

Procesy nasunięć płaszczowinowych w Tatrach – uwagi polemiczne

Zbigniew Cymerman¹



W bieżącym roku upływa 110 lat od rozpoznania alpejskich procesów nasuwczych w Tatrach (Lugeon, 1903). W zeszłym roku w *Przeglądzie Geologicznym* opublikowano artykuł Jurewicz o procesach nasuwczych w Tatrach. Lektura omawianego artykułu wskazuje, że celem autorki było ponowne przedstawienie mechanizmu nasunięć płaszczowin tatrzańskich, już wcześniej przez nią opisywanego (Jurewicz, 2005, 2007; Jurewicz i in., 2007), z decydującym udziałem procesów hydrotektonicznych, takich jak erozja kawitacyjna i rozpuszczanie pod ciśnieniem (Bac-Moszaszwili i in., 1981; Jaroszewski, 1982; Milovský i in., 2003).

W niniejszej polemice chciałbym odnieść się do kilku zagadnień niepodjętych przez Jurewicz w omawianej publikacji. Zagadnienia te podnosiłem wcześniej w dyskusjach po referatach Jurewicz o nasunięciach płaszczowinowych Tatr. Jedna z nich odbyła się podczas Tatrzańskich Warsztatów Geologicznych w Zakopanem w dniu 15 października 2011 r., a druga – w dniu 8 marca 2012 r. w czasie posiedzenia naukowego Oddziału Wrocławskiego Polskiego Towarzystwa Geologicznego. W dalszej części przedstawiam uwagi krytyczne, które zgrupowałem w kilku punktach.

1. Brak mapy z zaznaczonym przebiegiem nasunięć płaszczowinowych w Tatrach. Brak takiej mapy nie tylko ułatwia czytelnikowi zrozumienia alpejskiej ewolucji Tatr, lecz przede wszystkim „zaciera” zasadniczy fakt, że nasunięcia płaszczowinowe kontynuują się w kierunku prawie równoleżnikowym na całej długości Tatr. W omawianej publikacji analiza tych nasunięć jest ograniczona zaledwie do kilku punktów dokumentacyjnych i do jednego kontaktu płaszczowin wierzchowych: Giewontu i Czerwonych Wierchów. W publikacji Jurewicz brakuje omówienia charakteru kontaktów innych jednostek płaszczowinowych Tatr. Dlaczego na mapach jednostek strukturalnych Tatr płaszczowiny wierzchowe są połączone w jedno wydzielenie razem z autochtoniczną pokrywą osadową (Jurewicz, 2003, 2005, 2007, 2012)?

2. Dyskusyjna morfologia kontaktu jednostek płaszczowinowych Giewontu i Czerwonych Wierchów na zboczach Giewontu. Kontakt ten był kilkakrotnie poruszany w artykułach Jurewicz (2003, 2012; Jurewicz i in., 2007). Dlaczego na wschodnim zboczu Giewontu jest pokazana „gładka” powierzchnia nasunięcia jednostki Giewontu na jednostkę Czerwonych Wierchów (Jurewicz, 2003: Fig. 1B)? A dlaczego na zachodnim zboczu Giewontu powierzchnia tego kontaktu jest inna, bardzo nieregularna w formie, a nawet „postrzępiona” (Jurewicz, 2003: Fig. 2A)? Na taką

geometrycznie nieregularną formę kontaktu tych płaszczowin powołuje się autorka na podstawie niepublikowanej pracy magisterskiej Gąsienicy-Szostak (1973). Na przekrojach długoletnich badaczy Tatr na zachodnim zboczu Giewontu jest znaczona gładka powierzchnia nasunięcia, podobnie jak na jego wschodnim zboczu (np. Kotański, 1971; Bac-Moszaszwili i in., 1984). Zatem jak jest tam w rzeczywistości? Geometria i kinematyka nasunięć w Tatrach są skrajnie skomplikowane, co trafnie ujęła Jurewicz (2012), pisząc na końcu swojego artykułu o „geometrycznym nieporządku” (str. 440). Rozwiązania tego zagadnienia morfologicznego nie ułatwia podobieństwo litologiczne, mechaniczne i reologiczne dolomitów i wapieni występujących poniżej i powyżej tego nasunięcia od Turni Olejarnia po Siadłą Turnię.

3. Kolejne zagadnienie niepodjęte w pracy Jurewicz (2012) dotyczy tektoniki tzw. autochtonu Tatr. Dlaczego ten „autochton” nie miałby być zdeformowany w czasie orogenezy alpejskiej? Zalega na nim cieńszy allochton wierzchowy, który doznał intensywnych deformacji nasuwczych i fałdowych. Jak można próbować to wytłumaczyć? Dlaczego porowate siliklastyki dolnotriasowe „autochtonu” tatrzańskie nie uległy deformacjom ścięciowym na kontakcie ze skałami krystalicznymi, od których różnią się odmiennymi właściwościami mechanicznymi i reologicznymi? Skały porowate są mechanicznie względnie słabe i mają niską kohezję (spójności), stąd ich szczególna podatność na deformację obejmującą fragmentację ziaren i kolaps przestrzeni porowej (np. Rutter & Glover, 2012). Jurewicz (2012) słusznie zauważyła, że „w autochtonicznej pokrywie osadowej powierzchnie mechanicznej anizotropii, takie jak kontakt dolnotriasowych piaskowców kwarcytowych i zalegających na nich łupków – skał o różnych właściwościach reologicznych – mogły stanowić powierzchnie wewnętrznych odkłuc” (str. 435). Żelaźnicz (1997) opisał alpejską deformację dolnotriasowych piaskowców w pobliżu kontaktu z podłożem krystalicznym na Siwych Skałach. W sfyllonizowanych łupkach dolnotriasowych doszło tam m.in. do rozpuszczania pod ciśnieniem oraz do poślizgów intergranularnych i wzdłuż powierzchni kliważu. Dane te wskazują na przemieszczenia tektoniczne na granicy podłoża krystalicznego z porowatymi siliklastykami z tzw. autochtonu tatrzańskie. Dodatkowo, Rubinkiewicz i Ludwiniak (2005) wnioskowali, że rozwój spękań i uskoków w dolnotriasowych piaskowcach na północnym zboczu Ornaku był związany z prawie południkową, horyzontalną kompresją podczas późnokredowych nasunięć płaszczowinowych.

4. W ostatnich latach w wyniku nowych prac kartograficznych i strukturalnych wykazano, że podłoże krystaliczne Tatr Zachodnich zostało intensywnie przeobrażone

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

w wyniku deformacji niekoaksjalnej (Cymerman, 2008, 2009, 2010, 2011). Potwierdza to Jurewicz (2012), pisząc (str. 435), że: „skróceniu podlegało również podłoże krystaliczne. Fakt, że skały krystaliczne weszły w skład płaszczowin, oznacza, że odklucia w obrębie skał osadowych były stowarzyszone z powstaniem uskokuw odwróconych w podłożu krystalicznym”. W omawianym artykule jeszcze w dwóch zdaniach autorka wspomniała o ścięciach w trzonie krystalicznym Tatr (str. 435 i 439). Dotyczy to warunków ciśnienia i temperatury, co pozwoliło określić, że procesy ścinania w trzonie krystalicznym zachodziły na głębokości ok. 6–7 km (Jurewicz & Kozłowski, 2003). Skupiński (1975) jako pierwszy badacz w krystaliku Tatr Zachodnich rozpoznał prawie horyzontalne, zgrejzenizowane strefy tektoniczne. Ich powstanie wiązał jednak z orogenezą późnowarszawską. Nowe dane kartograficzne i strukturalne wskazują, że krystalik Tatr Zachodnich jest zbudowany z wielu alpejskich łusek i nasunięć o złożonej geometrii i zmiennej intensywności rozwoju stref ścinania (Cymerman, 2008, 2009, 2010, 2011). Na obszarze skał krystalicznych Tatr Zachodnich występują liczne heterogeniczne strefy ścinania kruchego, które doprowadziły do powstania kataklazytów i brekcji tektonicznych w czasie deformacji alpejskich. Strefy te wyznaczają pakiety łusek tektonicznych o zmiennej wielkości i różnej geometrii (*op. cit.*). Gdy Jurewicz (2005) publikowała model geodynamicznej ewolucji Tatr i Pienin, strefy ścinania nie były jeszcze rozpoznane w Tatrach Zachodnich. W najnowszej publikacji Jurewicz (2012) pomija rozwój stref ścinania kruchego w czasie deformacji alpejskich. Zagadnienia te poruszyłem m.in. podczas Tatrzańskich Warsztatów Geologicznych w Zakopanem w 2011 r. (Cymerman, 2011), na których to warsztatach Jurewicz przedstawiła odczyt na temat procesów nasunięciowych w Tatrach.

5. Polemikę budzą zagadnienia dotyczące nasunięć płaszczowinowych w granitoidach Tatr Wysokich. Na okładce Przeglądu Geologicznego, w którym ukazał się omawiany artykuł, zamieszczono zdjęcie Jurewicz z widokiem z Rysów na Mięguszwieckie Szczyty. W opisie do tego zdjęcia podano, że w granitoidach jest widoczna seria stref ścinania, zaznaczonych w morfologii ścian stromymi żlebami. Na tym północnym zboczu Mięguszwieckich Szczytów żleby zapadają bardzo stromo zarówno ku północy, jak i ku południu. Na tej fotografii Jurewicz nie zaznaczyła nasunięcia Kazalnicy (Piotrowska, 1996, 1997), które jest największą alpejską strefą uskokuwą polskiej części Tatr Wysokich. Dlaczego nic o tym nasunięciu nie ma w omawianej publikacji?

6. Jurewicz (2012), przyjmując tworzenie się stosu płaszczowinowego poprzez rozwój kolejnych w czasie i przestrzeni jednostek strukturalnych, nie podała, czy w Tatrach powstał stos struktur imbrykacyjnych (ryc. 2B), czy też dupleksów (ryc. 2C)? Z porównania rycin 2 i 3 wynika, że pod Tatrami znajduje się subdukująca horyzontalnie platforma północnoeuropejska (Jurewicz, 2012). Gdzie znajduje się granica tej platformy z kontynentalnym blokiem ALCAPA, który ekstrudował z regionu Alp Wschodnich ku północnemu wschodowi podczas paleogenu i neogenu (np. Sperner i in., 2002; Ustaszewski i in., 2008; Jarosiński, 2012)? W skład bloku ALCAPA wchodzi m.in. blok Karpat wewnętrznych, który jest zbudowany z kilku jednostek tektonicznych, m.in. Tatricum (np. Bezák i in., 2011). Jak wskazują strzałki na rycinach 2 i 3 (Jurewicz, 2012), strefa subdukcji platformy północnoeuro-

pejskiej powinna się znajdować na południe od Tatr, a nie jak powszechnie przyjmuje się w Pieninach, co jest także przedstawione na figurach 7 i 8 w publikacji Jurewicz (2005).

7. Jurewicz (2012), przyjmując model przymy akrecyjnej dla rozwoju nasunięć w Tatrach, jako przykład podaje współczesne nasunięcie w Japonii. Nie jest to najlepsza analogia do alpejskiego rozwoju Karpat. Jurewicz (2012, str. 439) podkreśla, że ruch na nasunięciu Muikamachi-Bonchi-Seien „ma charakter epizodów, w których w ciągu trwającego kilka sekund trzęsienia ziemi dochodzi do przemieszczeń rzędu kilku metrów (...), [a epizody te] rozdzielone są długimi, trwającymi (...) nawet kilkaset lat okresami względnego spokoju tektonicznego”, co prowadzi do stwierdzenia (str. 439) „że nasunięcia płaszczowinowe w Tatrach nie były wynikiem ani jednorazowego aktu, ani jednostajnego procesu, lecz odbywały się na skutek wielokrotnie powtarzanych krótkich epizodów ruchu oddzielonych długimi etapami spokoju tektonicznego”. Wniosek ten jest sprzeczny z kolejnym zdaniem autorki, w którym mowa o tym, że „następstwo zdarzeń w przebiegu procesów nasunięć płaszczowinowych było takie, że najpierw doszło do nasunięcia płaszczowiny chochańskiej na krizniańską, a pod nie zostały podsunęte płaszczowiny wierzchowe”. W myśl tego założenia z wielokrotnie powtarzanymi krótkimi epizodami przemieszczeń, a oddzielonych długimi etapami spokoju tektonicznego, należy wytłumaczyć rozwój hipotetycznych tysięcy mikrotrzęsień ziemi przez kilkadziesiąt milionów lat, a wywołanych kumulacją naprężeń ścinających i sekwencyjnym pękaniem hydraulicznym. Jak doszło do ich epizodycznego rozwoju w albie na płyciej i płaskiej powierzchni najstarszego, strukturalnie najwyższego nasunięcia płaszczowinowego w Tatrach, czyli płaszczowiny chochańskiej na krizniańską (ryc. 3A)? Trzeba też wytłumaczyć „przeskok” tysięcy ognisk mikrotrzęsień ziemi na inne, młodsze, niż strukturalnie rozwinięte nasunięcia płaszczowinowe w Tatrach w późnej kredzie (ryc. 3B). W świetle obecnego rozpoznania pasm orogenicznych naszego globu można przyjąć, że także na obszarze Tatr deformacje nasunięciowe w czasie orogenezy alpejskiej obejmowały całą nasuwaną litosferę ALCAPA na podsuwaną platformę północnoeuropejską. Podatna deformacja w dolnej części litosfery odbiegała reologicznie, geometrycznie i warunkami ciśnienia i temperatury od typu kruchej deformacji w przypowierzchniowych partiach litosfery tatrzańskiej.

Przedstawiłem tylko najważniejsze uwagi polemiczne do tez zawartych w artykule Jurewicz (2012). Pominąłem wiele innych dyskusyjnych zagadnień, takich jak np. zmienność pól naprężeń w Tatrach od mezozoiku do holocenu, a także kinematyki alpejskich przemieszczeń w warunkach transpresji czy transtensji (np. Sperner i in., 2002). Nie mogę jednak pominąć faktu, że Jurewicz unika poruszenia już opublikowanych ważnych faktów, jak np. mioceńska deformacja Tatr w wyniku kompresji NNE-SSE (Sperner i in., 2002). Ta publikacja jest cytowana przez Jurewicz (2012), jednak tylko jako potwierdzenie znanego stwierdzenia, że „neogeńskie ruchy wypiętrzające (...) odpowiadają za pochylenie całego masywu [Tatr] ku północy” (str. 432). Jurewicz (2012) nie podjęła, kluczowego dla modelu alpejskiej ewolucji Tatr, spostrzeżenia Sperner i współautorów (2002), że: „the basement rocks atop the Subatric fault must have originated from above the thrust which decoupled the northern edge of the North Pannonian block at midcrustal depth within the basement

and displaced the High Tatra Mountains toward the south” (str. 13). Jurewicz (2012) uznała uskoki podtatrzańskie za dyslokacje zrzutową normalną, o upadzie ku południu (ryc. 1A), a nie, jak w alternatywnym modelu tektonicznym, z nasunięciem bloku tatrzańskiego ku południu na utwory paleogeńskie Kotliny Liptowskiej (Sperner i in., 2002).

LITERATURA

- BAC-MOSZASZWILI M., GAMKERLIDZE I.P., JAROSZEWSKI W., SCHROEDER E., STOJANOV S.S. & TZNANKOV T.V. 1981 – Thrust zone of the Križna Nappe at Stoły in Tatra Mts (Poland). *Stud. Geol. Pol.*, 68: 61–73.
- BAC-MOSZASZWILI M., JAROSZEWSKI W. & PASSENDORFER E. 1984 – W sprawie tektoniki Czerwonych Wierchów i Giewontu w Tatrach. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 52: 67–88.
- BEZÁK V., BIELY A., ELEČKO M., KONEČNÝ V., MELLO J., POLÁK M. & POTFAJ M. 2011 – A new synthesis of the geological structure of Slovakia – the general geological map at 1 : 200 000 scale. *Geol. Quart.*, 55: 1–8.
- CYMERMAN Z. 2008 – Kartografia geologiczna krystaliniku Tatr Zachodnich: wyniki prac kartograficznych i strukturalnych na trzech arkuszach SMGT 1 : 10 000. *Tatrzańskie Mapy Geologiczne*, Zakopane, 27–29 maja 2008 r. Materiały Konferencyjne. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 43–50.
- CYMERMAN Z. 2009 – Tektonika alpejska waryscyjskiego krystaliniku Tatr Zachodnich: przykłady od Łucznińskiej Przełęczy po NW zbocza Wołowca. [W:] Uchman A. & Chowaniec J. (red.) LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska, 27–30 września 2009 r. Materiały Konferencyjne. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 121–133.
- CYMERMAN Z. 2010 – Krystaliczne łuski tektoniczne w polskiej części Tatr Zachodnich. [W:] Kotarba A. (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek 2010*. T. I Nauki o Ziemi. Tatr. Park Narod., Zakopane: 45–51.
- CYMERMAN Z. 2011 – Zlokalizowane strefy ścinania na Wołowcu i Jarzabczym Wierchu. [W:] Rychliński T. & Jaglarz P. (red.) *Tatrzańskie Warsztaty Geologiczne*, Zakopane, 13–16 października 2011 r. Materiały Konferencyjne. Tatr. Park Narod., Zakopane: 20–49.
- GAŚIENICA-SZOSTAK M. 1973 – Budowa geologiczna północnego zbocza Doliny Małej Łąki. *Arch. Wydz. Geol. Uniw. Warszaw.*, Warszawa [praca magisterska].
- JAROSIŃSKI M. 2012 – Compressive deformations and stress propagation in intracontinental lithosphere: finite element modeling along the Dinarides-East European Craton profile. *Tectonophysics*, 526–529: 24–41.
- JAROSZEWSKI W. 1982 – Hydrotectonic phenomena at the base of the Križna Nappe, Tatra Mts. [W:] Mahel’ M. (red.) *Alpine structural elements: Carpathian-Balkan-Caucasus-Pamir orogene zone*. Veda, Bratislava: 137–148.
- JUREWICZ E. 2003 – Multistage evolution of the shear zone at the base of the Giewont Unit, Tatra Mountains (Poland). *Geol. Carpath.*, 54: 337–351.
- JUREWICZ E. 2005 – Geodynamic evolution of the Tatra Mts. and the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians): problems and comments. *Acta Geol. Pol.*, 55: 295–338.
- JUREWICZ E. 2007 – Multistage evolution of the granitoid core in the Tatra Mountains. [W:] Kozłowski A. & Wiszniewska J. (red.) *Granitoids in Poland*. *Arch. Miner. Monogr.*, 1: 307–317.
- JUREWICZ E. 2012 – Procesy nasunięć płaszczowinowych w Tatrach. *Prz. Geol.*, 60: 432–441.
- JUREWICZ E., GIREŃ B. & STELLER J. 2007 – Cavitation erosion – a possible cause of the mass loss within thrust zones in the Tatra Mts., Poland. *Acta Geol. Pol.*, 57: 305–323.
- JUREWICZ E. & KOZŁOWSKI A. 2003 – Formation conditions of quartz mineralisation in the mylonitic zones and on the slickenside fault planes in the High Tatra granitoids. *Arch. Miner.*, 54: 65–75.
- KOTAŃSKI Z. 1971 – Przewodnik geologiczny po Tatrach. *Wyd. Geol.*, Warszawa, s. 280.
- LUEGON M. 1903 – Les nappes de recouvrement de la Tatra et l’origine des Klippes des Carpathes. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, Lausanne, 39(4): 1–51.
- MILOVSKÝ R., HURAI V., PLAŠIENKA D. & BIROŇ A. 2003 – Hydrotectonic regime at soles of overthrust sheets: textural and fluid inclusion evidence from basal cataclases of the Muráň Nappe (Western Carpathians, Slovakia). *Geodin. Acta*, 16: 1–20.
- PIOTROWSKA K. 1996 – Deformacje tektoniczne w granitoidzie polskich Tatr Wysokich. [W:] Kotarba A. (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek 1996*. T. I Nauki o Ziemi. Tatr. Park Narod., Zakopane: 61–67.
- PIOTROWSKA K. 1997 – Cios, spekania ścięciowe i uskoki w trzonie granitoidowym polskich Tatr Wysokich. *Prz. Geol.*, 45: 904–907.
- RUBINKIEWICZ J. & LUDWINIAK M. 2005 – Fracture and fault development in Werfian quartzitic sandstones – a case study from the autochthonous cover of the Tatra Mts. (Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 75: 171–187.
- RUTTER E.H. & GLOVER C.T. 2012 – The deformation of porous sandstones; are Byerlee friction and the critical state line equivalent? *J. Struct. Geol.*, 44: 129–140.
- SKUPIŃSKI A. 1975 – Petrogeneza i struktura trzonu krystalicznego Tatr Zachodnich między Ornakiem a Rohaczami. *Stud. Geol. Pol.*, 49: 4–98.
- SPERNER B., RATSCHBACHER L. & NEMČOK M. 2002 – Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: tectonics of the Western Carpathians. *Tectonics*, 21: 1051–1075.
- USTASZEWSKI K., SCHMID S.M., FÜGENSCHUH B., TISCHLER M., KISSLING E. & SPAKMAN W. 2008 – A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridic system for the Early Miocene. *Swiss J. Geosci.*, 101, Supp. 1: S273–S294.
- ŻELAŻNIEWICZ A. 1997 – Tektogeneza Tatr. *Cykl prealpejski* [W:] Lefeld J. & Gaździcki A. (red.) *Przewodnik LXVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Zakopane, 2–4 października 1997 r. *Pol. Tow. Geol.*, Warszawa: 11–16.