

Procesy nasunięć płaszczowinowych w Tatrach – odpowiedź

Edyta Jurewicz¹



Na łamach Przeglądu Geologicznego oprócz rubryki „Artykuły naukowe” są publikowane również „Artykuły przeglądowe”. Mój artykuł z 2012 r. należy do tej drugiej kategorii. Prowadzenie od 110 lat badań w Tatrach nie oznacza ich zakończenia, wręcz przeciwnie – jak we wszystkich dziedzinach nauki, tak i w geologii pojawiają się nowe metody badawcze pozwalające udzielać nowych odpowiedzi na od dawna stawiane pytania. Uprawianie nauki – to działanie metodą kolejnych przybliżeń i „małych kroczków”, które

nie zawsze prowadzą bezpośrednio do celu. Publikacje przeglądowe mają podsumowywać temat badawczy, który wcześniej był publikowany w formie wielu artykułów rozwiązujących częściowe problemy. Prace przeglądowe powinny przybliżyć obszerną tematykę szerokiemu gronu odbiorców. Moim celem było poskładanie wyników wcześniej prowadzonych badań, opublikowanych na łamach różnych czasopism, w jedną spójną pracę, w której w sposób przyjazny dla czytelnika (niekoniecznie tektonika) nakreślono mechanizm nasunięć płaszczowinowych w Tatrach, bez potrzeby sięgania do licznych prac źródłowych. Z tych prac (zacytowanych w podpisach pod

¹ Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; edyta.jurewicz@uw.edu.pl.

rysunekami) wybrałam ilustrację przedstawiającą morfologię powierzchni nasunięcia oraz rysunki obrazujące etapy ewolucji Tatr i obszarów przyległych (Jurewicz, 2003, 2005). Nie ma długiej listy publikacji opisujących procesy zachodzące w spągu nasuwających się płaszczowin, wyjaśniających mechanizm ich ruchu czy dokumentujących struktury powstające wskutek transportu mas skalnych. A czytanie przeglądowych artykułów nie jest niczym obowiązkiem.

Termin „hydrotektonika” został zdefiniowany w komunikatach konferencyjnych niezależnie przez dwóch autorów: Jaroszewskiego (1982) i Kopfa (1982), ale nie poruszyli oni tylu różnych aspektów, ile udało mi się zaobserwować i wyjaśnić. Kwestii kawitacji jako czynnika odpowiedzialnego za erozję w strefach tektonicznych nikt przed 2007 r. nie podnosił i nie prowadził doświadczeń dotyczących jej destrukcyjnego oddziaływania na skały (Jurewicz i in., 2007). Możliwość wystąpienia zjawiska kawitacji należy również uwzględnić w odtwarzaniu środowiska deformacji tektonicznych, gdyż jego pojawienie się może w istotny sposób wpływać na zapis ciśnienia i temperatury w strefach tektonicznych.

1. Pierwszy zarzut sformułowany przez Cymermana (2013) to brak mapy. Mapa jest (Jurewicz, 2012: ryc. 1A), choć niezgodnie z oczekiwaniem adwersarza nie zawiera wszystkich występujących w Tatrach nasunięć – np. nie ma na niej rozbicia płaszczowiny wierchowej na jednostkę Czerwonych Wierchów (Zdziarów i Organów), Giewontu i Szerokiej Jaworzyńskiej – nie zaznaczono też licznych złuskowań w obrębie płaszczowiny krizniańskiej. Jest to konsekwencją uogólnienia i uproszczenia wynikającego ze skali mapy. Szczegółowy przebieg nasunięć można prześledzić na mapie geologicznej Tatr w skali 1 : 30 000, do której się odwołuję (Bac-Moszaszwili i in., 1979). To nie analiza mapy była treścią artykułu, lecz mechanizm nasunięć płaszczowinowych. W artykule nie przedstawiam nowego obrazu kartograficznego Tatr, tylko zamieszczam szkic strukturalny, m.in. po to, aby wskazać lokalizację omawianych w tekście struktur. Co istotnego miałyby wynikać z faktu, „że nasunięcia płaszczowinowe kontynuują się w kierunku prawie równoleżnikowym na całej długości Tatr”?

2. Żeby dyskutować o morfologii powierzchni nasunięcia i kwestionować jej przebieg, dobrze byłoby się najpierw z nią zapoznać, a to nie takie proste. Swoją znajomość tej powierzchni zawdzięczam m.in. zdjęciu wykonanemu z Wielkiej Turni 40 lat temu przez Gąsienicę-Szostak (1973), zanim cały stok porósł kosodrzewiną. Na jego podstawie mogłam odszukać niewidoczne już dziś fragmenty kontaktu. Przy obecnej szacie roślinnej zdjęcie z Wielkiej Turni jest nie do powtórzenia. Dobrze odsłonięta powierzchnia nasunięcia widoczna jest na Siadłej Turni, co ilustruje fotografia w pracy Jurewicz (2003: Fig. 2A), na której widać, jak tam jest w rzeczywistości. Udokumentowane przeze mnie deformacje towarzyszące powierzchni nasunięcia (Jurewicz, 2003: Fig. 3, 4; Jurewicz, 2012: ryc. 7) pośrednio również wskazują na charakter kontaktu. Moja wiedza na temat powierzchni nasunięcia jednostki Giewontu nie ogranicza się do znajomości niepublikowanej pracy Gąsienicy-Szostak (1973), lecz pochodzi z terenu i jest wynikiem analiz petrotektonicznych (Jurewicz, 2003; Jurewicz & Słaby, 2004). Gładka powierzchnia nasunięcia zaznaczona na zachodnich zboczach w tej samej pracy (Jurewicz, 2003: Fig. 1B) jest konsekwencją mniejszej skali

przekroju, uproszczeń oraz braku odsłoneń pozwalających na podobną jak na zboczach Małej Łąki interpretację, która powstała jako odrys ze zdjęcia, a nie ideogram. Na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego nie można prowadzić prac ziemnych, więc nie ma szans na uszczegółowienie tej wiedzy.

Nie jest prawdą, że „rozwiązania tego zagadnienia morfologicznego nie ułatwia podobieństwo litologiczne, mechaniczne i reologiczne dolomitów i wapieni występujących poniżej i powyżej tego nasunięcia”. Różnią się one stopniem spękania, sposobem wietrzenia, reliefem, barwą itp., co zostało szczegółowo opisane w pracy Jurewicz (2003), a co dobrze widać m.in. na zdjęciach z dyskutowanego artykułu Jurewicz (2012: ryc. 5A) oraz z pracy Jurewicz i Słaby (2004: Fig. 2G). Nie mam problemów z odróżnieniem dolomitów triasowych od wapieni urgonu. Nie jestem ani pierwszą, ani jedyną osobą, która zwróciła uwagę na złożoną geometrię powierzchni nasunięć (m.in. Kotański, 1959, 1963; Zawidzka, 1967; Bac-Moszaszwili i in., 1981, 1984) i na fakt „przenikania się” sąsiednich jednostek, co w wywołującej polemikę pracy z 2012 r. przyrównałam do „kamieni wtopionych w lód”. Sugerowanie czytelnikowi, że prof. Kotański i dr Bac-Moszaszwili uważali powierzchnie nasunięć w Tatrach za płaskie, jest nieuprawnione. Ich zdanie jest mi znane nie tylko z literatury, ale również ze wspólnych pobytów w terenie, i to właśnie oni podsycaли moją fascynację tą problematyką.

3. Nigdy nie twierdziłam, że autochton nie podlegał deformacjom, ale opisywanie ich charakteru nie było celem artykułu dotyczącego mechanizmu nasunięć. Geometria struktur „autochtonu wierchowego” była przedmiotem prac wielu autorów (np. Jaroszewski, 1963; Piotrowski, 1978; Jurewicz, 2000b: ryc. 1Bf), ale nie zarejestrowało się w nim tak wiele procesów deformacyjnych jak wzdłuż powierzchni nasunięć (por. Jurewicz, 2000a, 2003). Jeśli byłoby mi dane żyć 300 lat, na pewno zajęłabym się wnikliwiej tym problemem. Na pytanie: „dlaczego porowate siliklastyki dolnotriasowe »autochtonu« tatrzańskiego nie uległy deformacjom ścięciowym na kontakcie ze skałami krystalicznymi, od których różnią się odmiennymi właściwościami mechanicznymi i reologicznymi?” można odpowiedzieć, że powyżej tych osadów występują tzw. rauwaki, które są bezkonkurencyjne w ubieganiu się o status „warstwy słabej” (Jurewicz, 2003, 2006). Właśnie one, i to nie tylko w Tatrach, lecz także w wielu orogenach alpejskich, stanowiły horyzont odkłuć płaszczowinowych. Można powiedzieć, że „siliklastyki dolnotriasowe” przegrały w tej konkurencji z „rauwakami”. Porowatość „siliklastyków” w Tatrach jest stosunkowo mała i wynosi średnio 2,75% (0,31–4,62%; Domonik, 2012). W piaskowcach przestrzeń porowa to przestrzeń międzyziarnowa, a skały te na etapie fałdowań płaszczowinowych znajdowały się na głębokości kilku kilometrów (Jurewicz & Kozłowski, 2003; Jurewicz, 2005), więc ciśnienie nadkładu powodowało zarówno zmianę sposobu upakowania ziaren, jak i ich rekryształizację, prowadząc do powstania twardych i zbitych piaskowców kwarcytowych i kwarcytów. Powierzchnia kontaktu skał krystaliniku i pokrywy osadowej ma charakter erozyjny i jest nierówna, co nie predysponowało jej do odkłucia.

Co ma wynikać z przytoczonego przez Cymermana (2013) stwierdzenia, że „rozwój spękań i uskoków w dolnotriasowych piaskowcach na północnym zboczu Ornaku był związany z prawie południkową, horyzontalną kompresją podczas późnokredowych nasunięć płaszczowinowych”?

Jest to oczywistość, której nikt nie kwestionuje i której stwierdzenie nie rujnuje żadnych dotychczasowych koncepcji. Może chodzi o poprawę indeksu cytowań autorów, których zdanie przytacza?

4. Nie jest moim obowiązkiem odnoszenie się do struktur w krystaliniku Tatr Zachodnich w artykule dotyczącym mechanizmu nasunięć płaszczowinowych. Przytaczane przez Cymermana (2013) wyniki badań były przedstawiane wyłącznie w materiałach konferencyjnych, a moja opinia na ich temat jest mu znana z recenzji jego prac. Przytoczę tu tytuł pracy Cymermana (2011): „Zlokalizowane strefy ścinania na Wołowcu i Jarząbczym Wierchu”. Czy można zajmować się strefami ścinania, które nie zostały zlokalizowane?

5. Według Cymermana (2013) „polemikę budzą zagadnienia dotyczące nasunięć płaszczowinowych w granitoidach Tatr Wysokich” oraz to, że w podpisie do zdjęcia na okładce podano, że w „granitoidach jest widoczna seria stref ścinania, zaznaczonych w morfologii ścian stromymi żlebami”. To prawda, ale nikt nie napisał, że te strefy ścinania są wieku alpejskiego i że należy je łączyć z nasunięciami płaszczowinowymi! Zdjęcie na okładce wiąże się tylko regionalnie z tematem mojego artykułu oraz jest mojego autorstwa. Co do tzw. nasunięcia Kazalnicy to zasadność jego wydzielenia szczegółowo opisałam w jednej ze swoich prac (Jurewicz, 2002), gdzie zwracam uwagę, że jego przebieg proponowany przez Piotrowską (1997) nie daje się połączyć w jedną powierzchnię ze względów geometrycznych i że nie można łączyć płaskich i gładkich luster epidotowych ze strefami mylonitycznymi w jedno nasunięcie, bo powstały one w różnych środowiskach deformacyjnych, w różne zorientowanych polach naprężeń, więc są różnego wieku (por. Jurewicz & Bagiński, 2005; Jurewicz, 2006).

6. Według Cymermana (2013) nie podałam, „czy w Tatrach powstał stos struktur imbrykacyjnych (ryc. 2B), czy też dupleksów (ryc. 2C)” (Cyerman, 2013). W odpowiedzi cytuję fragment tekstu (Jurewicz, 2012): „Połączenie szczególnych cech petrofizycznych przemieszczanych mas skalnych, stowarzyszone z opisanymi powyżej złożonymi procesami hydrotektonicznymi prowadzącymi do znaczących ubytków masy, jest odpowiedzialne za brak charakterystycznej dla klasycznych dupleksów geometrii struktur płaszczowinowych w Tatrach i wyjaśnia ich skomplikowaną budowę”.

Kolejny zarzut został postawiony następująco (Cyerman, 2013): „jak wskazują strzałki na rycinach 2 i 3 (Jurewicz, 2012), strefa subdukcji platformy północnoeuropejskiej 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)”. Zarzut ten wynika z nierozróżniania subdukcji i kolizji oraz zdarzeń zachodzących w kredzie i tych, które zachodzą współcześnie. W albie nie mogło być strefy subdukcji w Pieninach, bo w tym czasie były one głębokowodnym basenem sedymentacyjnym (np. Birkenmajer, 1986; Płaśienka, 2003), natomiast obecnie strefa subdukcji pod pienińskim pasem skałkowym ma charakter „kopalny”. Badania geofizyczne wskazują, że pod Tatrami: a) na głębokości kilkunastu kilometrów występuje strefa skał o bardzo niskich opornościach, co sugeruje nasunięcie krystaliniku tatrzańskiego na pierwotnie osadowy kompleks skalny (np. Lefeld, 2009); b) miąższość litosfery jest zwiększona do ok. 140 km (np. Bielik i in., 2004), co dowo-

dzi kolizji i podsunięcia się platformy północnoeuropejskiej pod blok centralnokarpacki. To m.in. dlatego, pisząc o „autochtonicznej” pokrywie sadowej Tatr, używamy cudzysłowu, bo znajdujący się pod nią krystalinik jest odkłuty i nasunięty na platformę północnoeuropejską.

7. Nieprawdą jest, że podaję współczesne nasunięcie w Japonii jako „model pryzmy akrecyjnej dla rozwoju nasunięć w Tatrach”, lecz robię to, aby czytelnik mógł sobie lepiej wyobrazić przebieg procesu transportu tektonicznego mas skalnych. Nie jest to żadna „analogia do alpejskiego rozwoju Karpat” (Cyerman, 2013). Celem tego porównania było wskazanie czytelnikowi, że „nasunięcia płaszczowinowe nie były wynikiem ani jednorazowego aktu, ani jednostajnego procesu, lecz odbywały się na skutek wielokrotnie powtarzanych krótkich epizodów ruchu oddzielonych długimi etapami spokoju tektonicznego” (Jurewicz, 2012). Tak szczegółowe dane ze stref aktywnych tektonicznie są dostępne od niedawna i zawiązujemy je monitoringowi opartemu na satelitarnym systemie GPS. Dzięki nim wiemy, że obliczenia tempa nasunięć płaszczowinowych nie mają większego sensu. Epizodyczność ruchu płaszczowin w Tatrach nie wynika z począpnej przeze mnie analogii, lecz z badań petrotektonicznych (Jurewicz, 2003). Na czym ma polegać sprzeczność tego stwierdzenia z następnym, że „najpierw doszło do nasunięcia płaszczowiny choczańskiej na kriżniańską, a pod nie zostały podsunięte płaszczowiny wierchowce”? W pierwszym przypadku jest mowa o geomechanicznej naturze procesu, w drugim – o procesach rangi geotektonicznej, a mechanizm nasunięć był zapewne taki sam.

Na zakończenie adwersarz stwierdza, że pomijam „wiele innych dyskusyjnych zagadnień, 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 poruszania już opublikowanych ważnych faktów, jak np. mioceńska deformacja Tatr w wyniku kompresji NNE-SSE (Sperner i in., 2002)”. Faktem jest, że tego faktu nie poruszam, ale jak się ma zmienność pól naprężeń po holocen i charakter uskoku podtatrzańskiego do tematu artykułu? Problemy te były omawiane w pracach Jurewicz (2000a, b, 2005), nie mówiąc już o pracach innych autorów posługujących się badaniami paleomagnetycznymi (np. Grabowski, 2005; Márton i in., 2013).

Należało przeczytać tytuł artykułu, z którym się polemizuje.

LITERATURA

- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHART J., GŁĄZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI A. & WESTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979 – Mapa geologiczna Tatr Polskich, skala 1 : 30 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- 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.
- BIELIK M., ŠEFARA J., KOVÁČ M., BEZÁK V. & PŁAŚIENKA D. 2004 – The Western Carpathians – interaction of Hercynian and Alpine processes. Tectonophysics, 393: 63–86.
- BIRKENMAJER K. 1986 – Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. Stud. Geol. Pol., 88: 7–32.

- 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.
- CYMERMAN Z. 2013 – Procesy nasunięć płaszczowinowych w Tatrach – uwagi polemiczne. *Prz. Geol.*, 61: 510–512.
- DOMONIK A. (red.) 2012 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. VI. Centralne Karpaty Zachodnie. T. 13. Zakł. Geomech. Inst. Hydrogeol. Geol. Inż. Wydz. Geol. Uniw. Warszaw., Warszawa, s. 126.
- GAŚSIENICA-SZOSTAK M. 1973 – Budowa geologiczna północnego zbocza Doliny Małej Łąki. *Arch. Wydz. Geol. Uniw. Warszaw.*, Warszawa [praca magisterska].
- GRABOWSKI J. 2005 – New Berriasian palaeopole from the Central West Carpathians (Tatra Mountains, southern Poland): does it look Apulian? *Geophys. J. Int.*, 161: 65–80.
- JAROSZEWSKI W. 1963 – Tektonika serii wierzchowej w górnych piętrach doliny Kościeliskiej. *Acta Geol. Pol.*, 13: 43–59.
- 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. 2000a – Próba rekonstrukcji pola naprężeń z etapu fałdowań płaszczowinowych w Tatrach na podstawie analizy struktur ślizgowych w trzonie granitoidowym. *Prz. Geol.*, 48: 239–246.
- JUREWICZ E. 2000b – Próba korelacji wyników analizy strukturalnej trzonu granitowego Tatr Wysokich i jednostek płaszczowinowych. *Prz. Geol.*, 48: 1014–1018.
- JUREWICZ E. 2002 – Geometric analysis of steep-dipping dislocations within the granitoid core in the Polish part of the Tatra Mts. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 72: 89–98.
- 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. 2006 – Petrophysical control on the mode of shearing in sedimentary rocks and granitoid core of the Tatra Mts. during Late Cretaceous nappe-thrusting and folding, Carpathians, Poland. *Acta Geol. Pol.*, 57: 159–170.
- JUREWICZ E. 2012 – Procesy nasunięć płaszczowinowych w Tatrach. *Prz. Geol.*, 60: 432–441.
- JUREWICZ E. & BAGIŃSKI B. 2005 – Deformation phases in the selected shear zones within the Tatra Mountains granitoid core. *Geol. Carpath.*, 56: 17–28.
- 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 slicken-side fault planes in the High Tatra granitoids. *Arch. Miner.*, 54: 65–75.
- JUREWICZ E. & SŁABY E. 2004 – The Zadnie Kamienne „ravenous” shear zone (High-Tatric Nappe) – conditions of deformation. *Geol. Quart.*, 48: 371–382.
- KOPF R.W. 1982 – Hydrotectonics: principles and relevance. *Open-File Report 82-307*. U.S. Geol. Surv., s. 30.
- KOTAŃSKI Z. 1959 – Profile stratygraficzne serii wierzchowych Tatr Polskich. *Biul. Inst. Geol.*, 136: 1–160.
- KOTAŃSKI Z. 1963 – Nowe elementy budowy masywu Czerwonych Wierchów. *Acta Geol. Pol.*, 13: 149–198.
- LEFELD J. 2009 – Alpejskie fazy orogeniczne w Tatrach. *Prz. Geol.*, 57: 669–673.
- MÁRTON E., GRABOWSKI J., PLAŠIENKA D., TÚNYID I., KROBICKI M., HAAS J. & PETHE M. 2013 – New paleomagnetic results from the Upper Cretaceous red marls of the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians: evidence for general CCW rotation and implications for the origin of the structural arc formation. *Tectonophysics*, 592: 1–13.
- PIOTROWSKA K. 1997 – Cios, spękania ścięciowe i uskoki w trzonie granitoidowym polskich Tatr Wysokich. *Prz. Geol.*, 45: 904–907.
- PIOTROWSKI J. 1978 – Charakterystyka mezostrukturalna głównych jednostek tektonicznych Tatr w przekroju Doliny Kościeliskiej. *Stud. Geol. Pol.*, 55: 1–90.
- PLAŠIENKA D. 2003 – Dynamics of Mesozoic pre-orogenic rifting in the Western Carpathians. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 94: 79–98.
- SPERNER B., RATSCHBACHER L. & NEMČOK M. 2002 – Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: tectonics of the Western Carpathians. *Tectonics*, 21: 1051–1075.
- ZAWIDZKA K. 1967 – Budowa geologiczna rejonu Przełęczy Sywarowej w Tatrach Zachodnich. *Acta Geol. Pol.*, 17: 623–645.