

Dr hab. Maciej Dąbski, prof. ucz.
Katedra Geografii Fizycznej
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Martyny Górskiej pt.

Zapis wietrzenia mrozowego ziaren kwarcu w mikromorfologii i uziarnieniu – badania eksperymentalne

Uwagi formalne

Przedstawiona rozprawa doktorska składa się przede wszystkim z serii trzech wysoko punktowanych artykułów naukowych, w których mgr Martyna Górka jest wiodącą autorką. Są to:

- 1) Górka M.E., Woronko B., Kossowski T.M., Pisarska-Jamroży M., 2022. Micro-scale frost-weathering simulation – Changes in grain-size composition and influencing factors. *Catena*, 212, 106106.
- 2) Górka M.E., Woronko B., 2022. Multi-stage evolution of frost-induced microtextures on the surface of quartz grains – An experimental study. *Permafrost and Periglacial Processes*, 33, 470-489.
- 3) Górka M.E., Woronko B., Kossowski T.M., 2023. Factors influencing the development of microtextures on cold-climate aeolian quartz grains revealed by experimental frost action. *Permafrost and Periglacial Processes*, 2023, 1-25.

Powyższe pozycje mają charakter pełnowymiarowych prac badawczych (*research articles*) a nie komunikatów, przeglądu literatury, czy polemiki. Opublikowane zostały w bardzo wysokiej jakości czasopismach naukowych, cieszące się dużą renomą w środowisku geomorfologów.

Badania prowadzono w ramach grantu Preludium (kierownik: mgr inż. Martyna Górka; numer projektu: NCN/2019/33/N/ST10/00021) oraz projektu IDUB Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (kierownik: mgr inż. Martyna Górka).

Przedłożone do recenzji opracowanie rozpoczyna streszczenie w języku polskim i angielskim, które składa się z następujących rozdziałów:

- 1) Wprowadzenie
- 2) Badania eksperymentalne nad wietrzeniem mrozowym w ramach rozprawy doktorskiej
- 3) Materiał badawczy
- 4) Metody badań
- 5) Zarys treści publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej
- 6) Wnioski

Spis literatury liczy 110 pozycji (dominują pozycje z lat 2000-2019)

Następnie zamieszczono oświadczenia autorów, z których wynika, że udział mgr Martyny Górskiej w publikacjach wynosił odpowiednio: 40%, 55% i 45%. Doktorantka uczestniczyła we

wszystkich etapach projektu, od zaprojektowania eksperymentu do interpretacji wyników i przygotowania publikacji.

Pracę dopełniają załączniki zawierające wspomniane publikacje naukowe.

Uwagi ogólne

Recenzowana praca badawcza opiera się na analizie wyników eksperymentu symulującego wietrzenie mrozowe ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej. W streszczeniu p. mgr Martyna Górka podjęła próbę syntetycznego ujęcia otrzymanych wyników i wyciągnięcia całościowych wniosków.

Recenzowana praca jest bardzo bogato ilustrowana. Pierwsza publikacja zawiera 9 rycin i 10 tabel, przy czym znakomita większość rycin i tabel jest bardzo rozbudowana. Obrazy SEM są bardzo dobrej jakości. Uderza bardzo duża liczba wykresów – aż 67! W publikacji znajduje się także model konceptualny.

W drugiej publikacji jest 14 rycin i 3 tabele, z tym, że ryciny są głównie mozaiką licznych obrazów SEM (jest ich aż 66!), które stanowią bardzo bogatą dokumentację mikrostruktur. Ponadto, na rycinach zawarto aż 28 różnych wykresów. Publikacja zawiera także 2 modele konceptualne.

W trzeciej publikacji jest 17 rycin i 3 tabele. Ryciny przedstawiają łącznie aż 143 obrazy SEM (przebogata dokumentacja) ziaren piasku i mikrostruktur, liczne wykresy i model konceptualny.

Należy podkreślić, że wyniki tych badań podparte są wszechstronnymi analizami statystycznymi.

Uwagi merytoryczne

Zdaniem recenzenta, najważniejszym osiągnięciem naukowym Doktorantki jest wykazanie, że w ciągu 1000 cykli zamrażania-rozmrażania nie dochodzi do powstawania istotnej ilości ziaren frakcji pyłastej. Ponadto, elementem nowatorskim jest udokumentowanie dynamiki rozwoju mikroform wietrzeniowych oraz roli odmładzania powierzchni ziaren kwarcowych. Przeprowadzony eksperyment pozwolił wyciągnąć bardzo ważny wniosek, że nie jest prawdą iż „świeży” charakter powierzchni ziarna oznacza krótkotrwałe wietrzenie.

Poniżej zamieszczam szczegółowe uwagi merytoryczne wynikające z lektury publikacji jak i streszczenia. Podkreśliłem uwagi, na które oczekiwałbym odpowiedzi.

Publikacja 1 przedstawia wyniki otrzymane po 50, 100 i 300 cyklach zamrażania-rozmrażania, przy czym analizie poddano ziarna kwarcu żyłowego. Najważniejszymi wnioskami są:

- 1) Duża intensywność wietrzenia mrozowego prowadzi do powstawania szerszego spektrum wielkości ziaren niż do tej pory domniemywano. (Interpretacja recenzenta: nie jest prawdą, że typowym produktem wietrzenia mrozowego jest frakcja pyłasta.)
- 2) Struktura krystalograficzna ziarna kwarcu ma bardzo duże znaczenie w przebiegu procesu mrozowego.
- 3) Pierwszy etap wietrzenia (do 50 cykli zamrażania-rozmrażania) prowadzi do eliminacji pęknięć powstałych wskutek sztucznego kruszenia kwarcu (przygotowania próbek do eksperymentu) – *preparation defects*. W efekcie dezintegracji ulegają ziarna bardzo grubego piasku (1-2 mm), tym samym wzbogaceniu ulega frakcja piasku grubego i średniego.

- 4) W kolejnym etapie (50-100 cykli) wietrzenie prowadzi do eliminacji najsłabszym miejsc ziarna (*weakness zones*) wynikających z wewnętrznej struktury krystalograficznej (*primary defects*). Ziarna zbudowane ze ściśle przylegających do siebie kryształów kwarcu, ulegały dezintegracji w mniejszym stopniu, niż ziarna, które charakteryzowały się występowaniem przestrzeni porowej pomiędzy indywidualnymi kryształami kwarcu. We wnioskach napisano, że prowadzi to do powstawania ziaren frakcji bardzo grubej (1-2 mm). Czy nie jest to sprzeczne z wcześniejszym wnioskiem?
- 5) Kolejny etap (100-300 cykli) prowadzi do usunięcia wszystkich warstw ziarna mających jakiegokolwiek defekty (*preparation defects* oraz *primary defects*) i powstawania ziaren składających się z jednorodnych rdzeni - nienaruszonych wewnętrznych części ziaren (*intact host grains*), w związku z tym dalszy postęp wietrzenia jest w pewnym sensie osłabiony. Jak rozumiem (bo nie jest to do końca jasne dla czytelnika) liczba cykli zamarzanie-rozmarzanie prowadząca do wyłonienia się odpornych rdzeni nazwana została *lag time*.
- 6) 300 cykli zamarzania-rozmarzania nie spowodowało powstania znaczącej liczby ziaren frakcji pylastej (a ta jest uważana za efekt wietrzenia mrozowego). Należy przypuszczać, że do tego wymagana jest znacznie dłuższa liczba cykli zamarzania, zatem podstawowym czynnikiem wpływającym na efekt wietrzenia mrozowego jest czas. Uważam, że jest to dość banalne stwierdzenie. Ponad to, nie jest dla mnie jasne, czy ważniejszy jest czas trwania wietrzenia, czy cechy ziarna.
- 7) Zmiany w uziarnieniu osadu wywołane wietrzeniem mrozowym zachodzą przede wszystkim podczas pierwszych 100 cykli zamarzania i rozmarzania. To jest bardzo istotny wniosek, ale czy nie stoi on w sprzeczności z poprzednim, mówiącym o długim czasie warunkującym efekty wietrzenia mrozowego?
- 8) Nie stwierdzono po 300 cyklach istotnego wpływu wody porowej (zarówno jej ilości jak i mineralizacji) na efektywność wietrzenia. Bardzo ciekawy wniosek i dość zadziwiający, ale pewnie wynika to z krótkiego czasu wietrzenia.

Moją wątpliwość budzi następująca rzecz. Skoro ziarna mają *preparation defects* (oddziedziczone z procesu przygotowania próbki do eksperymentu), to należy wnioskować, że sposób przygotowania próbki znacząco wpływa na zmiany w uziarnieniu wywołane zamrozem (tego zabrakło w opublikowanych wnioskach).

- 9) Ostatnim wnioskiem w publikacji 1 jest stwierdzenie, że wyniki eksperymentu mogą służyć do interpretacji paleośrodowiskowej oraz do interpretacji współczesnych procesów oddziałujących na osad w strefie objętej permafrostem.

Nie jest to dla mnie jasne. W dyskusji wyników czytam:

“...the effects of micro-scale frost weathering within a recently thawed active layer may be noticeable only after a longer period of the frost activity.”

Moje pytanie brzmi – co to znaczy „longer”, jak te 300 cykli przekłada się na długość wietrzenia w konkretnych warunkach środowiskowych?

Dalej znajduję zdanie:

“Therefore, any visible frost-induced modifications of grain surface (i.e. frost-originated microtextures) should be considered relict or inherited from previous cryogenic processes.”

Nie bardzo wiem, dlaczego zmiany widoczne na powierzchni ziaren nie mogą być efektem procesów współczesnych. Wszak pomimo ocieplenia klimatu i degradacji permafrostu, nadal przypowierzchniowa warstwa gruntu ulega zamarzaniu i rozmarzaniu.

Publikacja 2 przedstawia wyniki analizy tego samego osadu (kwarc żyłowy), ale po 50, 100, 300, 700 i 1000 cyklach zamarzania-rozmarzania. Najważniejszymi wnioskami są:

- 1) Cechą charakterystyczną dla pierwszych 300 cykli zamarzania-rozmarzania jest powstawanie mikrostruktur typowych dla wietrzeniowych mrozowego, czyli *breakage blocks* (bb, BB) i *conchoidal fractures* (cf, CF), natomiast po tym czasie zaznacza się przede wszystkim proces chemiczny prowadzący do wytrącania się oskorpienia (z wytrącania się składników rozpuszczonych w wodzie w czasie zamarzania) oraz zatarcia wcześniejszych mikrostruktur.
- 2) Elementy mikroreliefu wietrzeniowego powstają etapami: najpierw powstają duże struktury *conchoidal fractures* (CF), następnie małe struktury *conchoidal fractures* (cf), dopiero potem struktury typu *breakage blocks* (bb, BB).
- 3) Cykl powstawania mikrostruktur wietrzeniowych może zostać zaburzony przez procesy odmładzające powierzchnię ziaren (odpadają fragmenty ziarna z otoczki wietrzeniowej - *frost exposed skin*).

Zdaniem recenzenta zabrakło w dyskusji odwołania się do prac nad powstawaniem otoczki wietrzeniowej na powierzchni litych skał. Podobny proces (złuszczenia się otoczki wietrzeniowej) obserwowany jest na przedpolach współczesnych lodowców jakie powstały od czasu małej epoki lodowej, np. prace Etienne z Islandii (2002), czy Dąbskiego i innych z Alp (2019, 2023).

- 4) Ostatnim wnioskiem jest to, że większa mineralizacja wody w przestrzeni porowej zwiększa efektywność wietrzenia mrozowego ziaren kwarcowych. Wniosek ten wydaje się kolidować z wnioskiem z poprzedniej publikacji, w której napisano, że nie zaobserwowano wpływu mineralizacji wody porowej na efektywność wietrzenia (po 300 cyklach). Czy wynika to z dłuższego czasu wietrzenia?

Publikacja 3 przedstawia wyniki eksperymentu po 50, 100, 300, 700 i 1000 cyklach, z tym, że tym razem analizowano ziarna eoliczne, pobrane z jednej ze śródlądowych wydm na Mazowszu. Stwierdzono, że:

- 1) Wietrzenie mrozowe w znacznym stopniu modyfikuje eoliczny charakter ziaren wydmowych poprzez generowanie mikrostruktur typu *conchoidal fractures* i *breakage blocks*, przy czym na ziarnach poddanych eksperymentowi dominowały małe struktury *conchoidal fractures*. Wyróżniono tu dwa podtypy *conchoidal fractures*: (cfI i cfII).
- 2) Liczba mikrostruktur wietrzeniowych koreluje pozytywnie z liczbą cykli zamarzania-rozmarzania, przy czym w pierwszym okresie (do 700 cykli) liczba mikrostruktur przyrasta powoli, następnie wzrasta. Autorzy piszą, że największy przyrost mikrostruktur notuje się po 1000 cyklach. Rozumiem, że jest to pomyłka, gdyż – jak rozumiem - eksperyment prowadzono do 1000 cykli zamarzania-rozmarzania, zatem chodzi tu o przedział 700-1000 cykli. Na tej podstawie można stwierdzić, że ziarna kwarcu pochodzenia eolicznego wymagają znacznie dłuższego czasu działania wietrzenia mrozowego w celu zmanifestowania się jego efektów, a więc charakteryzują się dłuższym *lag time* w porównaniu do ziaren kwarcu żyłowego.
- 3) Powierzchnia ziaren eolicznych posiada otoczkę abrazyjną (*surface impact zone*), która warunkuje podatność ziaren na wietrzenie mrozowe oraz maksymalną grubość do jakiej sięgają mikrostruktury wietrzeniowe. Otoczkę tą podzielono na warstwę zewnętrzną (*outer zone*) i wewnętrzną (*inner zone*). Wniosek ten przypomina wyniki badań Dąbskiego i innych

(2019, 2023) nad otoczką wietrzeniową wapieni na przedpolu współczesnego lodowca w Dachstein. Badania te wykazały, że w mikromorfologii otoczki wietrzeniowej zaznaczają się struktury odziedziczone z etapu abrazji glacialnej, które z czasem są zacierane przez procesy chemiczne.

- 4) Rozwój owej otoczki abrazyjnej zależy od 3 czynników: a) od kształtu i obtoczenia ziarna, b) czasu trwania procesów eolicznych jakim ziarno podlegało oraz b) od abrazyjnego odmładzania powierzchni ziarna. Wietrzenie mrozowe najbardziej zaznacza się na wypukłych fragmentach ziarna.

Tych czynników jest jednak więcej, gdyż w kolejnym wniosku czytamy, że:

- 5) rozwój mikrostruktur z abrazji eolicznej jak i mrozowych zależy także od wewnętrznych defektów ziarna. Znowu: rzucają się podobieństwa do moich badań na wapieniach (Dąbski i in. 2023), które dowodzą bardzo istotnego wpływu cech wewnętrznych (sparyt/mikryt/żyły flogopitowe, etc.). Szkoda, że w recenzowanej pracy nie ma szerszego odniesienia do wietrzenia skał jako takich.

Pozostałe uwagi

Za pewien mankament recenzowanej pracy można uznać to, że są to badania z bardzo wąskiego zakresu merytorycznego. Może ona czytelnika przytłoczyć ogromem szczegółików, detali.

Zdaniem recenzenta brakuje wyraźniejszego przełożenia otrzymanych wyników na rzeczywiste środowisko przyrodnicze. Czy ten eksperyment jest symulacją warunków peryglacialnych w klimacie morskim (np. na Islandii) czy w klimacie kontynentalnym (np. w Jakucji)? Czy reprezentuje wierzchnią warstwę gruntu, czy raczej osadu znajdującego się na znacznej głębokości? Jednym słowem, brakuje klucza pozwalającego przełożyć wyniki tego eksperymentu na lepszą interpretację cech środowiska przyrodniczego. Poza tym, w osadzie rzadko mamy wyłącznie ziarna kwarcu frakcji piaszczystej, co dodatkowo utrudnia wykorzystanie wyników w interpretacjach środowiskowych.

Jak słusznie stwierdza Doktoranta, przeprowadzone badania dokumentują przebieg i wyniki symulacji eksperymentalnej wietrzenia mrozowego ziaren kwarcu frakcji piaszczystej w skali mikro. Zdaniem recenzenta jednym z najbardziej istotnych wniosków jest to, że symulowane wietrzenie mrozowe nie spowodowało wzrostu udziału frakcji pylastej, co kłóci się z powszechnym przekonaniem. Praca jest doskonale ilustrowana, zawiera bardzo duży ładunek danych jakościowych i ilościowych, stanowi tym samym istotny krok ku dokładniejszym interpretacjom mikrostrukturalnym. Zdaniem recenzenta, nadal pozostaje luka między wynikami eksperymentu a wnioskowaniem paleośrodowiskowym.

Wniosek końcowy

Pomimo uwag krytycznych, uważam, że Pani mgr Martyna Górską wykazała się dobrym opanowaniem warsztatu pracy naukowej, zastosowała oryginalną metodologię i wykazała się dużą ogólną wiedzą teoretyczną. W związku z tym stwierdzam, że przedstawiona praca doktorska spełnia wymogi określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2023 r. poz. 742). Tym samym, wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do dalszych etapów postępowania w prawie nadania Pani mgr Martynie Górskiej stopnia doktora.