

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

Tomasz Wojciechowski¹, Antoni Wójcik¹, Zbigniew Perski¹



T. Wojciechowski



A. Wójcik



Z. Perski

Odnosząc się do polemiki Zbigniewa Cymermana, dotyczącej artykułu opublikowanego na łamach Przeglądu Geologicznego (Wójcik i in., 2013), którego jesteśmy współautorami, pragniemy na wstępie podziękować za dobre słowa adwersarza, odnoszące się do wyników badań naszego zespołu, zaprezentowanych w poprzednich artykułach.

Głównym celem opisywanego artykułu było przedstawienie możliwości wykorzystania lotniczego skaningu laserowego pod kątem kartograficzno-geologicznym oraz wskazań metodycznych. Mając już doświadczenie z tego typu danymi i własne rozwiązania analityczne, postanowiliśmy sprawdzić się w obszarze tatrzańskim, który z uwagi na swoją geologiczną różnorodność uważamy za doskonały poligon badawczy. Naszym celem nie było negowanie dotychczasowych wyników badawczych. Porównanie z nimi naszej interpretacji budowy geologicznej było jednak niezbędne w celach jej weryfikacji. Uważamy, że różnice, które z tego porównania wyniknęły, wskazują na ciągłą potrzebę sięgania po nowe rozwiązania badawcze w pracach geologicznych, aby ich wyniki były coraz bardziej precyzyjne. Metody skaningu laserowego są doskonałym narzędziem, które warto stosować zarówno przed pracami terenowymi, w trakcie tych prac, jak również po ich zakończeniu. Zawsze podkreślamy, że metody te są skuteczne tylko w połączeniu z tradycyjnym podejściem kartograficznym. Interpretacja samego NMT bez terenowej wiedzy geologicznej często zawiera różnorodne błędy, których analityk nie jest w stanie przewidzieć. Korzystając z tego typu metod należy zatem mieć krytyczne do nich podejście. Z takim też nastawieniem przeprowadziliśmy badania zaprezentowane w opisywanym artykule.

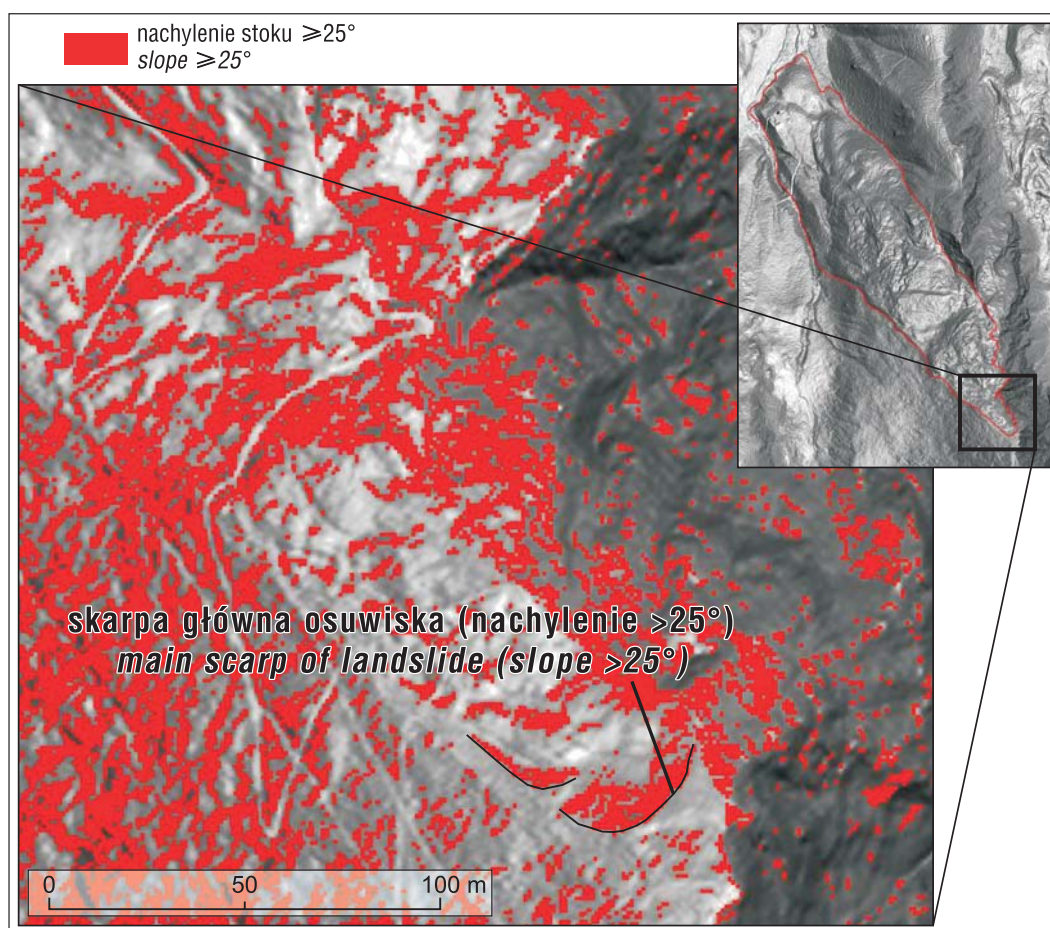
Nasza interpretacja NMT ALS wykazała istnienie kilku elementów budowy geologicznej, głównie osuwisk, które nie były dotąd opisywane. Dysponując nowymi

informacjami przeprowadziliśmy kartowanie geologiczne tych elementów z mapą i ołówkiem w ręce. Były zatem prowadzone bezpośrednie obserwacje w celu potwierdzenia naszej interpretacji geologicznej danych ALS. Nie były to więc tylko obserwacje analityczne NMT ALS, których nie uważamy za terenowe, jak to napisał w swojej polemice Z. Cymerman. Kartowanie nowopoznanych osuwisk prowadziliśmy zgodnie z obowiązującą Instrukcją (Grabowski, 2008), stosowaną w ramach Systemu Osłony Przeciw-Osuwiskowej. Weryfikację terenową przeprowadzono ponadto dla lejów krasowych. W artykule wykorzystana została również wiedza pierwszego ze współautorów (A. Wójcika) zdobyta w Tatrach m.in. przy okazji wykonywania Szczegółowej mapy geologicznej Tatr w skali 1 : 10 000.

Za nasz błąd uznajemy pomyłkę kierunku wschodniego z zachodnim przy opisie stoków Suchej Czuby i niedopatrzenie w postaci braków w opisach anglojęzycznych. Uważamy jednak, podobnie jak autor polemiki, że są to uchybienia drobne i mamy nadzieję, że nie wpłynęły one negatywnie na końcowy efekt naszego artykułu. Niezrozumiałe dla nas jest natomiast sugestywne pytanie dotyczące ograniczenia obszaru badawczego, czy też wątpliwości, co do „nieregularnego przebiegu granic”. Zasięg obszaru badawczego wyznaczała dostępność danych laserowych. Analizowana „chmura punktów” reprezentowała właśnie taki a nie inny obszar i w takim zasięgu został wciągnięty on do badań. Tak jak napisaliśmy we wstępie artykułu (Wójcik i in., 2013), celem nalotu pomiarowego było „określenie wpływu na środowisko efektów modernizacji kolei linowej na szczyt Kasprowego Wierchu (Wężyk i in., 2008)”, nie zaś cele geologiczne. Otrzymane dane były jednak tak bardzo interesujące, że zajęliśmy się tym problemem.

Dużą część uwag krytycznych Z. Cymermana do artykułu Wójcika i in. (2013) dotyczyła samej interpretacji geologicznej. Czytając je można mieć wrażenie, że nasze, być może śmiałe interpretacje geologiczne NMT ALS, są niczym innym jak próbą zastąpienia obowiązującej Szczegółowej Mapy Geologicznej Tatr lub jej krytyką. Nie jest to prawda. Naszą intencją było pokazanie nowych danych, faktów i informacji, które mogłyby zostać wykorzystane w przyszłości. Nasze podejście badawcze było tu zupełnie inne niż przy wykonywaniu mapy geologicznej. W pracy przedstawionej przez Wójcika i in. (2013) pokazano interpretację bardzo dokładnego numerycznego modelu terenu,

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; tomasz.wojciechowski@pgi.gov.pl, antoni.wojcik@pgi.gov.pl, zbigniew.perski@pgi.gov.pl.



Ryc. 1. Klasyfikowana mapa spadków, dla górnej części osuwiska zlokalizowanego na NW stokach Suchej Czuby w Tatrach

Fig. 1. Classified slope map of the upper part of the landslide located on the NW slopes of Sucha Czuba in the Tatra Mts.

która tylko w niektórych miejscach była przez nas weryfikowana w terenie. Krytykowana przez Z. Cymermana rycina 3 w analizowanym artykule Wójcika i in. (2013) jest próbą porównania interpretacji geologicznej naszego autorstwa ze SMGT (Piotrowska i in., 2007a, b). Nie znaleźliśmy innego sposobu na wizualizację tego zagadnienia, zdając sobie sprawę, że w szczegółach będzie to rycina mało czytelna. Porządne porównanie powinno być wizualizowane w skali co najmniej 1 : 10 000, co nie jest możliwe na łamach Przeglądu Geologicznego. Gdybyśmy na tej rycinie zamieścili jeszcze objaśnienia, zgodnie z zarzutem Z. Cymermana, musiałyby się to odbić na skali map. Uważamy, że objaśnienia w obecnej formie są mimo wszystko najlepszym rozwiązaniem, zwłaszcza, że nie znajdują się na odwrocie strony, jak napisał Z. Cymerman w swojej polemice, ale na stronie rozkładowej – z boku ryciny.

Zaprezentowana przez Z. Cymermana tabela, która „rozjaśnia nieczytelny obraz na rycinie 3”, przedstawia różnice wydzieleni geologicznych pomiędzy interpretacją NMT ALS a SMGT (Piotrowska i in., 2007a, b). Różnice te wynikają z charakteru i metod pracy z NMT ALS. Należy zdać sobie sprawę, że dane numeryczne nie stanowią panaceum na wszystko i nie wszystko może być na nich widoczne. Skoro więc w naszej interpretacji nie ujęliśmy kilku wydzieleni, to stało się to dlatego, że nie odznaczają się one w rzeźbie terenu. Nigdzie nie napisaliśmy, że należy je

usunąć. Niektóre wydzielenia połączyliśmy z sobą, ale jest to spowodowane brakiem możliwości odróżnienia ich od siebie na kolejnych wizualizacjach NMT. Ścisłe trzymanie się podziału zastosowanego w SMGT byłoby z naszej strony nieprofesjonalne i zmusiłoby nas do naciągania informacji zawartych w niezależnie pozyskanych danych numerycznych i sztucznego dopasowywania ich do SMGT. Wyniki byłyby jednak mało rzetelne. Wprowadzone nowe elementy geologiczne na badanym obszarze są naszym zdaniem bezsporne. Osuwisko schodzące na NW ze stoków Suchej Czuby jest tego przykładem. Pomimo, że forma ta nie była dotąd zaznaczona w żadnych materiałach, uznana już została, jako rzeczywista przez autorów wcześniejszych opracowań, w tym Z. Cymermana w polemice do artykułu Wójcika i in. (2013) – choć może w innym kształcie. Należy tu dodać, że kwestię osuwisk w tatrzańskich skałach krystalicznych poruszali już w swoich badaniach m.in. Jaroszewski (1965), Lefeld (1965) i Nemčok (1982), dlatego też występowanie takich form w Tatrach nie powinno dziwić.

Odpowiadając na pytanie Z. Cymermana dotyczące stwierdzenia, że spełkania w granitach są o azymucie upadu 290/50 – „Skąd takie precyzyjne dane, bez analizy statystycznej tysięcy spełkań w granitach?” – wyjaśniamy: pomiar wykonany został w skarpie głównej osuwiska, poza jego terenem. Jest to naszym zdaniem płaszczyna, wzdłuż

której rozwinęło się osuwisko w rejonie Suchej Czuby. Nie dokonywaliśmy pomiarów widocznych licznych płaszczyzn w obrębie osuwiska, gdyż utwory skalne poddane ruchom masowym ulegają deformacjom, rotacji i przemieszczeniom. Pomiar takich struktur i odniesienie ich do podłoża byłoby błędem, którego chcieliśmy uniknąć.

Zbigniew Cymerman w swojej polemice stawia pytanie odnoszące się do interpretacji drobnych form morfologii terenu: „Czyżby taką drobną formą morfologiczną było osuwisko o powierzchni zajmującej ponad 10% analizowanego obszaru na NW stokach Suchej Czuby?”. Wynika to chyba z niewielkiego doświadczenia stawiającego takie pytanie w pracy z danymi lotniczymi (zdjęcia lotnicze, radarowe, dane laserowe) oraz metodami fotogrametrycznymi i teledetekcyjnymi, które są znane od kilkudziesięciu lat (Ostaficzuk, 1978; Ciołkosz & Kęsik, 1989). Każde osuwisko jest formą, która najczęściej przejawia się w rzeźbie terenu. Osuwiska posiadają tzw. elementy wewnątrzsuwiskowe, tj. skarpy, progi akumulacyjne, pagóry, obniżenia bezodpływowe, rowy rozpadlinowe itd., które mogą być różnej wielkości. Tak naprawdę to ich analiza i wzajemne współwystępowanie świadczą o rodzaju badanej deformacji. Zatem osuwisko zlokalizowane na NW stokach Suchej Czuby, które stanowi 6% obszaru badań, traktujemy jako dużą formę przejawiającą się w rzeźbie terenu, posiadającą liczne, drobne elementy wewnętrzne, które można nazywać drobnymi formami morfologii terenu. Osuwisko to było szczególnie przez nas analizowane. Wykorzystaliśmy wiele metod wizualizacyjnych i obliczeniowych dla danych laserowych, którymi dysponujemy. Obrazów wynikowych tych analiz są setki i aby je wszystkie dokładnie przedstawić, należałoby napisać co najmniej kilka artykułów. Nie uważamy, by było to jednak konieczne, metody te są bowiem tylko narzędziem umożliwiającym prowadzenie badań naukowych. Jednak jesteśmy pewni zasięgu osuwiska, które wyznaczyliśmy w pracy Wójcika i in. (2013). Zbigniew Cymerman uważa, że osuwisko to zaczyna się dużo niżej, sugerując, że w analizie NMT mogliśmy mieć problem interpretacyjny, który opisaliśmy dokładnie w pracy Wojciechowskiego i in. (2012). Polega on na fakcie, że kąt zapadania skarp osuwiskowych może być niewiele większy od nachylenia stoku, co utrudnia prostą interpretację. Przeprowadziliśmy kilkanaście testów, z których wynika, że problem ten nie dotyczy opisywanego osuwiska. Na rycinie 1 przedstawiamy analizę mapy spadków przy progu 25° dla spornego obszaru osuwiska.

Reasumując, kilka uwag Z. Cymermana przyjęliśmy ze zrozumieniem, częściowo przyznając się do błędów. Większość z nich wynika jednak z niezrozumienia procedur towarzyszących interpretacji danych laserowych. Szczegółowy opis tych procedur, charakterystyka metod i danych laserowych zostały już wielokrotnie zawarte w literaturze naukowej o zasięgu zarówno międzynarodowym, jak i krajowym, również na łamach Przeglądu Geologicznego (Wojciechowski i in., 2012). Ponowne szczegółowe przybliżanie problemu uznaliśmy za bezcelowe, powołując się przy tym na wstępnie artykułu (Wójcik i in., 2013) na stosowną literaturę. Naszym zdaniem technologia skaningu laserowego doskonale nadaje się do interpretacji geologicznej. Mamy nadzieję, że w trakcie prac przygotowawczych dla przyszłych projektów geologicznych w Tatrach metody przez nas prezentowane znajdą zastosowanie. Oferujemy w tym swoje doświadczenie.

LITERATURA

- CIOŁKOSZ A. & KĘSIK A. 1989 – Teledetekcja satelitarna. PWN, Warszawa, s.294.
- GRABOWSKI D., MARCINIEC P., MROZEK T., NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W., WÓJCIK A. & ZIMNAL Z. 2008 – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa, s. 92.
- JAROSZEWSKI W. 1965 – Rowy grzbietowe w Tatrach. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, tom XXXV, zeszyt 2: 163–171.
- LEFELD J. 1965 – Szczeliny i obrywy grawitacyjne na grzbiecie między dolinkami Spis-Michałową a rozpadliną w masywie Szerokiej Jaworzyńskiej (Tatry Wschodnie). Rocznik PTG, 35 (2): 173–178.
- NEMČOK A. – Zosuvy v slovenských Karpatoch. VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava, s. 320.
- OSTAFICZUK S. 1978 – Fotogeologia, fotointerpretacja i fotogrametria geologiczna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, s. 250.
- PIOTROWSKA K., CYMERMAN Z. & RĄCZKOWSKI W. 2007a – Szczegółowa Mapa Geologiczna Tatr 1 : 10 000, Arkusz Kasprowy Wierch, mapa geologiczna powierzchniowa (w druku). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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 (w druku). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WEŹYK P., BOROWIEC N., SZOMBARA S. & WAŃCZYK R. 2008 – Generowanie numerycznych modeli powierzchni oraz terenu w Tatrach na podstawie chmury punktów z lotniczego skaningu laserowego (ALS). Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 18b: 651–661.
- WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z. & WÓJCIK A. 2012 – Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty Wewnętrzne). Prz. Geol., 60: 95–102.
- WÓJCIK A., WEŹYK P., WOJCIECHOWSKI T., PERSKI Z. & MACZUGA S. 2013 – Geologiczna i geomorfologiczna interpretacja danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) rejonu Kasprowego Wierchu (Tatry). Prz. Geol., 61: 234–242.