

FOTOGRAMETRYCZNA ANALIZA MŁODSZEJ POKRYWY I FORM CZWARTORZĘDOWYCH DOLINY CHOCHOŁOWSKIEJ I JARZĄBCZEJ W TATRACH ZACHODNICH

NA ZLECENIE Instytutu Geologicznego wykonanym w górnych partiach Doliny Chochołowskiej i Jarząbczej prace fotogrametryczne związane z wydawaną przez IG Mapą Geologiczną Tatr Polskich. Prace te objęły m. in. wykonanie szeregu zdjęć stereofotogrametrycznych naziemnych, mających na celu umożliwienie przeprowadzenia łącznicze z zdjęciami lotniczymi fotogrametrycznej analizy młodszej pokrywy i form czwartorzędowych. Analizę fotogrametryczną w Dolinie Jarząbczej ze zdjęć lotniczych dla części osadów morenowych młodszego plejstocenu opracował Stanisław Ostaficzuk, pozostała część analizy fotogrametrycznej, obejmująca analizę zdjęć lotniczych i naziemnych w górnych partiach obydwu dolin, jak również i wszystkie potrzebne zdjęcia naziemne zostały wykonane przeze mnie.

Zdjęcia lotnicze w skali 1:20 000 użyte do opracowania wykonane zostały wczesną jesienią. Zdjęcia naziemne były wykonane w lipcu i w sierpniu 1957 i 1958 r. aparatem fotograficznym „Linhof-Technika” o wymiarach 13 × 13 cm na błonach ciętych „Agfa” i płytach szklanych (krajowej produkcji).

Jako podkład topograficzny do opracowania użyte zostały powiększenia z bardzo dokładnej Mapy Fotogrametrycznej Tatrzańskiego Parku Narodowego w skali 1:20 000 opracowanej przed wojną przez W.I.G.

Użyte przy tym opracowaniu zdjęcia lotnicze wykonane były przy pionowej lub prawie pionowej osi zdjęcia, stąd też teren na nich odwzorowany jest treścią geologiczną zbliżony do jego obrazu przedstawionego na mapie topograficznej. Ze zdjęć tych można było zatem opracować wszystkie mniej nachylone partie terenu. Jak wiadomo jednak, zdjęcia lotnicze tym się oznaczają, że strome zbocza wychodzą na nich w bardzo dużym skrócie perspekty-

wicznym, a poza tym północne stoki stromych wzniesień i ścian skalnych znajdują się w półcieniu lub są nawet całkowicie zacienione, a z tego powodu prawie zupełnie nieczytelne. Dla pełnego więc pokrycia fotogrametrycznego opracowanego terenu zostały wykonane zdjęcia naziemne poziome lub też nachylone dla tych części dolin, które jak wspominałem, na lotniczych zdjęciach „nie wyszły” bądź to z powodu cienia lub też ze względu na znaczny skróć perspektywiczny. Ponadto zdjęcia naziemne, jak to wynika z powyższego omówienia, są znacznie lepiej czytelne w partiach terenu ze stromymi zboczami i zawierają więcej szczegółów interesujących geologa ze względu na znacznie mniejszą skalę ich wykonania.

Analiza zdjęć lotniczych pozwala na bezpośrednie prześledzenie form akumulacyjnych młodszego plejstocenu, które np. w górnych partiach Doliny Wyżniej Chochołowskiej układają się w szereg łuków moren czolowych. Są to moreny recesyjne, a ich najstarsze w tej części doliny dwa główne łuki postojowe, czolowe, oparte prawdopodobnie o progi skalne zaznaczają się bardzo wyraźnie i zamykają całą szerokość doliny. Cofający się następnie lodowiec pozostawił na swym przedpolu szereg drobnych łuków i wydłużonych form morenowych, układających się w kolejne systemy dziś dość trudne do prześledzenia. Wśród nich zaznaczają się wyraźnie trzy następne główne łuki, pochodzące najprawdopodobniej z rozpadnięcia się lodowca na trzy oddzielne szczątkowe języki. W obrębie tych łuków utworzył się szereg mniejszych i większych wałków pochodzenia wodnolodowcowego. Ponadto obserwujemy tu szereg lokalnych niewielkich zagłębień powstałych wskutek wytopienia się drobnych płatów martwego lodu. Pozostałe drobne przestrzenie mię-

dzy wałkami a łukami morenowymi są obecnie wypełnione przez drobny materiał pochodzący z erozji i denudacji zboczy.

Wszystkie te formy akumulacji młodszego plejstocenu są najlepiej czytelne w „modelu przestrzennym” zdjęć lotniczych, gdzie wyraźnie widać pewien porządek w ułożeniu tych form recesyjnych. Bezpośrednio w terenie czytelność ta jest niezmiernie utrudniona, gdyż bez względu na miejsce, z którego wykonywalibyśmy tę obserwację, zawsze otrzymujemy obraz w znacznym skrócie perspektywicznym. Ta sama uwaga dotyczy również wyznaczania górnej granicy osadów plejstoceniowych. Granica ta jest wyraźna jedynie od strony wschodniej, a natomiast od strony Wołowca i Czerwonego Wierchu jest ona słabo zaznaczona lub też w ogóle zatarta, gdyż osady plejstoceniowe są obecnie przykrywane oraz wypełniane materiałem budującym stożki nasypowe, napływowe, piargi.

Podobna sytuacja jest również w górnych partiach Doliny Jarząbcej, gdzie bardzo wyraźnie na zdjęciach lotniczych widać szereg mniejszych i większych recesyjnych wałków morenowych. Również i górna granica osadów młodszego plejstocenu jest w dużym stopniu zatarta przez osady akumulacji holoceniowej i dzisiejszej.

Analiza fotogrametryczna tylko zdjęć lotniczych nie wystarczyła jednak do prześledzenia form erozyjnych plejstocenu ze względu na to, że formy te występują na stromych zboczach. Do opracowania tych form wykorzystalem wobec tego zdjęcia naziemne obserwowane pod stereoskopem.

Ze zdjęć lotniczych i naziemnych można odczytać bardzo ciekawe formy prawdopodobnie erozyjne, lecz starsze, na barkach Czerwonego Wierchu od strony NE. Są to, jak przypuszczam, stare zrównania najprawdopodobniej erozyjno-lodowcowe. Podobne formy można obserwować również poza omawianym terenem np. pod Rakoniem. Prześledzenie i analiza form postglacialnej pokrywy i erozji oparte również zostało na zdjęciach lotniczych i naziemnych. Podstawą jednak analizy tych form są zdjęcia naziemne, które wobec stosunkowo małej skali ich wykonania i wobec występowania tych form głównie na dość stromych zboczach, pozwalają na ich identyfikację i wydzielenie.

Wydzielone tu stożki napływowe i nasypowe mają formę w większości wydłużoną. Pola przykryte przez te stożki zajmują znaczną przestrzeń w porównaniu z powierzchnią zajęta przez pola morenowe. Dzisiejszy obszar alimentacyjny tych stożków jest z reguły bardzo mały.

Zdjęcia naziemne umożliwiły szczegółową analizę i kartograficzne wydzielenie w strefie akumulacyjnej kalibru transportowego materiału. Materiał gruby jest z reguły akumulowany u podnóży stożków oraz piargów, a częściowo tylko odkładany jest w zagłębieniach, które występują na polach morenowych zasypywanych utworami zboczowymi.

Pola morenowe, jako pewna morfologiczna całość, są znacznie mniej nachylone niż partie zboczowe, z których zsypaną się materiały zboczowe, co powoduje, że te właśnie pola morenowe są bazą akumulacji dla każdego grubszego materiału zboczowego, transportowanego do podstawy zboczy grawitacyjnie bez udziału wody (stożki nasypowe, piargi) lub nawet z jej udziałem (stożki napływowe, nasypowo-napływowe) albo wskutek transportującego działania lawin śnieżnych, szczególnie ciężkich wiosennych „gruntowych”.

Już tu jednak podkreślam, że znaczna część pola morenowego, mianowicie od strony stromych zboczy, w tylnych partiach cyrków glacialnych jest w ogóle zasypiana młodszymi i najmłodszymi utworami zboczowymi. Zjawiska te obserwujemy w Dolinie Wyżniej Chochołowskiej i w Jarząbcej.

Materiał drobny pochodzenia zboczowego nie wszędzie może się przedostawać poza zasięg pola morenowego. Przedostaje się on w dół obu dolin tylko tam, gdzie w górnych partiach Doliny Wyżniej Chochołowskiej i Jarząbcej tworzy liczne wąskie „dolinne” napływy między wałkami a łukami moreno-

wymi. Napływy związane z wodnymi ciekami i strugami, które mają choćby mały spadek, konsekwentnie linearnie dochodzą do niższych partii obu dolin.

Zagłębienia między wałkami pól morenowych, szczególnie bezodpływowe, stanowią bazę akumulacji dla każdego najdrobniejszego materiału tak długo, dopóki nie zostaną zasypane. Podkreślić zaś należy, że do tej pory jeszcze liczne takie zagłębienia między wałkami morenowymi nie zostały zasypane.



Ryc. 1. Stoki Czerwonego Wierchu od strony kotła w Dol. Wyżniej Chochołowskiej.

Dość swobodnie natomiast przemieszcza się materiał zboczowy (nawet gruby) do niższych partii Doliny Wyżniej Chochołowskiej i Jarząbcej, tam gdzie zbocza tych dolin dochodzą do ich den bardziej bezpośrednio, poniżej więc owych opisanych już „głównych” łuków moren czołowych, stagnacyjnych z ostatniej fazy recesyjnej ostatniego zlodowacenia.

Taki stosunek materiałów zboczowych do dna doliny, uniemożliwiający obecny dalszy transport tych materiałów przez potoki Chochołowski i Jarząbcki, jest doskonale czytelny fotogrametrycznie przede wszystkim w najbardziej północno-wschodnich i północno-zachodnich zboczach Czerwonego Wierchu, od strony Doliny Jarząbcej i Wyżniej Chochołowskiej jak również na zboczach Kończystej-Czubika — Trzydniwiańskiego Wierchu.



Ryc. 2. Grzbiet i stoki Czerwonego Wierchu od strony Dol. Jarząbcej.

Północne zbocza Wołowca, a także wschodnie Rakonia, dostarczają również materiału do dna Doliny Wyżniej Chochołowskiej jednak dlatego, że dobrze czytelne tu starsze osady morenowe zostały już wszędzie przekroczone napływami w sposób wyżej opisany. Formy erozji lodowcowej występujące w postaci starszych, trudnych do dokładnego zanalizowania ścian cyrków lodowcowych oraz wyraźnych ścian „świeżych”, dobrze czytelnych jako formy podcięć lodowcowych, związanych z ostatnią fazą egza-

racji lodowcowej, związanych więc najprawdopodobniej z ostatnim stadiem ostatniego zlodowacenia dają się bardzo wyraźnie zaobserwować na zdjęciach naziemnych. Występują one w partiach zboczowych Czerwonego Wierchu i Wołowca w Dolinie Wyzńskiej Chochołowskiej oraz w zboczach Kończystej, Jarzabczej i Czerwonego Wierchu w Dolinie Jarzabczej.

Jako bardzo interesującą okoliczność podnieść należy, że owe najmłodsze ściany lodowcowe są wyraźnie ostro rozcięte aktywną fazą erozji wodnej, która musiała wystąpić tuż po ustąpieniu ostatnich resztek recesyjnych lodowcowych lub firmowych — zatem w okresie najstarszego holocenu.

Po tej fazie, która rozcięła wiele ścian poprzednio zwartych i utworzyła z tych ścian ostre żebra skalne (ryc. 1, pod Czerwonym Wierchem od strony zachodniej, pod Wołowcem itd.), nastąpiła faza poważnego zasypania takich form erozyjnych, szczególnie tam, gdzie poszerzyły się one w bardziej miękkim podłożu skalnym. Zasypanie to jest doskonale czytelne na fototonie zdjęć fotogrametrycznych naziemnych, a dość często także na lotniczych.

Takie zasypane formy erozyjne są szczególnie dobrze czytelne na wschodnich i północno-wschodnich stokach Czerwonego Wierchu. To zasypanie jest z reguły dzisiaj usuwane przez młodą holoceneską i współczesną erozję, która atakuje na opisywanym terenie przede wszystkim i prawie wyłącznie osady

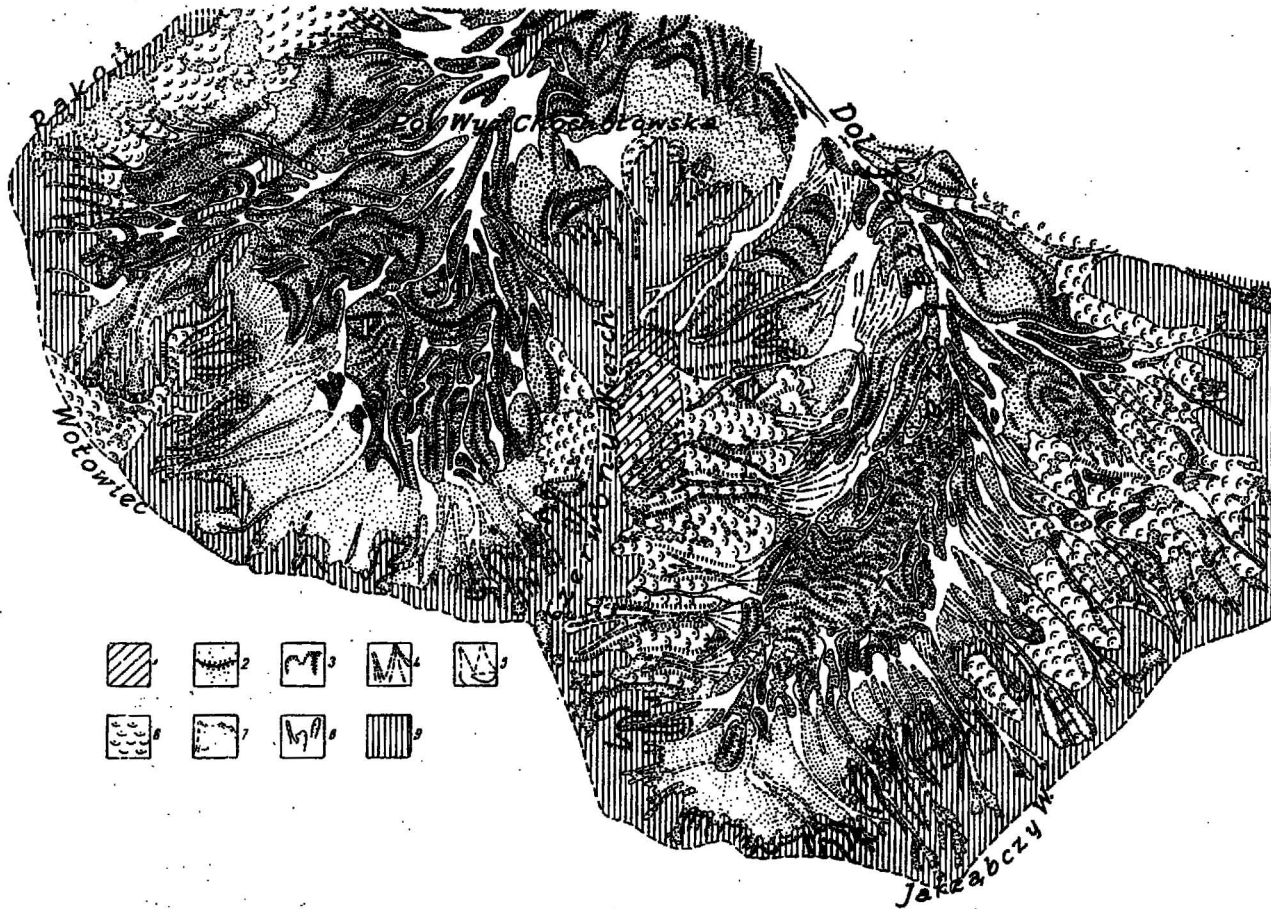
wypełniające formy erozyjne wczesnopo-glacialne, a nie atakuje form skalnych. Dzisiejsza erozja dotera bowiem do skał głębszego podłoża w takich zasypanych żłobach tylko w nielicznych miejscach, tam gdzie dna żłobów przecinają strome, skaliste partie cyrków lodowcowych.

Współczesna erozja atakuje prawie wyłącznie zbocza, i to tylko dostatecznie strome, oraz stożki nasypowe a zwłaszcza nasypowo-napływowe. Warunkiem jej działania jest jednak przede wszystkim zlewnia danego żłobu lub w ogóle cieku, który eroduje, oraz owo wypełnienie w starszej fazie akumulacyjnej i kąt nachylenia stożku.

Ogólnie biorąc można stwierdzić, że współczesna erozja działa przede wszystkim ekskumując starsze formy erozyjne i zupełnie nie atakuje górnego pola morenowego. Dużo niżej (w dół dolin Wyzńskiej Chochołowskiej i Jarzabczej) od owego pola morenowego ostatniej fazy recesyjnej występuje w dnach dolin erozja dołonna, wstecznie postępująca w górę obu dolin, nie osiagając jednak jeszcze owych „głównych” wałów moreny czołowej postojowej wyżej opisanej.

Nasuwa się przypuszczenie, że starsza i młodsza erozja postglacialna oraz rozdziela ją faza akumulacji staroholoceneskiej zależą tylko od klimatu, a w żadnym przypadku od ruchów bazy erozji lub akumulacji.

Główne partie zboczy, jak: bark Czerwonego Wierchu, górne stożki grani od Jarzabczej do Koń-



Formy czwartorzędowe i młodsza pokrywa w górnych partiach dolin: Wyzńskiej Chochołowskiej i Jarzabczej w Tatrach Zachodnich. Opracowane na podstawie własnych zdjęć fotogrametrycznych naziemnych oraz zdjęć lotniczych i opracowań młodszej pokrywy i czwartorzędzu na arkuszu Wołowiec (Mapy Geologicznej Tatr Polskich) K. Guzka.

1 — stare wysokie zrównania sprzed I fazy, 2 — pola i wałki morenowe (faza II) w dolnych partiach terenu, także faza I, 3 — ważniejsze bardziej czytelne formy erozyjne fazy postglacialnej (faza III), 4 — stożki napływowe i napływy fazy III czytelne na fotogramach, 5 — napływy międzywałkowe na polach morenowych (starsze z fazy III i współczesne) oraz stożki napływowe i napływy na stożkach nasypowych i piargach, współczesne (faza IV), 6 — zwietrzelina na miejscu — nieruchoma, 7 — strugi kamienne, piargi, stożki nasypowe i na pływowe współczesne oraz niektóre staroholoceneskie (faza III i IV), 8 — formy erozyjne współczesne (faza IV), 9 — teren odkryty — skałki i smugi fototonu.

czystszej, Czubiłku i Trzydniowińskiego Wierchu, pokryte są prawie całkowicie zwietrzeliną „in situ”. Powietrzchnie zariete przez tę zwietrzelinę nie są współcześnie atakowane przez erozję. Dostarczają one obecnie tylko bardzo drobny materiał do współczesnych osadów.

Ponadto w tych partiach zboczy i także nieco niżej występują dobrze czytelne na zdjęciach (głównie naziemnych) obszary zwietrzeliny erodowanej i znoszonej powietrzchniowo (zdzieranej) przez wody naremnic i przez wiosenne lawiny „gruntowe”.

Czytelność starszego podłoża na fotogramach lotniczych jest na ogół w obu dolinach bardzo słaba. Można jednak wyróżnić w górnych partiach północno-wschodniej grani Wołowca na fototonie zdjęć lotniczych pewną systematyczność w układaniu się zwietrzeliny. Obserwowane na zdjęciach fototonny dają obraz regularnych pasów odpowiadających budowie starszego podłoża. Podobne zjawisko można również zaobserwować choć bardzo słabo, na zachodnich stokach Czerwonego Wierchu.

Na terenach odkrytych — na skałkach czytelność starszego podłoża jest znacznie lepsza na zdjęciach naziemnych. Wydzielić tam można przewodnie rysy budowy geologicznej związane z twardym materiałem skalnym. Ponadto możliwe są również do przesłędzenia na zdjęciach naziemnych o małej skali strefy spełkań i uskoków.

Po przeprowadzeniu wyżej podanej analizy fotogrametrycznej zdjęć można zrekonstruować następującą kolejność procesów morfogenetycznych egzodynamicznych, czytelnych na opisanym terenie:

I — faza glacialna, wyrażająca się wyerodowaniem głównych dolin. Do niej należą starsze zwarte ślany cyrków lodowcowych, dopiero w późniejszej (III) fazie rozcięte ostrą erozją zboczy. Do tej fazy można zaliczyć działalność lodowcowo-erozyjną, która dała formy zasypane następnie morenami recesyjnymi III fazy.

II — faza akumulacyjno-recesyjna, dająca wszystkie formy głównych łuków czołowych wałów morenowych i wydłużonych form wałów pochodzenia wodno-lodowcowego. Formy te wypełniają bardzo szeroko dna obu dolin i jak wynika z analizy fotogramów, magazynują bardzo znaczne ilości materiału skalnego. Faza ta reprezentuje ostatni (pooryniacki?) stadium zlodowacenia bałtyckiego.

III — faza ostrej erozji zboczy, która nastąpiła w czasie ustępowania i tuż po ustąpieniu lodowców i firmów (starszy holocen). Erozja ta musiała wy-

stąpić w bardzo ostrej formie, dając tak poważne rozcięcia, a miejscami całkowite zatarcie ścian cyrków lodowcowych. Tu zaliczyć można również fazę silnego zasypania zboczy i form morenowych przez stożki i napływy. Analiza zdjęć wykazuje, że zasypanie to objęło stosunkowo znaczną powierzchnię brzeżnych partii moren.

IV — faza współczesnej erozji i ekshumacji form erozji II fazy. Erozja ta atakuje dziś prawie wyłącznie poprzednie akumulaty, docierając do głębszego podłoża tylko w tych żłebach, gdzie dna ich przecinają najbardziej strome partie cyrków lodowcowych. Ta faza obejmuje również akumulację materiału erozyjnego w formie zasypywania podłoża starszych stożków fazy III przez stożki i napływy, jak również przykrywa w dalszym ciągu recesyjne formy morenowe.

Analiza fotogrametryczno-geologiczna zdjęć lotniczych pozwala na „uporządkowanie” zaobserwowanych form i procesów geologicznych w partiach bardziej płaskich lub też mało nachylonych. Natomiast na starszych zboczach wielką pomocą są zdjęcia naziemne.

W obydwu wypadkach najkorzystniejsze jest wykonywanie obserwacji stereoskopowych „modelu przestrzennego” opracowywanego terenu. Możliwość wykonywania tych obserwacji w warunkach kameralnych na zdjęciach, które są wiernym odwzorowaniem terenu bez zniekształceń wynikających z różnic interpretacji każdego obserwatora, pozwala na bardziej szczegółową i wnikliwą analizę treści geologicznej. Jednak po takiej „fotogeologicznej” analizie konieczne jest wykonanie odpowiednich obserwacji w terenie dla potwierdzenia i ostatecznego opracowania fotogrametrycznie zidentyfikowanych i zlokalizowanych zjawisk.

Stosując do opracowań kartograficzno-geologicznych metody fotogrametryczne, zwłaszcza naziemne, można przeprowadzić szereg analitycznych obliczeń, jak np. obliczyć kubaturę stożków i jej przyrosty w okresie od recesji lodowca po dziś. Da to w efekcie kontrolę ilościową zjawisk i procesów określonych jakościowo.

Można i należy założyć repery (bazy) dla zdjęć terostereofotogrametrycznych. Z tych reperów należy następnie wykonywać co kilka lat zdjęcia pomiarowe. Pozwolą one wówczas bardzo dokładnie obliczyć przyrosty erozji, akumulacji i rozwój innych procesów egzodynamicznych na terenach objętych zdjęciami.