

Geologiczna i geomorfologiczna interpretacja danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) rejonu Kasprowego Wierchu (Tatry) – uwagi polemiczne

Zbigniew Cymerman¹



Po nowatorskim artykule o przydatności lotniczego skaningu laserowego (ALS) w badaniu osuwisk w Karpatach zewnętrznych (Wojciechowski i in., 2012) należało oczekiwać, że kolejny artykuł w większości tych samych autorów (Wójcik i in., 2013) będzie tak samo interesujący. Ta ostatnia publikacja dotyczy mnie bezpośrednio, ponieważ na arkuszu Kasprowy Wierch Szczegółowej mapy geologicznej Tatr (SmgT) 1 : 10 000 wykonałem nowe zdjęcie geologiczne wydzieleni skał krystalicznych (Piotrowska i in., 2007a). Lektura artykułu Wójcika i in. (2003) zmusza mnie do szeregu uwag polemicznych.

W pełni zgadzam się ze stwierdzeniem końcowym autorów, że dane ALS „okazały się niezwykle przydatne dla badań geologicznych. Dokładność i szczegółowość numerycznego modelu terenu (NMT) oraz możliwości analiz, jakie daje specjalistyczne oprogramowanie komputerowe, dostarczają precyzyjnych danych, które mogą być bardzo przydatne dla celów kartografii geologicznej jako uzupełnienie wyników badań terenowych” (s. 241). Nie kwestionuję, że dane ALS i NMT są pomocne dla kartografii geologicznej, ale jako uzupełniające narzędzia badawcze do podstawowych badań terenowych, co podkreślali autorzy omawianej publikacji (Wójcik i in., 2003).

Z lektury analizowanego artykułu nie wynika, że autorzy omawianej publikacji prowadzili prace terenowe w Tatrach, a zwłaszcza szczegółowe prace kartograficzne. Z całego artykułu można się jedynie dowiedzieć, że „w Dolinie Goryczkowej stwierdzono osuwisko o długości ok. 1,3 km potwierdzone obserwacjami terenowymi” (s. 241). Czy wykonano jakieś obserwacje terenowe oprócz analizowanych lotniczych nalotów ze skanieniem laserowym?

Na rycinie 5 przedstawiono obraz NMT ALS zachodniego stoku Suchej Czuby, który prezentowano już wcześniej na trzech innych rycinach. Rycina 5 ma poprawny opis, natomiast błędnie podano, że „na wschodnim stoku Suchej Czuby” w tekście (s. 239) oraz w angielskim abstrakcie (s. 234). Z błędami podawano także nazwy SmgT 1 : 10 000, jako Szczegółowa mapa geologiczna Tatr Polskich (s. 236), chociaż arkusze SmgT 1 : 10 000 obejmują także obszary przygraniczne Słowacji, lub jako Szczegółowa mapa geologiczna Polski (s. 241). Do innych usterek należy nieprecyzyjność tytułu głównego „O geologicznej i geomorfologicznej interpretacji...”, gdy już w angielskim abstrakcie wspomniano tylko o geologicznej interpretacji danych ALS (s. 234). Podobnie w tytułach

rozdziałów i podrozdziałów nie ma wzmianki o geomorfologicznej interpretacji danych. Do uchybień należy brak w literaturze cytowanej pracy Zabielskiego i in. (2009).

Autorzy omawianego artykułu podają, że „celem pracy była interpretacja drobnych form morfologii terenu” (s. 235). Wydaje się jednak, że był to jeden z kilku celów tej publikacji. Głównym celem była interpretacja form rzeźby polodowcowej i utworów powierzchniowych w Dolinie Suchej Kasprowej i Dolinie Kasprowej (s. 236–239). Drugim celem była interpretacja rozpoznanego na zdjęciach ALT rozległego osuwiska na NW stoku Suchej Czuby (s. 239–240). Kolejnym celem była interpretacja form krasowych (s. 240–241), zresztą już dużo wcześniej rozpoznanych i opisywanych w literaturze. Ostatnim celem była próba interpretacji granic geologicznych w utworach starszego podłoża w oparciu o obraz ALS (s. 236). Wydaje się, że autorzy omawianej publikacji chcieli zaprezentować jak najwięcej wybitnie interpretacyjnych wniosków z analizy ALT dla małego (ok. 5,5 km²), wybranego obszaru Tatr. Zastanawia nieregularny przebieg granic analizowanego obszaru. Dlaczego tego obszaru nie ograniczono południkami (np. 19°58' i 20°00') i równoleżnikami? Dlaczego w granicach analizowanego NW fragmentu regionu Kasprowego Wierchu znalazł się jedynie wschodni fragment Doliny Suchej Kondrackiej?

Moje zasadnicze uwagi dotyczą podrozdziału o „interpretacji granic geologicznych w utworach starszego podłoża” (s. 236). Autorzy napisali, że „w odniesieniu do starszego podłoża możliwe okazało się prześledzenie obszarów o różnych cechach powierzchni (szorstkości), zaznaczających się wyraźnie załomów w obrębie stoków o przebiegu prostoliniowym, które miejscami przebiegają inaczej niż na dotychczas wykonanych mapach geologicznych (Piotrowska i in., 2007a, b)”. Dodatkowo, w podsumowaniu napisano (s. 241), że „w stosunku do istniejących map geologicznych (Guzik & Jaczynowska, 1978; Piotrowska i in., 2007a, b) zaznaczają się pewne różnice zasięgów niektórych wydzieleni (ryc. 3)”. Na czym polegają te „pewne różnice zasięgów niektórych wydzieleni”, „które miejscami przebiegają inaczej niż na ... mapach geologicznych”? Autorzy omawianej publikacji opisują je w dwóch akapitach na stronie 236 i ilustrują na rycinie 3. Niestety, wszystkie mapy w omawianej publikacji są czarno białe i na wszystkich jest obraz ALS, nawet na fragmencie dwóch arkuszy SmgT 1 : 10 000 (ryc. 3A), które były zestawiane na podkładach topograficznych (Piotrowska i in., 2007a, b). Arkusze Kasprowy Wierch i Zakopane Południe SmgT 1 : 10 000 przygotowano w czytelnej wersji kolorowej (*op. cit.*).

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; zbigniew.cymerman@pgi.gov.pl.

Wójcik i in. (2013) zaciemnili ten obraz kartograficzny dodając warstwę z obrazem ALS oraz wprowadzając 25 wydzieleni cyfrowych bez zaznaczenia ich granic geologicznych. Granice takie wprowadzili do swojej geologicznej interpretacji danych z NMT ALS (ryc. 3B). Dlaczego objaśnień do wydzieleni nie zamieszczono na rycinach 3A lub 3B, tylko na odwrotnej stronie, co utrudnia odczytanie treści rycin. Jest to wbrew zaleceniom „Wskazówek dla Autorów” Przeglądu Geologicznego, że „wszelkie objaśnienia muszą być umieszczone na rycinach. Wyjątkiem są objaśnienia skrótów literowych, które mogą być umieszczone w podpisie pod ryciną”. A zamieszczone liczne cyfry na rycinach 3A lub 3B nie są skrótami literowymi!

Aby rozjaśnić nieczytelny obraz na rycinie 3, przygotowano tabelę 1 z zestawieniem wydzieleni na ryc. 3A i 3B. W wypadku utworów plejstocenu i holocenu wprowadzono 4 nowe wydzielenia (nr 3, 5, 7 i 9) w geologicznej interpretacji danych z NMT ALS, a usunięto 2 wydzielenia (nr 2 i 10) z arkuszy Kasprowy Wierch i Zakopane Południe SmgT 1 : 10 000 (Piotrowska i in., 2007a, b). Z legendy skał krystalicznych usunięto 2 wydzielenia (nr 16 i 17), natomiast różne skały (granity, gnejsy, łupki) włączono do jednego, zbiorczego wydzielenia (nr 19–25) w geologicznej interpretacji danych z NMT ALS.

Po uporządkowaniu wydzieleni kartograficznych należy rozważyć, na czym polegają „pewne różnice zasięgów niektórych wydzieleni”, „które miejscami przebiegają inaczej niż na ... mapach geologicznych”? Wójcik i in. (2013) piszą, że na podstawie danych ALS z Zawratu Kasprowego wynika, że „granica pomiędzy wydzieleniami utworów jury środkowej i triasu środkowego powinna zostać przesunięta na całej długości grzbietu w kierunku NE, a zasięg utworów triasu środkowego,znaczony na SmgT 1 : 10 000 (Guzik i in., 1978; Piotrowska i in., 2007a, b) powinien zostać zmniejszony tak jak to zaproponowano na rycinach 3B” (s. 236). Czy któryś z autorów omawianego artykułu sprawdził w terenie przebieg tej granicy? Na jakiej podstawie napisano, że „w części SE widoczne są 2 małe obszary z wychodniami wapieni prawdopodobnie jurajskich” (s. 236)? Nie wiadomo, jakiego wydzielenia dotyczy ta informacja. Dlaczego granica między skałami krystalicznymi a dolnotriasowymi piaskowcami jest zygzakowata na NW zboczu Małego Uhrocia Kasprowego i dlaczego została przesunięta nawet o ponad 100 m ku NE?

W charakterystyce położenia terenu badań, autorzy omawianej publikacji napisali, że „większa część obszaru badań jest zbudowana z granitów, gnejsów, amfibolitów z soczewkami łupków krystalicznych...” (s. 236). Nawet pobieżna analiza ryc. 3A i 3B wskazuje, że teren badań jest zbudowany w zdecydowanej większości z granitów porfirowatych typu Goryczkowej. Świadczy o tym m.in. wydzielenie z numerem 18, które umieszczono 9 razy na ryc. 3A i 6 razy na ryc. 3B. Gnejsy i różnego rodzaju łupki krystaliczne stanowią nieliczne wychodnie tej części skał krystalicznych płaszczowiny Giewontu. Praktycznie nie stwierdzono tutaj amfibolitów (Piotrowska i in., 2007a).

Jeszcze bardziej niecisłą informacją jest kolejna sugestia autorów, że na grzbiecie Kondratowego Wierchu „wyróżniają się gnejsy i łupki krystaliczne, których wychodnie mają liniowy przebieg zbliżony do południkowego” (s. 236). Wcześniej, na tej samej stronie zamieszczono informację o „foliacji w kierunku NW”. Waryscyj-

ska foliacja w gnejsach, a także miejscami foliacja magmowa w granitach płaszczowiny Giewontu, przebiega generalnie w kierunku NE-SE i zapada na ogół pod umiarkowanymi kątami ku NW (Cymerman, 2009). Czemu więc autorzy omawianej publikacji nie tylko piszą, że gnejsy i łupki krystaliczne „mają liniowy przebieg zbliżony do południkowego”, ale i rysują takich pięć południkowo ustawionych „cygar” na grzbiecie Kondratowego Wierchu, dwa – na N zboczu Pośredniego Wierchu Goryczkowego i jeden na W zboczu Zielonych Turni? Zbiorcze wydzielenie 19–25 zaznaczono w miejscach, gdzie nie ma żadnych skał metamorficznych, np. w zachodniej części Zielonych Turni. Stwierdzone przez autorów omawianej publikacji prawie południkowe pasma w obrazie ALS nie są wychodniami gnejsów w obrębie granitoidów, ponieważ nie są one zlokalizowane w miejscach wychodni skał metamorficznych, ani też nie są zgodne przestrzennie z biegiem granic tych skał w kierunku NE-SW (Piotrowska i in., 2007a). Zgadza się z alternatywną opinią autorów, że są to „ślady przemieszczeń grawitacyjnych, związane z przemieszczeniami wzdłuż linii grzbietu” (s. 236).

Wiele zastrzeżeń budzi też sugestia, że „analiza lineamentów na danych ALS pomiędzy utworami triasu środkowego i jury pozwoliła stwierdzić występowanie kilku zespołów uskoków (ryc. 3B), które nie zostały uwzględnione na wcześniejszych mapach geologicznych (ryc. 3A)”, a co miało doprowadzić grzbiet Zawratu Kasprowego „do stopniowego obniżenia w kierunku NW”. Jest to jedynie interpretacja danych ALS, a nie udokumentowane w terenie uskoki. Podobnie jest z opisem innego zespołu dyslokacji widocznych na ścianach kotła Doliny Suchej Kasprowej, gdzie „stwierdzono 7 uskoków o kierunku WSW-ENE, a w części północnej o kierunku SW-NE” (s. 236). Opis ten nie jest jednak zgodny z ryciną 3B, gdzie zaznaczono pionowe uskoki głównie o biegu prawie południkowym. W świetle moich danych o tektoglifach, uskoki w rejonie Kasprowego Wierchu są silnie heterogeniczne w orientacji (Cymerman, 2009). Obok licznych uskoków przesuwczych o biegach w różnych kierunkach, najliczniejsze są tam uskoki inwersyjne umiarkowanie zapadające na ogół ku N. Także dominujące strome i pionowe spękania skalne są w skałach krystalicznych regionu Kasprowego Wierchu o różnej orientacji, a nie jak dwukrotnie sugerują autorzy, że granity „są pocięte spękaniem tektonicznymi o kierunku NE-SW” (s. 236) i że „spękania w granitach [są] o azymucie upadu 290/50” (s. 239). Skąd takie precyzyjne dane, bez analizy statystycznej tysięcy spękań w granitach?

Jak piszą autorzy „celem pracy była interpretacja drobnych form morfologii terenu ... na obszarze o powierzchni 5,5 km²” (s. 235). Czyżby taką drobną formą morfologiczną było osuwisko o powierzchni zajmującej ponad 10% analizowanego obszaru na NW stokach Suchej Czuby? Na podstawie danych ALS stwierdzono tam „występowanie rozległej formy o kształcie najbardziej zbliżonym do osuwiska” i uznano że „jest to osuwisko wieloetapowe, na co wskazuje występowanie różnych form wewnątrzosuwiskowych” (s. 240). Wątpliwości budzi stwierdzenie autorów, że „na wysokości około 1895 m n.p.m. występuje niska i słabo zaznaczająca się skarpa, którą można uznać za skarpe główną osuwiska”. Moim zdaniem skarpa główna osuwiska znajduje się na wysokości poniżej 1740 m n.p.m. Formy rzeźby z obszaru osuwiska Suchej Czuby przypo-

Tab. 1. Porównanie wydzielen kartograficznych z rycin 3A i 3B

Stratygrafia	SmgT 1 : 10 000 arkusze: Kasprowy Wierch i Zakopane Południe (Piotrowska i in., 2007a, b) – ryc. 3A	Geologiczna interpretacja danych pochodzących z NMT ALS (Wójcik i in., 2013) – ryc. 3B
plejstocen i holocen	1 – głązy, żwiry, piaski i mulki den dolinnych i tarasów 0,5–3 m n.p. rzeki	1 – głązy, żwiry, piaski i mulki den dolinnych i tarasów 0,5–3 m n.p. rzeki
	2 – głązy i rumosze skalne stożków usypiskowo-napływowych	brak
	brak	3 – gliny z rumoszem skalnym, pakiety skalne kołuwiów osuwiskowych
	4 – głązy i rumosze skalne stożków usypiskowych (piargi)	4 – głązy i rumosze skalne stożków usypiskowych (piargi)
	brak	5 – głązy i rumosze skalne moren niwalnych
	6 – głązy i rumosze skalne lodowców gruzowych	6 – głązy i rumosze skalne lodowców gruzowych
	brak	7 – głązy i rumosze skalne lodowców gruzowych starszych
	8 – głązy, rumosze skalne morenowe, zaglinione	8 – głązy, rumosze skalne morenowe, zaglinione
	brak	9 – głązy, rumosze skalne zaglinione moren bocznych
jura–kreda	11 – wapień masywny z kalpionellidami, wapień czarny (fm. wapieni z Raptawickiej Turni; gr. Kominów Tylkowych)	11 + 12 – wapień masywny z kalpionellidami, wapień czarny (fm. wapieni z Raptawickiej Turni; gr. Kominów Tylkowych) + wapień krynoidowy i bulasty z amonitami (jura środkowa)
	12 – wapień krynoidowy i bulasty z amonitami (jura środkowa)	
trias środkowy	13 – wapień i dolomity, wapień robaczkowy, dolomity i brekcje	13 – wapień i dolomity, wapień robaczkowy, dolomity i brekcje
trias dolny	14 – dolomity komórkowe, łupki i wapień czarny	14 – dolomity komórkowe, łupki i wapień czarny
	15 – piaskowce kwarcytowe, zlepienie i łupki	15 – piaskowce kwarcytowe, zlepienie i łupki
skały krystaliczne	16 – kataklazyty i brekcje tektoniczne	brak
	17 – leukogranity	brak
	18 – granity porfirowate (typ Goryczkowej)	18 – granity porfirowate (typ Goryczkowej)
	19 – granitoidy i gnejsy	19 – 25 [granitoidy i gnejsy; dioryty kwarcowe i mikrodioryty; łupki amfibolowe i biotytowe; gnejsy warstewkowe; gnejsy i łupki krystaliczne; gnejsy i łupki krystaliczne; łupki kwarcytowe; łupki krystaliczne]
	20 – dioryty kwarcowe i mikrodioryty	
	21 – łupki amfibolowe i biotytowe	
	22 – gnejsy warstewkowe	
	23 – gnejsy i łupki krystaliczne	
	24 – łupki kwarcytowe	
25 – łupki krystaliczne		

minają formy rzeźby terenu z SW części Doliny Suchej Kondrackiej, gdzie nie opisano żadnego osuwiska, pomimo danych ALS (ryc. 1).

Większość autorów omawianej tu publikacji stwierdziła wcześniej (Wojciechowski i in., 2012), że w Karpatach fliszowych „analiza NMT ALS wykazała jednak problemy z identyfikacją skarp osuwiskowych zlokalizowanych na stromych stokach Dąbrowskiej Góry. Na stoku tym udokumentowano ... kilkanaście skarp sięgających 15 m wysokości, co nie znalazło jednoznacznego potwierdzenia w laserowym modelu rzeźby terenu. Przyczyny tego stanu rzeczy należy upatrywać w niewielkich różnicach pomiędzy nachyleniem skarp osuwiskowych a nachyleniem stoku” (Wojciechowski i in., 2012). Prawdopodobnie podobna sytuacja występuje w rejonie osuwiska na Suchej Czubie. W sytuacji, gdy „nachylenie skarp jest często nieznacznie większe od stromego nachylenia stoku, przez co formy te nie są dostrzegane lub są słabo widoczne na poszczególnych wizualizacjach NMT” konieczna jest loka-

lizacja skarp wraz z ich geometrią poprzez analizę rysunków poziomicowych wygenerowanych z danych ALS (*op. cit.*). Dlaczego nie wykonano interpretacji skarp osuwiskowych na Suchej Czubie na podstawie mapy spadków, tak jak to zrobiono dla utworów fliszowych w Dąbrowskiej Górze (*op. cit.*)?

Literatura

- CYMERMAN Z. 2009 – Tektonika krystaliniku Goryczkowej i czapek krystalicznych płaszczowiny Giewontu na obszarze Czerwonych Wierchów. Materiały konferencyjne 79. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska: 174–189.
- GUZIK K. & JACZYNOWSKA W. 1978 – Mapa Geologiczna Tatr Polskich 1 : 10 000, Arkusz Kościelec. Instytut Geologiczny.
- PIOTROWSKA K., CYMERMAN Z. & RĄCZKOWSKI W. 2007a – Szczegółowa Mapa Geologiczna Tatr 1 : 10 000, Arkusz Kasprowy Wierch, mapa geologiczna powierzchniowa. Państw. Inst. Geol., Warszawa (w druku).
- PIOTROWSKA K., RĄCZKOWSKI W., IWANOW A., BAC-MOSZASZWILI M. & ZABIELSKI R. 2007b – Szczegółowa

Mapa Geologiczna Tatr 1 : 10 000, Arkusz Zakopane Południe, mapa geologiczna powierzchniowa. Państw. Inst. Geol., Warszawa (w druku).
WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z. & WÓJCIK A. 2012 – Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty Zewnętrzne). *Prz. Geol.*, 60: 95–102.

ZABIELSKI R., IWANOW A. & POŁOŃSKA M. 2009 – Piaskowce kwarcowe w dolnej części formacji z Kozieńca między Doliną Bystrą i Doliną Olczyską w Tatrach. *Materiały konferencyjne 79. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska: 174–189.*