

Struktura i geneza pseudotachylitów Tatr Wysokich — polemika

Edyta Jurewicz*, Bogusław Bagiński*

Niedawno studenci przygotowujący prace magisterskie na temat geologii Tatr Wysokich, zaniepokoił nas cytata z pracy Gawędy i Piwkowskiego (2000). Postanowiliśmy więc bardziej wnikliwie przeanalizować jej treść. Nasunęło się nam w związku z tym wiele wątpliwości dotyczących przytaczanych definicji, prezentacji danych terenowych, analiz chemicznych i zdjęć, a przede wszystkim wniosków. Nie chcąc zostawiać studentów z nierozwiązanym problemem, dzielimy się naszymi wątpliwościami i prosimy autorów o odpowiedź.

Na początku wydaje nam się, że warto przybliżyć termin pseudotachylit. Autorzy podają co prawda kilka sposobów tworzenia się tej skały, ale abstrahują od szerszego kontekstu geologicznego, chociażby nie zwracają zbytnej uwagi na fakt, że pseudotachylity powstają przede wszystkim ze skał „suchych” (tj. skał nie zawierających minerałów uwodnionych, jak amfibole, łuszczyki, chloryty itp.), do których granity nie należą. Wydaje nam się, że warto dla porządku podać też definicję tachylitu.

Według słowników petrograficznych (np.: Ryka & Maliszewska, 1995) termin tachylit jest odnoszony do bazaltowego szkliwa wulkanicznego, a pseudotachylity od tachylitów odróżnia przede wszystkim geneza: nie mają one pochodzenia wulkanicznego, lecz są związane z powstającymi np. w wyniku trzęsień ziemi wałnymi, głębokimi uskokami, w trakcie których w warunkach wysokich ciśnień dochodzi do „zeszklenia” skały (Sibson, 1980). Pseudotachylity według powszechnie uznanych definicji podęcznikowych (np. Devis & Reynolds, 1996, s. 284) są ciemnymi, bardzo drobnociarnistymi skałami szklistymi, zawierającymi lub nie zawierającymi okruchy pochodzące z otaczających skał. W obrazie mikroskopowym widać przede wszystkim afanitowe szkliwo, choć w wielu wypadkach pierwotne szkliwo ulega dewitryfikacji, podczas której powstają bardzo drobne zarodki krystaliczne w formie mikroskopijnych sferolitów. Pseudotachylity powstają zwykle wzdłuż stref uskokowych na samej powierzchni uskoku lub wypełniają niewielkie szczeliny odchodzące od powierzchni uskoku. Powstają one przy dużych naprężeniach, wysokim ciśnieniu otaczającym oraz w skałach względnie suchych (gdyż woda pochłaniałaby ciepło) i kruchych np. granulitach (Yardley, 1989). Są produktem silnego rozdrobnienia (zmielenia) skał i ich przetopienia pod wpływem związanej z tarciem podwyższonej temperatury. Najbardziej sprzyjającymi warunkami do powstania pseudotachylitów są trzęsienia ziemi oraz uderzenia meteorytów. Są one bardzo rzadko występującymi skałami, a ich wystąpienia są notowane z południowej Afryki, gdzie pochodzą od upadku meteorytu (Killick & Roering 1998), czy z Kalifornii, gdzie są związane z uskokiem San Andreas (Wenk, 2000).

Po tym krótkim przybliżeniu podstawowych definicji poniżej zamieszczamy kursywą sformułowania autorów artykułu *Struktura i geneza pseudotachylitów Tatr Wysokich*, co do których mamy wątpliwości i prosilibyśmy o ich wyjaśnienie.

Pseudotachylity są skałami żyłowymi o różnicowanej miąższości....o niejednorodnej budowie.

Nasuwa się pytanie, czy skały żyłowe — to skały o określonej genezie (np. hydrotermalnej), czy o określonej formie przestrzennej (tj. wypełniające szczeliny) i czy w związku z tym można skały metamorficzne powstałe pod wpływem

tarcia na powierzchni tektonicznej (i związanej z nim podwyższonej temperatury i ciśnienia) nazwać skałami żyłowymi? Czy niejednorodność budowy jest tu warunkiem koniecznym do uznania skały za pseudotachylit?

Całość stanowi efekt iniekcji mylonitu w rozwarte szczeliny.

Rozwarcie musiało być wcześniejsze niż iniekcja.

Produktami metamorfizmu dynamicznego i kataklazy są ultramylonity i mylonity. Powstają one zwykle w wałnych strefach ścinania. Tekstury tych skał powstają wskutek kruchego pęknięcia (kataklaza) oraz przede wszystkim wskutek plastycznej deformacji z równoległe występującą syntektoniczną rekrytalizacją wcześniej silnie rozdrobnionych minerałów (Yardley, 1989). Skały te mają teksturę drobnoblastyczną, często laminowaną wskutek intensywnej rekrytalizacji ze znaczącym udziałem porfiroklastów minerałów niepodatnych na rozdrobnienie (np. skalenie). Przy ultramylonitach udział porfiroklastów wynosi mniej niż 10% objętościowych skały. W ekstremalnych warunkach, wskutek intensywnego tarcia, część materiału może ulec stopieniu dając zeszkloną skałę zwaną pseudotachylitem.

Wydaje nam się, że przyjęta przez autorów definicja mylonitu dotyczy tu tylko efektu rozdrobnienia i kruchego roztarcia bez jakiegokolwiek rekrytalizacji i związanej z nią często występującej w mylonitach laminacji, a w takiej formie bliższa jest kataklazie, jak sugeruje w swojej definicji pseudotachylitu Bucher i Frey (1994).

Trudno wyobrazić sobie sytuację, że najpierw rozwiera się szczelina, a potem następuje do niej iniekcja mylonitu (skąd?). Powstanie mylonitu jest nierozdzielnie związane z powstaniem powierzchni zniszczenia i przemieszczeniem wzdłuż niej, na skutek czego dochodzi do kruszenia materiału skalnego i jego przeobrażenia, którego jednym z produktów mogą być pseudotachylity mające zdolność do przemieszczania się i penetracji otaczających skał. Mylonit nie jest skałą obcą w stosunku do skał otaczających, przeciwnie, powstaje z ich rozdrobnienia i rekrytalizacji, więc trudno by było wskazać źródło materiału do iniekcji. Może się zdarzyć, że strefie tektonicznej, w której powstały mylonity, towarzyszą spęknięcia opierające (spęknięcia Riedle'a), które pod wpływem przemieszczenia wzdłuż powierzchni tektonicznej mogły się rozwierać i do których mogły mieć miejsce „iniekcje” rozdrobnionego materiału skalnego ze strefy uskokowej, ale poręczniej byłoby raczej mówić o wyciskaniu, czy przemieszczaniu na skutek nacisków tektonicznych. Na taką ewentualność wskazuje obserwacja autorów, że „*Granodioryt w najbliższym otoczeniu nie wykazuje zmian tektonicznych w okolicach żył, ani w skali odsłonięcia, ani mikroskopowo*”. Nie można jednak w zjawisku towarzyszącemu powstawaniu mylonitów dopatrywać się jego genezy, i nie można zakładać dwóch odrębnych epizodów, które doprowadziły do: 1) powstania szczeliny, 2) iniekcji. Do pełnego rozpoznania tego problemu należałoby określić wzajemną orientację żył pseudotachylitowych i odnieść ją do lokalnych kierunków tektonicznych, a przede wszystkim powiązać je z procesami mylonitizacji.

Zasadnicza masa pseudotachylitów tworzyła się w wyniku intruzji ultramylonitu w otwarte/otwierające się szczeliny.

Czy słuszne jest używanie określenia *intruzja* w stosunku do ultramylonitu: to tak, jakby mówić o intruzji skał

Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

metamorficznych. Termin intruzja w podstawowej formie dotyczy skał magmowych.

Procesy powstawania pseudotachylitów i mylonityzacja mogą zachodzić równocześnie i są nierozdzielnie związane z przemieszczeniem i towarzyszącym mu tarciem (odpowiedzialnym za wzrost ciśnienia i temperatury).

Sporadycznie dochodziło do stopienia ultramylonitu w wyniku tarcia o ściany szczeliny, czego wynikiem są nieciągłe warstewki szkliwa ... Nie doszło do homogenizacji szkliwa i ultramylonitu.

Czym zatem różni się omawiane szkliwo od afanitowego spoiwa pseudotachylitów?

Na czym miałyby polegać homogenizacja szkliwa i ultramylonitu i dlaczego to szkliwo nie jest nazywane pseudotachylitem?

Skała mylonityzowana była uboższa w krzemionkę od granodiorytów otaczających żyły pseudotachylitowe.

To zdanie chyba powinno brzmieć: zmylonityzowane skały są uboższe w krzemionkę od granodiorytów. Uskok nie wybiera skał pod względem składu chemicznego, więc jeżeli zawartość krzemionki w strefach mylonitycznych jest niższa — to znaczy, że została ona odprowadzona w trakcie, lub po, procesie mylonityzacji. Strefy mylonityczne w Tatrach Wysokich (większość przełęczy) dają się prześledzić przynajmniej na kilkaset metrowych odcinkach, trudno jest więc wyobrazić sobie, że przy szerokości często poniżej 1 m w granitoidach występowały tak wąskie i długie strefy o obniżonej zawartości krzemionki, które na dodatek później uległy zmylonityzowaniu. Cytowane zdanie jest zresztą w sprzeczności ze stwierdzeniem autorów pochodzącym z innego miejsca opracowania, że *skład mineralny klastów jest zasadniczo taki sam, jak w sale otaczającej, co wskazuje, że mylonit powstał właśnie ze skały otaczającej.*

Skład masy afanitowej ... zawsze jest zbliżony do składu skałeni.

Według zamieszczonych danych jest bardziej zbliżony do składu spoiwa mylonitycznego.

Epizod tektoniczny związany z tworzeniem się pseudotachylitów musiał być stosunkowo młody, na pewno młodszy od mineralizacji hematytowej, tak powszechnej na całym obszarze Tatr.

Sami autorzy stwierdzają, że: *W obrębie materiału klastycznego występują okruchy starszej brekcji o spoiwie hematytowym (...), a otaczające spoiwo jest wyraźnie ciemniejsze dzięki zawartości rozartego hematytu.* Brekcje o spoiwie hematytowym — to zapewne brekcje tektoniczne powstałe na wcześniejszym etapie rozwoju strefy uskokuwej. Dowodzi to raczej wieloetapowości procesów tektonicznych, a nie młodego wieku powstawania pseudotachylitów.

Uśrednione wartości udziałów okruchów do spoiwa mają się do siebie jak 47,5 : 52,5. Trudno dostrzec użyteczność tej informacji podanej z dokładnością do ułamków procent, a można ją chyba bez przekłamań zinterpretować, że spoiwo stanowi połowę składu pseudotachylitów.

Na ryc. 7 jest widoczne spoiwo hematytowe, a nie okruchy. Wydaje nam się, że aby hematyt był czytelny należałoby wykonać zdjęcie w świetle odbitym.

Na ryc. 8 symbol GS ma oznaczać szkliwo, a chodzi chyba o silnie przekrystalizowane szkliwo, jeżeli rzeczywiście jest to szkliwo (?). Wygląda tak, jak spoiwo w prawej części zdjęcia. Jeżeli na kontakcie ultramylonitu z granitem powstaje szkliwo, to dlaczego nie ma żadnych śladów oddziaływania wysokiej temperatury na ostrokrawędziste okruchy skałeni? Używane wyżej określenie „odłamki” zamiast okruchy jest mało precyzyjne. Opisy zdjęć (ryc. 6–8) należałoby ujednolicić (albo wszędzie Ab, albo Pl), gdyż ma się wrażenie, że są okruchy Pl o składzie różnym od Ab.

Tabela 1 przedstawia skład skałeni, który nie wnosi nowych informacji, gdyż zarówno albit, jak i inne skałenie wykazują sprecyzowany skład. Brak też informacji, czy badano skład chemiczny skałeni pochodzących z różnych żył, czy też może skład chemiczny skałeni z granodiorytu. Dla czytelności składu albitu powinny być podane wszystkie składniki, a nie tylko cząstka Ab-97% i An-2%, pozostaje niezagospodarowany 1%, prawdopodobnie powinna to być cząsteczka ortoklazowa — Or. Podobnie przy skałeniu potasowym nie ma uwzględnionej cząsteczki ortoklazowej Or-99%.

W pracy można znaleźć nieścisłości natury metodycznej i formalnej: czy odmiany petrograficzne spoiwa pseudotachylitu pochodzą z jednego miejsca, czy z różnych żył? Jeżeli spoiwo pseudotachylitu występuje w różnych odmianach petrograficznych — to jakie są wzajemne relacje między nimi (przejścia oboczne, kolejne generacje, różne miejsca pochodzenia.....?)

Po przeanalizowaniu materiału dokumentacyjnego mamy wątpliwości czy materiał ten jest na tyle jednoznaczny, aby mówić o obecności pseudotachylitów w Tatrach.

Postulujemy:

□ Uzupełnienie materiału dokumentacyjnego przede wszystkim o pomiary orientacji stref tektonicznych, z którymi związane jest występowanie pseudotachylitów. Jeżeli w terenie stwierdzono obecność wielu żył — należałoby określić relacje przestrzenne między nimi, udokumentować je pomiarami oraz rysunkiem lub zdjęciem.

□ Uporządkowanie analiz chemicznych, opisów zdjęć i terminologii (np. określenia grubość żyłki sugerujemy zamienić na miąższość, stosowanie terminu faza do mylonitu nie jest odpowiednie, termin faza ma bowiem określony sens fizyczny)

□ Uzupełnienie cytowanej literatury o nowsze opracowania, przytoczenie i oparcie się na bardziej współczesnej, spójnej wewnętrznie i zrozumiałej definicji pseudotachylitów (np. Francis, 1972; Spray, 1995; Wenk i in., 2000, czy choćby podręcznikowych, np. Davis & Ramsay, 1996, s. 284).

□ Rewizję poglądów na genezę omawianych skał i powiązanie jej z powstawaniem mylonitów lub raczej kataklazytów w Tatrach oraz przedyskutowanie ich interpretacji jako pseudotachylitów.

□ Sprecyzowanie wniosków — np. sformułowanie o wieku epizodu tektonicznego jako *stosunkowo młody* nie oznacza żadnego wieku, a stwierdzenie, że *podwyższona zawartość TiO₂ nie odgrywa istotnej roli jako składnik barwiący* jest oczywiste bo ten tlenek Ti ma barwę białą.

Literatura

- BUCHER K. & FREY M. 1994 — Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag.
 DAVIS G.H. & S. J. REYNOLDS 1996 — Structural geology of rocks and regions. Wyd. II. John Wiley & Sons, Inc.
 GAWĘDA A. & PIWKOWSKI R. 2000 — Struktura i geneza pseudotachylitów Tatr Wysokich. Prz. Geol., 48: 722–726.
 FRANCIS P. W. 1972 — The pseudotachylite problem. Comments. Earth Sc. Geophys., 3 : 35–53.
 KILLICK A.M. & ROERING C. 1998 — An estimate of the physical conditions of pseudotachylite formation in the West Rand Goldfield, Witwatersrand Basin, South Africa. Tectonophysics, 284: 247–259.
 RYKA W. & MALISZEWSKA A. 1991 — Słownik petrograficzny. Wyd. Geol.
 SIBSON R. H. 1980 — Transient discontinuities in ductile shear zones. Jour. Struct. Geol., 1: 165–171.
 SPRAY J.G. 1995 — Pseudotachylite controversy: Fact or friction? Geology, 23: 1119–1122.
 WENK H. R., JOHNSON L. R. & RATSCHBACHER L. 2000 — Pseudotachylites in the Eastern Peninsular Ranges of California. Tectonophysics, 321: 253–277.
 YARDLEY B. W. D. 1989 — An introduction to metamorphic petrology. Longman Scientific & Technical.