

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Eweliny Kingi Broś

Recenzowana rozprawa doktorska pod tytułem „Younger Dryas glaciation in the High Tatra Mountains” („Zlodowacenie Tatr Wysokich w młodszym dryasie”) została wykonana w katedrze Analiz Środowiskowych, Kartografii Geologicznej i Geologii Gospodarczej Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej pod opieką dr. hab. Marcina Krajewskiego, prof. AGH, i dr. Jerzego Zasadniego we współpracy z dr Susan Ivy-Ochs z ETH Zürich.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa została mi dostarczona w formie oprawnego wydruku komputerowego zawierającego 243 strony i dodatkowo 12 stron nieliczbowanych obejmujących apendyksy. Rozprawa jest bardzo bogato ilustrowana; zamieszczone są w niej 93 barwne figury. Jest w całości (poza polskojęzycznym abstraktem) napisana w języku angielskim.

Przedmiotem rozprawy jest studium rzeźby i powstania osadów schyłkowego plejstocenu wraz z określeniem wieku tych procesów w wybranych czterech dolinach słowackich Tatr Wysokich. Badania te były zrealizowane w kolejnych stadiach od analizy dostępnych danych kartograficznych (klasycznych i systemu LiDAR), poprzez badania terenowe połączone z pobraniem próbek, analizę proporcji izotopów berylu i określenie czasu ekspozycji badanych próbek na promieniowanie kosmiczne, rekonstrukcję topografii, zasięgu i miąższości lodowców, modelowanie położenia linii równowagi bilansowej lodowców po rekonstrukcję warunków paleoklimatycznych panujących w młodszym dryasie.

Walory rozprawy doktorskiej

Rozprawa zawiera wyniki ambitnych badań przeprowadzonych z zastosowaniem nowoczesnych metod. Podkreślić trzeba, że zrealizowane badania znakomicie wpisują się w najnowsze trendy w geologii czwartorzędu i geomorfologii polegające na użyciu datowania izotopowego i modelowań komputerowych do rozwiązania zagadnień powstania osadów czwartorzędowych, rozwoju rzeźby i zmian paleoklimatu.

Testowaną hipotezą badawczą (która jednak nie została wyraźnie zwerbalizowana w rozprawie) było, że zarówno najwyżej położone nagromadzenia osadów morenowych jaki i formy 'świeżej' rzeźby glacialnej (stosunkowo słabo zmienione przez późniejsze procesy morfotwórcze) są związane z wyraźnym ochłodzeniem tak zwanego młodszego dryasu, które nastąpiło u schyłku plejstocenu. Zarówno dobór problematyki jak i obszaru badań oceniam jako trafny. Chciałbym podkreślić, że tak sformułowany cel badań był jednocześnie ambitny i trudny do realizacji. Wybrana tematyka dotyczyła zagadnień od dawna zwracających uwagę badaczy, jak wiek i rozwój osadów i rzeźby glacialnej Tatr, a zatem już w założeniu realizacja rozprawy wiązała się z potencjalną koniecznością weryfikacji części wcześniejszych poglądów. Prowadzenie badań wymagało niełatwych studiów terenowych, wykonywanych w trudnych, wysokogórskich warunkach, a także zastosowania szeregu nowoczesnych metod badawczych. Lektura rozprawy jednoznacznie wskazuje, że autorka bardzo sumiennie wywiązała się z postawionych zadań.

Główne wnioski wynikające z badań i zawarte w rozprawie są dobrze udokumentowane i nie budzą wątpliwości. Postawiona hipoteza badawcza została pozytywnie zweryfikowana. Za główne osiągnięcia rozprawy uważam stwierdzenie, że: (i) najmłodsze moreny i nieaktywne lodowce gruzowe Tatr Wysokich są związane z młodszym dryasem, (ii) w późniejszym czasie (to jest w holocenie włącznie z małą epoką lodową) Tatry nie były zlodowacone, (iii) lodowce młodszego dryasu miały niewielką miąższość i mały potencjał erozyjny, reprezentowały one typ lodowców fartuchowych (*apron glaciers*) rozwiniętych w pobliżu ścian cyrków skalnych, (iv) wcześniejszy etap rozwoju lodowców w Tatrach Wysokich był związany z ochłodzeniem zwanym starszym dryasem, (v) lokalne czynniki klimatyczne i topograficzne zadecydowały o większym zasięgu lodowców młodszego dryasu na północnych stokach Tatr Wysokich niż na ich stokach południowych, (vi) linia równowagi bilansowej lodowców podczas młodszego dryasu znajdowała się w Tatrach Wysokich na wysokości ok. 2150 m n.p.m., i (vii) średnia temperatura najcieplejszych miesięcy podczas młodszego dryasu była niższa o ok. 3,5–4°C niż obecnie a roczna suma opadów wyższa nawet o ok. 30%. Autorka wiarygodnie i przekonująco udokumentowała powyższe wnioski w treści rozprawy, a same wnioski umiejętnie zestawiła w osobnym rozdziale 'Conclusions', który uważam za najlepiej napisany rozdział w całej rozprawie. Podkreślić trzeba, że badania przeprowadzone przez autorkę dostarczyły wielu nowych danych dotyczących schyłku plejstocenu w Tatrach i w wielu punktach uszczegółowiły lub zmieniły dotychczas istniejące poglądy na najmłodszą historię geologiczną Tatr. Jako przykład mogą posłużyć poddane w wątpliwość wcześniejsze opinie o rozwoju w Tatrach lodowców i lodowców gruzowych w holocenie i relatywnie suchym klimacie panującym podczas młodszego dryasu.

Na podkreślenie zasługuje również, że autorka samodzielnie brała udział w pracach laboratoryjnych podczas określania wieku izotopowego metodą ^{10}Be w renomowanym zagranicznym

ośrodka badawczym. Nie jest to dzisiaj częste, gdyż większość badań geochemicznych i izotopowych jest zlecana w trybie komercyjnym do specjalistycznych laboratoriów, a prace opierają się na otrzymanych w ten sposób wynikach. Autorka dobrze orientuje się w możliwościach i ograniczeniach stosowanej metody, czego dowodzi przyjęta racjonalna strategia opróbowania, będąca kluczem do uzyskania wiarygodnych i nadających się do poprawnej interpretacji wyników pomiarowych. Jednocześnie autorka zdaje sobie sprawę z uwarunkowań wynikających z wprowadzania różnego typu korekt, co dowodnie wykazała dyskutując znaczenie poszczególnych uzyskanych dat (np. s. 202–203).

Mocną stroną rozprawy jest imponująca szata ilustracyjna, niezwykle staranna z estetycznego punktu widzenia. Dowodzi ona bardzo dużej biegłości autorki w obsługiwaniu różnorodnych, nowoczesnych narzędzi grafiki komputerowej. Świadczy także o determinacji i cierpliwości, jak również o dużym wysiłku włożonym w przygotowywanie rozprawy.

Mankamenty rozprawy doktorskiej

Doceniając pozytywne strony rozprawy muszę jednak zwrócić uwagę na jej, niestety, dość powszechne mankamenty. Dotyczą one różnorodnych aspektów rozprawy, od nielicznych kwestii merytorycznych, poprzez kwestie konstrukcji rozprawy do aspektów natury redakcyjnej.

Uwagi dotyczące kwestii merytorycznych

W dyskusji dotyczącej rozwoju lodowców młodszego dryasu i ich zaniku zabrakło odniesienia do datowanych osadów jeziornych Tatr. Osady te i ich wiek są wzmiankowane jedynie w częściach wstępnych rozprawy. Istotnym mankamentem jest przytaczanie (s. 29–30) części wyników datowania radiowęglowego w formie dat kalibrowanych, a części w formie dat konwencjonalnych. Takie ujęcie utrudnia wzajemne odniesienie poszczególnych wyników datowań radiowęglowych do siebie a przede wszystkim do wyników datowania ^{10}Be uzyskanych przez autorkę. Znacznie lepszym byłoby skalibrowanie wszystkich dat radiowęglowych i porównanie ich z datami, które określają czas rozwoju lodowców młodszego dryasu. Nie jest wykluczone, że porównanie to wskazałoby na istnienie w młodszym dryasie jezior o charakterze proglacjalnym w niższych częściach Tatr, na przedpolu lodowców opracowywanych przez autorkę. Mógłby to być ciekawy i ważny element dyskusji w recenzowanej rozprawie doktorskiej, który niewątpliwie rozszerzyłby spojrzenie na warunki środowiskowe młodszego dryasu w Tatrach.

Przeprowadzone badania terenowe były ukierunkowane na geomorfologiczne kartowanie i pobranie odpowiednio wyselekcjonowanych próbek do datowania izotopowego. Szkoda, że autorka mniejszą uwagę zwróciła na cechy badanych osadów glacialnych odnotowywane standardowo w trakcie obserwacji osadów gruboklastycznych. Mam tu na myśli takie cechy jak warstwowanie,

imbrykacja, obtoczenie, rozmiary klastów i ewentualna lateralna i pionowa zmienność tego parametru, wysortowanie, itp. Oczywiście pewne informacje o charakterze badanych osadów są zawarte w rozprawie (rozdział 4), ale informacje te są relatywnie ogólne. Zdaję sobie rzecz jasną sprawę, że brak odsłoniętych profili ukazujących wewnętrzną budowę form morfologicznych uniemożliwił wykonie wnikliwych obserwacji i zebranie wielu faktów, jednak większa szczegółowość badań osadów budujących badane formy morfologiczne, lub przynajmniej niektóre z nich, była zapewne możliwa.

Podczas badań terenowych autorka zaklasyfikowała część form morfologicznych jako moreny a część jako nieaktywne lodowce gruzowe (por. Fig. 4.1, 4a.1, 4a.8). Można zatem sądzić, że już *a priori* zostały zdefiniowane kryteria pozwalające na rozróżnienie obu wspomnianych form i kryteria te autorka stosowała podczas terenowego etapu badań. W związku z tym kryteria te powinny być jasno sprecyzowane w rozdziale dotyczącym metodyki prowadzonych badań. Zwłaszcza, że aspekt rozróżnienia lodowców gruzowych od innych form akumulacyjnych ma istotne znaczenie dla rozprawy; znalazł on swoje odbicie w dyskusji z wcześniejszymi poglądami Dobińskiego (1997, 2004, 2005) oraz Uxy i Midy (2017).

Dyskusja dotycząca potencjalnego pochodzenia niektóre form akumulacyjnych (np. s. 198) pozostawia pewien niedosyt. Cennym byłoby rozważenie i przedyskutowanie możliwego mechanizmu transportu materiału skalnego wraz z lawinami śnieżnymi lub jako spływy grawitacyjne wraz z topniejącym śniegiem (por. np. artykuł Blikra & Nemeč, 1998, *Sedimentology*, 45: 909–959, w którym takie mechanizmy i ich efekty są szczegółowo omówione).

Elementem, którego zabrakło w rozprawie jest szerszy komentarz do wyników datowania przedstawionych w pracy Engela *et al.* (2015). Autorzy ci badali jedną z czterech dolin będących przedmiotem badań autorki (Dolina Staroleśna, słow. Veľká Studená dolina). Próbkę przez nich datowaną pochodziły zapewne z bardzo nieodległych, lub nawet tych samych form morfologicznych. W związku z tym lakoniczne odniesienia zawarte w dwóch miejscach rozprawy (s. 44, 193) wydają się być niewystarczające. W bardzo obszernym omówieniu glacialnej i postglacialnej historii geologicznej Tatr zabrakło powołania na pracę Głazka (1984, *Przegląd Geologiczny*, 32: 39–43), gdzie zawarte są pierwsze spostrzeżenia dotyczące wieku ostatnich zlodowaceń poparte wynikami datowania izotopowego czwartorzędowych osadów tatrzańskich, co wówczas było absolutnym *novum*. Pominięty jest też (w rozdziale wstępnym i w Apendyksie 1) artykuł Panka *et al.* (2017; *Quaternary Science Reviews*, 159: 47–62) zawierający wyniki datowań rowów grzbietowych Tatr Zachodnich wykonane tą samą metodą, którą zastosowała przez autorka.

Uwagi dotyczące konstrukcji rozprawy

W mojej ocenie rozprawa jest generalnie nazbyt obszerna; niektóre rozdziały (np. rozdział 1.2.1) zawierają treści zdecydowanie wykraczające poza to co sygnalizuje ich tytuł. Treści te powtarzane są ponownie w kolejnych rozdziałach. Wydaje się, że zasadniczy przekaz płynący z rozprawy zyskałby znacznie na jej skróceniu o ok. 20%, co powinno doprowadzić do usunięcia elementów powtarzających się i wielu informacji nieistotnych dla diskutowanego zagadnienia (np. dane o jeziorach tatrzańskich – s. 50–51). Zbyt rozbudowane są przede wszystkim rozdziały wprowadzające, które mają charakter syntetycznego podsumowania dotyczącego glacialnej i postglacialnej historii Tatr i poruszają wiele zagadnień nieistotnych lub bardzo odległych od głównego tematu rozprawy (np. kontrowersje wokół zasięgu starszych zlodowaceń). Część z tych elementów mogłaby być użyteczna w dyskusji (np. do porównania zlodowacenia młodszego dryasu ze starszymi zlodowaczeniami).

Informacje dotyczące metodycznej strony części tworzonych modeli są rozproszone w różnych rozdziałach rozprawy (np. rozdziały 5.1, 5.3, 5.4). Zdaniem recenzenta wszystkie te informacje powinny być zawarte w rozdziale dotyczącym metodyki. Co więcej, dane wejściowe dla niektórych modeli są przedstawione w Apendyksie 3. Nie jest natomiast jasno sprecyzowane czy dane zestawione w Tabeli 5.1 są to dane wejściowe dla opracowania topograficznego modelu lodowców młodszego dryasu, wykonanego przez autorkę na podstawie metody Benna i Hultona (2010), czy też są to efekty końcowe tego modelowania.

Cele rozprawy i hipoteza badawcza są niezbyt dobitnie sprecyzowane, podane w nieco okrężny sposób na samym początku rozprawy w rozdziale 1.1. zatytułowanym 'Research objectives and structure of the dissertation' przed zarysowaniem luk i niespójności istniejących w dotychczasowym stanie wiedzy i wynikających z tego problemów badawczych.

Uwagi dotyczące redakcyjnej strony rozprawy

Autorce nie udało się niestety uniknąć różnorodnych potknięć natury redakcyjnej. Recenzja nie jest jednak miejscem na przedstawienie wykazu wszystkich dostrzeżonych uchybień, nieścisłości i błędów, zwłaszcza jeśli mają one charakter drugorzędny dla przesłania rozprawy. Poniżej zwracam zatem uwagę jedynie na niektóre z nich.

Paradoksalnie strona ilustracyjna, którą uznaję z jednej strony (*vide supra*) za mocną stroną rozprawy, jest jednocześnie jej słabą stroną. Nie można oprzeć się wrażeniu, że rozprawa zawiera nadmierną liczbę ilustracji. Niektóre są niezwykle zbliżonych do siebie (np. Fig. 2.4, 3.11, 4a.1, 4a.8). Zdecydowanie lepszym byłoby skomasowanie istotnych do przekazania informacji na mniejszej liczbie figur odpowiednio powoływanych w tekście. Podpisy części figur nie są precyzyjne, enigmatycznie

odwołują czytelnika do tekstu (np. podpis do Fig. 5.11). Niezwykle starannie przygotowane i bardzo istotne dla rozprawy Fig. 6.2 i 6.3 zyskałyby bardzo wiele gdyby wiek poszczególnych demonstrowanych etapów rozwoju rzeźby był uwzględniony na samych figurach lub w ich opisach. Wiele z figur opracowanych na podstawie numerycznych modeli terenu nie posiada podpisanego nawet pojedynczego punktu topograficznego (np. Fig. 3.1, 3.11–3.14, 7.1–7.4, 7.7), przez co identyfikacja obszaru przedstawianego na tych figurach jest uciążliwa).

Autorka nie uniknęła manieri wprowadzania nadmiernej liczby akronimów, nie zawsze konsekwentnie stosowanych. Jest to miejscami przeciwnie skuteczne, bo tekst staje się hermetyczny i trudny do zrozumienia. Ułatwieniem miał być specjalny wykaz akronimów wraz z objaśnieniami zamieszczony na s. 241, lecz niestety jest on niekompletny.

Rozprawa zawiera bardzo liczne powołania na pozycje literatury nieuwzględnione w spisie. Jedynie w rozdziałach wstępnych (s. 1–74) stwierdziłem obecność ponad 40 (*sic!*) takich powołań. Sam spis literatury sporządzony został bez należytej staranności; brak jest jednolitej konwencji zapisu bibliograficznego, prace nie są zestawione we właściwej kolejności (zapewne jest to efekt automatycznego sortowania), kilka prac cytowanych jest podwójnie (np. Lucerna, 1908; Sarikaya *et al.*, 2008; Zejszner, 1856).

Inne dostrzeżone przeze mnie niedociągnięcia na ogół nie są rażące, mają charakter 'lapsusów' (np. stwierdzenie, że na przedpolu Tatr odsłaniają się skały mezozoiczne – s. 25, pogląd o fałdowaniu Tatr w kredzie wczesnej – s. 67) i nie wpływają na merytoryczną wartość rozprawy.

Wniosek końcowy

Reasumując, recenzowaną rozprawę doktorską mgr Eweliny Kingi Broś jako całość oceniam pozytywnie. Uważam, że przeprowadzone badania są nowatorskie, bazują na sumiennych studiach terenowych i analitycznych. Dostarczają one wielu istotnych danych do wiedzy o czwartorzędowym rozwoju Tatr. Jakość wykonanych badań i znaczenie osiągniętych rezultatów przeważa na szali nad dostrzeżonymi mankamentami przedstawienia tych badań w formie rozprawy doktorskiej. Zauważone mankamenty dotyczące konstrukcji i redakcji rozprawy kładę na karb pewnego pośpiechu w jej przygotowaniu. Uważam, że mankamenty te nie wpływają na końcową ocenę rozprawy. Dlatego też stwierdzam, że mgr Ewelina Kinga Broś spełnia warunki określone przez obowiązujące przepisy i z pełnym przekonaniem wnoszę o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

