

dr hab. Bartosz Budzyń, prof. ING PAN
Instytut Nauk Geologicznych PAN
Ośrodek Badawczy w Krakowie
31-002 Kraków, ul. Senacka 1

Kraków, dnia 20 grudnia 2020 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Grzegorza Ziemniaka
pt. „Provenance reconstruction within Caledonian basement provinces of Svalbard
using detrital zircon geochronology”

Rozprawa doktorska została przygotowana pod opieką naukową dr hab. inż. Macieja Maneckiego, prof. AGH w Katedrze Mineralogii, Petrografii i Geochemii na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie. Niniejsza recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, zgodnie z decyzją z dnia 12 października 2020 r.

Struktura i zawartość rozprawy

Rozprawa została przedstawiona w formie monografii napisanej w języku angielskim, która liczy 171 stron, w tym 45 stron załączników oraz 3 strony streszczenia w języku polskim. Główną część dysertacji stanowi 8 rozdziałów, z podrozdziałami pogrupowanymi w jednym do trzech poziomów hierarchii, które zawierają 39 figur oraz 5 tabel. Do tekstu dołączono spis literatury zawierający 242 pozycje, spis figur, spis tabel oraz sześć załączników.

Spis treści jest poprawny, przy czym zbędnie wyróżniono poziom 2.1.

Rozdział 1 stanowi zwięzłe wprowadzenie do rozprawy prezentujące cel podjęcia badań zróżnicowania w mezo- i neoproterozoicznej proveniencji zmetamorfizowanych skał osadowych kaledońskiego podłoża Svalbardu w kontekście ich ewolucji podczas późnego proterozoiku oraz określenia relatywnej pozycji fragmentów podłoża dla rekonstrukcji zestawienia Svalbardu w sylurze i dewonie. Przeprowadzone badania obejmowały analizę izotopową U-Pb detrytycznych cyrkonów ze zmetamorfizowanych skał osadowych z kilku lokalizacji południowo-zachodniej prowincji Svalbardu oraz badania strukturalne przeprowadzone w rejonie kaledońskiego podłoża krystalicznego Ziemi Oskara II, uzupełnione analizą chemiczną w mikroobszarze przy użyciu mikrosondy elektronowej (EPMA), w tym datowaniem monacytów. Oprócz ogólnego celu podjętych badań doktorant sformułował trzy hipotezy szczegółowe.

Rozdział 2 przedstawia zarys budowy geologicznej badanego obszaru Svalbardu oraz stan wiedzy na temat dotychczasowych badań petrologicznych i geochronologicznych rejonu pasa kaledonidów północnoatlantyckich, w tym północno-wschodniej krawędzi Laurencji, północnej i zachodniej krawędzi Baltiki oraz terranów arktycznych. Rozdział został przygotowany w oparciu o szerokie spektrum wcześniejszych prac uwzględniając również najnowszą literaturę.

Rozdział 3 prezentuje metody użyte w trakcie realizacji badań, w tym przygotowanie próbek (tj. separacja cyrkonów) oraz metody instrumentalne. Datowanie cyrkonów metodą U-Pb wykonano przy użyciu spektrometrii mas jonów wtórnych (SIMS) oraz laserowej ablacji z detekcją w spektrometrze mas z jonizacją w plazmie sprzężonej indukcyjnie (LA-ICPMS). Analizy chemiczne w mikroobszarze minerałów głównych i akcesorycznych, mapy rozmieszczenia pierwiastków w granacie oraz datowanie monacytu metodą *Th-U-total Pb* przeprowadzono przy użyciu mikrosondy elektronowej. Dla każdej metody podano warunki analityczne lub odniesienie do artykułów, w których przedstawiono szczegóły warunków analitycznych.

Rozdziały 4–7 stanowią główną część rozprawy i zostały przedstawione przy zachowaniu struktury manuskryptów. Każdy rozdział zawiera wprowadzenie, charakterystykę badanego materiału, opis wyników oraz dyskusję i wnioski. Wybrany układ czterech głównych rozdziałów rozprawy odpowiadających przeprowadzonym geochronologicznym badaniom proveniencji w trzech wyróżnionych grupach litotektonicznych (rozdziały 4–6) oraz badaniom strukturalnym, petrologicznym i geochronologicznym (rozdział 7) w uporządkowany sposób przedstawia osiągnięcia doktoranta. Dyskusja w każdym z rozdziałów prezentuje interpretacje wyników w świetle aktualnej literatury. Na podkreślenie zasługuje przeprowadzone przez doktoranta szerokie studium literaturowe na potrzeby przygotowania badań oraz dyskusji wyników.

Rozdział 4 przedstawia nowe dane geochronologiczne detrytycznych cyrkonów w kontekście rewizji lokalnej tektonostratygrafii kaledońskiego podłoża krystalicznego południowo-zachodniej prowincji Svalbardu. Analizy izotopowe U-Pb przy użyciu metod SIMS i LA-ICPMS wykonano dla 8 próbek zmetamorfizowanych skał osadowych (5 kwarcytów, 2 piaskowce i 1 konglomerat), w tym sześciu próbek z rejonu Ziemi Wedela Jarlsberga oraz dwóch próbek z rejonu Ziemi Sørkapp. Podrozdział rezultaty przedstawia opis morfologii ziaren oraz wyników analiz U-Pb cyrkonu w zakresie indywidualnych dat od eoarchaiku do mezoproterozoiku, ze słabszą sygnaturą neoproterozoiku. W dyskusji doktorant porównał rozkłady w obrębie wyróżnionych populacji wiekowych przy użyciu testu Kołmogorowa-Smirnowa. Sygnatury wieków detrytycznych cyrkonów zostały szczegółowo omówione poprzez korelację z danymi literaturowymi dla cyrkonów detrytycznych z rejonów Szkocji, Grenlandii, skandynawskich Kaledonidów oraz terranu Telemark.

Rozdział 5 jest poświęcony geochronologii detrytycznych cyrkonów ze zmetamorfizowanych skał osadowych litotektonicznej grupy 2 z rejonów Martinfjella, Berzeliuseggene oraz Ziemi Oskara II. Wprowadzenie obejmuje krótką charakterystykę badanych próbek wraz z dokumentacją fotograficzną z badań terenowych. Podobnie jak w rozdziale 4, opis wyników prezentuje morfologię ziaren cyrkonu i uzyskane wyniki z czterech badanych próbek. W ewaluacji wyników analiz izotopowych U-Pb metodą LA-ICPMS doktorant użył testu Kołmogorowa-Smirnowa oraz określił maksymalne wieki depozycji. Uzyskane populacje wiekowe, głównie paleo- i mezoproterozoiczne, ze słabszą sygnaturą archaiczną, zostały omówione w świetle dotychczasowych danych geochronologicznych dla Svalbardu oraz obszarów rejonu północnoatlantyckiego.

Rozdział 6 prezentuje opracowanie geochronologii detrytycznych cyrkonów z trzech próbek zmetamorfizowanych piaskowców z neoproterozoicznych grup Deilegga i Nordbukta z Ziemi Wedela Jarlsberga, wchodzących w skład litotektonicznej grupy 3. Wprowadzenie zostało zilustrowane profilem litologicznym oraz dokumentacją fotograficzną z badań terenowych oraz z mikroskopu optycznego. Prezentacja wyników uwzględnia opis morfologii ziaren cyrkonu, ogólne zestawienie spektrów wiekowych U-Pb uzyskanych metodą LA-ICPMS oraz wskazanie trzech najmłodszych dat dla każdej próbki. Dyskusja przedstawia porównanie uzyskanych danych geochronologicznych, głównie dat paleo- i mezoproterozoicznych ze słabszą sygnaturą archaiczną, z danymi geochronologicznymi z wcześniejszych prac z rejonów północno-zachodniej prowincji podłoża Svalbardu, Ziemi Oskara II oraz Terranu Pearya.

Rozdział 7 przedstawia wyniki badań strukturalnych oraz szczegółową charakterystykę petrologiczną, w oparciu o wyniki pomiarów EPMA w dwóch próbkach skał metamorficznych z formacji Müllerneset. Opis rezultatów oraz dyskusja wyników generalnie są poprawne, choć w tekście nie jest określone wprost jakie skały zostały wybrane do badań. Na podstawie przedstawionych wyników pozostaje w domyśle, że próbki określone jako PSD03A i PSB03A to łupki łuszczkowe z granatami. Badania zostały uzupełnione datowaniem monacytu metodą *Th-U-total Pb* przy użyciu mikrosondy elektronowej. Z uwagi na znaczne ograniczenia związane z analizowanym materiałem (małe rozmiary ziaren monacytu, <20 μm), użycie wyników w interpretacjach budzi znaczące wątpliwości, co szczegółowo przedstawiono poniżej w uwagach krytycznych.

Rozdział 8 przedstawia zwięzłe, pięciostronicowe podsumowanie wniosków wynikających z przeprowadzonych badań. Wnioski zostały zilustrowane rekonstrukcjami paleogeograficznymi prezentowanymi na dwóch figurach.

Ogólna ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa prezentuje cenne opracowanie proveniencji detrytycznych cyrkonów, zarazem wnosząc znaczący wkład do badań prowadzonych w rejonie Svalbardu. Doktorant wykazał umiejętność właściwego zaplanowania badań i doboru materiału dla rozwiązania podjętej tematyki badawczej. Uczestniczył w badaniach terenowych w trudno dostępnym rejonie Svalbardu oraz w badaniach w renomowanych laboratoriach, wykazując tym samym ważną umiejętność pracy w zespole badawczym.

Do najważniejszych osiągnięć recenzowanej rozprawy należy opracowanie prezentujące zróżnicowanie proveniencji cyrkonów detrytycznych ze zmetamorfizowanych skał osadowych kaledońskiego podłoża południowo-zachodniej prowincji Svalbardu, których populacje wiekowe reprezentują sygnatury proveniencji typowej dla obrzeżenia Laurencji i Baltiki, jak również terranu Pearya i innych terranów arktycznych. Przedstawiona dyskusja wyników i ich korelacja z szerokim spektrum danych izotopowych U-Pb cyrkonów z wcześniejszych opracowań ze Svalbardu oraz z różnych obszarów rejonu północnoatlantyckiego i rejonu arktycznego stanowią wartościowe opracowanie, na podstawie którego doktorant przedstawia wnioski w kontekście rekonstrukcji paleogeograficznych od mezoproterozoiku do neoproterozoiku. Ponadto przeprowadzone badania strukturalne i petrologiczne stanowią istotny wkład do rekonstrukcji ewolucji proterozoicznych metasedymentów podczas zestawienia Svalbardu w paleozoiku.

Uwagi krytyczne

Rozdział 1

Wstęp do rozprawy powinien wprowadzić czytelnika w problematykę podjętych badań oraz przedstawić uzasadnienie podjętych badań w oparciu o aktualny stan wiedzy. W opinii recenzenta krótkie, 1-stronicowe przedstawienie głównych celów pracy oraz szczegółowych hipotez, bez odniesienia do wcześniejszych prac jest niewystarczającym wprowadzeniem.

Rozdział 3

Rozdział 3 zawiera drobne braki lub nieścisłości w opisie użytych metod. W podrozdziale 3.2 brakuje podstawowych informacji warunków analitycznych dotyczących użytych technik instrumentalnych, w tym rozmiaru wiązki skupionej na próbce. W podrozdziale 3.3 wskazano, że indywidualne daty $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ oraz $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ zostały podane z błędem 1σ , natomiast rekomendowane jest raportowanie dat z błędem 2σ (str. 26, wiersz 2/dół).

W rozprawie przyjęto prezentację dat $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ dla wyników analiz <1.2 Ga oraz dat $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ dla wyników analiz >1.2 Ga. Należy to uzasadnić z uwagi na powszechnie używaną wartość graniczną wynoszącą 1.0 Ga.

Wartości dyskordancji dla uzyskanych dat $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ i $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ nie są konsekwentnie stosowane. Nie jest jasne dlaczego rezultaty analiz U-Pb wybrane do rozważań proveniencji z LA-ICPMS są przedstawione dla dat $<10\%$ *disc.* i $<5\%$ *reverse disc.*, natomiast wyniki z SIMS są przedstawione dla dat $<10\%$ *disc.* i $<10\%$ *reverse disc.*

W podrozdziale 3.4 brakuje informacji dotyczących limitów detekcji poszczególnych pierwiastków, co jest niezbędne w interpretacji wyników.

W podrozdziale 3.5 nie podano czasu pomiaru dla Th (str. 28, wiersz 1), co jest istotne z uwagi na zastosowaną metodę datowania *Th-U-total Pb*. Ponadto nie podano użytych czasów analitycznych dla pozostałych pierwiastków, co znacząco rzutuje na prezentację i interpretację wyników analiz (np. Fig. 36A).

Rozdziały 4–7

W rozdziałach 4–7 doktorant nie uniknął istotnych błędów dotyczących dokumentacji badanego materiału. Dokumentacja powinna zawierać zestawienie informacji dotyczących między innymi nazwy próbki, litologii, jednostki geologicznej oraz współrzędne lokalizacji poboru próbek. Informacje te podano jedynie w rozdziale 4. W pozostałych rozdziałach 5–7 brakuje współrzędnych miejsc poboru próbek, a w rozdziale 7 brakuje nazw litologicznych badanych próbek.

Rozdziały 4–6

W rozdziałach 4–6 znaczącym uchybieniem jest brak zdjęć w katodoluminescencji (CL) cyrkonów wraz z zaznaczeniem analizowanych miejsc. Dokumentacja CL jest niezbędna do poprawnej interpretacji wyników w kontekście przypisania dat do poszczególnych wydarzeń na podstawie wewnętrznej budowy ziaren (odziedziczone jądra, młodsze obwódki, domeny związane z przeobrażeniami lub rekrytalizacją). Niestety doktorant całkowicie pominął ten element, co jest istotne w badaniach proveniencji. Konsekwentnie, dyskusja wyników nie uwzględnia pochodzenia cyrkonów w kontekście ich genezy, jak również potencjalnych przeobrażeń wpływających na zapis wieków U-Pb. W przypadku cyrkonów proterozoicznych nie mały wpływ na zapis wieków U-Pb może mieć utrata Pb związana ze starymi wydarzeniami (*ancient Pb-loss*). Powinno być to uwzględnione w dyskusji wyników, szczególnie przy wyborze dat do określenia maksymalnego wieku depozycji. Jednym z mankamentów pracy jest brak pełnej informacji dotyczącej kryterium wyboru analiz do obliczenia maksymalnego wieku depozycji (dopuszczalne wartości dyskordancji) oraz wybranej

metody obliczenia maksymalnych wieków depozycji (patrz Dickinson and Gehrels, 2009, Earth and Planetary Sciences 288, 115–125), co powinno zostać wyjaśnione.

Rozdział 7

W rozdziale 7 kryterium wyboru materiału do analiz monacytu był rozmiar ziaren $>3 \mu\text{m}$, który umożliwia zastosowanie metody *Th-U-total Pb* (str. 79). Podane kryterium nie jest poprawne, ponieważ rozmiar ziaren do analiz przy użyciu mikrosondy elektronowej (EPMA) powinien być znacznie większy. W dalszej części tekstu (str. 85) podano, że monacyt występuje w formie blastów o średnicy $<20 \mu\text{m}$. Dokumentacja zdjęć BSE (Fig. 35) nie jest wystarczająca do oceny analizowanego materiału. W pracy powinny zostać zamieszczone zdjęcia BSE ziaren monacytu przy odpowiednim powiększeniu, wraz z zaznaczonymi miejscami analiz. Ważnym aspektem, który powinien być uwzględniony w interpretacji wyników, są warunki analityczne dotyczące wysokiego natężenia prądu wiązki skupionej na próbce (180 nA). Wprawdzie pomiar EPMA może zostać wykonany przy wiążce $<1 \mu\text{m}$, jednak przy użytych warunkach natężenia wiązki wyniki uzyskane z pomiarów ziaren monacytu o rozmiarach nawet 30–40 μm są znacząco niepewne, podczas gdy w rozprawie wybrano ziarna $<20 \mu\text{m}$. Ponadto, przedstawione dane wiekowe populacji nie są prawidłowe (PSD03: $410 \pm 8 \text{ Ma}$, MSWD = 0.26, $p = 1.00$, $n = 18$; PSB03: $428 \pm 25 \text{ Ma}$, MSWD = 2.7, $p = 0.001$, $n = 14$). Wieki populacji uzyskane przy użyciu Isoplot wynoszą: PSD03 $398 \pm 15 \text{ Ma}$ [3.9%] (2σ), $n = 18$, MSWD = 1.07, probability = 0.38; PSB03 $428 \pm 28 \text{ Ma}$ [6.6%] (2σ), $n = 14$, MSWD = 0.66, probability = 0.80, co wskazuje na większą rozbieżność pomiędzy próbkami. Niemniej jednak, niewielka ilość analiz nie pozwala na uzyskanie statystycznie reprezentatywnej populacji, zarazem zwiększając niepewność uzyskanych wyników, szczególnie z uwagi na szerokie spektrum indywidualnych dat oraz wysokie błędy ich oznaczeń (od ± 42 do $\pm 189 \text{ Ma}$), które wnoszą dodatkową wątpliwość użycia wyników w interpretacjach.

W dyskusji rezultatów geochronologii monacytu nie uwzględniono również innych istotnych czynników, które mogą znacząco wpływać na uzyskane wyniki. Należą do nich zarówno obecność nieradiogenicznego Pb, która może skutkować uzyskaniem starszych dat niż wiek rzeczywisty (np. Skrzypek et al., 2017, Chemical Geology 449, 41–57; Jastrzębski et al., 2020, Annales Societatis Geologorum Poloniae 90, 27–49) oraz utrata Pb wskutek działalności fluidów, czego rezultatem jest „odmłodzenie” monacytu (np. Williams et al., 2011, Chemical Geology 283, 218–225). W przypadku badanych próbek obydwa scenariusze są prawdopodobne. Mały rozmiar ziaren również znacząco wpływa na jakość wyników, co już wspomniano powyżej. Przykładem jest analiza mnz3, w której suma tlenków 103.63 wt.% wykracza poza ogólnie przyjmowaną dopuszczalną granicę błędów, z datą $332 \pm 56 \text{ Ma}$, jedną z najmłodszych dat uzyskanych dla próbki PSD03. W tej samej próbce, uzyskano jeszcze młodszą datę $281 \pm 80 \text{ Ma}$ (2σ) dla mnz4/3. Nie jest pewne czy jest to trzecia analiza w tym

samym ziarnie. Pozostałe wyniki wynoszą 420 ± 136 Ma (2σ , mnz4) oraz 402 ± 92 Ma (2σ , mnz4/2). Jeżeli trzy analizy wykonano w ziarnie $<20 \mu\text{m}$, co jest raczej mało prawdopodobne, to każda kolejna powinna być obarczona większym błędem oznaczenia wieku. Należy tu podkreślić, że analizy zostały wykonane w laboratorium mikros sondy elektronowej o wysokiej renomie, natomiast powyższe uwagi krytyczne są związane z doborem materiału analitycznego i interpretacją wyników. Ponieważ błędne interpretacje geochronologiczne mogą mieć znaczące implikacje dla rekonstrukcji tektonometamorficznyc h i paleogeograficznych, powyższe uwagi powinny zostać uwzględnione w bardziej krytycznym podejściu do przedstawionych wyników datowania monacytu.

Skład chemiczny monacytu na stronie 85 jest omówiony w kontekście substytucji cheralitu. Pominięto istotną kwestię substytucji huttonitu, na którą wskazuje zawartość SiO_2 przedstawiona w wynikach pomiarów EPMA. Wyniki powinny zostać przedstawione na diagramie (P + Y + REE) vs. (Si + Th + U) (Förster 1998, American Mineralogist 83, 259–272; Linthout 2007, Canadian Mineralogist 45, 503–508) prezentującym substytucję huttonitu i cheralitu w monacycie.

Załączniki

W załącznikach przedstawione zostały szczegółowe wyniki analiz, jednak doktorant nie uniknął wielu istotnych błędów w prezentacji danych.

Załączniki A–C

Nazwy załączników powinny zawierać informacje uwzględniające rodzaj analizowanego materiału oraz użyty instrument analityczny (SIMS czy LA-ICPMS). W tabelach z wynikami analiz U-Pb podano niejasną informację „Discordance >10 ; <10 ”, która w formie rozwiniętej powinna zostać podana w podpisie pod tabelą. Nie wyjaśniono również znaczenia symbolu gwiazdki przy „ $^{206}\text{Pb}^*$ ” i „ $^{207}\text{Pb}^*$ ”. Ostatnia kolumna opisana jako *Discordance* nie przedstawia wskazanych wartości, co jest istotnym błędem. Powinny zostać podane rzeczywiste wartości *disc.* wyrażone w [%]. Większość stron z kontynuacją tabel nie zawiera nagłówków, co utrudnia czytelnikowi ewaluację danych.

Załącznik D

Załącznik powinien w tytule zawierać informację o instrumencie analitycznym i laboratorium, w którym wykonano analizy. Informacja o jednostkach (wt. %, a.p.f.u.) powinna być zamieszczona w odpowiednich miejscach bezpośrednio w tabeli, ponad wartościami których dotyczą. Ponadto znaczna ilość rezultatów jest poniżej poziomu detekcji EPMA, co powinno zostać odpowiednio odnotowane w tabeli (np. *b.d.l.* – *below detection limit*).

Załącznik E

Tytuł załącznika jest nieprawidłowy wskazując na prezentację wyników analiz przeliczonych do jednostek a.p.f.u. Tytuł załącznika powinien brzmieć „*Results of EPMA measurements of monazite*”, natomiast informacja o jednostkach (wt. %, a.p.f.u.) powinna być podana w odpowiednim miejscu w tabeli, ponad wartościami, do których jednostki się odnoszą.

Znaczna ilość wyników jest poniżej poziomu detekcji EPMA, szczególnie dla tlenków HREE, co powinno zostać odpowiednio odnotowane w tabeli. Ponadto w tabelach na stronach 167 i 169 błędnie podano w pierwszej kolumnie formy tlenkowe zamiast pierwiastków, jak również nie podano sumy kationów (a.p.f.u.).

Opracowanie redakcyjno-edytorskie

Przygotowanie redakcyjno-edytorskie jest najłabszą stroną rozprawy z uwagi na liczne błędy. W spisie literatury nie wymieniono 57 prac cytowanych w tekście, natomiast 19 prac jest w tekście cytowanych błędnie; np. Ziemniak (2019) zamiast Ziemniak et al. (2019), Rice et al. (2014) zamiast Rice (2014).

Styl cytowania jest niekonsekwentny, a wręcz losowy. Dotyczy to między innymi naprzemiennego stosowania „and” i „&” przy cytowaniu prac dwóch autorów (np. „Pease and Scott 2009” i „Gasser & Andresen 2013”). W tekście używane są rozmaite formy stylu przy cytowaniu prac trzech lub więcej autorów – „et al”, „et al.”, „et al.”. Przy cytowaniu kilku prac tych samych autorów z różnych lat, powinny zostać one zgrupowane, natomiast w tekście formy cytowania są różne (np. „Cawood et al. 2004; Cawood et al. 2007”, innym razem „Majka et al. 2008, 2015”).

Spis literatury wydaje się być uporządkowanym według kolejności alfabetyczno-chronologicznej, jednak w wielu miejscach nie jest to regułą; np. praca Gee (1972) jest wymieniona po Gee et al. (2001). Ponadto wskutek braku zachowania chronologicznej kolejności prac, których pierwszym autorem jest ta sama osoba, doktorant nie uniknął powtórzenia dwóch prac z tego samego roku bez ich rozróżnienia (np. dwukrotnie występuje Cawood et al., 2007; str. 103). Niektóre prace wymienione są dwukrotnie w spisie literatury, co wyszczególniono poniżej w wybranych uwagach szczegółowych.

Styl cytowania figur w tekście nie jest jednolity, np. „Fig. 12C” lub „Fig 31A”; „Fig. 20B; 21” lub „Fig. 27A; Fig. 28A” (zamiast Figs. 27A, 28A). Rozprawa zawiera także szereg innych błędów edytorskich, stylistycznych i drobnych literówek, które przedstawiono w uwagach szczegółowych.

Wybrane uwagi szczegółowe

Str. 6, wiersz 8: błąd stylistyczny – „(...) które mają wykazują podobieństwo (...)”.

Str. 7, wiersz 10: błąd stylistyczny – „(...) skały metaosadowe grupy Deilegga i Nordbukta, które wykazujące głównie (...)”.

Str. 7, wiersz 16: błąd stylistyczny – „(...) korelacje między późnym mezoproterozoicznymi (...)”.

Str. 7, wiersz 4 (dół): błąd stylistyczny – „(...) metodą U-Th-Pb całkowity, które dało wiek (...)”.

Str. 10, wiersz 7 (dół): błąd stylistyczny – „(...) *ready for publication* in for of the (...)”.

Str. 11, wiersz 2: błąd stylistyczny – jest „*submitted in*”; powinno być „*submitted to*”.

Str. 11, wiersz 5: brak kropki na końcu zdania.

Str. 12, wiersz 2: zbędne wyróżnienie poziomu numeracji drugiego rzędu – 2.1; w dalszej części nie występuje podrozdział 2.2.

Str. 12, wiersze 13/14: poprawna nazwa to „*Grenville-Sveconorwegian orogen*”. Uwaga dotyczy także dalszych części tekstu rozprawy, gdzie używana jest nazwa „*Sweconorwegian*”.

Str. 12, wiersz 7: Cawood et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 12, wiersz 15: Lorenz (2012) – w spisie literatury jest Lorenz et al. (2012).

Str. 13, wiersze 8, 25, 31: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 13, wiersz 8-9: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 13, wiersz 9: Kirkland et al. (2008) – brak w spisie literatury.

Str. 17, wiersze 5, 25: Kirkland et al. (2008) – brak w spisie literatury.

Str. 17, wiersze 7, 20: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 17, wiersz 24: Gee et al. (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 17, wiersze 25, 27 i 30: Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 18, wiersz 1: Siedlecka and Roberts (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 18, wiersz 4: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 18, wiersz 7 (dół): Malone (2014) – w spisie literatury jest Malone et al. (2014).

Str. 19, wiersz 1: Estrada et al. (2018) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2018r.

Str. 19, wiersz 9: Miller (2006) – w spisie literatury jest Miller et al. (2006).

Str. 19, wiersz 19: Patrick and McClelland (1995) – brak w spisie literatury.

Str. 19, wiersz 19: Amato and Wright (1998) – brak w spisie literatury.

Str. 19, wiersz 19: Natal'in et al. (1999) – brak w spisie literatury.

Str. 20, wiersze 10 i 20: Harland (1972) – brak w spisie literatury.

Str. 20, wiersz 10: Harland and Gayer (1972) – brak w spisie literatury.

Str. 20, wiersze 11, 15 i 20/21: Gee and Page (1994) – brak w spisie literatury.

Str. 20, wiersz 15: Gee (1986): brak w spisie literatury.

Str. 20, wiersz 3 (dół): Kulling et al. (1930) – w spisie literatury jest Kulling (1930).

Str. 20, wiersz 2 (dół): Kulling et al. (1934) – w spisie literatury jest Kulling (1934).

Str. 21, wiersz 4: Tebenkov et al. (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 21, wiersz 16: Harland et al. (1960) – w spisie literatury jest Harland (1960).

Str. 21, wiersz 17: jest „409 +- 8 Ma”, powinno być „409 ± 8 Ma”.

Str. 21, wiersz 6 (dół): Ohta et al. (1989) – w spisie literatury jest Ohta (1989).

Str. 21, wiersz 3 (dół): Peucat (1989) – w spisie literatury jest Peucat et al. (1989).

Str. 22, wiersz 2 (dół): Ohta et al. (1989) – w spisie literatury jest Ohta (1989).

Str. 23, podpis do Fig. 4: „(above)” jest zbędne.

Str. 24, wiersz 4: Larionov et al. (2010) – brak w spisie literatury.

Str. 24, wiersz 5: Ziemniak (2019) – w spisie literatury jest Ziemniak et al. (2019).

Str. 25, wiersze 10/11: Dallmann et al. (2015) – w spisie literatury jest Dallmann (2015).

Str. 25, wiersze 18 i 23: Ohta (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 25, wiersz 20: Dallmann et al. (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 25, wiersz 25: Horsfield (1972) – brak w spisie literatury.

Str. 25, wiersz 25: Ohta (1979) – brak w spisie literatury.

Str. 25, wiersz 25: Ohta (1983) – brak w spisie literatury.

Str. 25, wiersz 4 (dół): Scrutton et al. (1976) – brak w spisie literatury.

Str. 26, wiersz 12 (dół): Gehrels et al. (2006) – brak w spisie literatury.

Str. 26, wiersz 12 (dół): Gehrels et al. (2008) – brak w spisie literatury.

Str. 26, wiersz 12 (dół): Gehrels and Pecha (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 27, wiersz 5: Tytuł „*Mineral chemistry and element maps EMPA*” jest nieprawidłowy. Powinno być np. „*EPMA measurements and compositional mapping*”

Str. 35, wiersz 1 (dół): Hellmann et al. (1997) – brak w spisie literatury.

Str. 36, wiersz 3: Bazarnik et al. (1997) – w spisie literatury jest Bazarnik et al. (2019).

Str. 36, wiersz 15: Andersen (2012) – brak w spisie literatury.

Str. 36, wiersz 22: jest McCreath, powinno być McCreath.

Str. 36, wiersz 6 (dół): Pedersen et al. (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 36, wiersz 2 (dół): Kirkland et al. (2009) – brak w spisie literatury.

Str. 36, podpis do Fig. 11: Andersen (2012) – brak w spisie literatury.

Str. 36, podpis do Fig. 11: Kirkland et al. (2008a) – brak w spisie literatury.

Str. 37, wiersz 1: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 37, wiersze 2/3: Kirkland et al. (2008a) – brak w spisie literatury.

Str. 37, wiersz 6: jest Laminen, powinno być Lamminen.

Str. 37, wiersz 14: Gower (1990) – w spisie literatury jest Gower et al. (1990).

Str. 37, wiersz 14: Cawood et al. (2017) – brak w spisie literatury.

Str. 38, wiersz 10: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 38, wiersz 8 (dół): Hellman et al. (1997) – brak w spisie literatury.

Str. 38, wiersz 8 (dół): Bazarnik et al. (2017) – w spisie literatury jest Bazarnik et al. (2019).

Str. 39, wiersz 2: Kirkland et al. (2009) – brak w spisie literatury.

Str. 40, wiersz 5: Gee et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 43-44, Fig. 12: nieprawidłowy układ edytorski – figura powinna być przedstawiona na jednej stronie. Alternatywnie, podpis pod figurą powinien być zamieszczony na stronie 43, a na stronie 44 powinien być podpis dotyczący kontynuacji figury.

Str. 44, podpis do Fig. 12: Bergh et al. (2003) – brak w spisie literatury.

Str. 46, wiersz 16: błędne odniesienie do Fig. 13C. Wspomniana dajka prezentowana jest na Fig. 14C.

Str. 51, wiersz 16: jest "Gasser & Andresen 2013", powinno być "Gasser & Andresen (2013)".

Str. 51, wiersz 21 (górną), 3/4 (dół): Ohta (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 51, wiersze 21, 22: Ague and Morris (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 51, wiersz 2 (dół): Bergh et al. (2003) – brak w spisie literatury.

Str. 52, *Table 2*: Beranek et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 53, wiersze 3/4: Bazarnik et al. (1997) – w spisie literatury jest Bazarnik et al. (2019).

Str. 53, wiersz 3 (dół): Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 53, wiersz 1 (dół): Myhre et al. (2012) – brak w spisie literatury.

Str. 54, wiersze 12, 21: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 54, wiersz 15: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 54, wiersze 16, 17: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 54, wiersze 1 (dół), 4 (dół): Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 55, wiersze 18/19: Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 55, podpis do Fig. 18: Beranek et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 55, podpis do Fig. 18: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 55, podpis do Fig. 18: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 55, podpis do Fig. 18: Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 55, podpis do Fig. 18: Kirkland et al. (2008a) – brak w spisie literatury.

Str. 56, podpis do Fig. 19: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 57, wiersz 13: Kuznetsow (2009) – brak w spisie literatury.

Str. 57, wiersz 15: Roberts (2007) – brak w spisie literatury.

Str. 57, wiersz 16: Rice et al. (2014) – w spisie literatury jest Rice (1994).

Str. 58, wiersz 4: Martin et al. (2000) – brak w spisie literatury.

Str. 59, podpis do Fig. 20: Bjørnerud et al. (1990) – w spisie literatury jest Bjørnerud (1990).

Str. 59, podpis do Fig. 20: Dallmann et al. (2015) – w spisie literatury jest Dallmann (2015).

Str. 60, podpis do Fig. 21: Bjørnerud et al. (1990) – w spisie literatury jest Bjørnerud (1990).

Str. 60, podpis do Fig. 21: Dallmann et al. (2015) – w spisie literatury jest Dallmann (2015).

Str. 60, Fig. 22B, C: „Q” – poprawnym skrótem dla kwarcu jest Qz.

Str. 60, wiersz 7: „(...) *alkali feldspar and minor plagioclase* (Fig. 22B).” – zdjęcie nie prezentuje ani skalenia alkalicznego, ani plagioklazu.

Str. 61, wiersze 7/8: błąd stylistyczny – „*The zircon is yellowish to brownish, (...) and are subhedral to anhedral*”; powinno być “*forms subhedral to anhedral*”

Str. 63, *Table 3* i podpis do Fig. 24: Beranek et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 64, wiersz 8: Wala et al. (in review) – brak w spisie literatury.

Str. 64, wiersz 10: Beranek et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 64, wiersz 8 (dół): Trettin (1998) – brak w spisie literatury.

Str. 65, wiersz 11: Fig. X – niejasny odnośnik do figury.

Str. 65, wiersz 16: Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 65, wiersze 16/17, 21/22: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 65, wiersze 17, 24: Gee et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 65, wiersze 19, 21: Cawood et al. (2003) – brak w spisie literatury.

Str. 65, wiersz 19: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 65, wiersz 21: McAteer et al. (2010a,b) – w spisie literatury nie rozróżniono dwóch cytowanych prac z 2010r.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Beranek et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Gee et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Cawood et al. (2003) – brak w spisie literatury.

Str. 66, podpis do Fig. 25: McAteer et al. (2010a,b) – w spisie literatury nie rozróżniono dwóch cytowanych prac z 2010r.

Str. 66, podpis do Fig. 25: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 66, wiersz 1: Dewey et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 66, wiersze 1/2, 7: Cawood et al. (2003) – brak w spisie literatury.

Str. 66, wiersz 2: Spencer et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 66, wiersz 6: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 66, wiersz 8: McAteer (2014) – w spisie literatury jest McAteer et al. (2014).

Str. 67, wiersz 3: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 67, wiersz 10 (dół): Birkenmajer (1981) – brak w spisie literatury.

Str. 69, wiersze 10/11, 12, 14, 21, 28: Ague and Morris (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 69, wiersze 13, 14: *micaschists* – powinno być *mica schists*.

Str. 70, wiersze 1, 3, 10, 11/12 (górze), 4, 7 (dół): Ague and Morris (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 71, Fig. 27: błąd edytorski – legenda jest obrócona o 90°.

Str. 72, wiersz 2: *micaschists* – powinno być *mica schists*.

Str. 73, podpis do Fig. 29: *micaschists* – powinno być *mica schists*.

Str. 73, podpis do Fig. 29: *foliaitons* – literówka.

Str. 77, wiersz 10: Ramsay (1967) – brak w spisie literatury.

Str. 77, wiersz 6 (dół): Scrutton (1972) – brak w spisie literatury.

Str. 79, wiersz 11: „*biotite*.” – zbędna spacja po *biotite*.

Str. 88, wiersz 1: Ague and Morris (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 88, wiersz 20: Fig. 8A,B – niewłaściwe odwołanie do figury.

Str. 88, wiersz 20: Seidou-Guillaume – powinno być Seydoux-Guillaume.

Str. 88, wiersz 1 (dół): Henry and Guidotti (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 88, wiersz 1 (dół): Wu et al. (2004) – brak w spisie literatury.

Str. 88, wiersz 1 (dół): Wu et al. (2015) – brak w spisie literatury.

Str. 89, wiersz 9 (dół): Janots (2006) – brak w spisie literatury.

Str. 90, wiersz 9/10 (dół): Ague and Morris (1988) – brak w spisie literatury.

Str. 92, wiersz 3 (dół): Piepjohn (2019) – w spisie literatury jest Piepjohn et al. (2019).

Str. 92: błąd edytorski – pozostawione pół strony bez treści.

Str. 93, wiersz 5 (dół): Piepjohn (2020) – w spisie literatury jest Piepjohn et al. (2020).

Str. 93, wiersz 3 (dół): Manby et al. (1986) – w spisie literatury jest Manby (1986).

Str. 94, wiersz 1: Scrutton (1976) – brak w spisie literatury.

Str. 94, wiersz 1: Ohta et al. (1985) – brak w spisie literatury.

Str. 94, wiersz 2: Krasilščikov et al. (1995) – brak w spisie literatury.

Str. 96, wiersz 9 (dół), 3 (dół): Cawood et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 96, wiersz 6 (dół): Kirkland et al. (2007) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2007r.

Str. 98, wiersz 4: Kinny et al. (2000) – brak w spisie literatury.

Str. 98, wiersz 4: Kirkland et al. (2008b) – brak w spisie literatury.

Str. 98, wiersz 5: Olierook (2020) – w spisie literatury jest Olierook et al. (2020).

Str. 98, wiersz 8: Gee et al. (2014) – brak w spisie literatury.

Str. 98, wiersze 10/11 (dół): Malone et al. (2020) – brak w spisie literatury.

Str. 99, wiersze 14/15: Strauss et al. (2017) – brak w spisie literatury.

Str. 99, wiersz 8 (dół): Barnes et al. (2020) – w spisie literatury wymieniono dwie prace z 2020r.

Str. 100, wiersz 4: Tebenkov et al. (2002) – brak w spisie literatury.

Str. 100, wiersz 7: Gee and Page (1994) – brak w spisie literatury.

Str. 100, wiersz 10: Aarseth et al. (2017) – brak w spisie literatury.

Str. 100, wiersz 9 (dół): Birkenmajer (1976) – brak w spisie literatury.

Str. 102: praca Bingen et al. (2011) została wymieniona dwukrotnie.

Str. 102: Bjørnerud (2010) – brak cytowania w tekście.

Str. 103: brak rozróżnienia prac Cawood et al. (2007a) i Cawood et al. (2007b).

Str. 103-104: praca Cocks and Torsvik (2005) została wymieniona dwukrotnie.

Str. 104: praca Colpron and Nelson (2009) została wymieniona dwukrotnie.

Str. 105: Gee and Sturt (1985) – brak cytowania w tekście.

Str. 107: praca Handlari et al. (2010) została wymieniona dwukrotnie.

Str. 108: Jean-Marc Montel et al. (1996) – błędne cytowanie pracy. Powinno być Montel, J.-M., Foret, S., Veschambre, M., Nicollet, Ch., Provost, A. (1996) Electron microprobe dating of monazite. *Chemical Geology* 131, 37–53.

Str. 111: Majka et al. (2011) – brak cytowania w tekście.

Str. 111/112: występują dwie prace McAteer et al. (2010), bez wyróżnienia 2010a i 2010b.

Str. 112: McCreath et al. (2012) – brak cytowania w tekście.

Str. 136: należy wyjaśnić co oznacza czerwony kolor czcionki.

Str. 141: Wyniki analiz próbki PSK01 powinny być przedstawione w jednej tabeli.

Str. 150: błąd edytorski – pozostawiona pusta strona.

Str. 170: błąd edytorski – pozostawiona pusta strona.

Podsumowanie recenzji

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i cenne opracowanie geochronologiczne kaledońskiego podłoża południowo-zachodniej prowincji Svalbardu. Niemniej jednak, rozprawa nie została przygotowana z należytą starannością i zawiera liczne błędy, które wprawdzie nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, lecz mają wpływ na jej ogólną ocenę. Biorąc pod uwagę powyższe, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska w stopniu minimalnym spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst ujednolicony, Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz przez rozporządzenie MNiSzW z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz. U. 2018 r. poz. 261). Niniejszym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Grzegorza Ziemiaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

