

Krystaliczne łuski tektoniczne w polskiej części Tatr Zachodnich

Zbigniew Cymerman

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; e-mail: Zbigniew.Cymerman@pgi.gov.pl

Słowa kluczowe: łuski krystaliczne, ścinanie kruche, skały uskokowe, kartografia, orogeneza alpejska, Tatry Zachodnie

Keywords: crystalline thrust sheets, brittle shearing, fault rocks, mapping, Alpine orogeny, Western Tatra Mts.

Streszczenie

Wyniki nowych prac kartograficznych w skali 1:10 000 na obszarze trzech arkuszy (Góra Rakoń, Czerwone Wierchy i Kasprowy Wierch) w Tatrach Zachodnich i badań strukturalnych wykazały istnienie tam licznych, alpejskich stref ścinania kruchego. Strefy te charakteryzują się rozwojem skał kataklastycznych, brekcji tektonicznych i fylonitów. Wyznaczają one granice łusek krystalicznych o różnej wielkości i geometrii, głównie jako spłaszczone soczewy. Przeważnie są to pakiety łusek z subhoryzontalnymi powierzchniami spągowymi i stropowymi. Dodatkowo, stwierdzono rozwój podobnych pakietów łusek i kruchych nasunięć w obrębie pokrywy osadowej, jak i na jej kontakcie ze skałami krystalicznymi.

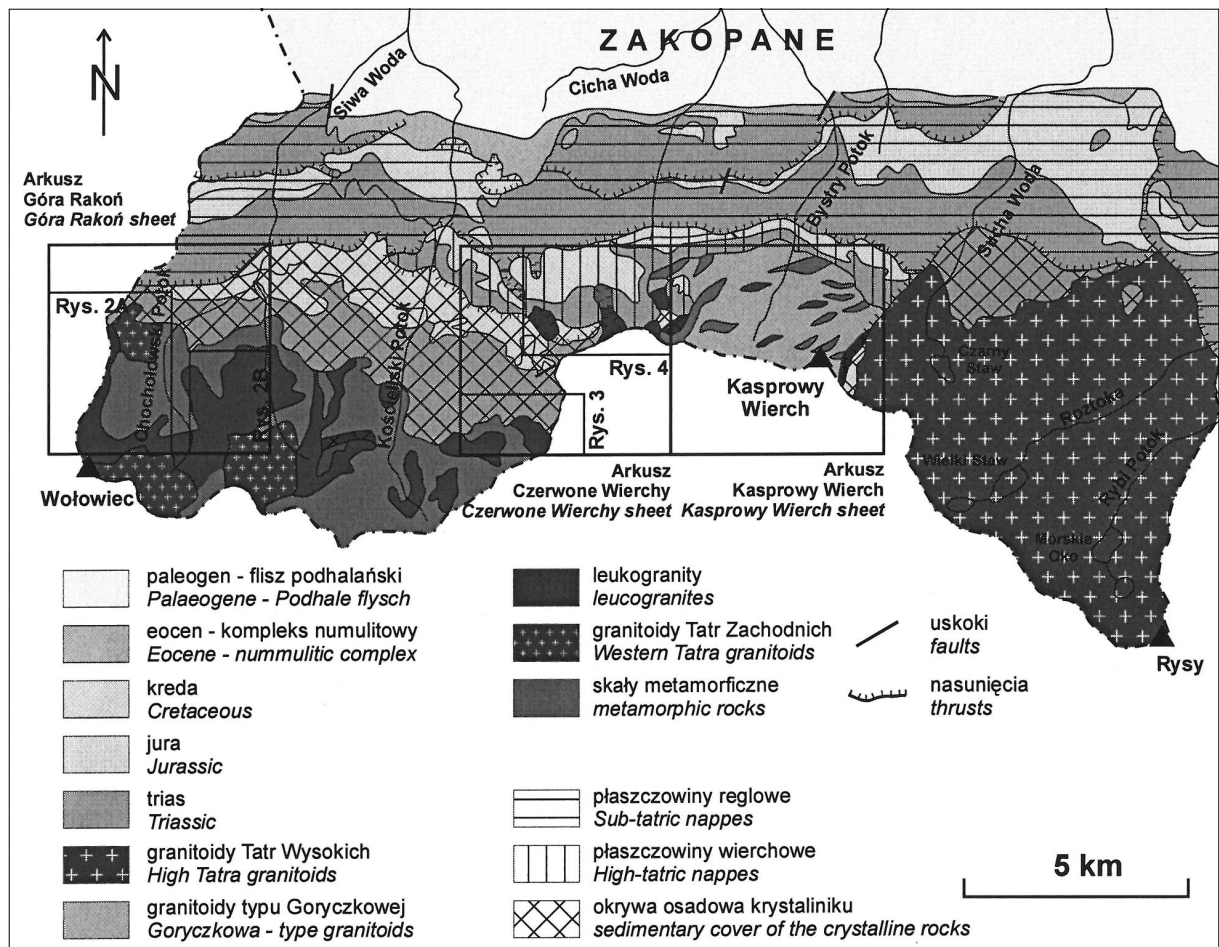
Skupiński (1975) dokumentując „zgrejzenizowane utwory stref tektonicznych (diaforytów)” w Dolinie Chochołowskiej był pierwszym, który wykazał istnienie nasunięć w krystaliku Tatr Zachodnich. Ich powstanie wiązał jednak z tektoniką waryscyjską, chociaż przypisywał im rozwój postkrystalizacyjny. Wcześniej inni sugerowali jedynie możliwość istnienia przemieszczeń tektonicznych wewnątrz krystaliku Tatr. Np. Kotański (1971; str. 63) wskazywał, że „...poszczególne bloki i płyty skalne są względem siebie przesunięte i ponasuwane na siebie. Istnienie nasunięć w trzonie krystalicznym jest jednak bardzo trudno wykryć, gdyż nie można się tu oprzeć na żadnej stratygrafii, jak w skałach osadowych”.

W wyniku nowych prac kartograficznych na trzech arkuszach (Góra Rakoń, Czerwone Wierchy i Kasprowy Wierch) Szczegółowej mapy geologicznej Tatr [SmgT] 1:10 000 (Ryc. 1) obejmujących obszar wschodni skał krystalicznych Tatr Zachodnich (Piotrowska et al., 2007a, b, c) oraz badań strukturalnych i kinematycznych (Cymerman, 2008a) stwierdzono tam występowanie licznych stref tzw. skał uskokowych. Powstały one w warunkach

kruchego do podatno-kruchego ścinania prostego. Ich rozpoznanie podnosi zagadnienie roli tych stref ścinania, które musiały przyczynić się do reaktywowania waryscyjskiego podłoża w czasie deformacji alpejskich. Jest to prawdopodobnie najważniejszy czynnik zróżnicowania waryscyjskiej budowy i obrazu kartograficznego skał krystalicznych Tatr Zachodnich. Zagadnienia te przedstawiano i omawiano ostatnio na licznych, wybranych przykładach w terenie podczas kilku wycieczek tematycznych (Cymerman, 2008b, c; 2009a, b).

Krystalinik Tatr Zachodnich charakteryzuje się rozwojem skał kataklastycznych, brekcji tektonicznych i fylonitów. W literaturze anglosaskiej utwory takie są określane jako skały uskokowe, dyslokacyjne (*fault rocks*). Skały takie w obrębie krystaliniku Tatr Zachodnich charakteryzują się bardzo heterogeniczną litologią, zmiennymi miąższościami, na ogół od kilkudziesięciu cm do kilkudziesięciu metrów. Przyjęto, że wschodnie takich kruchych i podatno-kruchych (przejściowych) stref uskokowych wyznaczają w obrazie kartograficznym granice krystalicznych łusek tektonicznych (*op. cit.*). W trzech wymiarach granicami poszczególnych łusek mogą być ich powierzchnie czołowe, spągowe, boczne lub stropowe. Krystaliczne łuski tektoniczne charakteryzują się różną wielkością, odmienną geometrią i zmienną orientacją przestrzenną. Przeważnie krystaliczne łuski tektoniczne są wykształcone jako silnie spłaszczone makrosoczewy z subhoryzontalnymi powierzchniami spągowymi i stropowymi, a stromymi – czołowymi i bocznymi. Na ogół występują one w pakietach łusek krystalicznych z drobniejszymi łuskami II i III-rzędu. Geometria i wielkość łusek krystalicznych przypomina struktury tektoniczne płaszczowinach wierzchowych.

Celem pracy jest przedstawienie wydzielonych dotychczas krystalicznych łusek w części obszaru Tatrach Zachodnich oraz próba ich wzajemnej korelacji. Podstawowe kryteria, które posłużyły do wydzielenia poszczególnych łusek były kartograficzne i strukturalno-kinematyczne. Do pierwszych należy: przestrzenna ciągłość stref skał uskokowych w terenie i zróżnicowanie w litologii między łuskami. Do drugich zaliczono: odmienną orientację elementów strukturalnych, a zwłaszcza penetratywną waryscyjskiej foliacji S_1 , w sąsiednich łuskach oraz



Ryc. 1. Schematyczna mapa geologiczna Tatr Polskich bez utworów czwartorzędowych (kartka pocztowa; zestawił Ryka, 1989; nieco zmodyfikowana)

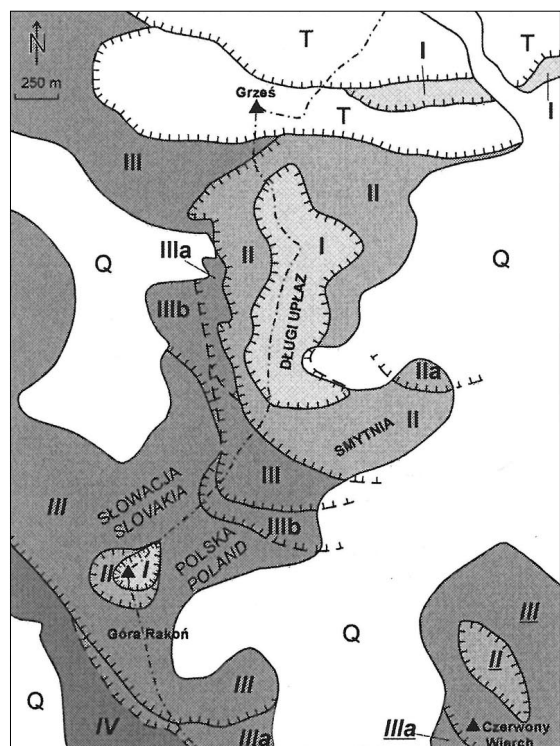
Fig. 1. Geological sketch-map of the Polish part of the Tatra Mts without Quaternary deposits (post card; compiled by Ryka, 1989; slightly modified)

rozdzielenie powierzchni czołowych, spągowych, bocznych i stropowych na podstawie danych uskokowych z ustaleniami zwrotu przemieszczeń na uskokach. Te w najlepiej odsłoniętych miejscach tworzą na ogół system uskokowy typu Y-R-P, czasem jeszcze z systemami typu R' i X oraz spękaniem ekstensywnymi T.

Na arkuszu Góra Rakoń SmgT (Ryc. 1), obejmującego górną część Doliny Chochołowskiej, występują liczne strefy skał kataklastycznych i brekcji tektonicznych, a także podrzędnie fyllonitów. Skały te, tworzące heterogeniczny zespół tzw. skał uskokowych powstały w warunkach kruchych do podatno-kruchych. Skały uskokowe nie dają się szczegółowo rozdzielić w obrazie kartograficznym, m.in. ze względu na ich duże zróżnicowanie litologiczne, liczne przeławienia, zmienne i na ogół niewielkie miąższości, a przede wszystkim brakiem ich odsłoneń, ponieważ najłatwiej ulegają one denudacji. Ich zróżnicowanie litologiczne jest spowodowane głównie poligenicznością ewolucji – od niskotemperaturowych mylonitów (fyllonitów), poprzez dominujące skały kataklastyczne, aż do zlokalizowanego rozwoju brekcji tektonicznych i (lub) mączki tektonicznej.

Na arkuszu Góra Rakoń SmgT zespół nierozdzielonych kartograficznie skał uskokowych zajmuje około $\frac{1}{4}$ powierzchni odkrytego tam krystaliniku. Na mapach geologicznych 1:10 000 tylko część tego zespołu skał uskokowych była przedstawiana jako czarne łupki grafitoidowe lub jako „skały” epidotowo-kwarcowe i chlorytowe (Guzik, 1959; Michalik, Guzik, 1959). Skupiński (1975) do grupy zgrejzenizowanych utworów stref tektonicznych (diaforytów) włączył tam także łupki kwarcowo-serycytowe.

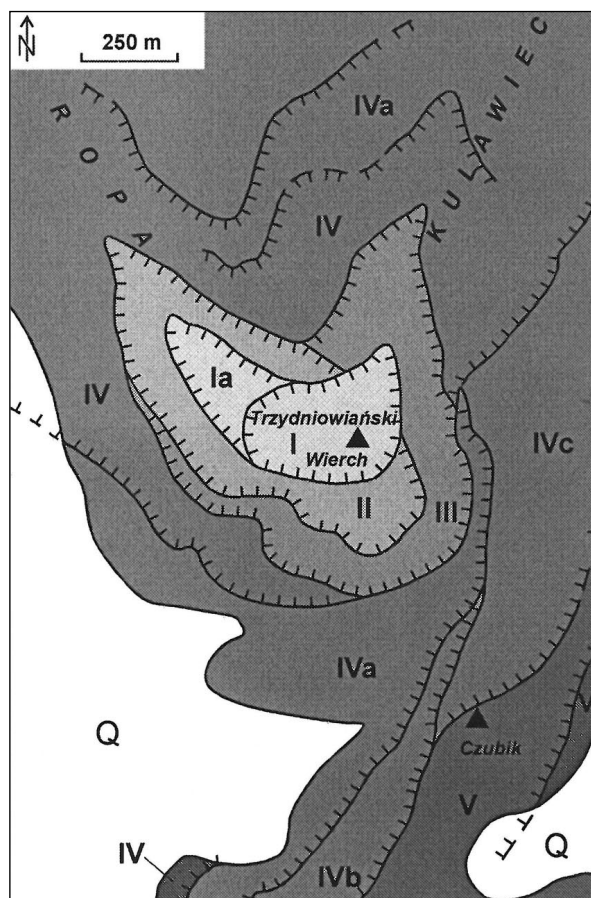
Pakiet krystalicznych łusek tektonicznych stwierdzono na Długim Uplazie i na Górze Rakoń (Ryc. 2A) oraz w regionie Trzydniwiańskiego Wierchu i Góry Czubik (Ryc. 2B). W ostatnim regionie wydzielić można co najmniej 6 łusek (od łuski I – najwyższej strukturalnie – po łuskę VI – najniższą strukturalnie), zbudowanych głównie z granitów. Łuska IV może być zbudowana z 4 drobnych łusek (IV, IVa, IV b i IV c), a łuska I – z 2 drobnych łusek (I i Ia). Relacje między poszczególnymi łuskami, a zwłaszcza łuskami II-rzędu w wielu wypadkach nie są jednoznacznie ustalone, co spowodowane jest w dużym stopniu podobną litologią (występują tutaj głównie



kruche nasunięcia alpejskie :
brittle Alpine thrusts:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a) wnioskowane
a) inferred b) zakładane
b) assumed | <ul style="list-style-type: none"> — granice geologiczne
geological boundaries - - - granice państwowe
state borders |
|---|--|

2A



2B

Ryc. 2A. Szkic strukturalny łusek krystalicznych w zachodniej części arkusza Góra Rakoń. Q – utwory kenozoiczne; T – utwory triasu; I–IIIb – łuski krystaliczne Długo Uplazu; I–IV – łuski krystaliczne Góry Rakoń; II–IIIa – łuski krystaliczne Czerwonego Wierchu

Fig. 2A. Struktural sketch-map of crystalline thrust sheets from the western part of the Góra Rakoń sheet. Q – Cenozoic deposits; T – Triassic deposits; I–IIIb – Długi Uplaz crystalline thrust sheets; I–IV – Góra Rakoń crystalline thrust sheets; II–IIIa – Czerwony Wierch crystalline thrust sheets

Ryc. 2B. Szkic strukturalny łusek krystalicznych SE części arkusza Góra Rakoń. Q – utwory kenozoiczne; I–VI – łuski krystaliczne Trzydniwiańskiego Wierchu

Fig. 2B. Struktural sketch-map of crystalline thrust sheets from the SE part of the Góra Rakoń sheet. Q – Cenozoic deposits; I–VI – Trzydniwiański Wierch crystalline thrust sheets

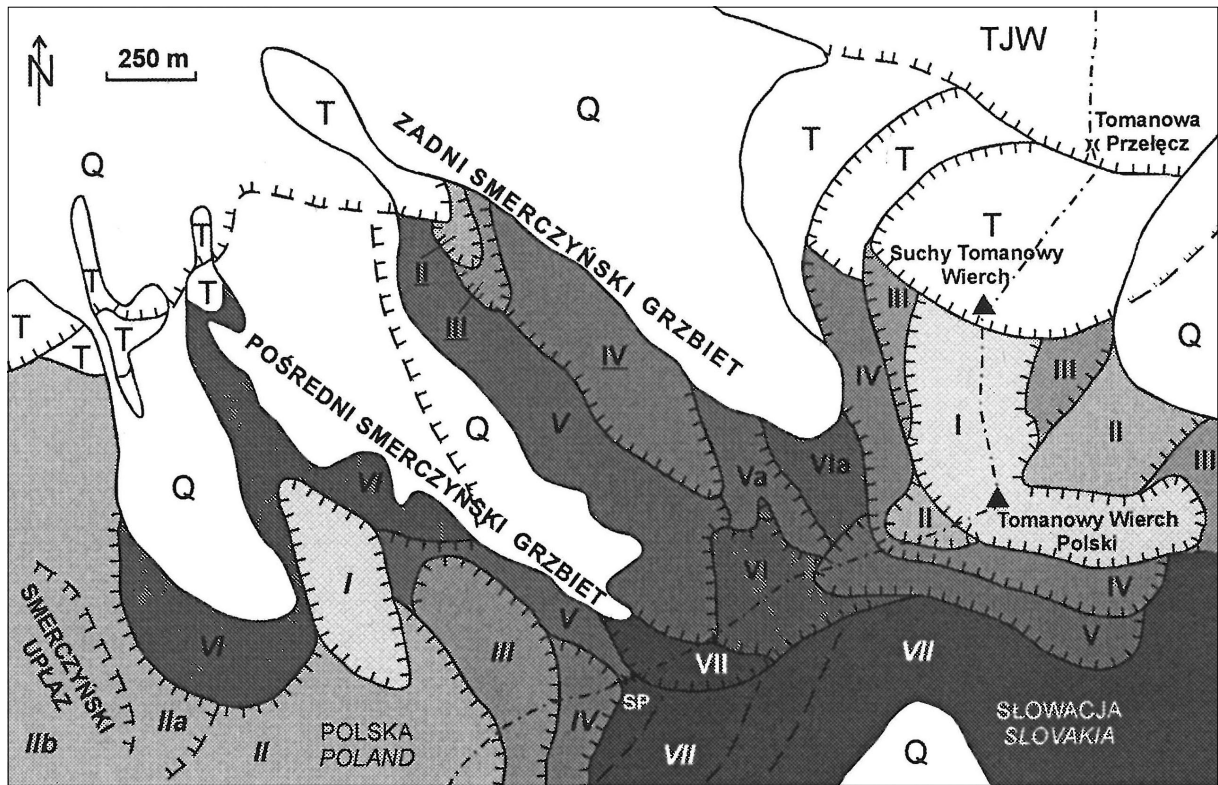
granity), a także pokrycie szatą roślinną i brakiem odsłoneń.

Mniej skomplikowany geometrycznie jest pakiet krystalicznych łusek tektonicznych stwierdzony na Długim Uplazie (Ryc. 2A), gdzie większe zróżnicowanie litologiczne umożliwia lepsze rozpoznanie budowy łuskowej tego obszaru. Wydzielono tam 3 łuski krystaliczne (I–III), przy czym łuska III zbudowana jest z 3 drobnych łusek (III, IIIa i IIIb). W regionie Góry Rakoń rozpoznano zestaw 5 łusek krystalicznych (I, II, III, IIIa i IV), a na Czerwonym Wierchu – 3 łuski (II, III i IIIa). Być może niektóre krystaliczne łuski tektoniczne z rejonu Góry Rakoń odpowiadają podobnym łuskom z Czerwonego Wierchu.

Na arkuszu Góra Rakoń SmgT 1:10 000 domeny spągowe krystalicznych łusek tektonicznych zapadają na ogół łagodnie ku NE. Z kolei, domeny boczne łusek

w obrazie intersekcyjnym zorientowane są przeważnie w kierunku NE–SW ze stromymi upadami ku NW. Wynika to z faktu, że strukturalnie wyższe łuski I, II i IIIa na Długim Uplazie są położone bardziej na N i NE niż strukturalnie niższe łuski III, IIIa i IIIb, które są zlokalizowane bardziej na S i SW. Po uwzględnieniu rotacji łusek do ich przed-neogeńskiej pozycji, czyli dokonując rotacji o kąt 40° ku S wokół poziomej osi o orientacji 90/0° (Piotrowski, 1978; Jurewicz, 2002), uzyskuje się ułożenie domen spągowych poszczególnych krystalicznych łusek tektonicznych pod łagodnym lub umiarkowanym kątem z upadem ku S lub SW.

Wyjątkowo skomplikowana budowa łuskowa charakteryzuje SW część arkusza Czerwony Wierch 1:10 000. W rejonie Tomanowego Wierchu Polskiego rozpoznano co najmniej zestaw 9 łusek krystalicznych (I, II, III, IV, V, Va, VI, VIa i VII), zbudowanych głównie z granitów



Ryc. 3. Szkic strukturalny łusek krystalicznych w SW części arkusza Czerwone Wierchy. Q – utwory kenozoiczne; SP – Smreczyńska Przełęcz; T – utwory triasu; I–VII – łuski krystaliczne Tomanowego Wierchu Polskiego; I–VII – łuski krystaliczne Pośredniego Smreczyńskiego Grzbietu i Smreczyńskiego Upłazu; II–IV – łuski krystaliczne Zadniego Smreczyńskiego Grzbietu

Fig. 3. Structural sketch-map of crystalline thrust sheets from the SW part of the Czerwone Wierchy sheet. Q – Cenozoic deposits; SP – Smreczyńska Pass; T – Triassic deposits; I–VII – Tomanowy Wierch Polski crystalline thrust sheets; I–VII – Pośredni Smreczyński Grzbiet and Smreczyński Upłaz crystalline thrust sheets; II–IV – Zadni Smreczyński Grzbiet crystalline thrust sheets

(Ryc. 3). Wąski morfologicznie Zadni Smreczyński Grzbiet zbudowany jest z 3 łusek (II, III i IV), uformowanych w gnejsach i migmatytach, a wydłużonych w kierunku NE–SW. Łuski te, razem z najwyższą strukturalnie łuską triasowych piaskowców (T), zostały prawdopodobnie nasunięte ku SW. Z kolei, obszar od Pośredniego Smreczyńskiego Grzbietu po Smreczyński Upłaz zbudowany jest z innego zestawu co najmniej kilku łusek, wydłużonych na ogół w kierunku NE–SW, z najwyższą strukturalnie łuską granitoidową (D), nasuniętą na łuski II, V i VI, które są zbudowane głównie z gnejsów.

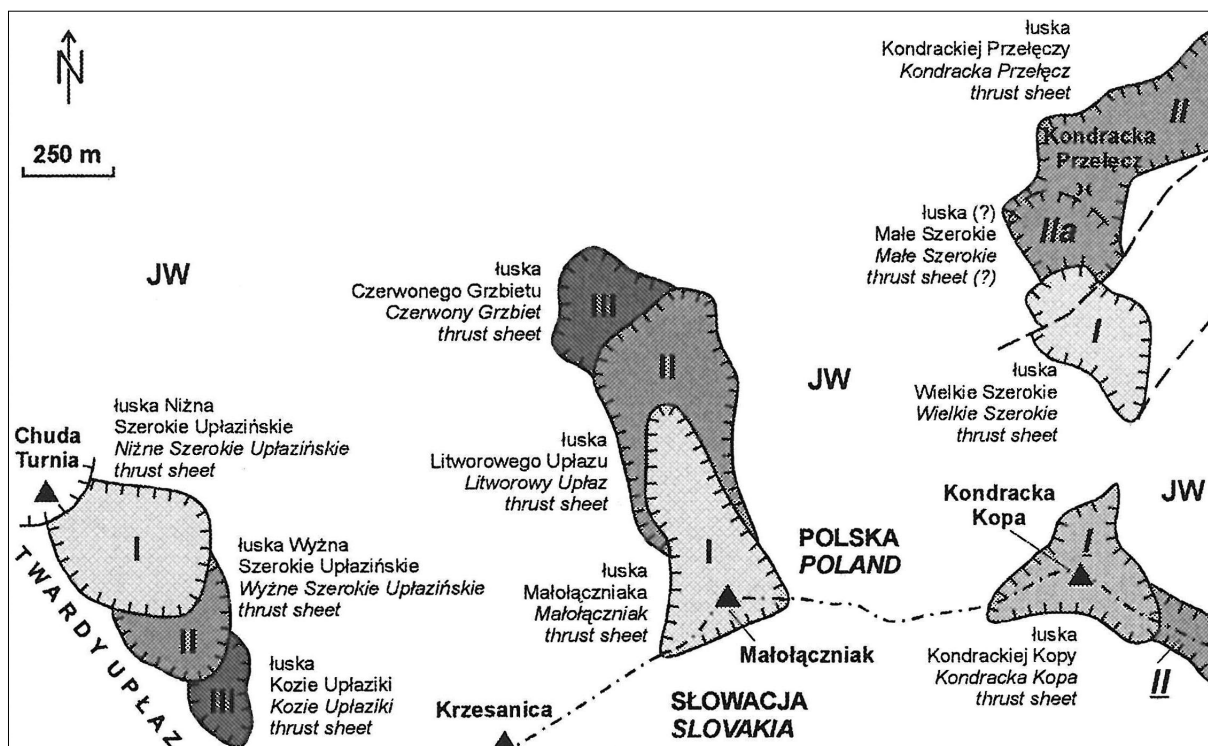
Bardzo skomplikowana sytuacja tektoniczna pojawia się w rejonie Przełęcz Smreczyńskiej. Wydzielono tam tzw. węzeł tektoniczny Przełęcz Smreczyńskiej, a jego powstanie to prawdopodobnie wynik nasunięć z NE pakietu łusek Tomanowego Wierchu Polskiego (łuski nr VI i VII) na nasuwany wcześniej z SW pakiet łusek Pośredniego Smreczyńskiego Grzbietu (łuski nr IV, V i VII). Te złożone relacje strukturalne wymagają jednak dalszych badań, a zwłaszcza w rejonie Smreczyńskiego Wierchu i Kamienistej.

W części N arkusza Czerwone Wierchy 1:10 000 skały krystaliczne budują czapki tektoniczne (Twardego Upłazu, Małolączniaka i Kopy Kondrackiej), zaliczane

do płaszczowiny Giewontu (Ryc. 4). Prace kartograficzne i strukturalne wykazały, że czapka tektoniczna Twardego Upłazu jest zbudowana z 3 łusek (I–III). Najwyższą strukturalnie łuską I (Niżna Szerokie Upłazińskie) jest morfologicznie najniższą położoną. Łuska środkowa II (Wyżna Szerokie Upłazińskie) spoczywa na najwyższym morfologicznie łusce III (Kozie Upłazki). Ta ostatnia stanowi strukturalnie najniższy fragment krystaliczny, nasunięty na skały osadowe płaszczowiny Czerwonych Wierchów. Łuska Niżna Szerokie Upłazińskie to prawdopodobnie fragment fałdu o osi nachylonej ku SW i wergencji ku SE (?).

Także czapka tektoniczna Małolączniaka zbudowana jest z trzech łusek krystalicznych (Ryc. 4) z najwyższą morfologicznie i strukturalnie łuską Małolączniaka (I). Łuska środkowa II (Litworowego Upłazu) spoczywa na najniższej morfologicznie i strukturalnie usytuowanej łusce III (Czerwonego Grzbietu), zalegającej bezpośrednio na jednostce Zdziar, elementu płaszczowiny Czerwonych Wierchów. Trzy małe czapki tektoniczne¹,

¹ ze względu na ich niewielkie rozmiary nie zostały one przedstawione na Ryc. 4.



Ryc. 4. Szkic strukturalny łusek krystalicznych w północnej części arkusza Czerwone Wierchy. JW – skały osadowe jednostki wierchowej; I-III – łuski krystaliczne Twardego Uplazu i Małolącziaka; I-Ia – łuski krystaliczne Kondrackiej Przełęczy; I-II – łuski krystaliczne Kondrackiej Kopy

Fig. 4. Struktural sketch-map of crystalline thrust sheets from the northern part of the Czerwone Wierchy sheet. JW – sedimentary rocks of the High-tatric nappes; I-III – Twardy Uplaz and Małolącziak crystalline thrust sheets; I-Ia – Kondracka Przeleęcz (Pass) crystalline thrust sheets; I-II – Kondracka Kopa crystalline thrust sheets

położone na SW od Małolącziaka, tworzą relikty po zdenudowanej prawdopodobnie środkowej łusce II (Litworowego Uplazu) i są zbudowane głównie z granitów.

Czapka tektoniczna Kopy Kondrackiej (Ryc. 4) to przykład kolejnej łuski krystalicznej (D). Spoczywa ona głównie na intensywnie zdeformowanych i złuskowanych seriach osadowych płaszczowiny Czerwonych Wierchów, a w części E – na niższej strukturalnie łusce krystalicznej II, rozciągającej się do Przełęczy pod Kondracką Czubą.

W rejonie Przełęczy Kondrackiej rozpoznano także łuski tektoniczne (Ryc. 4). Najwyższą strukturalnie i topograficznie jest łuska I (Wielkie Szerokie) ze strefą skał kataklastycznymi w jej spągu. Łuska Przełęczy Kondrackiej (II) jest niższym elementem strukturalnym w omawianym regionie. Nerozwiazane jest zagadnienie, czy istnieje odrębna łuska Małe Szerokie (IIa), czy też jest to najwyższa część łuski Przełęczy Kondrackiej.

W wyniku nowych prac kartograficznych i badań strukturalnych na arkuszu Kasprowy Wierch SmgT 1:10 000 wydaje się, że skały krystaliczne płaszczowiny Giewontu nie tworzą tam też jednej, zwartej masy, określanej jako „kra” czy „wyspa” krystaliczna, ale zbudowane są przynajmniej z 3 łusek krystalicznych. Idąc od zachodu i od najwyższego elementu strukturalnego są to łuski: Suchych Czub – Beskidu, Suchego Wierchu Kon-

drackiego i Łopaty. Najlepiej wykształconą strefą ścinania kruchego jest spągowa partia płaszczowiny Giewontu na zboczach Cichej Doliny w Słowacji. Trudne do dokładnego wykartowania są inne, cienkie strefy kataklazy alpejskiej w granitoidach typu Goryczkowej.

Obok rozpoznania na dotychczas trzech wykartowanych arkuszach SmgT 1:10 000 stref kruchego i podatno-kruchego ścinania, otwartym pozostaje zagadnienie rozwój podobnych pakietów łusek i kruchych przemieszczeń pokrywy osadowej na kontakcie z tym krystalnikiem, jak i wewnątrz tej pokrywy. Takie przemieszczenia stwierdzono m.in. na wschodnim zboczu Góry Grzeź (Ryc. 2) i w rejonie Suchego Tomanowego Wierchu (Ryc. 4). Dowodem na przemieszczenia tektoniczne na kontakcie skał krystalicznych Tatr Zachodnich z jego pokrywą osadową jest stwierdzenie procesów rozpuszczania pod ciśnieniem oraz poślizgów intergranularnych wzdłuż powierzchni kliważu w przelawieniach sphyllonityzowanych łupków na Siwych Skałach (Żelazniewicz, 1997). Fakt alpejskich przemieszczeń potwierdza także taki sam obraz kinematyczny o zwrocie ze stropem ku NNE do NE zarówno w piaskowcach triasu dolnego (werfenu), jak i w łupkach mylonitycznych o protolicie granitowym (*op. cit.*). Dotychczas opublikowane dane (np. Jurewicz, 2002, 2006), razem z nowymi obserwacjami kartograficznymi i strukturalnymi (Cymerman, 2008a)

wskazują, że skały pokryw osadowej krystaliniku Tatr Zachodnich były zdeformowane w stopniu nie mniejszym niż znajdująca się nad nim sekwencja wierchowa, czy też spoczywające pod nim heterogenicznie złuskiwane podłoże krystaliczne.

Luskowa budowa tektoniczna krystaliniku Tatr Zachodnich jest wynikiem orogenezy alpejskiej. Powstanie krystalicznych łusek tektonicznych było związane z imbrakcyjnym nasuwaniem krystaliniku tatrzańskiego w czasie orogenezy alpejskiej. Otwarte pozostaje zagadnienie podczas jakiej fazy lub sekwencji faz (śródziennomorskiej, laramijskiej lub młodoalpejskiej) doszło do ich powstania (Lefeld, 1997). Wieloetapowy charakter procesów nasunięciowych spowodował geometryczne komplikacje stref ścinania zarówno w skałach osadowych, jak i w granitoidowym trzonie Tatr (Jurewicz, 2002, 2006).

Rozpoznanie licznych krystalicznych łusek tektonicznych na obszarze 3 arkuszy SmgT 1:10 000 w Tatrach Zachodnich wskazuje na znacznie tektonicznego rozczłonkowania i znacznych przemieszczeń waryscyjskiego kompleksu krystalicznego podczas orogenezy alpejskiej. Aktualny obraz kartograficzny krystaliniku Tatr Zachodnich został znacznie zmodyfikowany podczas orogenezy alpejskiej. Podczas tej orogenezy doszło do rotacji i wychyleń także struktur waryscyjskich, głównie podczas poeocenijskiego rotacyjnego wypiętrzenia Tatr (Piotrowski, 1978; Lefeld, 1997; Jurewicz, 2002, 2006). Kluczowe były jednak wielofazowe lub progresywne przemieszczenia tektoniczne w warunkach reżimu kompresyjnego podczas późnokredowych nasunięć i fałdowań, podobnie tak jak to miało miejsce w płaszczowinach wierchowych i reglowych Tatr (*op. cit.*).

W podsumowaniu, chociaż zrobiono zaledwie pierwszy krok w rozpoznaniu reaktywacji waryscyjskiego podłoża w trakcie orogenezy alpejskiej poprzez identyfikację szeregu krystalicznych łusek tektonicznych Tatr Zachodnich, to nadal pozostaje wiele zagadnień wciąż otwartymi do dalszych badań. Należą do nich, między innymi: (i) ustalenie czasu i sekwencji przemieszczeń tektonicznych, (ii) wyznaczenie reżimu i warunków deformacji ścięciowych; (iii) poznanie kinematyki tych przemieszczeń zarówno poszczególnych łusek, jak i dla całego krystaliniku Tatr Zachodnich, (iv) rozpoznanie stanu tensora paleonaprężeń dla poszczególnych części Tatr, także w różnych okresach orogenezy alpejskiej, (v) ustalenie obrazu budowy łuskowej dla masywu Ornaku i grzbietu granicznego od Wołowca poprzez Błyszcz po Smreczyński Wierch. To ostatnie zagadnienie zostanie rozwiązane w wyniku realizacji kolejnych arkuszy (Jarząbczy Wierch, Góra Błyszcz) SmgT w skali 1:10 000 już w najbliższych latach.

Crystalline nappe sheets from the Polish part of the Western Tatra Mts.

New results of detailed mapping at scale 1:10,000 (the Góra Rakoń, Czerwone Wierchy and Kasprowy Wierch sheets) and structural studies from a crystalline

basement of the Western Tatra Mts. indicate the development of numerous alpine brittle shear zones. These zones are characterized by a strongly heterogeneous set of cataclastic rocks, tectonic breccias, fault gauges and phyllonites. The brittle shear zones define boundaries of crystalline thrust sheets (tectonic slices) with different sizes and geometry, mostly as strongly flattened lenses. The crystalline thrust sheets have almost horizontal bottom and roof surfaces and form a packet of thrust sheets. Moreover, the development of quite similar tectonic slices have been recognized amongst sedimentary cover as well as on contact areas of sedimentary rocks and crystalline rocks.

Literatura

- Cymerman Z., 2008a. Kartografia geologiczna krystaliniku Tatr Zachodnich: wyniki prac kartograficznych i strukturalnych na trzech arkuszach SMGT w skali 1:10 000. W: Gaździcka E., Derkacz M., Piotrowska K., Borecka A. (red.). Tatrzańskie Mapy Geologiczne; Zakopane 27–29 maja 2008, Materiały konferencyjne. Państwowy Instytut Geologiczny, str.: 43–50.
- Cymerman Z., 2008b. Nasunięcia alpejskie w waryscyjskim krystaliniku Tatr Zachodnich – przykłady z obszaru arkusza Góra Rakoń SMGT 1:10 000. W: Gaździcka E., Derkacz M., Piotrowska K., Borecka A. (red.). Tatrzańskie Mapy Geologiczne; Zakopane 27–29 maja 2008, Materiały konferencyjne. Państwowy Instytut Geologiczny, str.: 113–116.
- Cymerman Z., 2008c. Problemy kartograficzne i strukturalne obszarów krystalicznych Tatr Zachodnich – przykłady z obszaru arkuszy Kasprowy Wierch i Czerwone Wierchy SMGT w skali 1:10 000. W: Gaździcka E., Derkacz M., Piotrowska K., Borecka A. (red.). Tatrzańskie Mapy Geologiczne; Zakopane 27–29 maja 2008, Materiały konferencyjne. Państwowy Instytut Geologiczny, str.: 141–144.
- Cymerman Z., 2009a. Tektonika alpejska waryscyjskiego krystaliniku Tatr Zachodnich – przykłady od Łucznińskiej Przełęczy po NW zbocza Wołowca. W: Uchman A., Chowaniec J. (red.). Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu. LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska 27–30 września 2009, Materiały konferencyjne. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, str.: 121–133.
- Cymerman Z., 2009b. Tektonika krystaliniku Goryczkowej i „czapek” krystalicznych płaszczowiny Giewontu na obszarze Czerwonych Wierchów. W: Uchman A., Chowaniec J. (red.). Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu. LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska 27–30 września 2009, Materiały konferencyjne. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, str.: 174–189.

- Guzik K., 1959. Mapa Geologiczna Tatr Polskich w skali 1:10 000 (wydanie zbiorowe pod red. S. Sokołowskiego), arkusz Bobrowiec. Wyd. Geol., Warszawa.
- Jurewicz E., 2002. Geometrical analysis of steep-dipping dislocations within the granitoid core in the Polish part of the Tatra Mts. *Annales Societas Geologorum Poloniae*, 72: 89–98.
- Jurewicz E., 2006. Petrophysical control on the mode of shearing in the sedimentary rocks and granitoid core of the Tatra Mountains during Late Cretaceous nappe-thrusting and folding, Carpathians, Poland. *Acta Geol. Pol.*, 56, 2: 159–170.
- Kotański Z., 1971. Przewodnik geologiczny po Tatrach. Warszawa, Wyd. Geol.
- Lefeld J., 1997. Tektogeneza Tatr. Cykl alpejski. Przewodnik 68 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane; str.: 16–21.
- Michalik A., Guzik K., 1959. Mapa Geologiczna Tatr Polskich w skali 1:10 000 (wydanie zbiorowe pod red. S. Sokołowskiego). Arkusz Wołowiec. Wyd. Geol., Warszawa.
- Piotrowska K., Cymerman Z., Rączkowski W., Bac-Moszaszwili M., 2007a. Szczegółowa mapa geologiczna Tatr 1:10 000, arkusz Góra Rakoń. CAG PIG, Warszawa.
- Piotrowska K., Rączkowski W., Cymerman Z., 2007b. Szczegółowa mapa geologiczna Tatr 1:10 000, arkusz Czerwone Wierchy. CAG PIG, Warszawa.
- Piotrowska K., Rączkowski W., Cymerman Z., 2007c. Szczegółowa mapa geologiczna Tatr 1:10 000, arkusz Kasprowy Wierch. CAG PIG, Warszawa.
- Piotrowski J., 1978. Charakterystyka mezostrukturalna głównych jednostek tektonicznych Tatr w przekroju Doliny Kościeliskiej. *Studia Geol. Pol.*, 55, 1: 1–190.
- Skupiński A., 1975. Petrogeneza i struktura trzonu krystalicznego między Ornakiem a Rohaczami – Tatry Zachodnie. *Studia Geol. Pol.*, 49, 1: 4–98.
- Żelaźniewicz A., 1997. Tektogeneza Tatr. Cykl prealpejski. Przewodnik. 68 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane, str.: 11–16.

