

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym

dr. Mirosława Jastrzębskiego (Instytut Nauk Geologicznych, PAN)

Osiągnięcie naukowe pt. *Strefa nasunięcia moldanubskiego w Sudetach jako efekt waryscyjskiej kolizji terranów: wiek i pochodzenie terranów oraz ewolucja tektonometamorficzna strefy szwu kolizyjnego* stanowi cykl pięciu publikacji:

- [A1] Jastrzębski, M., Żelaźniewicz, A., Nowak, I., Murtezi, M., Larionov, A. N. 2010. Protolith age and provenance of metasedimentary rocks in Variscan allochthon units: U–Pb SHRIMP zircon data from the Orlica–Śnieżnik Dome, West Sudetes, *Geological Magazine*, 147, 416–433.
- [A2] Jastrzębski, M., 2012. New insights into the polyphase evolution of the Variscan suture zone: evidence from the Staré Město Belt, NE Bohemian Massif. *Geological Magazine*, 149, 945–963.
- [A3] Jastrzębski, M., Żelaźniewicz, A., Majka, J., Murtezi, M., Bazarnik, J., Kapitonov, I., 2013. Constraints on the Devonian–Carboniferous closure of the Rheic Ocean from a multimethod geochronology study of the Staré Město Belt in the Sudetes (Poland and the Czech Republic). *Lithos*, 170–171, 54–72.
- [A4] Jastrzębski, M., Stawikowski, W., Budzyń, B., Orłowski, R., 2014. Migmatization and large-scale folding in the Orlica–Śnieżnik Dome, NE Bohemian Massif: Pressure–Temperature–time–deformation constraints on Variscan terrane assembly. *Tectonophysics*, 360, 54–74.
- [A5] Jastrzębski, M., Żelaźniewicz, A., Murtezi, M., Larionov, A.N., Sergeev, S. 2015. The Moldanubian Thrust Zone - a terrane boundary in the Central European Variscides refined based on lithostratigraphy and U-Pb zircon geochronology. *Lithos*, 220–223, 116–132.

**Uwagi wstępne**

Recenzja została przygotowana na zlecenie Dyrektora Instytutu Nauk Geologicznych Polskiej Akademii prof. dr hab. Ewy Słaby pismem z dnia 19 kwietnia 2016 roku. Dr Mirosław Jastrzębski wskazał Instytut Nauk Geologicznych PAN jako jednostkę do przeprowadzenia przewodu habilitacyjnego.

Badania naukowe prowadzone przez dr Mirosława Jastrzębskiego dotyczą skał metaosadowych wschodniej części kopuły orlicko-śnieżnickiej oraz budowy i ewolucji strefy granicznej terranu saksoturyńskiego, należącego do grupy terranów armorykańskich Masywu Czeskiego oraz terranu brunowistuliańskiego (Brunovistulicum). Badania były prowadzone w wieloosobowych zespołach z wykorzystaniem metod kartograficznych petrograficznych, tektonicznych i oznaczeń wieku skał.

Dr Mirosław Jastrzębski studiował geologię na Uniwersytecie Wrocławskim. Studia ukończył w 2000 r. przedstawiając pracę magisterską pt. *Geneza okruszczowania skał w rejonie Marcinkowa (Masyw Śnieżnika)*. W latach 2000–2005 odbył studia doktoranckie w

Instytucie Nauk Geologicznych PAN uzyskując w 2005 r. stopień doktora nauk o Ziemi w zakresie geologii na podstawie rozprawy *Marmury w kopule orlicko-śnieżnickiej: historia tektoniczna i metamorficzna*, wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Żelaźniewicza. Recenzentami rozprawy byli: prof. dr hab. Paweł Aleksandrowski oraz prof. dr hab. Nonna Bakun-Czubarow. W 2005 r. został zatrudniony w Instytucie Nauk Geologicznych PAN, początkowo jako asystent, a następnie jako adiunkt i specjalista naukowo-techniczny.

### **Ocena osiągnięcia naukowego**

O dr. Mirosława Jastrzębskiego pt. *Strefa nasunięcia moldanubskiego w Sudetach jako efekt waryscyjskiej kolizji terranów: wiek i pochodzenie terranów oraz ewolucja tektonometamorficzna strefy szwu kolizyjnego* stanowi cykl pięciu publikacji, przedstawiających różne aspekty zagadnienia, będącego przedmiotem rozprawy. Jedna z prac jest publikacją indywidualną, pozostałe cztery są pracami zbiorowymi, w których udział Habilitanta wynosi ponad 50%. We wszystkich pracach Habilitant jest pierwszym autorem i pomysłodawcą koncepcji badań. Opis wkładu Habilitanta został przedstawiony w załączniku 4, udział procentowy współautorów i oświadczenia współautorów o udziale są przedstawione w załączniku 6.

Wszystkie prace wchodzące w skład rozprawy zostały opublikowane w latach 2010-2015 w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Geological Magazine* (2 prace – 2010, 2012), *Lithos* (2 prace – 2013, 2015), *Tectonophysics* (2014). Według wyliczeń Habilitanta suma współczynników dwuletniego IF z roku publikacji artykułów, składających się na osiągnięcie naukowe, wynosi 15.485, natomiast suma punktów MNiSW wynosi 185.

Osiągnięcie naukowe dr Mirosława Jastrzębskiego dotyczy środkowego, sudeckiego fragmentu strefy granicznej między grupą terranów armorykańskich, wchodzących w skład Masywu Czeskiego i terranu brunowistuliańskiego (mikrokontynent Brunovistulicum). Wymieniona strefa graniczna ma charakter nasunięcia o przebiegu NNE-SSW i długości 300 km. Odcinek południowy nosi nazwę nasunięcia moldanubskiego. Nazwa ta wprowadzona przez Suessa (!912) jest obecnie przyjęta dla całego nasunięcia, które na odcinku sudeckim znane jest jako nasunięcie ramzowskie i nyznerowkie, a na bloku przedsudeckim jako nasunięcie Strzelina.

Sudecki odcinek nasunięcia moldanubskiego był interpretowany jako granica pomiędzy Lagicum i Silesicum (Cloos, 1922) lub między Sudetami Zachodnimi i Wschodnimi (Bederke, 1929). Granica ta lokalizowana jest między kopułą orlicko-śnieżnicką i dewońską okrywą

kopuły Keprnika. Badania Habilitanta objęły 1) metaosadowe skały formacji Młynowca, położone we wschodniej części kopuły orlicko-śnieżnickiej; 2) metaosadowo-wulkaniczne skały górnej jednostki pasma Starego Města (tzw. serią Hraničnéj), oddzielonej od kopuły orlicko-śnieżnickiej nasunięciem bielickim; 3) metaosadowe skały, towarzyszące amfibolitom typu MORB, należące do środkowej jednostki pasma Starego Města; 4) metaosadowo-wulkaniczne skały dolnej jednostki pasma Starego Města, znajdujące się pomiędzy nasunięciami nyznerowskim zachodnim i wschodnim oraz 5) metawulkaniczne skały kopuły Velkego Vrbna, znajdujące się pomiędzy nasunięciem nyznerowskim wschodnim oraz nasunięciem ramzowskim.

Badania porównawcze wymienionych skał metaosadowych i metaosadowo-wulkanicznych strefy nasunięcia moldanubskiego w Sudetach były prowadzone przy użyciu analizy mezo- i mikrostrukturalnej, badań mikrosondowych, modelowań termodynamicznych oraz badań geochronologicznych. Z prac będących przedmiotem rozprawy habilitacyjnej przebija konsekwentne planowanie badań i logiczna kolejność prezentowania cząstkowych wyników, stopniowo prowadząca do uzyskania pełnego obrazu budowy i historii sudeckiego odcinka nasunięcia moldanubskiego. Zastosowanie tak rozległej metodyki było możliwe dzięki dobremu opanowaniu tych metod przez Habilitanta oraz dzięki współpracy specjalistów z wielu dziedzin. Brak takiej współpracy, szczególnie w początkowym etapie badań kopuły orlicko-śnieżnickiej, niekorzystnie odbił się rozumieniu skomplikowanej budowy i historii geologicznej tej jednostki. Umiejętność pracy zespołowej, którą Habilitant dobrze opanował, jest ważnym atutem w pracy naukowej.

Wśród zastosowanych metod brakuje metod geochemicznych. Poznanie geochemii badanych skał pozwoliłoby na określenie ich środowiska geotektonicznego, wykazanie różnic/podobieństw chemicznych między osadami różnego wieku. Wzmianki na temat geochemii badanych skał znajdują się np. w publikacji A5, wchodzącej w skład rozprawy habilitacyjnej, co świadczy, że takie badania były prowadzone, ale nie zostały opublikowane.

Podstawą wszelkich rozwiązań tektonicznych w obszarach metamorficznych jest znajomość wieku skał oraz wieku deformacji i przeobrażeń. Dlatego za najważniejsze osiągnięcie Habilitanta należy uznać ustalenie wieku i pochodzenia protolitów skał metaosadowo-wulkanicznych, występujących w obrębie strefy północnego przedłużenia nasunięcia moldanubskiego. W pracach będących podstawą postępowania habilitacyjnego przedstawione zostały wyniki badań wieku cyrkonów z kilkunastu próbek.

Badania wieku cyrkonów detrytycznych pochodzących z paragnejsów formacji Młynowca w kopule orlicko-śnieżnickiej, cyrkonów detrytycznych występujących w kwarcytach z

Bruska, a także magmowych i odziedziczonych cyrkonów ze skał metawulkanicznych pasma Starego Města (SSM) oraz skał metawulkanicznych kopuły Velkego Vrbna przeprowadzono metodą SHRIMP.

Datowania cyrkonów detrytycznych ze skał formacji Młynowca, wchodzącej w skład skrzydła stropowego waryscyjskiej strefy kolizji, wskazują na prawdopodobny związek tej formacji z zachodnio-afrykańską częścią Gondwany i z terranem saksoturyńskim. Wniosek Habilitanta i współautorów (2010), że obecność w formacji Młynowca cyrkonów o wieku 540-530 mln lat świadczy o tym, że sedimentacja ich skał wyjściowych nie odbywała się w proterozoiku oraz, że formacją Młynowca i formacją Stronia stanowią jedną sekwencję metaosadowo-wulkaniczną (np. Smulikowski 1979, Wojciechowska 1993) została zakwestionowana przez Mazura et al. (2012), którzy przedstawili argumenty za brakiem ciągłości sedimentacji obu formacji. Odpowiedzią na ten zarzut były dalsze badania Habilitanta i współautorów (A4, A5). Zdaniem Habilitanta relacje przestrzenne pomiędzy różnymi typami skał metaosadowych w kopule orlicko-śnieżnickiej, zapis mikrostrukturalny oraz dalsze badania geochronologiczne wskazują na strukturalną oraz metamorficzną ciągłość późno-kambryjskiej grupy metaosadowo-wulkanicznej w kopule orlicko-śnieżnickiej. Mimo dowodów przedstawionych przez Habilitanta, ciągłość osadową formacji Młynowca i Stronia Śląskiego nie została jednak udowodniona, ponieważ ani strukturalna ani metamorficzna jedność obu formacji nie są dowodem na wiek ich protolitu, a jedynie dowodzą tego, że obie formacje były deformowane i metamorfizowane w tym samym czasie. Relacje przestrzenne mogły ulec zniekształceniu podczas deformacji. Wiek skał nie tylko metaosadowych, oparty na badaniach wieku cyrkonów metodą SHRIMP, bywa dyskusyjny z powodu trudności napotykanych przy interpretacji wyników. Różnice we wnioskach Habilitanta i Mazura et al. (2012) dotyczących wieku formacji Młynowca, wynikają właśnie z różnic interpretacji znaczenia uzyskanych pomiarów. Brak pewności odnośnie wieku formacji Młynowca, nie ma jednak znaczenia dla odtworzenia historii tektonometamorficznej środkowego odcinka nasunięcia moldanubskiego.

Ważnym wkładem dr Jastrzębskiego w ustalenie przynależności skał pasma Starego Města do terranu saksoturyńskiego były datowania skał metawulkanicznych górnej i dolnej jednostki tego pasma, które wykazały wieki  $493 \pm 4$  i  $498 \pm 5$  mln lat, analogiczne jak wieki skał metawulkanicznych formacji Stronia. Podobny wiek depozycji został także oszacowany dla kwarcytów z Bruska, znajdujących się na granicy pasma Starego Města i kopuły Velkego Vrbna, co pozwoliło na zaliczenie ich do pierwszej z wymienionych jednostek.

Habilitant ustalił również wiek U-Pb cyrkonów z metadacytu i metabazaltu z wyższej strukturalnie części kopuły Velkego Vrbna na  $558 \pm 4$  i  $557 \pm 4$  mln lat. Wyniki te ostatecznie potwierdzają zakładaną wcześniej przynależność kopuły Velkego Vrbna do Brunovistulicum, a zarazem wskazują na wyraźne różnice wieków cyrkonowych dla obu skrzydeł nasunięcia moldanubskiego, udowodnione wcześniej dla obszaru przedsudeckiego (Oberc-Dziedzic et al. 2003, 2005; Mazur et al. 2010). Pozwalają one również na stwierdzenie, że główną granicą tektoniczną strefy nasunięć moldanubskich w Sudetach jest w nasunięcie nyznerowskie wschodnie zlokalizowane w spągu wydłużonego ciała kwarcytów z Bruska i lokalnie stowarzyszone z ciałami serpentynitów. Wniosek ten jest ważny i kończy dyskusję na temat lokalizacji granicy Sudetów Zachodnich i Wschodnich trwającą od 100 lat.

Kolejnym ważnym osiągnięciem dr Mirosława Jastrzębskiego jest przedstawienie ewolucji tektono-metamorficznej strefy nasunięć moldanubskich. Ewolucja ta przedstawiona jest zgodnie ze standardami obowiązującymi we współczesnej geologii. Habilitant wykazał, że skały strefy nasunięć moldanubskich były poddane czterem etapom deformacji, określił orientację struktur powstałych w poszczególnych etapach i zmiany tej orientacji związane z przebudową podczas kolejnych etapów. Dla każdego etapu deformacji określono genezę struktur tektonicznych i reżim, w jakim powstawały.

Wszystkie etapy deformacji Habilitant wiąże z wielofazową ewolucją waryscyjską. Habilitant w przekonujący sposób dowiódł, że w strefie Starego Města nie istnieją postulowane przez niektórych autorów foliacje metamorficzne wieku kambro-ordowickiego.

Badania strukturalne dr Jastrzębskiego nad granicami tektonicznymi w obrębie szwu wykazały, że regionalne uskoki o przebiegu NNE-SSW mają charakter uskoków podatnych, które ukształtowały się etapach tektonicznych D2 i D3. W pobliżu granicy między górną a środkową jednostką pasma Starego Města zaznacza się mylonityzacja związaną z etapem D2. W sąsiedztwie nasunięcia bielickiego, nyznerowskiego zachodniego i wschodniego w skałach zaznacza się nałożona, bardzo silna deformacja ścięciowa związana z etapem D3.

Dla poszczególnych etapów deformacji został odtworzony zapis P-T (ciśnienie-temperatura) w oparciu o modelowniami termodynamiczne w systemie MnNCKFMASH. Badania Habilitanta ujawniły również różnice w zapisie P-T dla poszczególnych skał metaosadowych badanego obszaru.

Ważnym osiągnięciem Habilitanta jest określenie ram czasowych sekwencji zdarzeń tektonicznych i metamorficznych D1-D4 przy pomocy datowania minerałów: monacytu metodą chemiczną, granatu metodą Lu-Hf i cyrkonu metodą U-Pb. Datowania minerałów udowodniły fameński i wizeński wiek dwóch najważniejszych wydarzeń metamorficznych

(368-355 mln lat). Uzyskane dane wskazują, że progresywny metamorfizm regionalny związany z kontrakcyjną deformacją D2 miał miejsce na przełomie famenu i turneju. Datowania U-Pb cyrkonów pochodzących leukosomów powstałych pod koniec etapu D2 wykazały wieki ~ 355 Ma i ~ 359 mln lat. Zewnętrzne obwódki i samodzielne ziarna monacytu o wieku ~340 mln lat prawdopodobnie reprezentują etap D3 powszechnie zapisany w skałach badanego obszaru. Podczas tego etapu doszło także do intruzji granitoidów w osiowej części pasma Starego Města. Wiek tych skał został wcześniej określony przez Parry et al. (1997)

W podsumowaniu opisu osiągnięcia naukowego dr Mirosław Jastrzębski przedstawił rekonstrukcję wydarzeń w strefie szwu kolizji kontynentalnej na granicy domen Lugicum i Silesicum, tj terranu saksoturyńskiego i terranu Brunovistulicum. Kolizja ta rozpoczęła się w późnym dewonie i miała kierunek W–E. Skały znajdujące się w obrębie strefy kolizji zostały pogrążone na głębokość odpowiadającą ciśnieniu 7-9 kbar, zaś skały jednostki środkowej pasma Starego Města i zmięmatyzowana część formacji Młynowca osiągnęły głębokość odpowiadającą 9-11 kbar. Na przełomie famenu i turneju w wyniku dalszego podsuwania się terranu Brunovistulicum pod terran saksoturyński doszło do fałdowań o zwrocie góra ku E i wyniesienia mas skalnych do głębokości odpowiadającej 5,5-7,0 kbar przy temperaturowym pikie metamorfizmu. Według Habilitanta progresja termiczna wiązała się lokalnie z częściowym topieniem skał, co miało miejsce na we wczesnym turneju. Stwierdzenie to nie wydaje się słuszne, bowiem czynnikiem inicjującym topienie skał nie jest dalszy wzrost temperatury, a szybki spadek ciśnienia. W kopule Velkego Vrbna doszło do rozwoju wewnętrznego nasunięcia dzielącego kopułę na dwie części, których wyższa zawiera relikty skał wysokociśnieniowych, które dowodzą subdukcji terranu Brunovistulicum, skierowanej na zachód, a poprzedzającej kolizję terranów. W wizenie na granicy terranów miały miejsce późno-orogeniczne, prawoskrętne przemieszczenia, a także ruch o kinematyce góra ku N(NNE). Obszar szwu tektonicznego został wtedy zdominowany przez ruchy transpresyjne, podczas których doszło do intruzji magm granitoidowych. Kontynuacją reżimu transpresyjnego spowodowała wielkoskalowe fałdowanie w skałach formacji Młynowca i częściową przebudowę stuktury strefy kolizji, co spowodowało lokalną zmianę orientacji przestrzennej kontaktów litologicznych i penetratywnych foliacji S2/S3.

### **Ocena dorobku naukowego**

Dr Mirosław Jastrzębski jest autorem lub współautorem 12 artykułów, z których 9 zostało opublikowanych w czasopismach indeksowanych, w 3 czasopismach nieindeksowanych. Z tej

liczby 5 artykułów stanowi rozprawę habilitacyjną. Spośród wymienionych 12 prac, 11 zostało opublikowanych po doktoracie. Większość z nich (9) to prace współautorskie, w pozostałych dr Jastrzębski jest jedynym autorem. Jedna praca znajduje się w druku. Są to prace cytowane. Według bazy Web of Science (WoS) liczba cytowań publikacji wynosi 49, a indeks Hirscha 4. Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 21.557. Lista publikacji obejmuje również 26 abstraktów konferencyjnych. Są to niezłe parametry, jak na młodego badacza.

Prace nie wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej przedstawiają wyniki badań dr. Jastrzębskiego nad genezą i sekwencją struktur tektonicznych (fałdów, foliacji, lineacji) oraz warunków P-T podczas kolejnych etapów deformacji skał metaosadowo-wulkanicznej formacji Stronia. Ważnymi osiągnięciami tych badań było wykazanie w obrębie formacji Stronia zonalności metamorficznej, a także potwierdzenie wieloetapowego przebiegu ewolucji strukturalnej i późnokambryjskiego wieku formacji Stronia przy zastosowaniu badań geochronologicznych nad monocytem. Za artykuł w *International Journal of Earth Sciences* (2009), w którym zostały przedstawione te osiągnięcia, dr Jastrzębski otrzymał nagrodę „Radek Melka Award”, przyznaną przez Środkowo-Europejską Grupę Tektoniczną za najlepszy artykuł młodego naukowca.

Ostatnio dr Jastrzębski podjął badania skał wysokociśnieniowych w północnej części Masywu Czeskiego, których celem jest zaprezentowanie modelu tektonicznego Masywu Czeskiego. Dotychczasowe badania w ramach realizacji tego tematu prowadzone we współpracy z dr. B. Budzynie (INGPAN) zaowocowały opublikowaniem artykułu, dotyczącym granulitów z kopuły orlicko-śnieżnickiej, w którym określone zostały warunki metamorfizmu tych skał i moment (wiek) wyniesienia i ochłodzenia skał wysokociśnieniowych w północnej części Masywu Czeskiego.

Innym tematem badawczym podjętym przez dr. Jastrzębskiego jest geneza magm oraz wieki krystalizacji skał magmowych w Sudetach Środkowych. Do tej pory została opublikowana wspólnie z dr Budzynie jedna praca, w której podano oznaczenia wieków monocytowych granitoidów jawornickich (~343 mln lat) oraz kłodzko-złotostockich (~329 mln lat).

Ocena dorobku naukowego, nie będącego przedmiotem rozprawy habilitacyjnej jest pozytywna. Habilitant planuje podjęcie badań nad problemami szeroko dyskutowanymi w literaturze światowej i wymagającymi opanowania nowych dziedzin wiedzy geologicznej.

## **Udział w konferencjach naukowych**

Dr Mirosław Jastrzębski uczestniczył w 26 konferencjach naukowych krajowych i międzynarodowych, na których prezentował wyniki swoich prac w wygłaszanych referatach (3), wystąpieniach podczas wycieczek terenowych oraz w posterach (26) i abstraktach konferencyjnych (26). Brał również udział w organizacji jednej konferencji międzynarodowej.

### **Inne aspekty działalności naukowej**

Dr Mirosław Jastrzębski uczestniczył dotychczas w realizacji 6 grantów naukowych, czterokrotnie jako kierownik i dwukrotnie jako wykonawca.

Osiągnięcia dydaktyczne dr Jastrzębskiego są bardzo skromne. Jest on współpromotorem dwóch prac magisterskich. Na uwagę i uznanie zasługują jego prace popularyzatorska wyrażająca się prowadzeniem warsztatów, wygłaszaniem referatów, udziałem w organizacji wystaw na różnych imprezach popularno-naukowych takich jak Dolnośląski Festiwal Nauki, giełda minerałów i inne.

### **Wniosek końcowy.**

Podsumowując recenzję pragnę stwierdzić, że rozprawa habilitacyjna dr. Mirosława Jastrzębskiego wnosi istotny wkład w nie tylko w odtworzenie historii powstania sudeckiej części nasunięcia moldanubskiego, lecz również w lepsze rozumienie procesów prowadzących do powstania środkowo-europejskiej części orogenu waryscyjskiego. Dorobek naukowy dr Jastrzębskiego, jakkolwiek niezbyt obfity, jest oryginalny, publikowany w czasopiśmie o wysokim rankingu i cytowany.

Zarówno dorobek naukowy dr Mirosława Jastrzębskiego jak i rozprawa habilitacyjna spełniają według mnie warunki określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku, wraz z późniejszymi zmianami, o tytule naukowym i stopniach naukowych (wraz z późniejszymi zmianami). Uzasadnia to w pełni nadanie dr Mirosławowi Jastrzębskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego. W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej oraz dopuszczenie dr Mirosława Jastrzębskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

*Teresa Oban-Sieckan*