

Elżbieta Rojan*

WPLYW WSPÓŁCZESNYCH PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH NA RZEŻBĘ PÓŁNOCNO-ZACHODNIEGO PAMIRU

Influence of contemporary morphogenetic processes on the relief of north-western Pamirs

Abstract: The paper deals with one of more important elements of natural environment of high mountains – relief and its contemporary changes caused by morphogenetic processes. The area of research is situated in north-western part of the Pamirs. The background of the research is the description of selected elements of the natural environment which played an important role in its morphogenesis. Complex geology, high tectonic and seismic activity, numerous glaciers, extreme climatic conditions, scarce vegetation or lack of it – all these are selected features of natural environment influencing the character of the relief in the researched area.

The contemporary shape of land surface of north-western Pamirs is the effect of the Pleistocene and Holocene transformation of Tertiary, or partially older, relief. Evolution of land surface in the mentioned periods took place as a result of numerous morphogenetic processes: gravitational, glacial, fluvial, aeolian, nival, cryogenic and pluvial. In the researched area, processes which lead to a “sharpening” of forms and an increase of relative height are still taking place.

Key words: contemporary morphogenetic processes, relief of the high mountains, north-western Pamirs

Słowa kluczowe: współczesne procesy morfogenetyczne, rzeźba gór wysokich, północno-zachodni Pamir

WPROWADZENIE

Obszary wysokogórskie, bez względu na ich położenie geograficzne, charakteryzują się zarówno zespołem cech wspólnych, jak i indywidualnych. Do pierwszej grupy cech zalicza się m.in.: wysoką energię rzeźby, zróżnicowanie środo-

* Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Instytut Geografii Fizycznej, Zakład Geomorfologii, e-mail: erojan@uw.edu.pl

wiska na niewielkiej przestrzeni, duże zróżnicowanie poziome i pionowe procesów geomorfologicznych, ich względnie dużą intensywność i częstotliwość, charakterystyczne czynniki, takie jak lód i mróz oraz związane z nimi procesy i formy (Kaszowski 1985, Gerrard za Hewitt'em 1990). Ponadregionalne cechy gór wysokich są w znacznym stopniu modyfikowane przez indywidualne właściwości środowiska przyrodniczego strefy, w której są położone (Kaszowski 1985). Modelowanie rzeźby wysokogórskiej uzależnione jest więc od wielu czynników, takich jak: ekspozycja, budowa geologiczna, tektonika, warunki klimatyczne, wielkość zlodowacenia, wysokość położenia granicy wiecznego śniegu, przebieg górnej granicy lasu, w niektórych rejonach działalność człowieka.

Niniejsze opracowanie poświęcone jest jednemu z ważniejszych elementów środowiska przyrodniczego gór wysokich – rzeźbie i jej współczesnemu przekształcaniu przez procesy morfogenetyczne w północno-zachodniej części Pamiru. Tło do rozważań na ten temat stanowią charakterystyki wybranych pozostałych elementów środowiska przyrodniczego tej części masywu.

OBSZAR BADAŃ (POŁOŻENIE, RYS HISTORYCZNY)

Obszar badań położony jest w północno-zachodniej części Pamiru. Prowincja ta (248), według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (1997), wchodzi w skład mezoregionu Gór Środkowoazjatyckich (24) leżących w Azji Środkowej (2), nazywanej też często Centralną. Tu zbiegają się potężne łańcuchy górskie Ziemi: Hindukusz, Karakorum, Kunlun, Tien-szan i Ałaj.

„Pamiry” znane były już geografom dawnej Grecji, którzy nazywali je Barmian - dachem lub sklepieniem świata (Grąbczewski 1925). W 331 r. p.n.e. Aleksander Wielki ze swoją wyprawą mającą na celu podbój Azji, dotarł przez Pamir do miejscowości Osz położonej w Kirgizji na północ od masywu. W I w. n.e. Doliną Ałajską, stanowiącą północną granicę masywu, przemierzali wysłannicy Maesa z Macedonii (Kielkowsky 2005). Zamieszkane przez Tadżyków i Kirgizów doliny Pamiru były w ciągu kilku następnych wieków starożytności i kolejnych kilkuset lat średniowiecza odwiedzane głównie przez Chińczyków, ale także przez Koreańczyków i Mongołów. W 1273 r. Marco Polo z towarzyszami, podczas trwającej w latach 1269–95 wyprawy po Azji, przemierzył Pamir w drodze do Chin.

Mimo wielu ekspedycji, których trasy biegiły zwykle obrzeżami omawianego masywu, Pamir pozostawał najdłużej niezbadanym rejonem Azji Centralnej. Przyjmuje się, że dopiero w 1871 r. został odkryty Grzbiet Zaałajski. Dokonał tego rosyjski badacz Aleksiej P. Fedczenko. Kolejne lata II połowy XIX w. i pierwsza dekada wieku XX zapisały się w historii odkryć i badań Pamiru jako okres dużego zainteresowania masywem oraz prowadzenia na jego obszarze

pierwszych prac badawczych. Działali w tym czasie między innymi: W.F. Oszanin, N. Kostienko, N.A. Siewiercow, G.F. Grumm-Grzymajło, S.I. Korżynskij, N. Elyas, K. Bohdanowicz, N.I. Kosinienko, N.L. Korżeniewski, W. Rickmer-Rickmers (Kiełkowsy 2005, Saidmuradow 1982). Wraz z pozostałymi uczestnikami wypraw podróźnicy i badacze dokonali wstępnego rozpoznania środowiska przyrodniczego Pamiru, nazywali grzbiety, szczyty, przełęcze, lodowce, rzeki. Duży wkład w poznanie tego masywu, a także innych fragmentów Azji Środkowej ma polski generał, podróźnik, przyrodnik B. Grąbczewski (1925).

W następnych latach prowadzono tu więcej badań terenowych nie tylko przez Rosjan i Polaków, ale także m.in. przez Niemców i Austriaków. Na szczególną uwagę zasługuje austriacka ekspedycja interdyscyplinarna (1975 r.) do afgańskiego Pamiru Wachańskiego zwanego także Wielkim (Senarclens de Granicy, Kostka 1978).

W granicach obszaru badań (2757 km²; rozciągłość równoleżnikowa 81 km, południkowa - 52 km) znajdują się fragmenty grzbietów: Zaałajskiego, Piotra Pierwszego i Akademii Nauk z siedmiotysięcznikami: Szczyt Ismaila Samaniego (Komunizmu, 7495 m n.p.m.) i Pik Korżeniewskiej (7105 m n.p.m.) oraz doliny rzek: Muksu, Kyzylsu, Surchob i Garmo. Teren ten należy do najwyższych i najbardziej zlodowaconych w plejstocenie i współcześnie fragmentów masywu.

METODY BADAŃ

Wykorzystane w trakcie realizacji celu opracowania metody należą do dwóch głównych grup badań: kameralnych i terenowych.

Obserwacje i badania terenowe prowadzono w strefie od 1500 m do 6100 m n.p.m. Prace skupiały się przede wszystkim w rejonie szczytów: Ismaila Samaniego (Komunizmu 7495 m n.p.m.) i Korżeniewskiej (7105 m n.p.m.), w Dolinie Ałajskiej i dolinie rzeki Muksu.

Realizacja celu opracowania możliwa była poprzez:

- opracowanie cech fizycznogeograficznych całego Pamiru oraz wybranego jego fragmentu
- wykonanie: szkiców, map tematycznych i przekrojów krajobrazowych
- rozpoznanie czynników i procesów morfogenetycznych oraz odpowiadających im form rzeźby, określenie ich zasięgu poziomego i pionowego
- rejestrowanie częstotliwości zachodzenia procesów morfogenetycznych oraz oszacowanie ich względnego natężenia
- wykonanie pomiarów wybranych mikro- i mezoform
- skonstruowanie krzywych natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych

- przeprowadzenie kartowania geomorfologicznego południowo-wschodniej części obszaru badań (sąsiedztwo szczytów: Ismaila Samaniego (Komunizmu) i Korzeniewskiej)
- obserwacje wybranych elementów środowiska przyrodniczego, mających wpływ na modelowanie rzeźby terenu badań
- wykonanie profili morfologicznych
- wyodrębnienie systemów morfogenetycznych oraz wyznaczenie ich zasięgu w zależności od wysokości bezwzględnych.

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ELEMENTÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

W artykule zostaną przedstawione wybrane elementy środowiska przyrodniczego północno-zachodniej części Pamiru lub Pamiru Zachodniego mające znaczenie dla jego morfogenezy.

Budowa geologiczna

Dzieje geologiczne całego masywu są bardzo skomplikowane. Budują go skały różnego wieku, od prekambryjskich do współczesnych włącznie. Najstarszymi są głęboko zmetamorfizowane skały prekambryjskie reprezentowane przez wychodzące na powierzchnię gnejsy i łupki krystaliczne (Łoziew 1968a).

Osady paleozoiczne charakteryzuje duża zmienność rodzajów i zasięgów ich występowania. Na obszarze badań rozpoznano utwory wapienne kambru oraz warstwy łupków piaszczystych z kambru i ordowiku. Osady ordowiku wykształcone w postaci skał efuzywno-wapienno-terygeniczných odsłaniają się tylko na SE skraju opracowanego terenu. W sylurze i dewonie powstały wapień i łupki. Karbon dolny reprezentowany jest przez skały wylewno-piroklastyczne, a środkowy i górny – przez wapień i łupki oraz łupki z przewarstwieniami skał wylewnych. Nierozdzielone osady permu (perm dolny – skały terygeniczo-łupkowo-wapienne, perm górny – utwory terygeniczo-węglanowe) odsłaniają się w SE części obszaru badań.

Do skał mezozoicznych powszechnie występujących w Pamirze należą: piaszkowce, łupki, wapień i tufy tworzące, poza osadami kredowymi, nieprzerwany profil (Łoziew 1968b).

Trzeciorzęd reprezentowany jest przez utwory paleogenu występujące na bardzo małych powierzchniach. Są nimi osady lagunowo-morskie i morskie oraz pstre piaszczysto-gliniaste. Sporadycznie spotykane są utwory neogenu.

Osady czwartorzędowe występują w dnach dolin rzecznych (aluwia) oraz na obszarach współcześnie zlodowaconych i w ich sąsiedztwie, gdzie miała i ma miejsce akumulacja lodowcowa.

Obok wielu rodzajów skał budujących warstwową strukturę Pamiru, szeroko rozprzestrzenione są intruzyjne skały magmowe. W granicach obszaru badań występują intruzje granitowe i granitoidowe: dolno- i środkowopaleozoiczne, z okresu górny perm – dolny trias oraz górnotriasowo-dolnokredowe. Intruzje skał zasadowych spotykane są w Pamirze bardzo rzadko.

Tektonika i neotektonika

Pamir był fałdowany podczas orogenez: kaledońskiej, hercyńskiej, kimeryjskiej i alpejskiej. Ostatnia z nich w zdecydowanie większym stopniu niż poprzednie wpłynęła na ukształtowanie tego masywu (Mieszczeriakow 1981). Fałdowanie alpejskie składało się z szeregu faz. Najważniejsza dla Pamiru przypadła na przełom paleogenu i neogenu. Mezozoiczne i trzeciorzędowe osady morskie, a częściowo także utwory paleozoiku, zostały uformowane w ogromne fałdy (izoklinalne, rozdarte, obalone) i płaszczowiny, a także uległy silnej metamorfizacji (Susłow 1961). Zmianom tym towarzyszyły silne erupcje wulkanów. Wtedy nastąpiło wydźwignięcie morskich osadów kredy i paleogenu w obrębie Grzbietu Zaałajskiego na wysokość ponad 5000 m. Słabsze wydźwignięcia miały miejsce także w czwartorzędzie.

Biorąc pod uwagę ukierunkowanie ruchów tektonicznych w okresie fałdowania alpejskiego i później, wydzielone zostały obszary stałych ruchów wypiętrzających i obszary o dominujących ruchach obniżających. Należy podkreślić, że ugięcia terenu (obszary „pograżające się”), które powstały na początku tego okresu, w późniejszym jego etapie kurczyły się z powodu włączania ich stref peryferyjnych w rozrastające się wypiętrzenia terenu (Czedija 1968). Niemal cały Pamir leży w granicach obszarów ruchów wypiętrzających. Najmłodsze z nich zorientowane są poprzecznie do wcześniej powstałych fałdów. Linie grzbietowe tych wypiętrzeń mają więc kierunek południkowy. Wyznaczono je na podstawie m.in. badań geologicznych i geofizycznych, obejmujących np. deformacje tarasów rzecznych i starych powierzchni denudacyjno-erozyjnych. Rozwój tych struktur datuje się od mezozoiku, ale zasadnicza faza ich powstania przypada na pliocen.

Pamir charakteryzuje się przyspieszeniem tempa ruchów wypiętrzających, które osiągały: w oligocenie 10 cm w ciągu tysiąclecia, w pliocenie i dolnym czwartorzędzie 16,6 cm, dla okresu od dolnego czwartorzędu do dziś – 832 cm (Czedija 1968). Pomiaru ruchów tektonicznych prowadzone na poligonie

doświadczalnym Garmo (Pamir Zachodni) dowodzą jeszcze szybszego tempa podnoszenia w holocenie, które określono na około 10–15 cm w ciągu roku. Stwierdza się ponadto, iż Pamir i Tien-szan przysuwają się do siebie o 2–3 cm rocznie (Kukal 1990). Zarówno pionowe, jak i poziome ruchy tektoniczne spowodowane są kolizją płyt: Euroazjatyckiej i Indoaustralijskiej.

Warunki klimatyczne

Pamir klasyfikowany jest do różnych stref klimatycznych. I tak według Okołowicza (1991) masyw leży na pograniczu strefy klimatów umiarkowanych i podzwrotnikowych, a dokładniej w zasięgu górskiej odmiany klimatu wybitnie kontynentalnego grupy klimatów umiarkowanie ciepłych strefy klimatów umiarkowanych i klimatu kontynentalnego, wybitnie suchego strefy klimatów podzwrotnikowych. Warunki klimatyczne masywu formują się przede wszystkim pod wpływem wyższych mas troposfery, które mają decydujące znaczenie dla pamińskich grani i stoków górskich. W niewielkim stopniu kształtują one warunki w dnach głębokich dolin, w których panuje klimat lokalny. Ten z kolei w zimnych okresach roku uwarunkowany jest przede wszystkim różnicami w rzeźbie terenu (formy wklęsłe i wypukłe), a latem charakterem podłoża (powierzchnie zlodowacone i niezlodowacone). Duży wpływ na procesy meteorologiczne zachodzące nad obszarem Pamiru wywierają liczne i wysokie grzbiety górskie. Z tego powodu warunki klimatyczne są tu, szczególnie latem, bardzo zróżnicowane i zależą nie tylko od wysokości na poziomem morza, lecz także od położenia danego rejonu względem napływających mas powietrza (Hess 1962).

Klimat Pamiru charakteryzuje się przede wszystkim: dużymi dobowymi i sezonowymi wahaniami temperatury, małym zachmurzeniem, wysokim natężeniem i sumami promieniowania słonecznego oraz niską wilgotnością powietrza. Zimą warunki pogodowe kształtowane są przez masy powietrza napływające najczęściej z szerokości umiarkowanych, latem - z podzwrotnikowych. Masyw dzieli się na dwa główne, zgodne z krajobrazowymi, regiony klimatyczne – Wschodni i Zachodni.

Pamir Zachodni, głównie z powodu równoleżnikowego układu grzbietów, otwarty jest ku zachodowi. Na wschodzie zaś osłania go południkowo ukształtowany Grzbiet Akademii Nauk. W omawianej części masywu dominują więc masy powietrza napływające z zachodu i północnego-zachodu. Od nich oraz od wysokości bezwzględnych uzależnione są przede wszystkim ilość i rodzaj opadów atmosferycznych. Ich średnie roczne sumy wahają się od 300 mm w południowej części regionu do 1500 mm i więcej w wyższych partiach grzbietów: Piotra Pierwszego, Darwaskiego, Akademii Nauk. Na lodowcu Fedczenki, na

wysokości 4169 m n.p.m., notuje się średnio 2240 mm opadów w ciągu roku. Większość z nich przypada na zimę i wiosnę, pozostałe na lato i jesień. Wraz ze wzrostem wysokości zwiększa się udział opadów w postaci stałej w całkowitej sumie opadów. Lodowiec Fedczenki zasilany jest opadami tego rodzaju prawie przez cały rok. Około 97% wszystkich dni z opadami stanowią tu dni z opadami śnieżnym (198 dni z opadami śnieżnymi/204 dni z opadami) (Martyn 1995).

Najchłodniejszym miesiącem roku na obszarze badań jest styczeń. Średnia temperatura tego miesiąca w dolinach Pamiru Zachodniego na wysokości 2100 m wynosi $-7,5^{\circ}\text{C}$, na lodowcu Fedczenki -17°C (Martyn 1995). Najniższa temperatura zanotowana w regionie zachodnim to -34°C . Najcieplejszym miesiącem na obszarze omawianego masywu jest lipiec. W Pamirze Zachodnim średnia temperatura tego miesiąca na wysokości 4500 m waha się od 1 do 3°C . Notuje się niekiedy jednak znacznie wyższe temperatury np.: w Chorogu (2080 m) 38°C , na lodowcu Fedczenki 20°C (Martyn 1995). Absolutne maksimum regionu zachodniego wynosi 40°C .

Lodowce

Pamir należy do zlodowaconych w przeszłości (2–3 razy) i współcześnie masywów Azji Środkowej. Starsze z nich, Tupczańskie, o większym zasięgu ($27\,670\text{ km}^2$) trwało w drugiej połowie dolnego czwartorzędu. Młodsze, Liachszskie ($21\,060\text{ km}^2$), miało miejsce w drugiej połowie środkowego czwartorzędu (Trofimow 1968b). Lodowce plejstoceniśkie osiągnęły w Pamirze znaczną wielkość, a co za tym idzie obniżyła się dolna granica ich występowania i granica wiecznego śniegu. W dolinie rzeki Murgab lodowiec zasilany kilkudziesięcioma lodowcami bocznymi osiągnął 240 km długości (Susłow 1961). Zlodowacenie późnoplejstoceniśkie zakończyło się około 9500 lat temu (Bondarev i in. 1997). Powierzchnia zajmowana przez ówczesne lodowce pamirskie była zaledwie o 5–20% większa od obszaru współcześnie zlodowaconego (Bondariew za Trofimowem 1976). Długość lodowców od późnego plejstocenu również zmieniła się stosunkowo niewiele: średnio o 1–1,5 km, maksymalnie 3–4 km. Granica wiecznego śniegu na obszarze badań przebiegała o 650–950 m niżej niż obecnie (Bondarev i in. 1997).

Powierzchnia współczesnych lodowców pamirskich wynosi około 8000 km^2 (Dołguszin, Osipowa 1989). Obszar zlodowacony stanowi więc około 10–13% ogólnej powierzchni masywu i w ostatnim stuleciu ulega niewielkiemu zmniejszaniu. Analiza zdjęć satelitarnych, materiałów fotograficznych oraz wyników badań terenowych pozwoliła na stwierdzenie, że w okresie 1993–2005 zaznaczyła się tendencja do regresji lodowców obszaru badań. W powyższym czasie zmniejszaniu ulegała powierzchnia i miąższość lodowców stokowych oraz ję-

zorów małych lodowców dolinnych. Zasięg nieco zmienionych ich czół pozostaje jednak prawie bez zmian. W związku z powyższym bilans lodowców północno-zachodniej części Pamiru można określić jako ujemny (Rojan 2007).

RZEŻBA OBSZARU BADAŃ

Współczesne ukształtowanie powierzchni północno-zachodniej części Pamiru jest efektem przekształcania rzeźby trzeciorzędowej w plejstocenie i holocenie. Zachowały się jednak elementy rzeźby o założeniach starszych. Ewolucja powierzchni w wyżej wymienionych okresach miała i ma miejsce w wyniku działania na obszarze badań szeregu procesów morfogenetycznych powodujących powstawanie form należących do różnych typów rzeźby (Rojan 2008). Przedstawienie ich wymaga jednak spojrzenia na zagadnienie na szerszym niż obszar badań tle regionalnym.

GŁÓWNE ELEMENTY RZEŻBY PAMIRU ZACHODNIEGO

Analiza procesów egzogenicznych i form rzeźby pozwoliła Łoskutowi (1968) na wyróżnienie w Pamirze Zachodnim powierzchni denudacyjnych i akumulacyjnych.

Rzeźba denudacyjna

W jej granicach wyróżniono trzy podstawowe piętra rzeźby odpowiadające trzem głównym etapom jej powstawania (Kaszowski za Biełousowem 1985). Przedstawione poniżej piętra powinny zdaniem Łoskutowa (1968) całkowicie mieścić się w obrębie powierzchni denudacyjnych.

1. Piętro górne – przedneogeńskie

W jego granicach spotyka się powierzchnie zrównań. Najstarsze z nich powstały na przełomie górnego paleozoiku i dolnego mezozoiku. Zostały one, wraz z mezozoiczno-paleogeńską pokrywą osadową, wypiętrzone pod koniec oligocenu na wysokość 4700–5200 m, a niektóre nawet wyżej. Uległy one później silnym deformacjom oraz podziałom pod wpływem procesów egzogenicznych. W piętrze przedneogeńskim znajduje się Pamirskie Firnowe Plateau (Wielkie Firnowe Plateau, 5700–6000 m n.p.m.). Powierzchnia ta o wymiarach 9 x 2 km leży w masywie szczytu Ismaila Samaniego (Komunizmu). Obrywa się ona około 1600-metrową ścianą w kierunku lodowca Fortambek.

Nad powierzchniami zrównań górują ostre granie o bardzo urozmaiconych, „poszarpanych” profilach podłużnych (ryc. 1). Deniwelacje między wierzchołkami a przełęczami przekraczają tu nawet 1500 m.

2. Piętro środkowe – plioceńsko-dolnoplejstocenijskie

(wg Łoskutowa (1968) – środkowomiocenijsko-dolnoczwartorzędowe)

Rozciąga się ono na wysokości 2700–3500 m n.p.m. W Pamirze Zachodnim omawiane piętro ma pochodzenie erozyjne. W jego obrębie dominują słabo nachylone stoki o wysokościach względnych 600–1500 m oraz głęboko wcięte doliny o stromych zboczach.

3. Piętro dolne – plejstocenijsko-holocenijskie

(wg Łoskutowa (1968) – środkowoczwartorzędowo-holocenijskie)

Położone jest ono poniżej 2700 m n.p.m. Reprezentują je głównie wąskie doliny rozcinające powierzchnię piętra środkowego nawet do 1500 m. Dolinom tym towarzyszą systemy tarasów skalnych i osadowych.

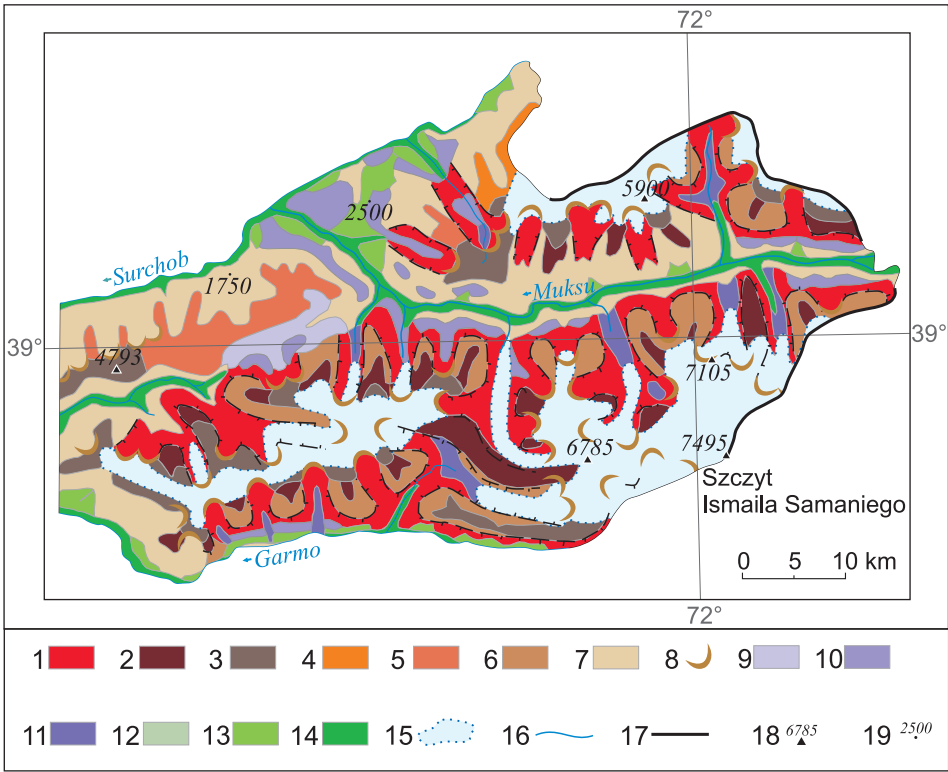
W obrębie powierzchni denudacyjnych występują formy związane z przeobrażającą działalnością lodowców górskich starszych zlodowaceń. Są to m.in. cyrki i żłoby lodowcowe (ryc. 1).

Rzeźba akumulacyjna

Obszary o rzeźbie akumulacyjnej stanowią niewielką część Pamiru Zachodniego. W całym Tadżykistanie rozpoznano 4 różnowiekowe kompleksy tarasów rzecznych. W Pamirze Zachodnim występują tylko tarasy najmłodsze, tzn. z górnego czwartorzędu. W dolinach o nieznacznych szerokościach i większych nachyleniach przyjmują one kształt wąskich, poprzerywanych pasów. W dolinach szerokich i o małym nachyleniu stanowią one już bardziej zwarte powierzchnie. Wysokości względne poszczególnych poziomów wahają się od 5 do 100 m.

Współczesne tarasy jeziorne towarzyszą niemal wszystkim jeziorom Pamiru. Średnia wysokość względna tych niewielkich powierzchni wynosi 1–3 m.

W Pamirze Zachodnim dość powszechnie występują formy akumulacji glacialnej (ryc. 1). Są to przede wszystkim moreny. Dolnoczwartorzędowe formy tego typu zostały zakumulowane w dnach dolin. Świadczą one o istnieniu lodowców dolinnych o rozmiarach 2–2,5 razy większych od współczesnych. Dolnoczwartorzędowe utwory morenowe najlepiej zachowały się w reliktovej dolinie Pra-Muksu na wysokości 3000 m n.p.m. Ku zachodowi moreny te zastępowane są przez osady fluwio-glacialne. Moreny środkowego czwartorzędu oddzielone są od form starszych „międzylodowcowym” wcięciem erozyjnym w Pamirze Zachodnim i utworami jeziorno-aluwialnymi w Pamirze Wschodnim (Łoskutow 1968). Śródkowoczwartorzędowe utwory zostały zakumulowane przede wszystkim podczas maksymalnego stadium drugiego zlodowacenia. Rozpoznano je między innymi w okolicach miejscowości Liachsz (ujście Muksu do rzeki Surchob) (Trofimow 1968b). Formy z tego okresu występują w Pamirze



Ryc. 1. Mapa geomorfologiczna północno-zachodniej części Pamiru (opracowano na podst. Atlasu Tadżyksoj SSR 1968)

Rzeźba denudacyjna: 1 – granie, szczyty i stoki, przekształcone przez procesy niwalno-egzaracyjne podczas epok lodowcowych w czwartorzędzie, 2 – wąskie granie wododziałowe i stoki silnie nachylone z fragmentami tarasów erozyjnych, 3 – płaskie powierzchnie wierzchowinowe, znacznie rozczłonkowane, deformowane i wydźwignięte podczas młodych ruchów górotwórczych na wys. 3500–6200 m n.p.m., 4 – stoki słabo nachylone, płytko rozczłonkowane do lokalnych baz erozyjnych, wypowo występujące wyniosłości ukształtowane na przełomie pliocenu i czwartorzędzie, 5 – stoki słabo nachylone i powierzchnie tarasów kotlin: Fergańskiej i Południowotadżyckiej, 6 – zbocza dolin V-kształtnych powstałych na przełomie pliocenu i czwartorzędzie, silnie nachylone, 7 – zbocza dolin V-kształtnych, silnie nachylone, z fragmentami tarasów erozyjnych częściowo przykrytych pokrywą deluwiów i koluwiów, 8 – cyrki lodowcowe; rzeźba akumulacyjna: 9 – moreny zlodowacenia dolinnego (dolny czwartorzęd), słabo faliste, 10 – moreny końcowe i boczne zlodowacenia dolinnego (środkowy czwartorzęd), pagórkowate, 11 – moreny końcowe i boczne zlodowacenia dolinnego (górny czwartorzęd), falisto-pagórkowate, 12 – równiny proluwialne i wielkie stożki, silnie i głęboko rozczłonkowane (dolny czwartorzęd), 13 – równiny i tarasy aluwialne i aluwialno-proluwialne (środkowy czwartorzęd), 14 – współczesne równiny i tarasy aluwialne i aluwialno-proluwialne; 15 – śnieżniki i lodowce (z moreną powierzchniową w dolnych częściach), 16 – rzeki, 17 – główne grzbiety górskie, 18 – szczyty, 19 – punkty wysokościowe

Zachodnim głównie na zboczach dolin. W zachodniej części masywu rozpoznano również moreny najmłodsze, łączące się z tarasami dolnoholocenijskimi. Są one oddzielone od moren środkowego czwartorzędu „międzylodowcowym” rozcięciem erozyjnym o średniej głębokości 160–200 m, a miejscami 300–400 m.

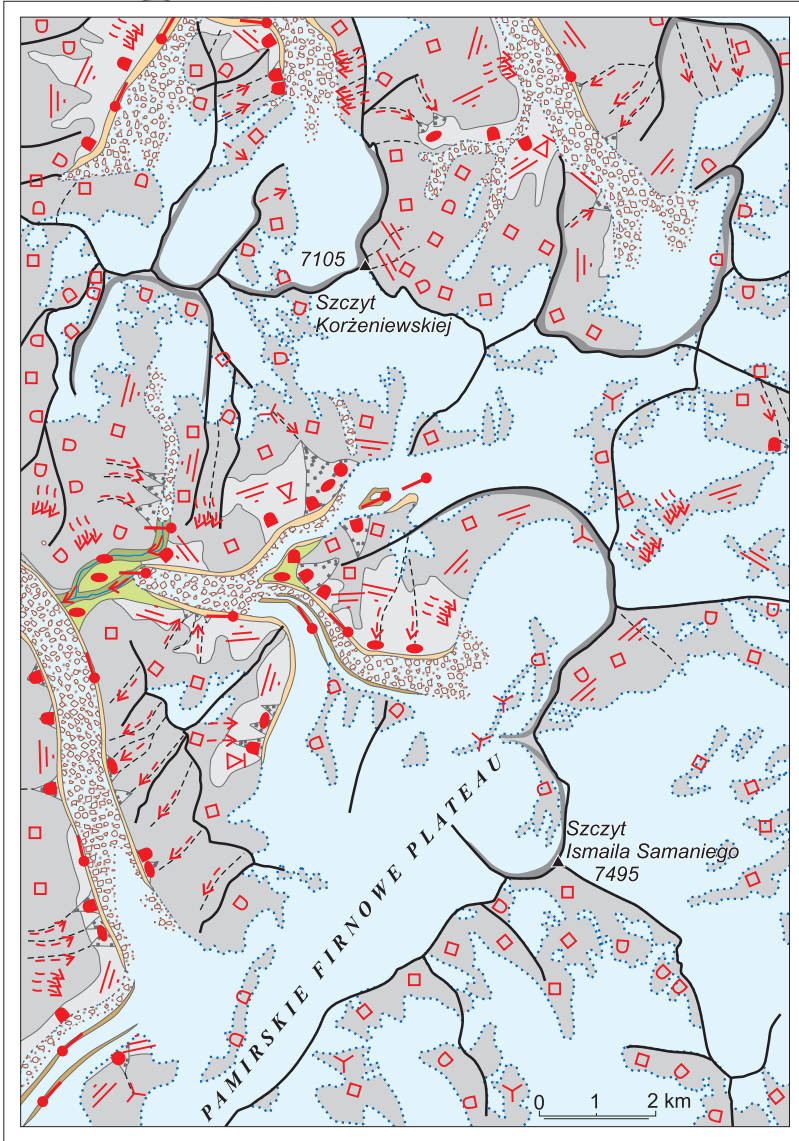
Dużą rolę w formowaniu się wysokogórskiej rzeźby Pamiru Zachodniego odgrywały i odgrywają grawitacyjne ruchy masowe.

WSPÓŁCZESNE PROCESY MORFOGENETYCZNE PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI PAMIRU

Ze względu na stosunkowo szybkie zmiany zachodzące w ukształtowaniu powierzchni gór wysokich na szczególną uwagę zasługuje współczesna morfogeneza. Na obszarze badań rozpoznano efekty wietrzenia fizycznego oraz następujące współczesne procesy morfogenetyczne i formy rzeźby: grawitacyjne, glacialne, fluwialne, eoliczne, niwalne, kriogeniczne i pluwialne (ryc. 2, 3, 4). Szczegółowa analiza zebranych wyników badań terenowych dotycząca przede wszystkim rozmieszczenia form rzeźby, a w szczególności mikro- i mezoforn, uzupełniona profilami morfologicznymi, pozwoliła na dokonanie próby określenia natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych w północno-zachodniej części Pamiru w zależności od wysokości. (ryc. 5). Przyjęto następu-

Fig. 1. Geomorphological map of the north-western Pamirs (prepared on the basis of *The Atlas of Tajik SSR 1968* [in Russian])

Denudation relief: 1 – ridges, peaks and slopes, transformed by nival and exaration processes during Quaternary ice ages, 2 – narrow watershed ridges and strongly inclined slopes with fragments of erosion terraces, 3 – flat hilltops, strongly dissected, deformed and elevated during young orogenic movements at an altitude of 3500–6200 m a.s.l., 4 – weakly inclined slopes, with shallow dissections to local erosion bases, insular elevations formed in the late Pliocene and early Quaternary, 5 – weakly inclined slopes and terrace areas of the Fergana Valley and Afghan-Tajik Basin, 6 – slopes of V-shaped valleys formed in the late Pliocene and early Quaternary, strongly inclined, 7 – strongly inclined slopes of V-shaped valleys, with fragments of erosion terraces partly covered by deluvia and colluvia, 8 – cirques; accumulation relief, 9 – valley glaciation moraines (Lower Quaternary), weakly rolling, 10 – terminal and lateral moraines of the valley glaciation (Middle Quaternary), hilly, 11- terminal and lateral moraines of the valley glaciation (Upper Quaternary), rolling and hilly, 12 – proluvial plains and huge cones, strongly and deeply dissected (Lower Quaternary), 13 – alluvial and alluvial-proluvial plains and terraces (Middle Quaternary), 14 – contemporary alluvial and alluvial-proluvial plains and terraces, 15 – snow patches and glaciers (with surface moraine in the lower parts), 16 – rivers, 17 – main mountain ridges, 18 – peaks, 19 – height points.



- 1 2 3 4 5 6
- 7 8 9 10 11 12
- 13 14 15 16 17 18
- 21 22 23 24 19 20
- 25

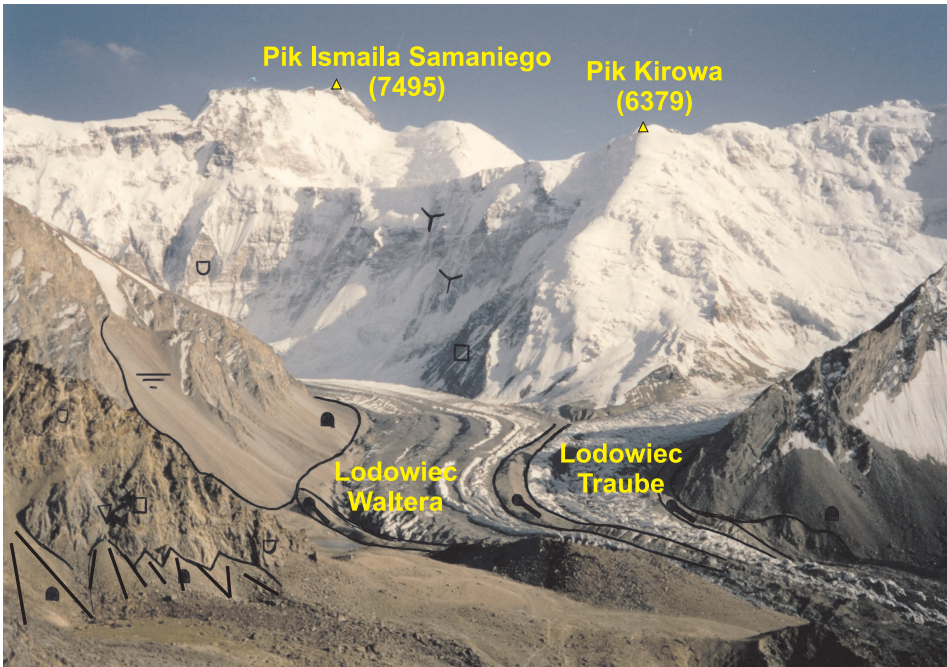
Ryc. 2. Mapa współczesnych procesów morfogenetycznych SE części obszaru badań
Rzeźba denudacyjna: 1 – granie i grzbiety górskie, 2 – szczyty, 3 – żleby, 4 – ściany i stoki skalne, 5 – stoki ze zwietrzeliną, 6 – stożki o różnej genezie; rzeźba glacialna: 7 – cyrki, 8 – lodowce z moreną powierzchniową, 9 – wały moren bocznych, 10 – wały moren środkowych, 11 – dna dolin lodowcowych, 12 – doliny rzek proglacialnych; współczesne procesy morfogenetyczne: 13 – odpadanie, 14 – obrywanie, 15 – osuwanie, 16 – soliflukcja, 17 – spłukiwanie powierzchniowe, 18 – spłukiwanie linijne, 19 – erozja lawinowa, 20 – erozja wgłębna, 21 – akumulacja grawitacyjna, 22 – akumulacja lodowcowa, 23 – akumulacja lawinowa, 24 – akumulacja wodna; 25 – lodowce

Fig. 2. Contemporary morphogenetic processes in the SE part of the researched area
Denudation relief: 1 – mountain crests and ridges, 2 – peaks, 3 – gullies, 4 – rock faces and slopes, 5 – slopes with rock mantle, 6 – cones of different origins; glacial landforms: 7 – cirques, 8 – glaciers with surface moraines, 9 – lateral moraine ramparts, 10 – medial moraine ramparts, 11 – glaciation valley bottoms, 12 – proglacial valley bottoms; contemporary morphogenetic processes: 13 – fall, 14 – slump, 15 – slide, 16 – solifluction, 17 – surface wash, 18 – linear wash, 19 – avalanche erosion, 20 – deep erosion, 21 – gravitational accumulation, 22 – glacier accumulation, 23 – avalanche accumulation, 24 – water accumulation, 25 – glaciers.



Ryc. 3. Współczesne procesy morfogenetyczne i formy rzeźby w rejonie szczytów: Czetyrioch, Korzhenevskiej i Worobiowa (oznaczenia zgodne z legendą do ryc. 2)

Fig. 3. Contemporary morphogenetic processes and landforms in the area of peaks: Chetyriokh, Korzhenevskoy, Vorobev (marked as in legend to Fig. 2)



Ryc. 4. Współczesne procesy morfogenetyczne i formy rzeźby w rejonie szczytu Ismaila Samaniego (oznaczenia zgodne z legendą do ryc. 2)

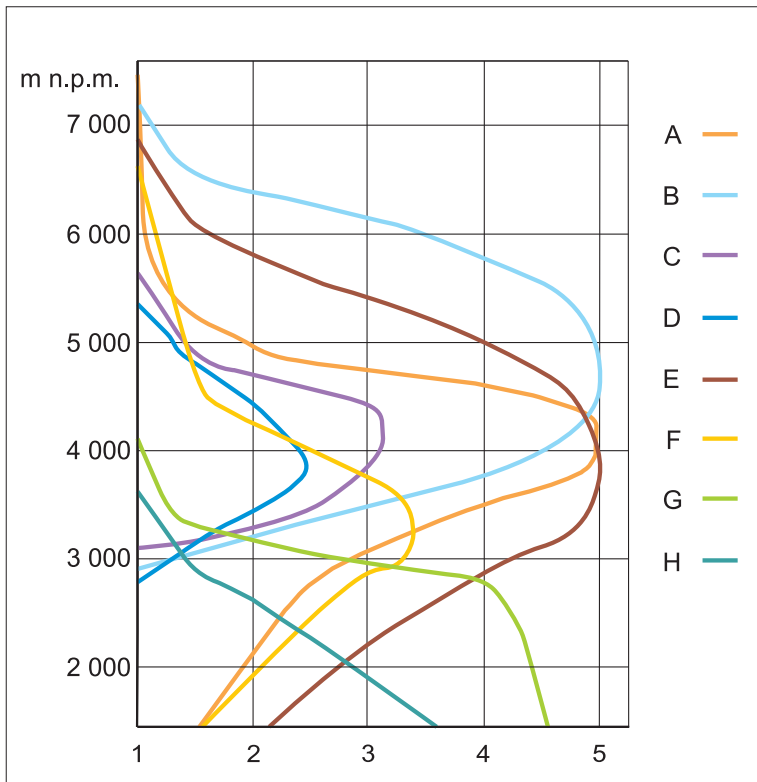
Fig. 4. Contemporary morphogenetic processes and landforms in the area of Ismail Samani Peak (marked as in legend to Fig. 2)

jącą względną skalę ocen natężenia procesów: 0 – brak, 1 – bardzo małe, 2 – małe, 3 – średnie, 4 – duże i 5 – bardzo duże.

Aby przypisać określonemu procesowi na konkretnej wysokości bezwzględnej odpowiednią ocenę, uwzględniono następujące informacje dotyczące zarówno samych procesów, jak i powstałych w wyniku ich działania form rzeźby:

- występowanie procesu
- zasięg przestrzenny procesu (poziomy i pionowy)
- częstotliwość zachodzenia procesu
- powstanie formy będącej bezpośrednim skutkiem zajścia procesu lub/i występowanie form będących skutkami procesów zachodzących w przeszłości
- cechy metryczne form powstałych na skutek zajścia określonego procesu.

Dla każdej z rozpoznanych na obszarze badań grup procesów morfogenetycznych przedstawiono krzywe natężenia procesu w zależności od wysokości nad poziomem morza (ryc. 5). Zostały one wykorzystane do wyznaczenia systemów morfogenetycznych. Ze względu na duże znaczenie rzeźbotwórcze uwzględniono także proces wietrzenia fizycznego (ryc. 6).



Ryc. 5. Wysokościowe zróżnicowanie natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych w północno-zachodniej części Pamiru

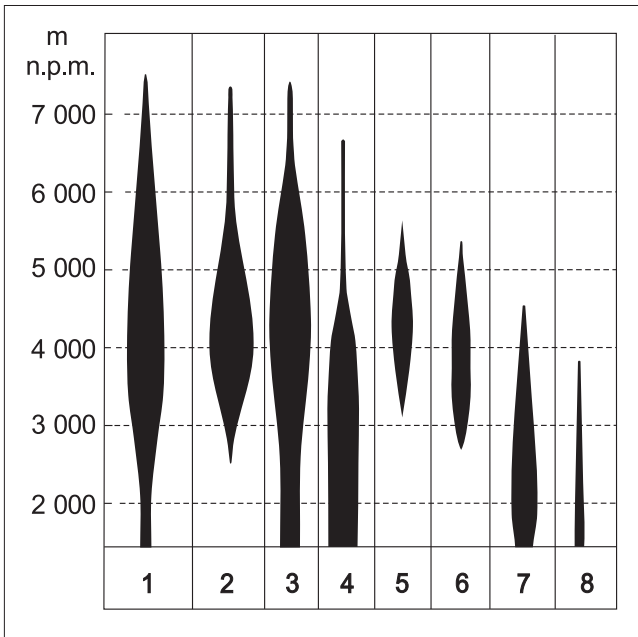
A – wietrzenie fizyczne; procesy: B – glacialne, C – kriogeniczne, D – niwalne, E – grawitacyjne, F – eoliczne, G – fluwialne, H – pluwialne; natężenie procesów: 1 – bardzo małe, 2 – małe, 3 – średnie, 4 – duże, 5 – bardzo duże

Fig. 5. Height differentiation of contemporary morphogenetic processes intensity in the NW Pamirs

A – physical weathering; processes: B – glacial, C – cryogenic, D – nival, E – gravitational, F – aeolian, G – fluvial, H – pluvial; process intensity: 1 – very small, 2 – small, 3 – average, 4 – high, 5 – very high.

Procesy morfogenetyczne podzielono na dwie grupy: bardzo istotne i nie mające decydującego znaczenia w funkcjonowaniu rzeźby obszaru badań. Do pierwszej z nich należą następujące systemy: grawitacyjny, glacialny i fluwialny oraz wietrzenie fizyczne. Do drugiej zaś pozostałe systemy, tzn.: eoliczny, kriogeniczny, niwacyjny i pluwialny.

W pasie wysokościowym 2700–4200 m n.p.m. zaznacza się wyraźna strefa, w której występują czynniki, procesy i formy wszystkich wyznaczonych systemów. Powyżej niej zdecydowanie dominuje system grawitacyjny i glacialny oraz silne wietrzenie fizyczne. Poniżej 2700 m n.p.m. bardzo duże znaczenie w kształ-



Ryc. 6. Wysokościowe zróżnicowanie systemów morfogenetycznych obszaru badań
1 – wietrzenie fizyczne; systemy morfogenetyczne: 2 – glacialny, 3 – grawitacyjny,
4 – eoliczny, 5 – kriogeniczny, 6 – niwacyjny, 7 – fluwialny, 8 – pluwialny

Fig. 6. Height differentiation of morphogenetic processes on the researched area
1 – physical watering; morphogenetic systems: 2 – glacial, 3 – gravitational, 4 – aeolian,
5 – cryogenic, 6 – nivational, 7 – fluvial, 8 – pluvial.

towaniu rzeźby ma system fluwialny, nieco mniejsze zaś wietrzenie fizyczne i systemy: grawitacyjny, eoliczny oraz pluwialny (Rojan 2005).

PODSUMOWANIE

Północno-zachodnia część Pamiru charakteryzuje się wyraźną zależnością rzeźby od szeregu elementów środowiska przyrodniczego, które odznaczają się tu bardzo dużą zmiennością w czasie i przestrzeni. Złożona budowa geologiczna, wysoka aktywność tektoniczna i sejsmiczna, występowanie licznych lodowców, skrajne warunki klimatyczne, uboga szata roślinna lub całkowity jej brak to jedne z wybranych cech wpływające na charakter rzeźby obszaru badań.

Współczesne ukształtowanie powierzchni północno-zachodniej części Pamiru jest efektem przekształcania rzeźby trzeciorzędowej, a miejscami starszej, w plejstocenie i holocenie. Ewolucja powierzchni w wyżej wymienionych okresach miała i ma miejsce w wyniku działania szeregu rozpoznanych procesów

morfogenetycznych: grawitacyjnych, glacialnych, fluwialnych, eolicznych, niwalnych, kriogenicznych i pluwialnych. Podłoże przygotowane zostaje poprzez wietrzenie fizyczne. Na obszarze badań ciągle zachodzą procesy prowadzące do „zaostrozania” kształtów i zwiększania wysokości względnych.

Literatura

- Bondarev L.G., Gobedzhishvili R.G., Solomina O.N., 1997. Fluctuations of local glaciers in the southern ranges of the former USSR: 18000–8000 BP. *Quaternary International*, vol. 38/39.
- Czedija O.K., 1968. Neotektonika, [w:] *Atlas Tadżyksoj SSR*. Głównoje Uprawlenie Gieodezii i Kartografii pri Sowietie Ministrow SSSR, Duszanbe-Moskwa.
- Dołguszyn Ł.D., Osipowa G.B., 1989. *Priroda mira. Ledniki*. „Mysl”, Moskwa.
- Gerrard J., 1990. *Mountain environments: An examination of the physical geography of mountains*. Belhaven Press, London.
- Grąbczewski B., 1925. *Podróże Gen. Br. Grąbczewskiego*. t. II: Przez Pamiry i Hindukusz od źródeł rzeki Indus, Zakłady Drukarskie F. Wyszyńskiego i S-ki, Warszawa.
- Hess M., 1962. Wpływ pokrywy śnieżnej i lodowej na bilans promieniowania i mikroklimat gór. *Prace Geogr.*, z.V, Zeszyty Naukowe UJ.
- Kaszowski L., 1985. Rzeźba i modelowanie i modelowanie gór wysokich strefy suchej na przykładzie Hindukuszu Munjan. *Rozpr. hab.* nr 94, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Kiełkowsy M. i J. (red.), 2005. *Wielka Encyklopedia Gór i Alpinizmu*. Tom II. Góry Azji. Wydawnictwo SPAPIS, Katowice.
- Kondracki J., 1997. Regionalizacja fizycznogeograficzna, [w:] Europa Wschodnia, Azja Północna i Środkowa, Zakaukazie. *Encyklopedia Geografii Świata*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Kukal Z., 1990. Crustal movements, [w:] *The Rate of Geological Processes*, Academia, Praha.
- Łoskutow W.W., 1968. Geomorfologija, [w:] *Atlas Tadżyksoj SSR*. Głównoje Uprawlenie Gieodezii i Kartografii pri Sowietie Ministrow SSSR, Duszanbe-Moskwa.
- Łoziew W.P., 1968a. Geologiczeskoje strojenie, [w:] *Atlas Tadżyksoj SSR*. Głównoje Uprawlenie Gieodezii i Kartografii pri Sowietie Ministrow SSSR, Duszanbe-Moskwa.
- Łoziew W.P., 1968b. Geologiczeskoje strojenie, mapa [w:] *Atlas Tadżyksoj SSR*. Głównoje Uprawlenie Gieodezii i Kartografii pri Sowietie Ministrow SSSR, Duszanbe-Moskwa.
- Martyn D., 1995. *Klimaty kuli ziemskiej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mieszczeriakow J.A., 1981. *Relief i sowremiennaja geodynamika. Izbrannyje trudy*. Izdatielstwo „Nauka”, Moskwa.
- Okołowicz W., 1991. Strefy klimatyczne, mapa, [w:] *Geograficzny Atlas Świata*. PPWK, Warszawa-Wrocław.
- Rojan E., 2005. Systemy morfogenetyczne w Pamirze Zachodnim [w:] *Materiały VII Zjazdu Geomorfologów Polskich*. Kraków, 19–22.09.2005, IGiGP UJ, Kraków.

- Rojan E., 2007. Procesy i formy grawitacyjne w północno-zachodniej części Pamiru, [w:] *Rekonstrukcja dynamiki procesów geomorfologicznych – formy rzeźby i osady*. WGiSR UW.
- Rojan E., 2008. Współczesna morfogeneza północno-zachodniej części Pamiru – próba ujęcia bilansowego, [w:] *Współczesne problemy geomorfologii. Landform Analysis*, vol. 9.
- Saidmuradow X.M., 1982. Wwiedienie. Kratkaja istorja issledowanij [w:] Tadżykistan (priroda i prirodnyje riesursy), Donisz, Duszanbe, s. 6–24.
- Senarclens de Grancy R., Kostka R. (red. nauk.), 1978. *Grosser Pamir*. Österreichisches Forschungsunternehmen 1975 in den Wakhan-Pamir/Afganistan, Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz, Austria.
- Susłow S.P., 1961. Obszary górskie radzieckiej Azji Środkowej, [w:] *Geografia fizyczna azjatyckiej części ZSRR*. PWN Warszawa.
- Trofimow A.K., 1968b. Sowriemiennoje oliedienienije, [w:] *Atlas Tadżykskoj SSR*. Głównoje Uprawlenie Gieodezii i Kartografii pri Sowietie Ministrow SSSR, Duszanbe-Moskwa.