

*Antoni Gawlik*

## Stożki usypiskowe w Tatrach

### WSTĘP

W sierpniu 1958 r. wykonałem na terenie Tatr pomiary stożków usypiskowych. Zwróciłem na nie uwagę w poprzednim roku przy okazji prac polowych, a zaznajomiwszy się z literaturą, postanowiłem zająć się tym tematem na terenie Tatr.

Stan badań stożków usypiskowych

Literatura na temat stożków usypiskowych jest bardzo szczupła. Kilku autorów [2, 4] omawia stożki usypiskowe w klimacie polarnym, gdzie zasadniczy wpływ na ich kształtowanie ma panująca w tym klimacie marzłość, powodująca w okresie odmarzania soliflukcję. W krajach klimatu umiarkowanego wpływ zamrozu zaznacza się słabo, toteż trudno porównywać stożki usypiskowe tych krajów ze stożkami klimatu polarnego. Przewodnikiem metodycznym dla mej pracy była rozprawa A. Piwowara [5].

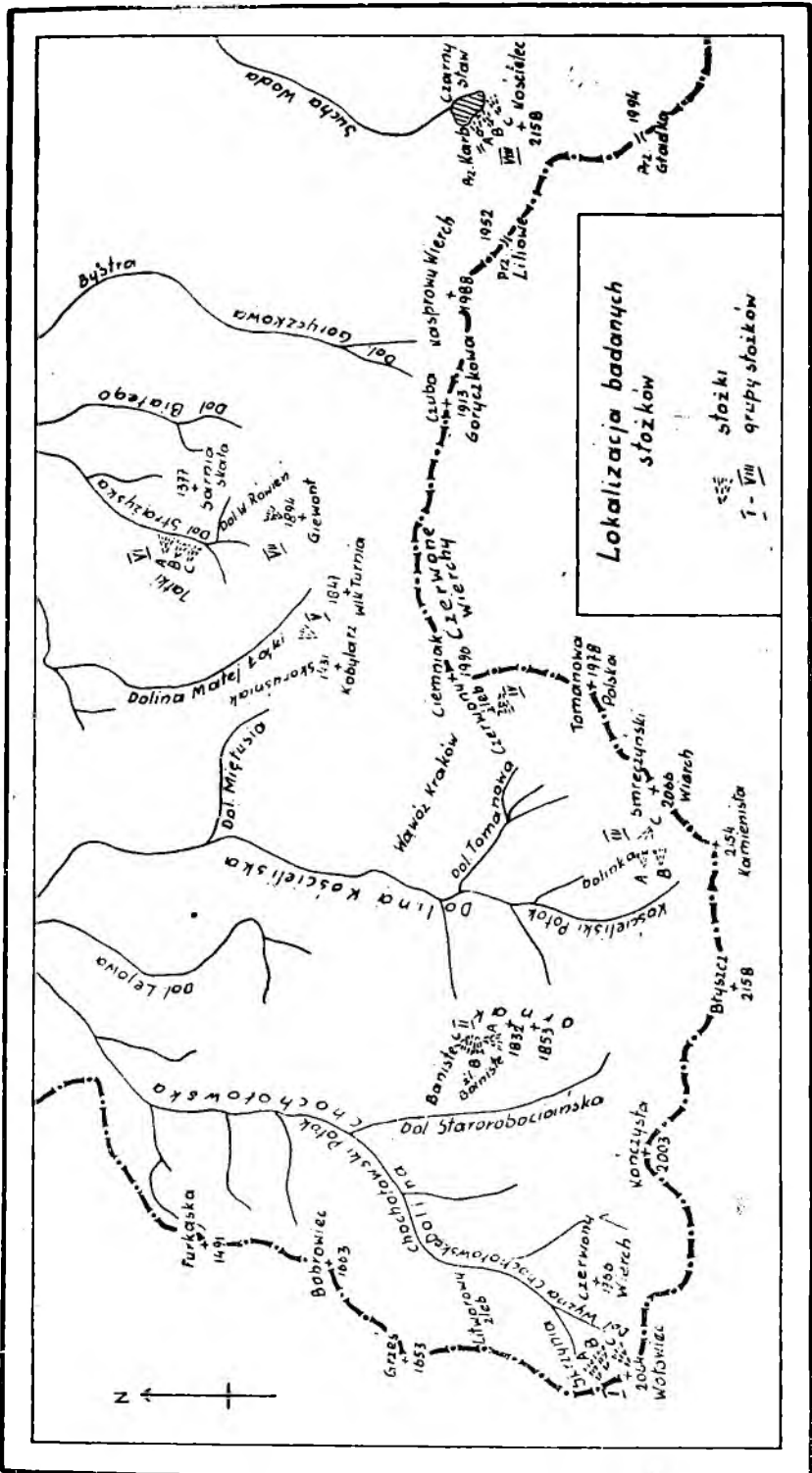
Pozostała literatura, traktująca stożki usypiskowe — zresztą tylko zdawkowo — to wyłącznie literatura podręcznikowa. Jedyne w *Geomorfologii* M. Klimaszewski [3] traktuje nieco obszerniej powstawanie stożków i ich profil podłużny (kształt), naturalny kąt spoczynku (maksymalne nachylenie) oraz zamieszcza dane o stożkach w Tatrach, na ogół zgodne z wnioskami A. Piwowara.

### PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES PRACY

Najbardziej charakterystyczną cechą stożków usypiskowych i hałd jest ich kąt nachylenia oraz rozmieszczenie w nich różnej grubości gruzu. Przyjmuje się, że kąt nachylenia uwarunkowany jest składem petrograficznym gruzu skalnego, oraz że gruz ten pod względem swojej grubości rozłożony jest na ogół systematycznie od najdrobniejszego u wierzchołka stożka do najgrubszego u jego podstawy.

Celem mojej pracy jest:

- a) ogólny opis niektórych stożków tatrzańskich, których materiał różni się między sobą.



- b) próba ustalenia kąta nachylenia tych stożków w zależności od składu petrograficznego.
- c) próba ustalenia reguły rozmieszczenia wielkości gruzu skalnego w całym stożku.

Przy opisywaniu stożków uwzględniałem, oprócz ogólnej budowy geologicznej, jak również ogólnego ukształtowania terenu, na którym stożek się znajduje — następujące jeszcze cechy:

- 1) drogę przebywaną przez gruz skalny w kierunku stożka,
- 2) modelujący wpływ wód w czasie gwałtownych deszczów lub roztopów, kiedy to gruz skalny, będący w zasięgu wód w nim lub po nim płynących, jest dodatkowo przencoszony i częściowo obtaczany, a przede wszystkim jest wymieszany pod względem wielkości,
- 3) żywotność stożka i częściowo związane z tym pokrycie go roślinnością,
- 4) wymiary stożka jak: długość, szerokość, wysokość i nachylenie oraz ewentualny związek między wielkością a kształtem stożka,
- 5) charakter gruzu stożka, a mianowicie ogólny jego kształt i wielkość oraz rozmieszczenie gruzu pod względem wielkości w stosunku do całości stożka.

Obserwacje i pomiary stożków (por. mapa).

## I. STOŻKI GRANITOGNEJSOWE

Pomierzone stożki granitognejsowe znajdują się w części Tatr Zachodnich w zamknięciu Doliny Wyżniej Chochołowskiej, pod Wołowcem, na północnym jego stoku, na wysokości około 1800 m n. p. m., w okolicy tzw. Skrzyni. Leżą one na równych, stromych stokach lub w występujących na nich podłużnych wklęsłościach na obszarze trzonu krystalicznego, a ich gruz składa się z białych granitognejsów. Struktura granitognejsów jest ziarnisto-kryształiczna, a tekstura częściowo łupkowa. Z trzech wybranych stożków przy dwóch (A, B) materiał spada ze ścian skalnych, a w trzecim (C) sypie się nadto żlebami. We wszystkich trzech przypadkach gruz osadza się dopiero w pewnej odległości od ścian lub wylotów żlebów. Odcinki między ścianami skalnymi a wierzchołkami stożków porośnięte są roślinnością zielną. Na tych odcinkach gruz przelatuje w powietrzu (łukiem) lub przeskakuje po stromym, porośniętym trawą stożku i osadza się poniżej. W sumie jednak gruz daje dość normalne pod względem ogólnego kształtu stożki usypiskowe.

Wpływu wód powierzchniowych na stożki, powodujących powstawanie rynien, na ogół nie widać. Stożki są żywe i nie porośnięte. Gruz stożków jest na ogół gruby, wydłużony i splaszczony oraz ostrokrawędzisty, o powierzchniach dość gładkich i mało lub w ogóle nie zwietrzały. Stąd też wynika słabe pokrycie stożków roślinnością.

## II. STOŻKI KWARCYTOWE

Wybrane do analizy stożki kwarcytowe położone są na południowych i zachodnich stokach północnej części Ornaku, między stokiem a żlebem Baniście, na wysokości około 1650—1700 m n.p.m. Z nich jeden (A) ma charakter raczej hałdy i leży na stromym stoku, a dwa (B, C) leżą w podłużnych wklęsłościach, zgodnych z nachyleniem stoku i wypełniają je. Omawiany teren należy do antykliny Ornaku, wchodzącej w skład serii tubylczej (po-

krywy) trzonu krystalicznego, podścielającej fałdy wierchowe. Kwarcyty Ornaku należą do dolnego werfenu. Struktura ich jest ziarnista, tekstura zaś bezładna. Gruz ma na ogół postać wielkich bloków, kształt wydłużony, krawędzie ostre, a powierzchnie szorstkie. Gruz wszystkich analizowanych form spada z nagich ścian skalnych górą i upada w pewnej odległości od nich. Forma A jest hałdą powstałą przez zrośnięcie się ze sobą kilku krótkich stożków. Formy B i C są pojedynczymi stożkami, wypełniającymi podłużne wklęsłości stoku. Przy stożku C brałem jednak pod uwagę tylko część środkową wielkiego stożka, a to z powodu zarosnięcia kosówką części górnej i dolnej. Wpływu wód powierzchniowych nie widać. Stoki tej części Ornaku są bardzo silnie porośnięte roślinnością zielną oraz kosówką, a częściowo i świerkiem. W ogóle roślinność coraz bardziej wkracza na teren stożków, a kosówka i świerk porastają we wszystkich przypadkach odcinki między ścianami a wierzchołkami stożków, w częściach dolnych zaś stanowią ich podparcie. W stożku B kosówka wkracza rzema nawet pasami poprzecznymi, w wyniku czego grubość materiału skalnego rozmieszczona jest wzdłuż osi stożka nieregularnie (niesystematycznie). W stożku C zarosła cała jego część górna i dolna. Stożki ustalają się coraz to bardziej, co powoduje ich zarastanie.

### III. STOŻKI GNEJSOWE

Gnejsowe stożki usypiskowe występują dość licznie na zboczach zamknięcia dolinki, będącej prawobrzeżnym dopływem Potoku Kościeliskiego, a ściślej — pod tzw. Stołami, leżącymi między Smreczyńskim Wierchem a Kamienistą. Z wybranych do analizy trzech stożków dwa, tj. A i B znajdują się po zachodniej, a stożek C — po wschodniej stronie zamknięcia dolinki, na wysokości około 1500—1650 m npm. Zamknięcie Dolinki przedstawia się jako półokrągły, rozległy kocioł, którego ściany są dość strome. Teren ten położony jest na obszarze trzonu krystalicznego Tatr Zachodnich, przy głównej ich grani. Gruz stożków składa się z gnejsów biotytowych o krystalicznej strukturze i łupkowej teksturze. Ma on charakter płytowy, a kształt ogólnie izometryczny oraz krawędzie ostre i powierzchnie szorstkie.

Gruz we wszystkich trzech stożkach, częściowo poza stożkiem A spada łukiem ze ścian skalnych i upada w pewnej od nich odległości, wypełniając jakieś podłużne wklęsłości. Stożki A i C są stożkami pojedynczymi, zaś stożek B jest stożkiem złożonym, składającym się z trzech oddzielnych, zachodzących na siebie stożków. Wpływ wód powierzchniowych specjalnie się nie zaznacza. W stożkach A i B odcinki między wierzchołkami a ścianami skalnymi są zarosnięte trawą (A) lub trawą i kosówką (B). Kosówka wkracza na stożki A i C również od ich skrajów i podstawy, zaś skraje wszystkich trzech stożków porasta trawa.

### IV. STOŻKI Z CZERWONYCH ŁUPKÓW ILASTYCH

Pomierzone stożki łupkowo-ilaste występują w okolicy Czerwonego Zlebu, najbardziej prawobocznej dolinki Tomanowego Potoku, będącego z kolei prawobocznym dopływem Potoku Kościeliskiego, na wysokości około 1600 m npm. Stożki leżą w zamknięciu dolinki Czerwonego Zlebu, mającym formę kotła o dość stromych, poszarpanych i poźłobionych ścianach.

Czerwone łupki ilaste są wieku kajprowego i należą do fałdy Czerwonych Wierchów serii wierchowej. Wielkość gruzu jest bardzo mała, a ma on

kształt drzazg nieco wydłużonych, o krawędziach zaokrąglonych i powierzchniach gładkich. Wprawdzie stożków usypiskowych jest tu kilka, ale poza jednym są one tak małe, że nie nadają się do wykorzystania. Gruz opracowanego stożka sypie się żlebem i osadza się częściowo pod nim, częściowo na nim, zasypując go i okrywając wznoszące się na jego skrajach skały. Stożek złożony jest z trzech stożków pojedynczych, z których środkowy jest największy. Cały ten stożek obrzeżony jest żlebami, którymi woda płynie okresowo. Woda ta spływa również i po stożku, czego dowodzi jego spłaszczenie dołem, a przede wszystkim małe stożki napływowe u podstawy stożka usypiskowego. Część dolna stożka usiana jest gruzem dolomitowym kwarcowym i wapiennym, pochodzącym z wyższych stoków skalnych. Odcina się on od właściwego materiału stożka bardzo wyraźnie, gdyż gruz właściwy jest drobny, inaczej wykształcony, a przede wszystkim ma barwę czerwoną. Stożek jest dość żywy, nieporośnięty. Jedynie dolna jego część pokryta jest bardzo rzadką trawą.

#### V. STOŻEK MARGLISTY

Jest to potężny stożek leżący na stoku Kobylarza (na wschód od Skoruśniaka), na lewym zboczu Doliny Małej Łąki, w górnym jej odcinku na wysokości około 1400—1500 m npm. Stok, na którym rozciąga się stożek, jest dość stromy i równy. Margle budujące stożek należą do goltu (kreda śr.). Gruz ma postać płytkową. Wykazuje on krawędzie wybitnie zaokrąglone, kształt wydłużonych, wąskich i płaskich drzazg, powierzchnie — gładkie. Gruz sypie się żlebem oraz znad lewego skraju górnej części stożka, gdzie sterczą nagie, silnie wietrzejące skały. Wpływ wód okresowych, aczkolwiek jest widoczny, to jednak nie przejawia się występowaniem rynien. Wody ściekają po całej powierzchni stożka i w dolnej części powodują jego spłaszczenie. Stożek porośnięty jest rzadką trawą oraz tojadem. Na całym obrzeżeniu stożka rośnie świerk, który osiągając u podstawy stożka postać wysokopiennych i grubych drzew, stanowi jego podparcie.

#### VI. STOŻKI DOLOMITOWE

Opracowane stożki dolomitowe znajdują się w Dolinie Strążyskiej, na jej lewych zboczach, na odcinku mniej więcej 50—150 m powyżej Skały Jelinka, na wysokości około 1000 m npm. Zbocza są tu urwiste, miejscami prawie pionowe, najeżone turniami dolomitowymi. Dolomity te są wieku środkowo-triasowego i należą do serii reglowej. Struktura ich jest krystaliczna, tekstura zbita, bezkierunkowa. Gruz jest dość drobny, o krawędziach niezbyt ostrych, kształcie na ogół izometrycznym i powierzchniach na ogół dość gładkich. Mała wielkość gruzu jest wynikiem silnego tektonicznego spękania skały. Materiał stożków sypie się żlebami i osadza się pod nimi.

Wpływ wód jest tutaj ogromny i stożki są tak silnie modelowane, że nie mogą uchodzić za stożki usypiskowe, ale usypiskowo-napływowe. Z braku jednak typowych usypiskowych stożków dolomitycznych wykorzystałem je do pomiarów. Wpływ wód wyraża się tu nie tylko występowaniem rynien na obszarze stożków, ale przede wszystkim silnym bardzo wymieszeniem gruzu pod względem jego wielkości, co jest tutaj tym łatwiejsze, że stożki są

na ogół małe. Stożki są porośnięte rzadką trawą, a na skrajach i u podstawy porasta je świerk. Opisywane stożki powstają i leżą na obszarze dawnych, większych i martwych już stożków.

## VII. STOŻKI WAPIENNE

Czysto wapiennych stożków usypiskowych jest w Tatrach bardzo mało. Stożki takie znajdują się pod północną ścianą Giewontu, między Styrznikiem a zlebem Banie, w zamknięciu dolinki Wielka Rówień, na wysokości około 1300 m n.p.m. Są one niezbyt długie i leżą na południowych zboczach kotła — zamknięcia tej dolinki, tuż pod pionową ścianą Giewontu.

Wapień jest wieku górnio-jurajskiego i dolno-kredowego. Należy on do czoła fałdu Giewontu (serii wierchowej). Struktura skał jest zbita. Grube jej ławice dostarczają również grubego gruzu. Jest on drobnoblokowy, krawędzie ma zaokrąglone, powierzchnie gładkie i kształt izometryczny. Ponieważ stożki są tutaj silnie zarośnięte trawą, a przy tym dość jednakowe, dlatego wybrałem do opracowania jeden stożek, względnie najtypowszy, najmniej porośnięty, najżywszy i najdłuższy. Gruz tego stożka spada w przeważającej części wprost ze ścian skalnych. Stąd też szerokość wierzchołka stożka jest dość duża. Na stożku widać wpływ wód okresowych w postaci obrzeżających go w górnej części rynien oraz spłaszczenia części dolnej i wymieszania gruzu. Pokrycie stożka roślinnością jest dość słabe. Trawa porasta tylko wzdłuż prawego jego skraju. Dopiero dolną część stożka, spłaszczoną przez działalność wody, porasta trawa, która w przedłużeniu stożka przechodzi w roślinność drzewiastą (młode świerki), stanowiącą podparcie stożka.

## VIII. STOŻKI GRANITOWE

Terenem występowania badanych stożków granitowych są stoki Kościelca nad Czarnym Stawem Gąsienicowym, począwszy od ścieżki biegnącej na przełęcz Karb, na wysokości około 1620—1700 m n.p.m. Stoki Kościelca są tutaj dość strome, a ponad nimi wznoszą się prawie pionowe jego ściany.

Granity Kościelca należą do strefy brzeżnej krystalicznego trzonu Tatr. Są to różowe granity o strukturze grubokrystalicznej i bezkierunkowej teksturze. Gruz ma postać bloków, krawędzie ostre, powierzchnie szorstkie i kształt ogólny izometryczny. Gruz ten osypuje się przeważnie wprost ze ścian skalnych, a tylko częściowo zlebami, w których przedłużeniu biegną głębokie i dość szerokie rynny, wyłobione już w samych stożkach przez wody okresowe. Do rynien tych stacza się również gruz skalny z wybrzuszonych między nimi części stożków. W dolnej części stożków rynny przeważnie zanikają, a u wylotu tych, które się utrzymują, widać stożki napływowe.

Stożki usypiskowe są bardzo dużych rozmiarów, a każdy z nich składa się z kilku pojedynczych, zachodzących na siebie wachlarzowato, tak że utrzymują one w ogólności postać stożków normalnych. Wody okresowe wpływają do dość gęsto ciągnących się podłużnie rynien. Dopiero dołem, jeżeli rynna nie dochodzi do samego Czarnego Stawu, wody te rozlewając się po stożku powodują jego spłaszczenie. Na stożku C widać wymiatający i spłaszczający wpływ wód, nawet już w jego środkowej części. Wszystkie stożki porośnięte są w częściach górnych, najstromszych, bujną roślinnością zielną i krzewinkami (trawa i czarna jagoda). W dół pokrycie staje się radsze. Od

dołu, tj. od strony Stawu Gąsienicowego, wkracza miejscami kosówka, stanowiąc podparcie stożka. Kosówka pojawia się tu i ówdzie małymi płacami również i w środkowych częściach stożków.

#### ANALIZA MATERIAŁU POMIAROWEGO

Pomiary stożków tatrzańskich potwierdzają wniosek A. Piwowara, że poszczególne stożki, mimo iż zbudowane są z tej samej skały, mogą mieć różne średnie kąty nachylenia. Drugi jego wniosek mówi, że w każdym stożku usypiskowym kąt nachylenia wzrasta od dołu ku górze, przy czym długości odcinków tego stożka mają się do siebie jak 2:5:1. Co więc dotyczy drugiego twierdzenia A. Piwowara, to chociaż stwierdziłem poza jednym wyjątkiem (stożek łupkowo-ilasty), iż kąt nachylenia każdego stożka systematycznie wzrasta od dołu ku górze, to jednak nie stwierdziłem, żeby długości tych odcinków miały się do siebie jak 2:5:1. Między trzema odcinkami zaznacza się przeważnie pewne załamanie kąta nachylenia, co uwidacznia się w postaci poprzecznych wklęsłości w stożku. Czasem jednak tych załamań, czyli przejść od jednej części do drugiej, nie widać; pomiar kąta robiłem wtedy w całości.

Jeżeli chodzi o wymieniony stożek łupkowo-ilasty w Czerwonym Żlebie, to jego dolna część ma co prawda kąt nachylenia mniejszy od kąta nachylenia części górnej, ale większy od nachylenia części środkowej. Jest to skutek podmywania podstawy stożka przez wody spływające w czasie gwałtownych deszczów dość głęboką rynną.

Przeciętny kąt nachylenia obliczałem nieco inaczej niż A. Piwowar. Sumowałem najpierw różne kąty nachylenia poszczególnych trzech części danego stożka, a z sumy ich obliczyłem średni kąt nachylenia. Następnie z sumy średnich kątów nachylenia stożków z danej skały znowu obliczyłem średni kąt nachylenia, teraz już dla wszystkich stożków z tej skały, a po zaokrągleniu jego wartości uznałem ją za przeciętny kąt nachylenia stożków dla tego rodzaju skały.

Stwierdziłem w czasie obliczeń, że średni kąt nachylenia każdego stożka zbliżony jest do kąta nachylenia jego części środkowej. Za średni kąt nachylenia dla danego stożka można więc przyjąć nachylenie jego części środkowej, jak to zrobił A. Piwowar, ale tylko jeżeli kąt nachylenia stożka wzrasta systematycznie od dołu ku górze oraz jeżeli część środkowa stożka, wykażająca średnie nachylenie, jest rzeczywiście dłuższa od części pozostałych. Wśród stożków usypiskowych mogą być takie, jak np. wspomniany stożek łupkowo-ilasty w Czerwonym Żlebie. Kąt nachylenia jego części środkowej jest najmniejszy, nadto odcinkiem najdłuższym jest na nim odcinek górny. Wynosi on 1/2 całej długości stożka i ma nachylenie największe.

Poszczególne stożki mają przeciętny kąt nachylenia następujący: (w nawiasie podano wyniki A. Piwowara) marglisty 35° (—); łupkowo-ilasty 34° (27,5°); granitowe 33,5° (37°); gnejsowe 32,5° (34°); granitognejsowe 32° (—), kwarcytowe 32° (33,5°); wapienny 30° (32°); dolomitowe 23,5° (—).

Anomalie średniego nachylenia poszczególnych stożków w obrębie danej grupy skalnej w stosunku do przeciętnego nachylenia ich wszystkich razem w tej grupie zamykają się w następujących granicach: dla stożków granitognejsowych 7°20', dolomitowych 5°, kwarcytowych 3°20', gnejsowych 2°50', granitowych 2°20'.

Jak z powyższego wynika, istnieją rozbieżności i to w kilku przypadkach nawet dość duże między moimi wynikami a wynikami A. Piwowara. Można

by przypuszczać, że wynikają one z różnych metod obliczeń, co jednak z racji tak dużych różnic jest mało prawdopodobne. Dla upewnienia się jednak co do tego, dokonałem obliczeń przeciętnego kąta nachylenia stożków tatrzańskich dla poszczególnych rodzajów skał metodą A. Piwowara. Porównanie tak otrzymanych wyników z tymi, jakie uzyskałem własną metodą albo nie wykazało żadnych różnic, (np. stożki kwarcytowe, dolomitowe, granitowe), albo wykazało różnice 0,5—1,0° (np. stożki granitognejsowe, gnejsowe, margliste). Jedyne dla stożka łupkowo-ilastego różnica ta jest dość znaczna (3°).

Uderzająca jest pewna regularność w niezgodnościach między przeciętnymi kątami nachylenia stożków tatrzańskich i odpowiednich alpejskich. Regularność ta sugeruje wyciągnięcie wniosku, iż u stożków z gruzu wielkoblokowego (np. kwarcytowych, gnejsowych, granitowych) przeciętne kąty nachylenia są dla stożków alpejskich większe niż dla tatrzańskich. Odwrotnie zaś układają się przeciętne kąty nachylenia stożków z gruzu drobnego, które w alpejskich stożkach (np. łupkowo-ilastych) są mniejsze. Pewnym jednak wyjątkiem jest stożek wapienny pod Giewontem, który jako średnioblokowy powinien w myśl tej reguły zajmować stanowisko pośrednie, a tymczasem ma on w Tatrach nachylenie prawie najmniejsze, nie biorąc już pod uwagę stożków dolomitowych, jako usypiskowo-napływowych (przeciętny ich kąt wynosi 23,5°). Być może jest to wywołane spłaszczającym wpływem wód okresowych. Różnice między najmniejszym nachyleniem dolnego a największym górnego odcinka stożków z danej grupy skalnej przedstawiają się następująco (w nawiasie podano wartości dla odpowiednich stożków alpejskich): stożki granitognejsowe 14° (—); stożki gnejsowe 14° (1°); stożki granitowe 12° (11°); stożek marglisty 7° (—); stożki kwarcytowe 6° (—); stożek łupkowo-ilasty 5,5° (4°); stożki dolomitowe 5° (—); stożek wapienny 0° (7,5°).

A. Piwowar na podstawie stożków alpejskich postawił wniosek, iż największe maksymalne różnice wykazują stożki z gruzu blokowego (izometrycznego), niezależnie od jego wielkości, zaś najmniejsze — z gruzu płytowego lub łupkowego. Stożki tatrzańskie pod tym względem wykazują znowu pewne różnice, które pozwoliłyby na sformułowanie następującego wniosku: stożki wielkoblokowe i wielkopłytkowe, a więc w ogóle z grubego gruzu, wykazują największe różnice nachylenia; najmniejsze zaś różnice wykazują stożki drobnobloczkowe i drobnopłytkowe, a więc z gruzu drobnego. Pewnym wyjątkiem od tej reguły w stożkach tatrzańskich byłyby stożki kwarcytowe. Jednakże z ich opisu wynika, że na ich kształtowanie się wpływa w ogromnym stopniu roślinność, głównie zaś kosówka i świerk.

Ogólnie można powiedzieć, że pokrycie roślinne tak u stożków tatrzańskich, jak i alpejskich, wpływa na nachylenie łagodząco. Ciekawie i wyjątkowo inaczej, według A. Piwowara, zachowują się pod tym względem stożki wapienne; jeśli są porośnięte, wykazują większą stromość niż te bez pokrycia roślinnego. W tatrzańskim wapiennym stożku tego nie stwierdziłem. Stożek ten wykazywał dość słabe pokrycie, bo głównie tylko u podstawy, gdzie to pokrycie z trawiastego przechodzi w drzewiaste (świerk). Drzewa stanowią tu podparcie stożka, który też wykazywał z tego powodu, tak jak stożki z wszystkich innych pozostałych skał w takim przypadku, kąt nachylenia mniejszy, niż część bezpośrednio nadległa, a nie porośnięta. Wszystkie natomiast stożki tatrzańskie, bez względu na to, z jakich skał zbudowane, wykazywały w najbardziej górnych odcinkach, w przypadku pokrycia ich roślinnością, kąt nachylenia większy niż nieporośnięte. Jest to moim zdaniem wytłumaczalne w sposób następujący: przez górny odcinek stożka, jako najbliższy żlebu czy ściany, przechodzi wszystek gruz skalny. Grubszy gruz jako cięższy spadając z góry leci na skutek większej energii kinetycznej dalej



w dół po stożku. Drobniejszy jednak gruz zostaje, a ponieważ powierzchnia tego odcinka stożka jest stosunkowo najmniejsza i ilość spadającego nań gruzu jest na jednostkę powierzchni największa, dlatego też odcinek ten uzyskuje najszybciej kąt naturalnego spoczynku, przy którym ta część stożka gruzu już nie przyjmuje. Z drugiej strony gruz górnego odcinka stożka jako najdrobniejszy wietrzejąc najwcześniej daje głębę, toteż na tej części stożka roślinność porasta najszybciej.

Wpływ wody na nachylenie stożków tak w stosunku do stożków tatrzańskich, jak i alpejskich objawia się zmniejszaniem kąta nachylenia. A. Piwowar mówi jednak o wpływie wód wewnętrznych, stagnujących widocznie u podłoża stożka. Wskutek istnienia takich wód gruz „siada” tym bardziej, że krawędzie jego są przez wodę gładzone. W tatrzańskich stożkach nie stwierdziłem wód wewnętrznych. Niemniej jednak i powierzchniowo spływające gwałtowne wody opadowe porywają z sobą co drobniejszy gruz i przenoszą go niżej, powodując przy tym wymieszanie się go z gruzem grubszym. W efekcie wody powierzchniowe zmniejszają nachylenie stożka. Do spływania wód opadowych po powierzchni stożka może dochodzić jednak tylko wtedy, gdy wody te są tak obfite, że wypełniwszy wolne przestrzyny między gruzem wewnątrz stożka nie mieszczą się już w nim i dlatego spływają po jego powierzchni. Z porównania pomiarów długości, szerokości, wysokości i nachylenia danych stożków wynika, iż rozmiary stożka nie mają wpływu na jego nachylenie. Być może, że stożki tatrzańskie są wszystkie za krótkie na to, aby ten wpływ uchwycić.

W dalszym ciągu należałoby zastanowić się nad wpływem wielkości gruzu na nachylenie stożków. Konieczne byłoby tu porównanie kilku stożków z tego samego rodzaju skały, ale zbudowanych z gruzu o wyraźnie różnej jego wielkości na całej długości tych stożków. Takich zaś stożków w Tatrach nie stwierdziłem. A. Piwowar twierdzi, że nachylenie stożków nie jest zależne w żadnym stopniu od wielkości ich gruzu. Na poparcie tego twierdzenia podaje wynik doświadczenia, jakie przeprowadził usypując kilka stożków z tego samego materiału uformowanego w kształcie kul, ale każdy stos miał różną średnicę tych kul. Odnośnie do tego twierdzenia miałbym jednak następującą uwagę. Eksperyment dotyczy ziarn o jednakowym kalibrze, jakiego przecież w rzeczywistości w stożkach się nie spotyka. Ziarno o różnej frakcji dopuszcza zaś większe spadki. Domieszka smaru ilastego natomiast spadki te zmniejsza.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę nachylenia tylko górnych odcinków stożków i obliczymy przeciętną wartość tych nachyleń dla każdej grupy skalnej oddzielnie, to będą one dla poszczególnych grup stożków następujące (podaje je z dokładnością do  $0,5^\circ$ ): dla stożków granitognejsowych  $35^\circ$ , kwarcytowych  $35^\circ$  (nie brałem tu pod uwagę stożka „A”, który właściwie nie jest stożkiem, ale hałdą i to bardzo krótką), gnejsowych  $37,5^\circ$ , dolomitowych  $23,5^\circ$ , granitowych  $38,5^\circ$ . Nachylenie górnych odcinków pozostałych stożków są następujące: łupkowo-ilastego  $36,5^\circ$ , marglistego  $38^\circ$ , wapiennego  $30^\circ$ . Bardzo niski kąt u dolomitów spowodowany jest wybitnym wpływem wody. Stożki dolomitowe są bowiem, jak to już zresztą zaznaczyłem w ich opisie, stożkami usypkowo-napływowymi. Podobna jest również przyczyna dość niskiego kąta nachylenia stożka wapiennego (spłaszczający wpływ wód okresowych).

Poza stożkami dolomitowymi i wapiennymi przeciętne nachylenia górnych odcinków pozostałych grup stożków są do siebie podobne. Wynika z tego, że odcinkiem stożka o właściwym nachyleniu (zblizonym do kąta naturalnego spoczynku jego gruzu) jest odcinek górny. Nachylenie jego nie jest więc zależne od wielkości gruzu i w małym tylko stopniu od rodzaju skały.

Wśród różnych wielkości gruzu w każdym stożku można najogólniej wydzielić trzy zasadnicze jego rodzaje, a mianowicie gruz gruby, średni i drobny. Obserwacje moje wykazały, iż w każdym stożku gruz o średniej wielkości ilościowo zawsze przeważa. Następnym co do ilości jest prawie zawsze gruz większy od średniego, a na końcu idzie dopiero gruz najdrobniejszy, którego zresztą wśród gruzu wielkoblokowego lub wielopłytkowego czasem prawie nie widać. Głównym zadaniem, jakie postawiłem sobie odnośnie do wielkości gruzu, jest uchwycenie prawidłowości jego rozmieszczenia. Dla porównywalności danych zestawilem procentowe wielkości wzrastania wymiarów gruzu u podstawy trzech odcinków każdego stożka, a mianowicie górnego, środkowego i dolnego. Pod uwagę wziętem w pierwszym rzędzie gruz średniej wielkości, jako w każdym miejscu (na każdej wysokości) stożka zawsze przeważający. Otóż wbrew oczekiwaniom uchwycenie jakiejś reguły, przynajmniej stosowaną przeze mnie metodą obliczeniową, okazało się niemożliwe. Uzyskane bowiem procentowe wskaźniki wzrostu wymiarów gruzu u różnych stożków zbudowanych z tej samej skały bardzo od siebie nieraz odbiegają.

## WNIOSKI

Poszczególne stożki, mimo iż zbudowane z tej samej skały, mają kąty nachylenia różne.

Kąt nachylenia prawie każdego stożka wzrasta od dołu ku górze.

Średni kąt nachylenia prawie każdego stożka zbliżony jest do kąta nachylenia jego części środkowej.

Między trzema odcinkami stożka: dolnym, środkowym i górnym zaznacza się przeważnie pewne załamanie kąta nachylenia.

Poszczególne grupy tatrzańskich stożków usypiskowych mają przeciętne kąty nachylenia niezgodne z wartościami dla odpowiednich stożków alpejskich. Przeciętne nachylenia stożków tatrzańskich, zbudowanych z gruzu grubego, są niższe od tychże stożków w Alpach. I odwrotnie: nachylenia przeciętne stożków, zbudowanych w Tatrach z gruzu drobnego, są większe od takichże u stożków alpejskich.

Anomalie średnich nachyleń pojedynczych stożków w danej grupie skalnej w stosunku do nachylenia przeciętnego stożków tej grupy wahają się od  $2^{\circ}20'$  do  $7^{\circ}20'$ .

Maksymalne różnice między największym a najmniejszym nachyleniem dwóch odcinków stożków w obrębie danej grupy skalnej wahają się od  $0^{\circ}$  do  $14^{\circ}$  i wykazują bardzo duże niezgodności w stosunku do tychże wartości w odniesieniu do niektórych grup stożków alpejskich i to tak in plus, (np. stożki gnejsowe  $13^{\circ}$ ), jak i in minus (stożek wapienny  $7,5^{\circ}$ ). Na ogół stożki tatrzańskie zbudowane z grubego gruzu tak blokowego, jak i płytkowego, wykazują największe maksymalne różnice nachylenia (w Alpach — stożki z gruzu izometrycznego, tj. blokowego lub bloczkowego). Natomiast stożki, zbudowane z gruzu drobnego, tak bloczkowego, jak płytkowego, wykazują w Tatrach maksymalne różnice najmniejsze (w Alpach natomiast — stożki z gruzu płytkowego i płytkowego lub łupkowego).

Pokrycie stożków roślinnością powoduje zmniejszenie kąta nachylenia odpowiednich ich odcinków (z wyjątkiem odcinka górnego), przy czym istnieje zasadniczo zgodność między stożkami tatrzańskimi i alpejskimi. Porośnięte odcinki górne wszystkich bez wyjątku stożków wykazują w Tatrach (jak również i w Alpach) kąty nachylenia większe od niepokrytych roślinnością.

Wpływ wód wyraża się w stożkach tatrzańskich (jak i alpejskich) zmniejszeniem kąta nachylenia odpowiedniego odcinka stożka.

Wielkość stożka nie ma w Tatrach widocznego wpływu na jego kształt. Zaznaczyć jednak należy, że różnice w długościach poszczególnych stożków w obrębie danej grupy skalnej są nieznaczne. Długości te zresztą są na ogół niewielkie, a w każdym razie bez porównania mniejsze od przeciętnych długości stożków alpejskich.

Gruz każdego stożka tatrzańskiego jest w stosunku do jego długości różny, przy czym najgrubszy jest on w dolnej części stożka, średni w środkowej, a najdrobniejszy w górnej. Na każdym zaś odcinku osi podłużnej przeważa ilościowo gruz średni, obok którego znajduje się gruz grubszy i drobniejszy.

stożki	Nachylenie stożków w części			Nachylenie średnie	Nachylenie przeciętne	Anomalienachyleń średnich w stos. do przeciętn.	Maksymalna różnica nachyleń	Nachylenie przeciętne odcinków górnych
	dolnej	środkowej	górnej					
I	A	28,0°	30,0°	32,0°	32,0°	7°20'	14,0°	35°10'
	B	26,0°	27,5°	33,5°				
	C	33,0°	36,0°	40,0°				
II	A		30,0°	30°00'	32,0°	3°20'	6,0°	35°00'
	B	31,0°	33,0°	36,0°				
	C	32,0°	33,0°	34,0°				
III	A	28,0°	33,5°	39,0°	32,5°	2°50'	14,0°	37°20'
	B	30,0°	33,0°	36,0°				
	C	25,0°	30,0°	37,0°				
IV		34,5°	31,0°	36,5°	34,0°		5,5°	36°30'
V		31,0°	36,0°	38,0°	35,0°		7,0°	38°00'
VI	A		25,0°	25°00'	23,5°	5°00'	5,0°	23°20'
	B		25,0°	25°00'				
	C		20,0°	20°00'				
VII			30,0°	30°00'	30,0°		0,0°	30°00'
VIII	A	30,0°	35,0°	40,0°	33°5°	2°20'	12,0°	38°30'
	B	29,0°	32,5°	38,5°				
	C	28°0	33°0	37°0				

Z tych ostatnich dwóch frakcji gruzu, grubsza przeważa ilościowo nad drobną. Natomiast na skrajach i u podstawy stożków przeważa ilościowo gruz najgrubszy nad średnim, a ten nad drobnym.

Wszystkie powyższe wnioski odnośnie do wielkości gruzu dotyczą gruzu nie wymieszanego (nie przenieszonego) przez spływające wody, które to w zasięgu swojego działania zabierają i przenoszą co drobniejszy gruz w niższe partie stożka. Grubość gruzu w stożkach nie zmienionych przez wodę wzrasta dość systematycznie od wierzchołka ku podstawie stożka. Mimo to jednak nie udało mi się ustalić jakiegoś liczbowego współczynnika wzrastania tego gruzu.

Na kształtowanie się stożków usypiskowych, a w szczególności ich kątów nachylenia, wpływają więc dwie grupy czynników różniących się od siebie w sposób zasadniczy:

1. cechy gruzu skalnego zależne od jego petrograficznych właściwości,
2. czynniki modelujące stożki niezależnie od ich materiału skalnego, a to: wody, roślinność, bezwzględna wysokość i długość stożka, miąższość warstwy gruzowej, a także ekspozycja.

Pierwsza grupa czynników kształtuje stożek w jego górnej części, nadając mu właściwy kąt nachylenia odpowiadający mniej więcej kątowi naturalnego spoczynku gruzu tego stożka. Górny więc odcinek każdego stożka usypiskowego należy uważać za odcinek normalnie rozwiniętego stożka z danej skały.

Przeciętne nachylenie górnych odcinków stożków poszczególnych grup skalnych, niezależnie od wielkości gruzu i rodzaju skały, jest u różnych tych grup podobne i wynosi ono około  $36,5^\circ$ . Kąt ten nie jest więc zależny od wielkości gruzu. Nieznaczne różnice tego kąta między poszczególnymi grupami stożków powodowane są różnicami petrograficznymi powodującymi różne tarcie gruzu.

W kształtowaniu środkowych i dolnych odcinków stożków biorą udział obie grupy czynników. Zmiana nachylenia niższych odcinków stożka spowodowana jest więc innymi jeszcze przyczynami, niż samo osypywanie się gruzu. Do ustalenia w takim przypadku pozostaje tylko, które konkretnie czynniki, w jaki sposób i w jakim stopniu kształtują dany stożek.

## Содержание

### Конусообразные осыпи в Татрах

Наклон поверхности осыпи, а также толщина пласта щебня систематически возрастают снизу вверх. Наблюдаются аномалии между средней покатостью отдельных конусообразных осыпей данной скальной группы и средним углом наклона поверхности всех осыпей этой группы. Максимальные различия в степени наклона поверхности наблюдаются в осыпях из крупного щебня, а минимальные — в осыпях из мелкого щебня, независимо от формы обломков. Растительный покров уменьшает наклон поверхности осыпи, однако это не касается верхней части конуса, где наблюдается обратная зависимость. Угол наклона осыпи уменьшается также в результате действия периодически стекающей воды.

Величина осыпи в Татрах не оказывает заметного влияния на её форму. Форму осыпей можно объяснить в основном действием двух групп факторов: 1) харак-

терными особенностями щебня; 2) растительным покровом, воздействием воды и, возможно, бурно протекающими движениями масс. Однако только первая группа факторов решает о виде верхней части осыпи, которая имеет форму правильного конуса. Действительно, средний угол наклона верхней части осыпей всех скальных типов почти одинаков и равен приблизительно  $36,5^\circ$ .

Незначительные отклонения объясняются различными петрографическими особенностями щебня (неодинаковое трение). Форма нижней части осыпей определяется совместным воздействием факторов обеих групп.

## Summary

### Talus Cones in the Tatra

On the ground of field investigations the author concludes that two groups of factors contribute to the formation of Talus Cones in the Tatra.

The first group — the kind of the rock debris depending on the petrographic constitution of the rock causes the formation of a due angle of inclination of the upper part of the cone in accordance with the natural angle of rest of the debris ( $36,5^\circ$ ). The mean and the bottom parts of the cones is affected also by the second group of factors (vegetation, waters).