drogi odprowadzania wód ze stoku. Na powierzchni dróg w dolnej partii stoku dominuje jednoznacznie spływ powierzchniowy, rozproszony i przechodzący na powierzchni dróg w spływ liniowy. Mikrorzeźba dróg w tej strefie jest doskonałym odzwierciedleniem przebiegu współczesnych procesów morfogenetycznych, w tym szczególnie procesów stokowych, a ich powierzchnia staje się lokalną bazą erozyjną, na której jest deponowany materiał transportowany w dół stoku.

Środowisko przyrodnicze Arktyki jest niezwykle podatne na zmiany, szczególnie antropogeniczne. Obecność człowieka w tym systemie pozostawia, w zależności od formy użytkowania, swój trwały ślad, który zostaje na długo zapisany w rzeźbie. Im większa jest siła czy też impuls niszczący, tym bardziej widoczne w krajobrazie stają się formy powstałe na skutek antropopresji. I nie ma w tym nic dziwnego, tak dzieje się bowiem w każdej strefie morfoklimatycznej, jednak strefa polarna zdaje się charakteryzować bardzo powolnym wymazywaniem informacji z systemu. Przeprowadzone obserwacje potwierdziły, że ślady działalności człowieka w wysokich szerokościach geograficznych pozostają nadal bardzo dobrze zapisane w krajobrazie i stanowią ważny element jego funkcjonowania.

Literatura

- Birks H.J.B., Vivienne J. Jones, Rose N.L., 2004, *Recent Environmental Changes and Atmospheric Contamination on Svalbard as Recorded in Lake Sediments – an Introduction*, *Journal of Paleolimnology*, 31, 4, 403–410.
- Dallmann W.K., Piepjohn K., Blomeier D., 2004, *Geological map of Billefjorden, Svalbard 1:50 000*, Norsk Polarinstitut Temakart, 36.
- Gulińska J., Rachlewicz G., Szczuciński W., Barańkiewicz D., Kózka M., Bulska E., Burzyk M., 2003, *Soil Contamination in High Arctic Areas of Human Impact, Central Spitsbergen, Svalbard*, *Polish Journal of Environmental Studies*, 12, 6, 701–707.
- Karczewski A. (red.), 1990, *Geomorfologia – Petuniabukta, Billefjorden, Spitsbergen, 1: 40 000*, Wyd. Univ. A. Mickiewicza, Poznań.
- Kostrzewski A., 1996, *Zwietrzliny i ich znaczenie we współczesnej litogenezie strefy zimnej (Spitsbergen, Isbjornhamna)*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Rzeźba i osady czwartorzędowe obszarów współczesnego i plejstocenijskiego zlodowacenia półkuli północnej, (Symposium dedykowane Prof. Andrzejowi Karczewskiemu z okazji 40-lecia pracy naukowej)*, Materiały Symposium, 17–18 października 1996, Univ. A. Mickiewicza, Poznań, 1–25
- Kostrzewski A., 2003, *Środowisko przyrodnicze otoczenia Petuniabukta, program badań*, [w:] A. Kostrzewski, Z. Zwoliński (red.), *Funkcjonowanie dawnych i współczesnych geosystemów Spitsbergenu*, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Poznań–Longyearbyen, 27–29.

The functioning of roads in the mountain slope system of the Pyramiden Massif, Spitsbergen

Summary

The study into the human impact on the Pyramiden Massif was conducted during the polar summer of 2007. The place known as Petuniabukta, located at the head of the Billefjorden in central Spitsbergen was selected for research on slope roads built by Russians from the town of Pyramiden to the nearest coal mines. Since 1998, when Russians abandoned the Pyramiden settlement, its very dense road system has not been utilized but has remained visible in the relief.

The aim of the study is to present the geomorphological condition of the slope roads. Geomorphological mapping was used to determine the condition of the roads in the longitudinal section.

The roads were divided into three sections depending on their elevation on the slopes. The best road condition was observed on the upper slopes (above 450 m). Large numbers of small alluvial fans, with a domination of the loamy fraction, constituted a common landform that was well visible in the road surface. In the middle part of the slope (located between 450–150 m) solifluction lobes were observed to prevail. The greatest extent of damage to the roads was observed where the roads were crossed by debris flows. Clearly the greatest damage of was found in the lowest part of the slope (below 150 m), where the roads were built on top of an alluvial fan. The road in this part is strongly transformed by debris and by water erosion. The road prism is damaged across more than 80% of its width. The largest erosion cuts in this segment reach down to 0.7 m. Damage to the roads was also triggered by the operation of needle ice and by effects of freeze-thaw, which is easily seen in the common frost contraction cracks at the edge of the road.

The study has shown, that the abandoned roads are still playing an important role in the slope system. Water erosion is main process driving the slope morphology, but the shallow permafrost strongly impedes a deeper soil erosion.

Agata Buchwał
Instytut Paleogeografii i Geoekologii
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
ul. Dziegiełowa 27
61-680 Poznań,
e-mail: kamzik@amu.edu.pl

