

dr inż. Miłosz Huber

Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Autoreferat

Lublin, 2022

1. Imię i nazwisko:

Miłosz Andrzej Huber

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- **2001 rok, tytuł magistra inżyniera nadany na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska w Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH) w Krakowie.**

Temat pracy magisterskiej: „Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał zasadowych laplandzkiego pasa granulitowego Kola z okolicy Kandalaksza nad Morzem Białym (Płw. Kola, Płn. Rosja).”

Promotor: prof. dr hab. Wiesław Heflik (AGH)

Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Manecki (AGH)

- **2006 rok, stopień doktora nauk o Ziemi uzyskany na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska w Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH) w Krakowie.**

Temat rozprawy doktorskiej: „Studium mineralogiczno-petrograficzne skał krystalicznych laplandzkiego pasa granulitowego Kola z okolicy Kandalaksza nad Morzem Białym (Płw. Kola, północna Rosja).”

Promotor: prof. dr hab. Wiesław Heflik (AGH)

Recenzenci: prof. dr hab. Andrzej Muszyński (UAM), prof. dr hab. inż. Tadeusz Ratajczak (AGH)

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

- 2001-2006: studia doktoranckie na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo- Hutniczej w Krakowie
- 2005-2006: asystent w Zakładzie Geologii i Ochrony Litosfery Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie (UMCS)
- 2006-2018: adiunkt w Zakładzie Geologii i Ochrony Litosfery UMCS
- 2010-2014: umowa-zlecenie w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim
- 2018-2019: asystent w Zakładzie Geologii i Gleboznawstwa UMCS
- 2019 – obecnie: adiunkt w Katedrze Geologii, Gleboznawstwa i Geoinformacji w Instytucie Nauk o Ziemi i Środowisku UMCS

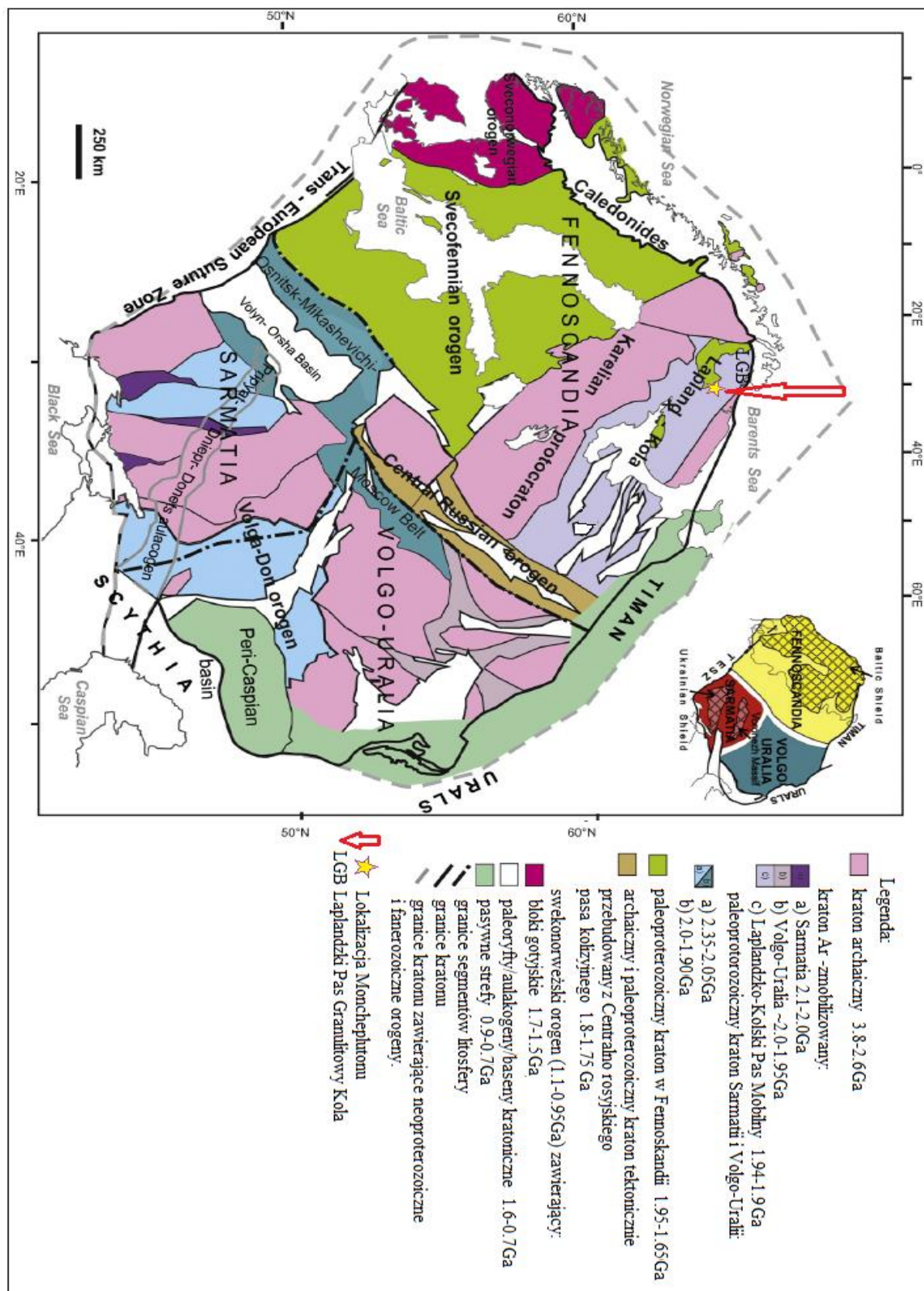
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy

Osiągnięciem naukowym jest monografia pt.: „Ewolucja kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego na przykładzie platynonośnej paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu”

Nota bibliograficzna: Huber M., 2021; Ewolucja kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego na przykładzie platynonośnej paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu. Wyd. UMCS, ss. 234. ISBN: 987-83-227-9412-8; recenzent wydawniczy: prof. dr hab. Wiesław Heflik (AGH).

4.1. Zarys problemu i cele badawcze

Północno-wschodnia Fennoskandia, stanowi obszar odsłaniających się na powierzchni skał magmowych i metamorficznych, które są najstarszą częścią kratonu wschodnioeuropejskiego. Umożliwia to wgląd w najstarsze utwory Europy, praktycznie bez konieczności prowadzenia głębokich wierceń. Znajdujący się w północnej Europie kolsko-laplandzki pas mobilny przecina północno – wschodnią Fennoskandię od północnego zachodu po południowy wschód (ryc. 1). Podczas odrywania się Fennoskandii od superkontynentu Kenorland powstały głębokie rozłamy, które wypełniły intruzje skał ultrazasadowych i zasadowych (Mitrofanov 2000, Lubnina, Sablunov 2019). Jedną z nich jest intruzja moncheplutonu, która utworzyła się ok. 2,5 miliarda lat temu. Kolsko-laplandzki pas mobilny był aktywny jeszcze przez okres co najmniej dwóch miliardów lat. Wskazują na to liczne w tym rejonie przejawy magmatyzmu, metamorfizmu oraz formy tektoniczne. W początkowej fazie tworzenia się jego struktury doszło do czterech impulsów magmatyzmu. W najstarszym z nich powstała warstwowana ultrazasadowo-zasadowa intruzja paleoproterozoiczna moncheplutonu (ok. 2,5 miliarda lat temu, ryc. 2, 3). Masyw tej intruzji znajduje się w miejscu szczególnym. Razem z bliźniaczą intruzją monchetundrowską występują w strefie osiowej paleoryftu. W późniejszym etapie ich ewolucji, w wyniku kolizji pomiędzy archaicznymi blokami – białomorskim na południu i zachodzie oraz kolskim na północy i wschodzie – strefa ta uległa tektonicznej przebudowie (Pozhylienکو i in., 2002, Bayanova 2004, Mitrofanov, Smolkin 2004, Baluev 2006, Baluev i in. 2009, Baltybaev 2013, Mitrofanov i in., 2019). Intruzja moncheplutonu posiada kształt zbliżony do dwu „skrzydeł”, pierwsze o przebiegu mniej więcej południkowym (N-S), drugie – równoleżnikowym (W-E).



Ryc. 1. Fennoskandia oraz kolsko-laplandzki pas mobilny na tle jednostek tektonicznych Europy Wschodniej (wg. Gee, Stephenson 2005, Bogdanova, Gorbatshev 2016, w znacznym stopniu zmienione).

(w szczególności izotopowych), niewiele miejsca poświęcono dotychczas także analizie procesów wtórnych, skupiając się głównie na metalogenii i aspektach złożowych.

Autor prowadził badania regionu NE Fennoskandii od 1999 roku, charakteryzując poszczególne jednostki i masywy geologiczne (laplandzki pas granulitowy oraz intruzje alkaliczne) w ramach pracy magisterskiej (2001) oraz doktorskiej (2005) a także w licznych publikacjach (Huber i in. 2007, 2012, 2016, 2017a,b, 2018a, 2021, 2022, Huber 2014a,b, 2015). W omawianym osiągnięciu autor skupił się na badaniach intruzji moncheplutonu – zajmującej centralne miejsce w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym oraz rekonstrukcji ewolucji tego pasa z uwzględnieniem procesów geologicznych w całym omawianym regionie.

Określenie wpływu kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego na rozwój geologii omawianego obszaru jest istotnym zagadnieniem badawczym. Zdecydowało to o podjęciu przez autora opracowania próby odtworzenia ewolucji tego pasa. Została ona zbadana na przykładzie analizy platynonośnej paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu oraz 13 wybranych masywów znajdujących się w bezpośrednim jej otoczeniu. Stanowi to kontynuację badań, podjętych jeszcze przed doktoratem, związanych z ustaleniem rozwoju budowy geologicznej NE Fennoskandii na przykładzie Półwyspu Kolskiego. Wybór intruzji moncheplutonu jako jednostki reprezentatywnej jest spowodowany tym, że należy ona do najstarszych przejawów magmatyzmu w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym. Występują w niej także liczne efekty działalności procesów powiązanych z kolejnymi fazami rozwoju tego pasa. Intruzja stanowi obecnie sieć rozczłonkowanych uskokami bloków skał ultrazasadowych i zasadowych z przejawami różnorodnego metamorfizmu. Tworzą ją skały zbudowane z oliwinów, piroksenów oraz innych krzemianów i towarzyszące im okruszcowanie tlenkowe (żelaza, chromu) oraz siarczkowe (miedzi, niklu, żelaza) z minerałami platyny i palladu. Formy tej mineralizacji są bardzo zróżnicowane. Badania poszczególnych masywów stanowiących strukturę kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego sięgają początków XX wieku (Pozhylienکو i in. 2002). Zostały one zapoczątkowane dopiero po umożliwieniu usystematyzowanego poboru z nich prób skał, dotychczas niedostępnych z uwagi na trudne warunki środowiskowe. Pierwsze opracowania masywów wchodzących w skład tej struktury miały cel głównie gospodarczy, skupiając się na mineralizacji kruszczowej. Z końcem XX wieku, kiedy złoża metali kolorowych w tym regionie uległy wyczerpaniu, podjęto dopiero systematyczne badania mineralogiczno - petrograficzne zalegających na nich skał oraz towarzyszącej im mineralizacji kruszczowej. Szczególną rolę w tych badaniach odgrywają współczesne metody instrumentalne oraz izotopowe. Umożliwiły one syntetyczny

opis poszczególnych jednostek tektonicznych oraz określenie ich genezy (Yang i in. 2016). Zapoczątkowane w tym czasie nowoczesne analizy tektoniki górotworu, wykorzystywane w północnej Europie, przyczyniły się do wydzielenia w Fennoskandii nadrzędnych jednostek tektonicznych takich jak kolsko-laplandzki pas mobilny. Przyjęto, że rozpad superkontynentu Kenorland oraz rozwój magmatyzmu w północnowschodniej Fennoskandii miał miejsce około 2,5 miliarda lat temu. Koncepcja ewolucji skał moncheplutonu oraz kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego w okresie ostatnich 2,5 miliarda lat została przyjęta przez autora na podstawie zebranych danych oraz wyników badań geochemicznych i tektonicznych.

Do kluczowych **celów badawczych** opracowania należą:

- Rekonstrukcja ewolucji kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego oraz charakterystyka jego budowy geologicznej i tektoniki.
- Ustalenie warunków krystalizacji minerałów skałotwórczych i akcesorycznych w występujących odmianach petrograficznych skał paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu oraz utworów skalnych z sąsiednich masywów.
- Określenie etapów formowania się mineralizacji rudnej moncheplutonu przy zastosowaniu nowoczesnych metod analizy fazowej.
- Charakterystyka procesów przeobrażeń zachodzących w kompleksie skał paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu:
 - a. magmowych,
 - b. postmagmowych,
 - c. metamorficznych.
- Ustalenie różnorodności petrograficznej oraz własności geochemicznych skał i schematu kolejności mineralizacji rudnej moncheplutonu.
- Określenie wpływu budowy geologicznej i tektoniki moncheplutonu na rozwój magmatyzmu, metamorfizmu i innych procesów przeobrażeń oraz krystalizacji mineralizacji rudnej.

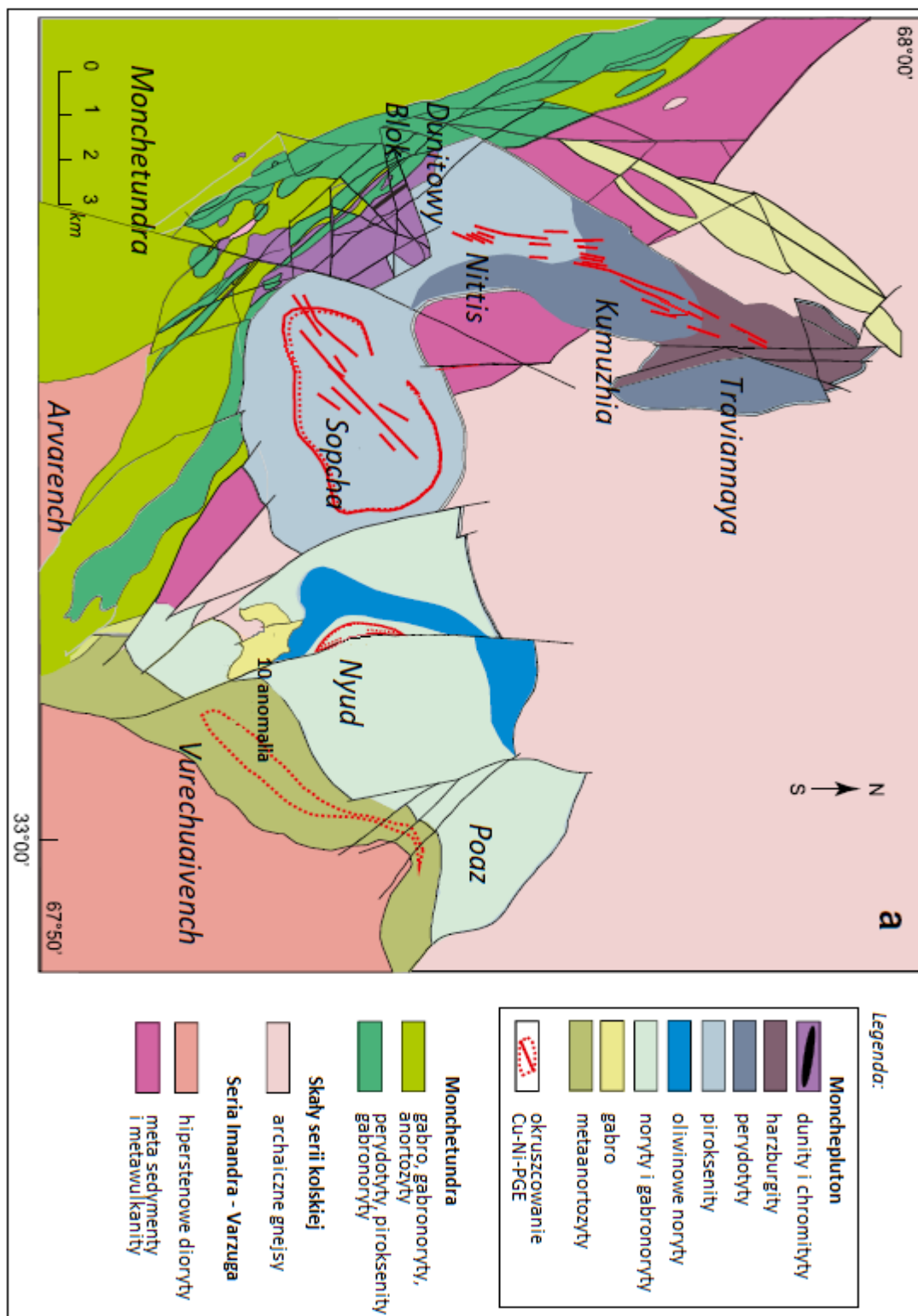
Metody badawcze. Realizacja celów możliwa była dzięki przeprowadzeniu badań terenowych oraz laboratoryjnych. Badania terenowe zostały zrealizowane w latach 2013–2019. W trakcie kartowania geologicznego odnotowano zróżnicowanie skał, ich wzajemne położenie i zmienność, z wykorzystaniem geologicznych pomiarów przy użyciu kompasu geologicznego oraz obserwacji skał na powierzchni terenu oraz w nieczynnych wyrobiskach. Wykonano również analizę litologiczną rdzeni wiertniczych, zdeponowanych w oddziale Rosyjskiej Akademii Nauk w Apatitach. Próbkę pobierano w masywach, kluczowych dla

poznania mineralogii, petrografii i tektoniki. Wstępnie – na podstawie map geologicznych – wytypowano miejsca, a w terenie pobierano je w odstępach około 200 m lub w przypadku stwierdzenia widocznych zmian mineralogicznych i teksturalnych skał. W terenie zwracano uwagę na przejawy mineralizacji rudnej oraz procesów wtórnych. Pobierano próbki świeżych, niezmiennych skał oraz towarzyszących im utworów żyłowych; badano także przebieg widocznych w terenie uskoków. Zebrano łącznie 776 próbek skał, w tym 202 próbki z masywu moncheplutonu, do szczegółowych badań mineralogiczno-petrograficznych. W badaniach uwzględniono obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym i odbitym, z zastosowaniem mikroskop Leica DM2500P w Instytucie Nauk o Ziemi i Środowisku UMCS. Umożliwiły one przeprowadzenie klasyfikacji badanych skał oraz sporządzenie szczegółowych charakterystyk obecnych w nich minerałów a także wyodrębnienie spośród nich sekwencji faz metamorficznych oraz produktów przeobrażeń magmowych i postmagmaowych. Sekwencję krystalizacji minerałów i diagnostykę procesów wtórnych przeprowadzono korzystając z opracowań: Yakovlev i in. 1991, Heflik 1993, Miyashiro 1994, Arzamastsev i in. 2007, 2009, Rundkvist i in., 2018 i Bayanova i in. 2019. Wykonano 12748 analiz składu fazowego minerałów skałotwórczych oraz faz rudnych (w 71 próbkach) z użyciem metod mikroskopii elektronowej (SEM-EDS w skaningowym mikroskopie elektronowym Hitachi SU6600 w Instytucie Nauk o Ziemi i Środowisku UMCS). Analizy te umożliwiły określenie sekwencji krystalizacji minerałów, wskazanie stopnia zaawansowania procesów pomagmaowych i metamorficznych poprzez identyfikację fazową oraz uszeregowanie asocjacji mineralnych występujących w omawianych skałach. Wykonano także analizy geochemiczne w 116 próbkach skał, w tym 39 próbkach z moncheplutonu z wykorzystaniem techniki ICP-OES z użyciem spektrometru X Series 2, firmy Thermo Scientific oraz XRF z użyciem spektrometru Epsilon 5 Panalytical (w Instytucie Nauk o Ziemi i Środowisku UMCS). Wyniki te stały się podstawą do interpretacji ewolucji masywu moncheplutonu oraz jednostek sąsiednich, a w szerszym kontekście – usystematyzowania ewolucji kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego. Interpretacja tych wyników była przeprowadzona na podstawie prac: Steiger i Jäger 1977, Zehnder, Zinder 1980, Goldstein, Jacobsen 1988, Rudnick, Gao 2003, Smolkin 2004, Mitrofanov, Sharkov 2006, Serov i in. 2007, Zhao i in. 2007, Hałas i in. 2009, Krivolutskaya i in. 2010, Huber i in. 2012, Bogina i in. 2018, Bayanova i in. 2019. Autor wykonał także 81 analiz izotopowych ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, Sm-Nd), których rezultaty posłużyły do oceny udziału pierwotnych składników płaszcza Ziemi oraz materiału suprakrustalnego w utworach moncheplutonu (Hattori i in. 1983,

Farquhar i in. 2000, Ono i in. 2006, Hałas i in., 2009, Bao 2015, Huber i in. 2016, Hałas, Pieńkos 2017). Wykonano je w spektrometrze MI 1305 w Instytucie Fizyki UMCS, oraz w spektrometrze Cameca IMS 1280-HR SIMS w Geowissenschaft (GFZ) w Poczdamie. Analizy Sm-Nd wykonano w spektrometrze Finnigan MAT 262 (RPQ) w Centrum Geologicznym KNC RAN w Apatitach).

4.2. Omówienie osiągniętych wyników badań oraz możliwości ich wykorzystania

Znajdująca się w centralnej części kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego intruzja moncheplutonu stanowi ważne ogniwo związane z rozwojem budowy geologicznej omawianego regionu (ryc. 1). W intruzji tej – w bloku dunitowym, masywach Traviannaya i Kumuzhia – występują głównie dunity, chromityty i harzburgity. Masywy Nittis i Sopcha zbudowane są głównie z ortopiroksenitów. Stanowią wzniesienia, wśród których spotyka się wkładki harzburgitów a także skał okruszczowanych siarczkami. W masywach Nyud i Poaz odsłaniają się noryty, gabronoryty oraz gabra a w masywie Vurechuaivench – gabroanortozyty. W większości tych masywów występują strefy nazywane krytycznymi, w których pojawiają się skały bardziej zasobne w oliwiny, niekiedy z ksenolitami skał suprakrystalnych oraz okruszczowaniem siarczkowym. Wszystkie wyżej wymienione skały wykazują przejawy różnych procesów wtórnych oraz poprzecinane są różnorodnymi żyłami. Obok omawianych skał, w strefach uskokowych obecne są utwory metamorfizmu dynamicznego, mylonity, oraz skały przeobrażone w facji epidotowo-amfibolowej. Odsłaniają się one w stokach Traviannaya, Kumuzhia i w północnych stokach Sopcha. Skały intruzji moncheplutonu w sposób nierównomierny objęte są procesami autometamorfizmu. Bogate w oliwin pod wpływem fluidów zawartych w magmie uległy zserpentyzowaniu. W przestrzeniach między kryształami ortopiroksenu wykrystalizował klinopiroksen. Obecne w skałach minerały wykazują często zonalną budowę, m. in. w kryształach chromitu. W oliwinach i piroksenach zaznacza się wysoka zawartość magnezu. Plagioklasy zasobne są w cząsteczkę anortytową. Minerądom tym często towarzyszy goethyt, biotyt i flogopit oraz talk. Gabroidy są zsaussurytyzowane, najczęściej w strefach spękań, gdzie dochodziło do migracji różnego rodzaju fluidów. W strefach tych stwierdzono także produkty metasomatozy. W skałach moncheplutonu przeobrażenia te spowodowane przez roztwory hydrotermalne. Duży wpływ na to miały zapewne również tworzące się w nich żyły dolerytów, lamprofirów, granitoidów i skał prehnitowo-kalcytowych.



Ryc. 3. Schemat rozmieszczenia bloków moncheplotonu (wg Mitrofanov, Smolkin 2004, zmodyfikowany przez autora).

Mineralizację siarczkową w tej intruzji stanowią głównie fazy Cu-Ni-Fe, reprezentowane przez takie minerały jak milleryt, troilit, rutenit, pirotyn, pentlandyt.

Podczas iniekcji magmy w zastygające skały moncheplutonu doszło do powstania autobrekcji. Utworzyły się tzw. strefy krytyczne. W skałach piroksenowych i piroksenowo-plagioklazowych, uformowały się kumulaty oliwinowo - chromitowe z ortopiroksenem. Pod wpływem iniekcji magmy wykryzalizowały: uraninit, thorianit, clausthalit, linneit. Fluidy z głębokich stref Ziemi spowodowały krystalizację minerałów platyny i palladu takich jak insizvait, hessyt, kotulskit, masłowit, merenskit, mitrofanovit, moncheit, moncheneroit, pallad rodzimy, poliaryt, törnroosite, sperylyt, telluropalladynit, wołynskit a także zvygiancevit. Miało to miejsce najczęściej w sąsiedztwie nagromadzeń siarczków: pentlandytu i chalkopirytu. W końcowej fazie krystalizacji teletermalnej wykryzalizowały bornit, digenit oraz węglany i siarczany. W strefach utlenienia siarczków stwierdzono obecność takich minerałów, jak litharge, massicot i in. W południowo-wschodniej i w zachodniej części moncheplutonu około 2,2 mld lat temu doszło do przeobrażenia skał w produkty facji amfibolitowej i epidotowo-amfibolitowej w przedziale temperatur 400-600°C. Inne zmiany występujących w tej części skał nastąpiły wskutek kolizji bloków białomorskiego i kolskiego. Powstał wówczas laplandzki pas granulitowy oraz szereg dajek dolerytu w masywie moncheplutonu.

Przecinające intruzję moncheplutonu dajki dolerytów przyczyniły się do przeobrażenia jego skał. Wzbogacone zostały wówczas w kwarc, ortoklaz, epidot, klinozoisyt, tytanit oraz w siarczki, galenę, sfaleryt i cynkit. Najmłodszą generacją mineralną w skałach moncheplutonu stanowią prehnit, hematyt i węglany. Krystalizacja węglanów wiąże się z oddziaływaniem plamy gorąca, odmłodzeniem tektonicznym regionu kolskiego i utworzeniem szeregu intruzji alkalicznych, które miało miejsce w okresie 400-350 mln lat temu (Huber 2015).

Zawartość pierwiastków głównych i śladowych w skałach intruzji moncheplutonu wskazuje, że powstała ona w wyniku oddziaływania plamy gorąca (wiek 2507-2497 mln lat). Jest zatem najstarszą tego typu intruzją w strefie kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego, NE Fennoskandii. Uformowała się z pierwotnych magm (o charakterze zbliżonym do Middle Ocean Ridge Basalts – MORB). Świadczy o tym podwyższona zawartość w tej intruzji pierwiastków ziem rzadkich (HREE) głównie z grupy iterbu i selenu oraz mineralizacja platynonośna (PGE). Potwierdzają to także wyniki badań izotopów helu ($^4\text{He}/^3\text{He}$) oraz analizy izotopowe (ϵNd) i charakterystyki izotopowe siarki ($\delta^{34}\text{S}$) w siarczkach (omówione w rozdziale dziesiątym). Z badań geochemicznych wynika także, iż w etapie początkowym

formowania się intruzji moncheplutonu doszło do znacznego jej wzbogacenia w materiał suprakrystalny archaicznych skał kratonicznych. Spowodowało to zmiany izotopowe i chemiczne magmy oraz krystalizację polimetalicznego okruszcowania z udziałem takich pierwiastków jak: Zr, Au, Ag, U, Th. Pierwotna magma była uboga w krzemionkę, wzbogaciła się w nią dopiero w wyniku przetapiania skał suprakrystalnych. Zawartości domieszek niklu w oliwinie (2500-5800 ppm) oraz stosunek renu do osmu w chromitach z dunitowego bloku wskazują, że minerały te wykryły się z prymitywnych magm pochodzących z płaszcza Ziemi.

Rezultaty badań geochemicznych skał moncheplutonu znajdują odzwierciedlenie w wynikach analiz izotopów stabilnych $\delta^{34}\text{S}$ wyseparowanych z siarczków. Wykazały one zmienność w zakresie od wartości ujemnych ($\delta^{34}\text{S} -2,72\%$) do dodatnich ($\delta^{34}\text{S} +5,74\%$ [VCDT]). Wskazuje to na wieloetapowość krystalizacji faz siarczkowych w tej intruzji. Zmierzone wartości tych izotopów w skałach moncheplutonu porównano z wartościami określonymi w skałach z masywu otaczającego, w paleoproterozoicznej intruzji fedoro-pana (ryc. 2) oraz formacji zieleńcowej z Piechengi. Wykazują one jednoznacznie, że w czasie krystalizacji siarczków dochodziło do zmian izotopowych, za które odpowiedzialne są różne procesy. Wartości bliskie zeru oraz w zakresach dochodzących do $\delta^{34}\text{S} +2,0\%$ [VCDT] związane są ze stadiami krystalizacji magmowej, właściwej dla paleoproterozoicznej intruzji skał zasadowych i ultrazasadowych. Wartości izotopowe $\delta^{34}\text{S}$ [VCDT] w zakresie ujemnym i zerowym oceniane są jako wartości krystalizacji pierwotnych magm pochodzących z płaszcza Ziemi. W związku z rozwojem życia na Ziemi oraz kontaminacją izotopami siarki pochodzenia organicznego w skałach magmowych, dochodzi do krystalizacji siarczków o wartościach dodatnich. Rozpoczęcie wpływu siarki organicznej pochodzenia suprakrystalnego na skały magmowe postulowane jest na okres 2,5 mld lat temu. Zmiana ta przypada na czas tworzenia się intruzji moncheplutonu. Pozwala ona określić wiek formowania się siarczków. Rozróżnia się siarczki pierwotne, krystalizujące w okresie magmowym o wartościach izotopowych bliskich zeru i młodsze, krystalizujące w okresie, gdy te wartości uległy już zaburzeniu, co było postulowane przez autora już w 2007 r. (Huber i in. 2007). Występujące silnie ujemne wartości $\delta^{34}\text{S}$ związane są z krystalizacją siarczków pochodzenia pierwotnego z pierwotnej magmy z płaszcza Ziemi. Wartości te charakterystyczne są dla rud siarczkowych, występujących w tzw. „krytycznym horyzoncie”. Wartości dodatnie związane są z kontaminacją siarki izotopami pochodzenia

suprakrystalnego, skał z otoczenia czyli metamorfityów serii kolskiej. Wiązą się one z hydrotermalnym stadium krystalizacji siarczków, która miała miejsce w okresie późniejszym.

Z dotychczasowych badań wynika, że intruzje w rejonie kolskim powstawały w okresie 2,53, 2,50, 2,45 i 2,40 mld lat temu. Potwierdzają to także dane Sm-Nd określone w granicach błędu pomiaru (tab. 10.2). Wartości ϵNd (-1,1 do -2,4) i ISr (0,703-0,704) dla wszystkich zbadanych intruzji warstwowych w rejonie kolskim, wskazują na wspólne źródło ich pochodzenia z płaszczą Ziemi. Źródło to zostało również wzbogacone w pierwiastki syderofilne i litofilne, w tym LREE. Pochodzenie omawianych magm potwierdzają także analizowane stosunki izotopowe $^4He/^3He$. Odpowiadają one stosunkom dla tych izotopów występujących w górnym płaszczu Ziemi.

4.3. Dyskusja

Okres największej maficzno-ultramaficznej aktywności magmowej w rejonie prowincji Kola, Karelia, Superior i Wyoming przypada na ok. 2,45 mld lat temu (Ernst, Srivastava 2008, Ernst, Bleeker 2010, Evans i in., 2016, Mintrofanov 2019). Miał on charakter wewnątrzpłytkowy i przyczynił się do rozpadu paleokontynentu Kenorland (Yang i in. 2016).

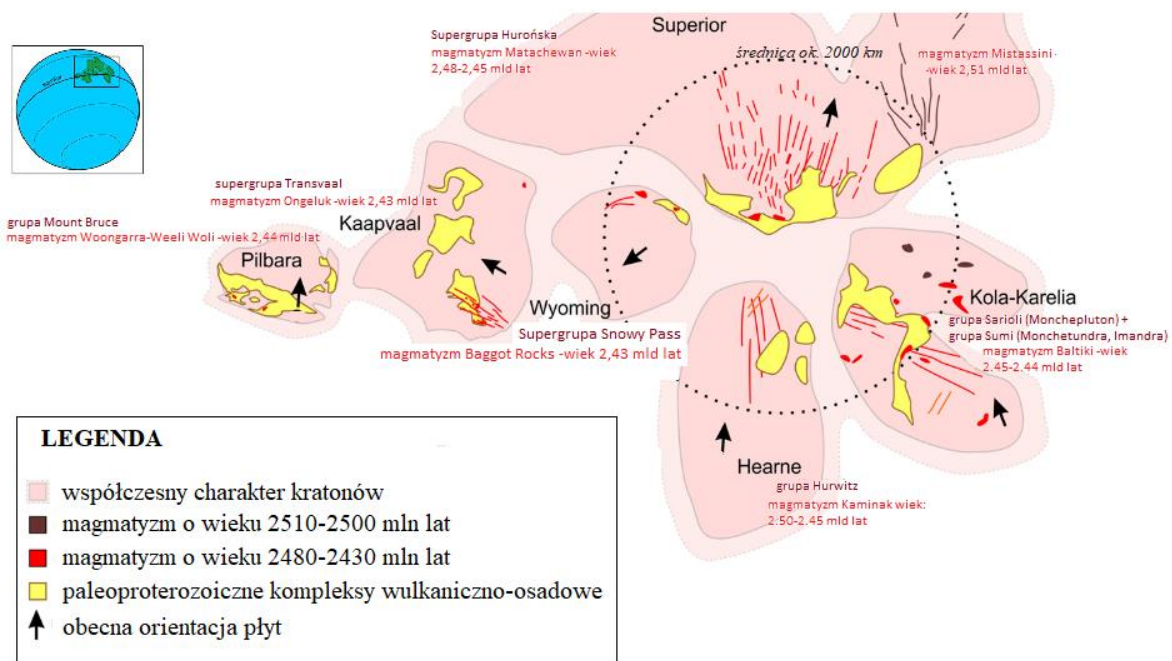
Badania autora dowiodły, iż przebudowa tektoniczna masywów monchetundry i moncheplutonu była wieloetapowa. Świadczy o tym charakter tektoniczny bloków moncheplutonu, zidentyfikowane procesy wtórne w petrografii skał oraz różnowiekowe obecne w nich dajki i żyły mineralne. Arzamastsev i in. (2006a,b) wykazali iż największa ich aktywność przypadała na okres około 2,2 mld lat temu, autor zaś dowiódł, że w moncheplutonie występują także utwory żyłowe w wieku około 350 milionów lat (związane z oddziaływaniem ulokowanych w sąsiedztwie intruzji alkalicznych i karbonatytowych). Fakt, że stanowią one formę dodatnią (orograficznie wyróżniając się na tle innych skał podobnego wieku w regionie), świadczy o dość młodych procesach tektonicznych, które wydzwignęły omawiane skały ku powierzchni. Przemawia to za postawioną przez autora hipotezą, iż występujące w moncheplutonie (i innych masywach w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym) rozłamy były aktywne co najmniej dwa miliardy lat (przynajmniej od okresu pojawienia się dajek dolerytów, opisanego przez Arzamastseva i in. 2006a,b). Najbardziej istotnym okresem mobilności tektonicznych był okres ruchów svekofeńskich. Przyczyniły się one do powstania aulakogenu Morza Białego i odmłodzenia kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego, tworząc pas wzniesień ciągnących się od góry Generalskiej i Piechengi na północy po Archangielsk i Karelię na południu (Nitkina 2005, Vetrin i in. 2018). Ruchy te musiały jednak zachodzić

także w paleozoiku, kiedy na skutek tworzenia się szeregu intruzji alkalicznych w tym regionie doszło po raz kolejny do odmłodzenia tektonicznego kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego (Huber 2014b). Skały moncheplutonu wraz z masywami otaczającymi w omawianym pasie zostały ponownie wyniesione. Dla porównania – strefy występowania intruzji alkalicznych poza rozłamami kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego, nie przyczyniły się do tak istotnych ruchów wznoszących, co znajduje odzwierciedlenie m.in. w rejonie Kovdor i Sokli.

Ewolucja kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego. Rejon NE Fennoskandii stanowi istotny fragment kratonu europejskiego. W tym obszarze (około 100 km na północ od moncheplutonu) znajdują się najstarsze znane formacje skalne w Europie – murmańskie gnejsy datowane na wiek 3,75 miliarda lat (Bayanova i in. 2018). Tam też doszło do długotrwałego ożywienia tektonicznego, objawiającego się procesem ryftogenezy i wystąpienia szeregu intruzji warstwowych, zawierających mineralizację PGE, ale także utworzeniem się strefy kolizji, kształtującej skały laplandzkiego pasa granulitowego oraz licznych młodszych przejawów tektoniki, magmatyzmu i metamorfizmu. Przejawia się to dziś czytelną orografią tej strefy, z licznymi masywami, odmłodzonymi tektonicznie w późniejszych okresach, a także różnorodnymi skałami metamorficznymi i magmowymi. Autor zaproponował uporządkowanie tych wydarzeń geologicznych na podstawie dostępnej literatury oraz prac własnych (Arzamastsev i in. 2009, Bayanova i in. 2019, Bogatikov i in. 2009, Chashchin i in. 2015, Ernst, Bleeker 2010, Ernst, Srivastava 2008, Evans i in. 2016, Fedotov i in. 2009, Grebneev i in. 2014, Grokhovskaya i in. 2012, Gumsley i in. 2018, Huber 2014, 2015, 2021, Kolka i in. 2018, Kunakkuzin i in. 2020, Mintrofanov i in. 2019, Neradovsky, Savchenko 2008, Petrovskaya i in. 2010, Serov i in. 2007, Sharkov 2006, Sharkov, Chistiakov 2014, Srivastava 2008, Steshenko i in. 2020). Efekty tego uporządkowania zaprezentowano poniżej. Przedstawia ono rozwój geologiczny omawianej strefy od powstania najstarszych znanych w tym regionie skał po najmłodszy paleozoiczny magmatyzm alkaliczny.

W okresie poprzedzającym rozpad Kenorland, ok. 2500 mln lat temu, tarcza bałtycka tworzyła razem z Superiorem oraz Grenlandią lub Wyoming jeden superkontynent (ryc. 4). Rejon Baltiki wraz ze strefą kolską od zachodu przylegał do kontynentu Superior, od strony zachodniej znajdował się blok Wyoming oraz Hearne. Po rozpadzie superkontynentu Kenorland jednostki te zaczęły się od siebie oddalać. Omawiany pas mobilny stanowi jedną ze stref rozdzielających te bloki, która rozciąga się dziś od Płw. Kolskiego na północy do

rejonu basenu moskiewskiego na południu. Na taki układ płyt w omawianym superkontynencie wskazuje przebieg dajek w rejonie Fennoskandii i północnej Ameryki oraz układ skał suprakrustalnych i paleoryftowych, wreszcie wiek magmatyzmu. Po rozpadzie superkontynentu Kenorland, obszar kolski uległ procesom ryftowym, które przyczyniły się do powstania wielu intruzji skał zasadowych i ultrazasadowych, takich jak intruzja góry Generalskiej, monchetundrowska, moncheplutonu, imandrowska, fedoro-pana i wiele innych.



Ryc. 4. Hipotetyczny układ jednostek kolskiej i karelskiej w okresie ok. 2500 mln lat temu (wg Gumsley i in. 2018, zmodyfikowany przez autora).

Intruzje te formowały się kilkietapowo. Magma ulegała w nich dyferencjacji i rytmicznemu warstwowaniu. Dochodziło również do odmieszania się derywatów zasadowych oraz mniej zasadowych. Badania geochemiczne przeprowadzone przez autora wykazały, że w trakcie tworzenia się omawianych intruzji doszło do kontaminacji starszych utworów, wchodzących w skład superkontynentu Kenorland, które uległy przetopieniu. Potwierdzają to analizy Sm-Nd w minerałach skałotwórczych oraz w siarczках. Intruzja monchetundrowska jest młodsza od moncheplutonu o około 50 milionów lat (2491 ± 13 mln lat). Spowodowała ona wtórne procesy w moncheplutonie m. in. metamorfizm jego skał. Efektem tego przeobrażenia było zaobserwowane przez autora wykrywanie klinopiroksenowych

agregatów w strefach spękań ortopiroksenów oraz na granicach tych kryształów, a także w przestrzeniach międzyziarnowych, tworzących młodszą asocjację mineralną, a ponadto wzbogacenie tych skał w plagioklasy. Plagioklasy oraz klinopirokseny są szczególnie dobrze wykształcone w strefie kumulatów oliwinowo-ortopiroksenowych z rejonu Traviannaya, dunitowego bloku. W norytach Nyud oraz Vurechuaivench doszło do krystalizacji drugiej generacji plagioklazów. Wykazały to badania w mikroobszarze przeprowadzone przez autora. W okresie 2491-2447 mln lat temu powstała także intruzja fedoro-panskich tundr. Uformowanie się masywu imandrowskiego, który zalega na południowy wschód od masywu moncheplutonu, spowodowało metamorfizm w facji amfibolitowej skał, należących do masywu Vurechuaivench. Wiek tego metamorfizmu na podstawie badań Sm-Nd szacowany jest na ok. 2410 ± 58 mln lat. W tym samym czasie powstało również szereg intruzji o podobnym charakterze wzdłuż kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego takich jak fedoro-pana, intruzja piezhostrova na wybrzeżu Morza Białego (2452 mln lat temu) oraz intruzja lukkulajsvaara (2440 mln lat temu). Według Kunakkuzina (Kunakkuzin i in. 2015) utworzenie się intruzji moncheplutonu (oraz szeregu innych opisanych powyżej) było związane z magmami, tworzącymi się wskutek oddziaływania długo żywej dolnopłaszczowej plamy gorąca w okresie 2530-2390 mln lat temu, a nawet do 1980 mln lat temu. Kolidacja bloków białomorskiego i kolskiego (w okresie 2394-2200 mln lat temu) oraz uformowanie laplandzkiego pasa granulitowego (Huber 2014a), spowodowały fleksuralne rozłaskowanie zbudowanej intruzji monchegorskiej oraz intruzji moncheplutonu. Remobilizacja tektoniczna wzdłuż strefy pasa mobilnego w wyniku kolizji regionu kolskiego z blokiem białomorskim, spowodowała ruchy tektoniczne o charakterze dysjunktywnym w skałach moncheplutonu. Zbadane przez autora asocjacje siarczkowe w Norytach Nyud II wykazały wiek Sm-Nd 1940 ± 32 mln lat charakterystyczny dla svekofeńskiego metamorfizmu. W badaniach w mikroobszarze stwierdzono, że minerały siarczkowe, tworzące masywne formy żyłowe, powstały w procesie hydrotermalnym. Ostatnim etapem magmatyzmu w rejonie kolskim było oddziaływanie plamy gorąca, która wytworzyła około 40 różnorodnych intruzji alkalicznych, w tym także masyw Chibiński w okresie około od 465 do 369 mln lat temu. W kolsko-laplandzkim pasie mobilnym doszło wtedy do tektonicznego odmłodzenia górotworu (co autor wykazał powyżej). W rejonie moncheplutonu, powstały liczne żyły skał prehnitowo-węglanowych, tnących omawianą intruzję. Po wspomnianym okresie działalność magmowa w tym rejonie zanikła. W plejstocenie miało miejsce intensywne wietrzenie fizyczne. Wskutek działania lądolodu doszło do utworzenia się

wyglądów lodowcowych, zdarcia zwietrzliny z partii szczytowych wzniesień, wytworzenia gołoborzy w rejonach okołoszczytowych niektórych wzniesień (stwierdzonych podczas prac terenowych przez autora), być może powstałych już po ustąpieniu lądolodu w holocenie. W takiej postaci omawiane skały intruzji moncheplutonu istnieją po dzień dzisiejszy, choć warto wspomnieć, iż intensywne prace poszukiwawczo-eksploatacyjne przekształciły w pewnym stopniu rzeźbę terenu (Huber, Iakovleva 2022).

4.4. Najważniejsze osiągnięcia:

- W wyniku przeprowadzonych badań autor potwierdził, iż kolsko – laplandzki pas mobilny został uformowany w procesie tworzenia się struktury ryftowej w skutek oderwania się NE Fennoskandii od superkontynentu Kenorland a następnie nasunięcia bloku białomorskiego na kolski. W centralnej jego części utworzyła się intruzja moncheplutonu w pierwszej z czterech faz magmatyzmu towarzyszącego ryftogenezie.
- Uzyskane przez autora wyniki badań różnych przejawów procesów geologicznych zachodzących w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym pozwoliły wykazać, że intruzja moncheplutonu od momentu powstania aż po czasy współczesne ulegała ciągłym zmianom (ewolucji), efektem czego jest utworzenie się w niej różnorodnych paragenez mineralogiczno- petrograficznych. Odtworzenie przebiegu ewolucji tego pasa stanowi istotne osiągnięcie naukowe o dużych możliwościach aplikacyjnych.
- Badania 13 masywów znajdujących się w rejonie kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego pozwoliły potwierdzić ich wzajemne oddziaływanie na siebie oraz intruzję moncheplutonu poprzez procesy metamorfizmu i geochemiczne a także występowanie utworów żyłowych.
- Autor, w wyniku zastosowania nowoczesnych metod badań, a zwłaszcza analizy w mikroobszarze przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego z przystawką EDS po raz pierwszy w moncheplutonie zidentyfikował minerały takie jak: srebronośny greenockit, linneit, itrowy lauryt, litharge, mohit, stroncjanit, cerianit, witeryt.
- Autor potwierdził sekwencję mineralizacji, zonalność krzemianów, chromitów a także mineralizację rudną z uwzględnieniem tlenków Fe-Ti-Cr oraz siarczków Cu-Fe-Ni z domieszką minerałów PGE, związanych z różnymi etapami stygnięcia magmy i procesami pomagmowymi.

- Istotnym osiągnięciem autora jest wykazanie w badanych skałach przewagi mineralizacji tellurków nad bizmutkami i arsenkami platyny i palladu oraz stwierdzenie kilkietapowej ich mineralizacji. Autor zidentyfikował wśród nich kilkadziesiąt faz takich jak kotulskit, insizvait, masłowit, monchenereit, zvygiancevit, sobolevskit, telluropalladynit, volynskit, wraz z niespotykanymi dotychczas w nich $PtPd_2Te_6$ oraz $Pt_2Pd_2Te_5$.
- Analiza izotopów stabilnych w siarczkach oraz analizy Sm, Nd w moncheplutonie wykazały, że mineralizacja kruszczowa dokonywała się w wielu etapach i związana jest z pierwotną magmą oraz procesami hydrotermalnymi.
- Na podstawie badań petrograficznych i geochemicznych autor skorelował przeobrażenia i zmiany budowy intruzji moncheplutonu z przebiegiem i objawami istotnych epizodów zjawisk petrologicznych i tektonicznych zachodzących w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym.
- Autor zidentyfikował w badanym masywie szereg procesów wtórnych – takich jak iniekcje magmy, metamorfizm oraz przebudowa tektoniczna skał – którym ulegał pod wpływem zmian dokonujących się w obrębie omawianego pasa. Stwierdził w nim występowanie żył prehnitowo-albitowych i karbonatytowych.
- Wykazał również, że tendencja aktywności rozłamów w kolsko-laplandzkim pasie mobilnym utrzymuje się prawdopodobnie do dziś o czym świadczą charakterystyki izotopowe tlenu wykonane na próbkach pobranych z obecnych w nich żył karbonatytowych. Stwierdził również, że w strefach rozłamów oddziałuje infiltracja wód meteorycznych.

Literatura

1. Arzamastsev A.A., Arzamastseva L.V., Travin A.V., Belyatsky B.V., Shamatrina A.M., Antonov A.V., Larionov A.N., Rodionov N.V., and Sergeev S.A., 2006; Duration of Formation of Magmatic System of Polyphase Paleozoic Alkaline Complexes of the Central Kola: U–Pb, Rb–Sr, Ar–Ar Data. *Doklady Earth Sciences*, 413A, 3, 432–436. DOI: 10.1134/S1028334X07030257.
2. Arzamastsev A.A., Bea F., Arzamastseva L.V., Montero P. 2006a; Proterozoic Gremyakh–Vyrmes Polyphase Massif, Kola Peninsula: An Example of Mixing Basic and Alkaline Mantle Melts. *Petrology*, 14, 4, 361–389. DOI: 10.1134/S0869591106040035.

3. Arzamastsev A.A., Montero P., Travin A.V., Arzamastseva L.V., F. Bea, Fedotov Zh.A., 2006b; Evidence for Sveconorwegian (Grenvillian) Magmatic Activity in the Northwestern Baltic Shield. *Doklady Earth Sciences*, 410, 7, 1034–1037. DOI: 10.1134/S1028334X06070075.
4. Arzamastsev A.A., Wu F.Y., 2014; U–Pb Geochronology and Sr-Nd Isotopic Systematics of Minerals from the Ultrabasic – Alkaline Massifs of the Kola Province. *Petrology*, 22, 5, 462–479. DOI: 10.1134/S0869591114050026.
5. Arzamastsev A.A., Fedotov Z.A., Arzamastseva L.V., 2009; Dyke magmatism of the N-E of Baltic Shield, Nauka Sankt Petersburg, 383.
6. Baltybaev Sh.K., 2013; Svecofennian Orogen of the Fennoscandian Shield: Compositional and Isotopic Zoning and Its Tectonic Interpretation. *Geotectonics*, 47, 6, 452–464. DOI: 10.1134/S0016852113060022.
7. Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Przhiyalgovskii E.S., 2009; New Data on the Structure of the Central Part of the White Sea Paleorift System. *Doklady Earth Sciences*, 427A, 6, 891–896. DOI: 10.1134/S1028334X09060014.
8. Baluev A.S., 2006; Geodynamics of the Riphean Stage in the Evolution of the Northern Passive Margin of the East European Craton. *Geotectonics*, 40, 3, 183–196. DOI: 10.1134/S0016852106030034.
9. Bao H., 2015; Sulfate, A time capsule for Earth's O₂, O₃, and H₂O. *Chemical Geology*, 395, 108-118.
10. Bayanova T., Korchagin A., Mitrofanov A., Serov P., Ekimova N., Nitkina E., Kamensky I., Elizarov D., Huber M., 2019; Long-Lived Mantle Plume and Polyphase Evolution of Palaeoproterozoic PGE Intrusions in the Fennoscandian Shield. *Minerals*, 9, 59, 3-22.
11. Bayanova T.B., Kunakkuzin E.L., Serov P.A., Fedotov D.A., Borisenko E.S., Elizarov D.V., Larionov A.V., 2018; Precise U-Pb (Id-Tims) and SHRIMP-II ages on single zircon and Nd-Sr signatures from Achaean TTG and high aluminum gneiss on the Fennoscandian Shield. 32nd Nordic Geological Winter Meeting. Helsinki, Finland, 13-15, 1, 172.
12. Bayanova T.B., 2004; Age of benchmark geological complexes of the Kola region and magmatism processes action. Sankt Petersburg, Nauka, 174 (po rosyjsku).
13. Bogatikov O.A., Sharkov E.V., Bogina M.M., Kononova V.A., Nosova A.A., Samsonov A.V., Chistyakov A.V., 2009; Within-Plate (Intracontinental) and

-
- Postorogenic Magmatism of the East European Craton as Reflection of the Evolution of Continental Lithosphere. *Petrology*, 17, 3, 207–226. DOI: 10.1134/S0869591109030023.
14. Bogdanova S.V., Gorbatshev R., 2016; EUROPROBE, in: East European Craton. Elsevier, 18. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10020-X.
 15. Bogina M., Zlobin V., Svetov S., Sharkov E., Chistyakov A., 2018; Petrogenesis of siliceous high – Mg series; Evidence from Early Paleoproterozoic maficvolcanic rocks of the Vodlozero Domain, Fennoscandian Shield. *Geoscience Frontiers*, 9, 207-223.
 16. Boudreau, A.E., 2008; Modeling the Merensky Reef, Bushveld Complex, Republic of South Africa, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 156, 431-437.
 17. Borisenko E.S., Bayanova T.B., Nerovich L.I., Kunakkuzin E.L., 2015; The Paleoproterozoic Monchetundra Mafic Massif (Kola Peninsula): New Geological and Geochronological Data. *Doklady Earth Sciences*, 465, 1, 1107–1111. DOI: 10.1134/S1028334X1511001X.
 18. Bozhko N.A., 2009; Supercontinental Cyclicity in the Earth’s Evolution. *Moscow University Geology Bulletin*, 64, 2, 75–91. DOI: 10.3103/S0145875209020021.
 19. Bozhko N.A., 2010; Intraplate Basic–Ultrabasic Magmatism Through Time in Terms of Supercontinental Cyclicity. *Moscow University Geology Bulletin*, 65, 3, 161–176. DOI: 10.3103/S0145875210030026.
 20. Bozhko N.A., 2011; On Two Types of Supercontinental Cyclicity. *Moscow University Geology Bulletin*, 66, 5, 313–322. DOI: 10.3103/S0145875211050036.
 21. Chashchin V.V., Bayanova T.B., Serov P.A., 2015; Ospe-Luvtuaivench Massif of Metabasic Rocks, Kola Peninsula, Russia: Geologic Structure and Petrogeochemical and Isotope Geochemical Evidence for Its Relation to the Imandra Complex of Layered Intrusions. *Petrology*, 23, 5, 421-450. DOI: 10.1134/S0869591115050021.
 22. Ernst, R., Bleeker, W. 2010; Large igneous provinces (LIPs), giant dyke swarms, and mantle plumes, significance for breakup events within Canada and adjacent regions from 2.5 Ga to the Present. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 47, 695–739.
 23. Ernst, R.E., Srivastava, R.K. 2008; India’s place in the Proterozoic world, constraints from the large igneous provinces (LIP) record. In *Indian dyke* Edited by R.K. Srivastava, Ch. Sivaji, and N.V. Chalapathi Rao. *Geochemistry, Geophysics, and Geochronology*, Narosa Publishing House Pvt. Ltd, New Delhi, India, 41–56.
-

-
24. Evans D.A.D., Li Z.X., Murphy J.B.; 2016; Four-dimensional context of Earth's supercontinent, *The Geological Society of London, Special Publications*, 424, 1–14.
 25. Farquhar J., Bao H., Thiemens M., 2000; Atmospheric influence of Earth's earliest sulfur cycle. *Sci.*, 289, 756-758.
 26. Fedotov Zh.A., Serov P.A., Elizarov D.V., 2009; Tholeiites from the Depleted Subcontinental Mantle in the Root Zone of the Monchegorsk Pluton, Baltic Shield. *Doklady Earth Sciences*, 429A, 9, 1462–1466. DOI: 10.1134/S1028334X09090116.
 27. Gee. D.G., Stephenson R. A., 2005; *European Litosphere Dynamics*, Geological Society of London, 32, 1-9.
 28. Goldstein S.J., Jacobsen S.B., 1988; Nd and Sr isotopic systematics of river water suspended material implications for crustal evolution. *Earth Plan. Sci. Letters*, 87, 249-265.
 29. Grebnev R.A., Rundkvist T.V., Pripachkin P.V., 2014; Geochemistry of Mafic Rocks of the PGE – Bearing Vurechuaivench Massif (Monchegorsk Complex, Kola Region). *Geochemistry International*, 52, 9, 726–739. DOI: 10.1134/S0016702914070027.
 30. Grokhovskaya, T.L., Ivanchenko, V.N., Karimova, O.V., 2012; Geology, mineralogy, and genesis of PGE mineralization in the South Sopcha Massif, Monchegorsk Complex, Russia, *Geol. Ore Deposits*, 54, 5, 347–369.
 31. Gumsley A.P., Chamberlain K.R., Bleeker W., Söderlund U., de Kock M.O., Larsson E.R., Bekker A., 2018; Timing and tempo of the Great Oxidation Event. *Earth Atmospheric and Planetary Sciences*, 114, 8, 1811-1816.
 32. Hałas S., Huber M., Piestrzyński A., 2009; Petrology of gabbroid and isotope signature of sulfide mineralization from Fedorov-Pansky layered mafic intrusion, Kola Peninsula, Russia; *Geochronometria* 33, 19-22.
 33. Hałas S., Pieńkos T., 2017; Simultaneous Determination of $\delta^{34}\text{S}$ and $\delta^{36}\text{S}$ on SO_2 Gas, XIV Workshop of the European Society for Isotope Research 25-29, June 2017, Balle Govora, Romania.
 34. Hattori K., Krouse H.R., Campbell F.A., 1983; The start of sulfur oxidation in continental environments, about 2.2×10^9 years ago, *Science* 221; 549-551, DOI 10.1126/science.221.4610.549.
 35. Heflik W., 1993; *Metamorfizm w świetle niektórych zagadnień fizykochemicznych*, AGH, Kraków, 185.

36. Huber M., 2001; Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał zasadowych laplandzkiego pasa granulitowego Kola z okolicy Kandalaksza nad Morzem Białym (Płw. Kola, Płn. Rosja). Praca magisterska, AGH. Kraków
37. Huber M., 2005; Studium mineralogiczno-petrograficzne skał krystalicznych laplandzkiego pasa granulitowego Kola z okolicy Kandalaksza nad Morzem Białym (Płw. Kola, północna Rosja). Praca doktorska, AGH, Kraków
38. Huber M., Hałas S., Sikorska M., 2007; Evolution of prehnite-albite-calcite veins in Metamorphic rocks from the Lapland Granulite Belt (Kandalaksha region of Kola Peninsula, Geologija, 57, 1-7.
39. Huber M., Hałas S., Serov P.A., Ekimova N.A., Bayanova T.B., 2012; Sm-Nd dating and stable isotope geochemistry of sulfides and U-Pb ages of layered intrusions from the northern part of the Baltic Shield, Mineralogia, 39, 107.
40. Huber M.A., 2014a; Geologia laplandzkiego pasa granulitowego regionu Kandalakszy (Płw. Kolski, Rosja), TMKarpinski Publisher, 135
41. Huber M., 2014b; LA-ICP MS Characteristic of geochemical composition of veins rocks from the central of the Khibina Massive in Kola Peninsula, Northern Russia. J. Chem. Eng., 8, 364-370.
42. Huber M., 2015; Mineralogiczno-petrograficzna charakterystyka wybranych masywów alkalicznych Półwyspu Kolskiego (północna część tarczy bałtyckiej), TMKarpinski Publisher, 187.
43. Huber M., Hałas S., Neradovsky Y.N., Bayanova T.B., Mokrushin A.W., Lata L., 2016; Stable isotope geochemistry of sulfides from intrusion in Monchegorsk, Northern part of the baltic shield, Geochronometria 43, 96–101.
44. Huber M., Skupiński S., 2017a; New geochemical characteristic of 3.7 Ga metamorphoses from Murmansk (Baltic Shield), VIII Ogólnopolska Konferencja, Badania petrologiczne i mineralogiczne w geologii, 1-2, VI, Kraków PIG.
45. Huber M., 2017b; Ultrazasadowo-alkaliczna intruzja w Afrikandzie (N Rosja), badania petrologiczno-geochemiczne, Sciences Publisher, 87.
46. Huber M., Bayanova T.B., Serov P.A., Skupiński S., 2018a; Archaiczne gnejsy rejonu Murmańska, Oleniegorska (NE Fennoskandia) w świetle badań petrologicznych i geochemicznych. Sciences Publisher, 181.
47. Huber M., Zhigunova G.V., Dębicki R., Lata L., 2018b; Plaster analysis from selected cities in Murmansk Oblast (N Russia) as an indicator of environmental

- pollution. The Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Murmansk State Arctic University, 170.
48. Huber M., 2021; Ewolucja kolsko-laplandzkiego pasa mobilnego na przykładzie platynonośnej paleoproterozoicznej intruzji warstwowanej moncheplutonu. Wyd. UMCS, 234.
49. Huber M., Stępniewska K., Application of the Fractal Dimension Calculation Technique to Determine the Shape of Selected Monchepluton Intrusion Crystals (NE Fennoscandia). *Minerals* 2021, 11, 1140. DOI: 10.3390/min11101140.
50. Huber M., Kamiński D., Czernel G., Kozlov E., 2022; Optical and Spectroscopic Properties of Lorenzenite, Loparite, Perovskite, Titanite, Apatite, Carbonates from the Khibiny, Lovozero, Kovdor, and Afrikanda Alkaline Intrusion of Kola Peninsula (NE Fennoscandia). *Crystals*, 12(2), 224; DOI: 10.3390/cryst12020224.
51. Huber M., Kozlov E., Iakovleva O., 2022; Petrology, geochemistry and stable isotope characteristic of selected massifs of Igneous Alkaline Rocks in NE Fennoscandia. *Minerals* (w druku).
52. Huber M., Iakovleva O., 2022; 2022; Zn-Pb Dumps, Environmental Pollution and Their Recultivation, Case of Ruda Śląska-Wirek, S Poland. *Mining* 2, 616–628. DOI: 10.3390/mining2030033
53. Kolka V.V., Korsakova O.P., Tolctobpova A.N., Tolstobrov D.C., Vashkov A.A., 2018; Quantitative indicators of differentiated movements morphotectonic blocks on the coastal of Kandalaksha Bays of the White Sea. Works of the Fersman's Sciences Session. GI KSC RAS. 15, 205-208, (po rosyjsku).
54. Kozlovskiy V. M., Savatenkov V. M., Terentyeva L. B., Kurdyukov E. B., 2019; First Data on Yatulian (2.1 Ga) Metamorphism in the Belomorian Mobile Belt. *Doklady Earth Sciences*, 485, 1, 322–326. DOI: 10.1134/S1028334X19030310.
55. Krivolutskaya N.A., Smolkin V.F., Svirskaya N.M., Mamontov V.P., Fanygin A.S., Belyatskii B.V., Roshchina I.A., 2010; Geochemical Features of the Drusite Massifs, the Central Part of the Belomorian Belt: I Distribution of Major and Trace elements in the Rocks. *Geochemistry International*, 48, 5, 465-491. DOI: 10.1134/S0016702910050046.
56. Kunakkuzin E.L., Serov P.A., Bayanova T.B., Nerovich L.I., Borisenko E.S., 2014; Paleoproterozoic Layered PGE-Bearing Monchetundra Pluton, Kola Peninsula: Sm-Nd Age of Metamorphic Alteration of Mafic Rocks. *Doklady Earth Sciences*, 464, 1,

- 885–888. DOI: 10.1134/S1028334X15070181.
57. Kunakkuzin E., Borisenko E., Nerovich L., Serov P., Bayanova T., Elizarov D., 2020; The Origin and Evolution of Ore-Bearing Rocks in the Loypishnun Deposit (Monchetundra Massif, NE Fennoscandian Shield): Isotope Nd-Sr and REE Geochemical Data. *Minerals* 10, 286.
58. Lubnina N.V., Pasenko A.M., Novikova M.A., Bubnov A.Yu., 2016; The East European Craton at the End of the Paleoproterozoic: a New Paleomagnetic Pole of 1.79–1.75 Ga. *Moscow University Geology Bulletin*, 71., 1, 8–17. DOI: 10.3103/S0145875215060046.
59. Lubnina N.V., Slabunov A.I., 2011; Reconstruction of the Kenorland Supercontinent in the Neoproterozoic Based on Paleomagnetic and Geological Data. *Moscow University Geology Bulletin*, 66, 4, 242–249. DOI: 10.3103/S0145875211040077.
60. Mitrofanov A.F. 2000; Geological characteristics of the Kola peninsula. *Russian Academy of Science, Apatity*, 166.
61. Mitrofanov F.P., Smolkin V.F., 2004; Stratified intrusions of the Monchegorsk ore region: petrology, mineralization, isotopy, deep structure. In 2 parts. Ed. Apatity: Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 344.
62. Mitrofanov F.P., Bayanova, T.B.; Ludden, J.N.; Korchagin, A.U.; Chashchin, V.V.; Nerovich, L.I.; Serov, P.A.; Mitrofanov, A.F.; Zhironov, D.V. 2019, Origin and Exploration of the Kola PGE-bearing Province: New Constraints from Geochronology; In *Ore Deposits: Origin, Exploration, and Exploitation; Geophysical Monograph Series; Sophie Decree, S., Robb, L., Eds.; Wiley: Hoboken, NJ, USA*, 3–36, DOI:10.1002/9781119290544.ch1.
63. Miyashiro A., 1994; *Metamorphic Petrology*. CRC Press, 416.
64. Mungall J.E., 2005; *Exploration for Platinum-Group Elements Deposits*. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 35, 1-495.
65. Neradovsky Yu. N., Savchenko E.E., 2008; PGM in Chromite Ore of the Sopchezero Deposit, Kola Peninsula. *Geology of Ore Deposits*, 2008, 50, 8, 746–748. DOI: 10.1134/S1075701508080102.
66. Nitkina E.A., 2005; U–Pb Zircon Dating of Rocks of the Platiniferous Fedorova–Pana Layered Massif, Kola Peninsula. *Doklady Earth Sciences*, 2006, 408, 4, 551–554. DOI: 10.1134/S1028334X06040106.
67. Ono S., Wing B., Johnston D., Farquhar J., Rumble D., 2006; Mass-dependent

-
- fractionation of quadruple stable sulfur isotope system as a new tracer of sulfur biogeochemical cycle *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 2238-2252.
68. Petrovskaya L.S., Mitrofanov F.P., Bayanova T.B., Petrov V.P., Petrovski M.N., 2010; Neoproterozoic enderbites-granulite complex of the Pulozero-Polnek-Tundra region, Central Kola Block: stages and thermodynamic regime of Evolution (Kola Peninsula). *Kola Science Centre RAS*, 78.
69. Pozhyliencko V.I., Gavrilienko B.V., Zhirov D.V., Zhabin S.V., 2002. *Geology of the ore regions in Murmańsk District, Apatity*, 360.
70. Rudnick R.L. Gao S., 2003; *Composition of the Continental Crust*, Elsevier, chapter 3, 1-64.
71. Rundkvist T.V., Mokrushin A.V., Huber M., Pripachkin P.V., Bazai A.V., Miroshnikova Ya.A.B., 2018; New data on the composition of chrome spinellids in the rocks of the southeastern of the Early Proterozoic Monchegorsk complex (Kola region). *Bulletin of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* 1, 10, 50-62, DOI: 10.25702/KSC.2307-5228-2018-10-1-50-62, (po rosyjsku).
72. Serov P.A., Nitkina E.A., Mitrofanov F.P., 2007; Comparison of the data on the isotopic U-Pb and Sm-Nd methods dating of barren rocks of the early phase and ore-bearing rocks of platinum Fedorova-Pana layered massif, *Doklady Akademii Nauk*, 415, 5, 1-3, (po rosyjsku).
73. Sharkov E.V., Chistyakov A.V., 2014; Geological and Petrological Aspects of Ni–Cu–PGE Mineralization in the Early Paleoproterozoic Monchegorsk Layered Mafic–Ultramafic Complex, Kola Peninsula. *Geology of Ore Deposits*, 56, 3, 147–168. DOI: 10.1134/S1075701514030040.
74. Sharkov E.V., 2006; Formation of Layered Intrusions and their ore mineralization, *Moscow Scientific World*, 368.
75. Steiger R., Jäger E. 1977; Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 3, 359-362.
76. Steshenko, E.N.; Bayanova, T.B.; Serov, P.A. 2020; The Paleoproterozoic Kandalaksha-Kolvitsa Gabbro-Anorthosite Complex (Fennoscandian Shield): New U–Pb, Sm–Nd, and Nd–Sr (ID-TIMS) Isotope Data on the Age of Formation, Metamorphism, and Geochemical Features of Zircon (LA-ICP-MS). *Minerals* 10, 254. DOI: 10.3390/min10030254.
-

-
77. Subbotin, V.V., Vymazalová, A., Laufek, F., Savchenko, Y.E., Stanley, C.J., Gabov, D.A., Plášil, J., 2018; Mitrofanovite, IMA 2017-112. CNMNC Newsletter 42, IV, 450, Mineralogical Magazine, 82, 445-451.
78. Vetrin V.R., Belousov E.A., Kremenetsky A.A., 2018; Lu-Hf Isotopic Systematics of Zircon From Lower Crustal Xenoliths in the Belomorian Mobile Belt. *Geology of Ore Deposits*, 60, 7, 568–577. DOI: 10.1134/S1075701518070085.
79. Voloshina Z.M., Karzhavin V.K., Bazai A.V., 2007; Metamorphic Evolution of Mineral Assemblages in the Layered Unit and Its Host Rocks of the Eastern of the Pana Massif, Kola Peninsula. *Geochemistry International*, 45, 10, 983-997. DOI: 10.1134/S0016702907100035.
80. Weiser, T.W. 2002; Platinum-group minerals (PGM) in placer deposits. In *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements*; Cabri, L.J., Ed.; Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM): Westmount, QC, Canada, CIM Special number, 54, 721-756.
81. Yakovlev Yu.N., Distler V.V., Mitrofanov F.P., Razhev S.A., Grokhovskaya T.L., Veselovsky N.N., 1991; Mineralogy of PGE in the Mafic-Ultramafic Massifs of the Kola Region. *Mineralogy and Petrology* 43, 181-192.
82. Yang S.H., Hanski E., Li C., Maier W.D., Huhma H., Mokrushin A.V., Latypov R., Lahaye Y., O'Brien H., Qu W.J., 2016; Mantle source of the 2.44–2.50-Ga mantle plume-related magmatism in the Fennoscandian Shield: evidence from Os, Nd, and Sr isotope compositions of the Monchepluton and Kemi intrusions. *Miner Deposits* 51, 1055-1073.
83. Zehnder A.J.B., Zinder S.H., 1980; *The Sulfur Cycle*. [w:] O. Hutzinger, *The Natural Environment and the Biogeochemical Cycles*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 105-145.
84. Zhao K.-D., Jiang S.-Y., Ni P., Ling H.-F., Jiang Y.-H., 2007; Sulfur, lead and helium isotopic compositions of sulfide minerals from the Dachang Sn-polymetallic ore district in South China: implication for ore genesis. *Mineralogy and Petrology* 89, 251–273. DOI 10.1007/s00710-006-0148-2.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż w jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Od 1999 roku, ściśle współpracuję z Centrum Geologicznym Rosyjskiej Akademii Nauk (RAN) w Apatitach, Murmańskim Technicznym Uniwersytem Państwowym (MGTU), Murmańskim Arktycznym Uniwersytem Państwowym (MAGU) a także z Instytutem Geologii i Geochronologii Prekambru Rosyjskiej Akademii Nauk w St. Petersburgu. Odbyłem łącznie 34 staże w rosyjskich jednostkach naukowych trwające od tygodnia do miesiąca: w Rosyjskiej Akademii Nauk w Apatitach (RAN) miesięczne w latach 1999-2002 oraz w 2004, 2005, 2007-2019, w 2003 roku dwukrotnie – w sumie 22 razy; w RAN w St. Petersburgu 4 dwutygodniowe w latach 2003, 2010, 2011, 2017; w Murmańskim Technicznym Uniwersytecie Państwowym (MGTU) czterokrotnie w latach 2003, 2008, 2010, 2021 przez okres ok 1 tygodnia oraz cztery razy w Murmańskim Arktycznym Uniwersytecie Państwowym (MAGU) w latach 2013, 2015, 2017, 2021 r. przez 2-3 tygodni. Współpraca ta opierała się na dwustronnych umowach, które staraniem autora zostały zawarte pomiędzy AGH i RAN oraz między UMCS i RAN, MGTU, MAGU. Od roku 2015 współpracuję także z Instytutem Badań Nauk o Ziemi (*GeoForschungsZentrum*) GFZ w Poczdamie (wyjazd w 2015 roku na okres 2 tygodni). W 2008 roku prowadziłem gościnne wykłady w Uniwersytecie w Oulu a w latach 2015, 2017 i 2020 w Arktycznym Uniwersytecie Państwowym w Murmańsku. W roku 2017 zostałem zaproszony przez tenże Uniwersytet do wygłoszenia referatu pt. „International Conference Development of the Arctic Territory” 12-15.12.2017. W latach 2017 i 2020 wygłaszałem także referaty w ramach spotkań Rosyjskiego Towarzystwa „Wiedza”, którego byłem członkiem od 2017 roku. Efektem nawiązanej współpracy z w/w jednostkami były liczne wspólne projekty badawcze i publikacje.

5.1. Pozostałe kierunki badań naukowych habilitanta

A. Określenie genezy i wzajemnej pozycji masywów skał krystalicznych NE Fennoskandii

W ciągu trwających ponad dwadzieścia lat (od 1999 r.) badań prowadzonych w NE Fennoskandii autor zajmował się następującymi problemami badawczymi:

Procesy wtórne zachodzące w archaicznych i proterozoicznych skałach metamorficznych oraz ich geneza

W związku z dostępnością skał paleoproterozoicznych i archaicznych w rejonie kolskim, przedmiotem szczegółowych badań były archaiczne gnejsy Murmańska (wieku 3,75 mld lat) a także żelaziste kwarcyty Oleniegorska. Celem badań było poszukiwanie najstarszych utworów związanych z powstawaniem pierwszych kontynentów w okresie Wczesnej Ziemi oraz określenie warunków środowiskowych ich tworzenia się. Projekt ten opierał się o szeroko zakrojone badania terenowe i analizy geochemiczne w tym badania izotopowe oraz datowania. Moim zadaniem była charakterystyka petrograficzna tych skał, oraz analizy izotopowe grafitu i siarczków. Projekt ten został zawieszony w związku z wojną. Pierwsze rezultaty związane z opracowaniem petrografii tych skał, wydzieleniem sekwencji krystalizacji minerałów oraz określeniem warunków najstarszych sedymentów odnalezionych w rejonie Murmańska z udziałem badań izotopowych grafitu i siarki przedstawiono w monografii, opublikowanej w 2018 roku:

Huber M., Bayanova T.B., Serov P.A., Skupiński S., 2018; Archaiczne gnejsy rejonu Murmańska, Oleniegorska (NE Fennoskandia) w świetle badań petrologicznych i geochemicznych. Wyd. Sciences Publisher, 202.

Określenie warunków powstawania i ewolucji paleoproterozoicznych intruzji warstwowych (z wyjątkiem Moncheplutonu)

Celem nadrzędnym badań było ustalenie wzajemnej pozycji i ewolucji paleoproterozoicznych intruzji warstwowych, których w rejonie NE Fennoskandii jest około dwudziestu. Ważnym problemem badawczym było także określenie proporcji materiału pierwotnego pochodzącego z głębokich stref płaszcza Ziemi do utworów pochodzenia suprakrustalnego, znajdujących się w omawianych intruzjach. Prowadzone były badania petrograficzne, geochemiczne i izotopowe skał z intruzji warstwowych, występujących w rejonie kolskim takich jak fedoro-pana, góra generalska, monchetundra, imandra oraz innych mniejszych obiektów, zrealizowane były w latach 2007-2016 oraz w ramach grantu NCN 2017/01/X/ST10/00454 („Miniatura”, w którym pełniłem rolę kierownika) pt.: „Paleoproterozoiczne i archaiczne intruzje arktycznego regionu tarczy fennoskandynawskiej: nowe izotopowe $\delta^{34}\text{S}/\delta^{36}\text{S}$ dane w zawierających PGE siarczkach”. Autor badaniami szczegółowymi składu ortopiroksenów, plagioklazów, minerałów rudnych i PGE potwierdził skrytą warstwowość tych intruzji oraz sekwencję krystalizacji skał w oparciu o badania

geochemiczne. Zastosowane przez autora badania izotopowe pozwoliły potwierdzić występowanie w tych utworach materiału pochodzenia płaszczowego i suprakrustalnego. Wyniki te zostały opublikowane w formie artykułów w 2007, 2009, 2016 i 2018 roku. Najważniejsze publikacje związane z tym zagadnieniem:

1. Rundkvist T.V., Mokrushin A.V., **Huber M.**, Pripachkin P.V., Bazai A.V., Miroshnikova Ya.A.B., 2018; New data on the composition of chrome spinellids in the rocks of the southeastern of the Early Proterozoic Monchegorsk complex (Kola region). Bulletin of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences 1, 10, 50-62, DOI: 10.25702/KSC.2307-5228-2018-10-1-50-62, (po rosyjsku).
2. **Huber M.**, Hałas S., Neradovsky Y.N., Bayanova T.B., Mokrushin A.W. , Lata L., 2016; Stable isotope geochemistry of sulfides from intrusion in Monchegorsk, Northern part of baltic shield. Geochronometria, 43, 96-101
3. **Hałas S.**, Huber M. and Piestrzynski A., 2009: Petrology of gabbroides and isotope signature of sulfide mineralization from Fedorov-Pansky layered mafic intrusion, Kola peninsula, Russia. Geochronometria, 33, 19-22.

Ustalenie sekwencji krystalizacji alkalicznych intruzji skał magmowych wieku paleozoicznego

To zagadnienie badawcze dotyczy realizowanych od 2007 roku badań petrograficznych, mineralogicznych, geochemicznych i izotopowych, które są prowadzone w wybranych intruzjach alkalicznych N Skandynawii. Celem badań było potwierdzenie sekwencji krystalizacji minerałów skałotwórczych w intruzjach Chibiny, Lovozero, Afrikanda, Turij, Petyan-Vara oraz określenie ich ewolucji. Cel ten udało się osiągnąć wspólnie z innymi badaczami. Moim wkładem było zbadanie struktury krystalicznej wybranych minerałów ziem rzadkich (grupy łoparytu, murmanitu, perowskitu) w skałach masywu Lovozierskiego oraz Afrikanda oraz ustalenie udziału materiału suprakrustalnego w utworach hydrotermalnych w oparciu o badania izotopowe. Wyniki te zostały opublikowane w formie artykułów (w 2007, 2013, 2014, 2015, 2018r. i w latach 2020-2021) oraz monografii (w 2015 i 2017r.). Najważniejsze publikacje związane z tym zagadnieniem:

1. **Huber M.**, Kamiński D., Czernel G., Kozlov E., 2022; Optical and Spectroscopic Properties of Lorenzenite, Loparite, Perovskite, Titanite, Apatite, Carbonates from the Khibiny, Lovozero, Kovdor, and Afrikanda Alkaline Intrusion of Kola Peninsula (NE Fennoscandia). Crystals, 12(2), 224; DOI: 10.3390/cryst12020224

2. **Huber M.** Mokrushin A.V., 2021; Sulfur isotope signatures of sulfides from the Khibina and Lovozero massifs (Kola Alkaline Province, Fennoscandian Shield). *Vestnik of MSTU*, 24,1, 80–87.
3. Kozlov E., Fomina E., Sidorov M., Shilovskikh V., Bocharov V., Chernyavsky A, **Huber M.**, 2020; The Petyayan-Vara Carbonatite-Hosted Rare Earth Deposit (Vuoriyarvi, NW Russia). *Mineralogy and Geochemistry. Minerals*, 10, 73.
4. **Huber M.**, Hałas S, Mokrushin A.V., Neradovsky Yu.N., Lata L., Sikorska-Jaworowska M., Skupiński S., 2018; Chemical composition of Ca-Mg-Sr carbonates and the stable isotope $\delta^{13}\text{C}$ study: the Kovdor massif showcase (Kola Region, NW Russia). *Fersman Science Session Works, GI KNC RAS* 15, 383-385. (po rosyjsku).
5. **Huber M.**, 2017; Ultrazasadowo-alkaliczna intruzja w Afrikandzie (N Rosja), badania petrologiczno-geochemiczne. *Wyd. Sciences Publisher*, 87.
6. **Huber M.**, 2015; Mineralogiczno-petrograficzna charakterystyka wybranych masywów alkalicznych Półwyspu Kolskiego (północna część tarczy bałtyckiej). *Wyd. TMKarpinski Publisher*, 187.
7. **Huber M.**, 2014; LA-ICP MS Characteristic of geochemical composition of veins rocks from the central part of the Khibina Massive in Kola Peninsula, Northern Russia. *J. Chem. Eng.*, 8, 364-370.
8. **Huber M.**, 2007; Petrograficzna charakterystyka skał z odsłonięcia Flora w Masywie Lowozierskim i dol. Małaja Bielaja w Masywie Chibińskim, Płw. Kola, Płn. Rosja. *Przegląd Geologiczny*, 55, 4, 287-288.

Wykazanie rozwoju tektonicznej aktywności w rejonie Kandalaksha oraz w centralnych częściach Półwyspu Kolskiego

Celem badań było ustalenie aktywności tektonicznej w Laplandzkim Pasie Granulitowym (LPG) w rejonie Kandalaksha oraz w centralnej części półwyspu kolskiego na podstawie analiz oddziaływania tektoniki oraz przejawów magmatyzmu. Jest to struktura kolizyjna, wieku proterozoicznego oraz masywów budujących centralną część Płw. Kolskiego. Przeprowadzono badania kontynuowane od czasu ukończenia doktoratu takie jak: analizy tektoniczne i mikrotektoniczne, badania petrograficzne, geochemiczne, datowania metodami K/Ar, U/Pb oraz analizy izotopowe wybranych minerałów w skałach opisywanych masywów. Badania te pozwoliły potwierdzić ewolucję kandalakshańskiej części LPG, zakończone publikacją monograficzną (w 2014r). W przypadku badań w centralnej części

Płw. Kolskiego dokonano także rekonstrukcji wpływu plamy gorąca na rozwój tektoniki tego obszaru. Najważniejsze publikacje związane z tymi badaniami:

1. Bayanova T., Korchagin A., Mitrofanov A., Serov P., Ekimova N., Nitkina E., Kamensky I., Elizarov D., **Huber M.**, 2019; Long-Lived Mantle Plume and Polyphase Evolution of Palaeoproterozoic PGE Intrusions in the Fennoscandian Shield. *Minerals*, 9, 59, 3-22. 1.
2. **Huber M.**, 2014; Geologia laplandzkiego pasa granulitowego regionu Kandalakszy (Płw Kolski , Rosja). Wyd. TMKarpinski Publisher, 135.
3. **Huber M.**, Bayanova T.B., Ekimova N.A., Mitrofanov F.P., Serov P.A., 2014; Mineralogical characteristic and geochronometry of a crystalline rocks from SE part of the Lapland Granulite Belt of Kola Peninsula at the White Sea. *Journal of Biology And Earth Sciences*, 4, 2, 54-60.
4. **Huber M.**, Hałas S., Sikorska M., 2007; Evolution of prehnite-albite-calcite veins in Metamorphic rocks from the Lapland Granulite Belt (Kandalaksha region of Kola Peninsula. *Geologija*, 57, 1-7.

B. Określenie protolitu oraz procesów wtórnych skał metamorficznych rejonu Bajkału

Celem przeprowadzonych badań skał metamorfiku Bajkalidów, w rejonie Białego Irkutu w Wysokich Sajanach było uszczegółowienie sekwencji skał aureoli metamorficznej towarzyszącej granitoidom oraz ustalenie ich protolitu w oparciu o analizy petrograficzne. Przeprowadzono także inwentaryzację wystąpień kalcyfirów w rejonie Sludianki wraz z określeniem ich mineralizacji. Wyniki tych analiz były opublikowane w następujących artykułach:

1. **Huber M.**, Lata L., Hałas S., 2014; Wstępna charakterystyka petrograficzna kompleksu krystalicznego z kalcyfirami z doliny Sludianki (Bajkał, Rosja), *Biuletyn PIG*, 458, 25-30
2. **Huber M.**, 2008; Petrographic characteristics of metamorphic rocks from the White Irkut valley in the High Sayan Mountains. *Contemporary Science Journal*, 5, 31 4-16. (po rosyjsku).
3. **Huber M.**, 2008; Petrographic characteristics of metamorphic rocks from the Slyudyanka valley (Slyudyanka area, near Baikal). *Contemporary Science Journal*, 17, 43, 7-17. (po rosyjsku).

C. Geneza i paleogeografia wybranych utworów kenozoiku Lubelszczyzny

Ze względu na wielowątkowość prowadzonych przez habilitanta badań w rejonie Lubelszczyzny temat ten został podzielony na następujące zagadnienia:

Identyfikacja procesów lityfikacji i diagenety oraz określenie środowiska alimentacji okruchowych utworów neogenu Lubelszczyzny

Celem badań, zapoczątkowanych w 2006 roku i w dalszym ciągu kontynuowanych jest określenie procesów sedymentacji i lityfikacji (diagenety) utworów neogenu Lubelszczyzny. Szczegółowym celem jest inwentaryzacja i geneza skał okruchowych najwyższych ogniw miocenu (piaskowców silicytowych, występujących w Pagórach Chełmskich i w strefie Wyniosłości Giełczewskiej) oraz towarzyszących im utworów spetryfikowanego drewna w rejonie Roztocza. Badania te były i są prowadzone w oparciu o analizy petrograficzne i geochemiczne skał z udziałem spektroskopii mossbauerowskiej, ramanowskiej, oraz dyfrakcji rentgenowskiej i badań izotopowych. Dotychczas opublikowano część tych rezultatów: wyniki obserwacji terenowych oraz petrografii tych skał w roku 2007 i 2013r., a monograficzne ujęcie całokształtu badań jest obecnie w trakcie redakcji):

1. **Huber M.**, 2013; Występowanie i charakterystyka miocenijskich piaskowców na obszarze Wyniosłości Giełczewskiej i Pagórów Chełmskich (Lubelszczyzna). *Annales UMCS, Sectio B*, 68, 1, 125-139.
2. **Huber M.**, Zych Ł., 2007; Wstępna petrologiczna charakterystyka skrzemieniałych pni drzew z Siedlisk. [w:] Harasimiuk M., Brzezińska-Wójcik T., Dobrowolski R., Mroczek P., Warowna J. (red.), *Budowa geologiczna rejonu lubelskiego i problemy ochrony litosfery*, Wyd. UMCS, 121-125.

Określenie paleogeografii i diagenety osadów przełomu kredy i paleogenu wybranych lokalizacji na Lubelszczyźnie

Podstawowym celem w tym zagadnieniu było ustalenie sekwencji i zasięgu skał przełomu kredy i paleogenu w wybranych odsłonięciach Lubelszczyzny oraz charakterystyka procesów diagenetycznych tych skał. Badania te, realizowane wspólnie z prof. Harasimiukiem z UMCS oraz prof. Machalskim z PAN w Warszawie, były prowadzone w oparciu o analizy petrograficzne, geochemiczne, izotopowe oraz paleontologiczne skał m in. z rejonu Lechówki, Kazimierza Dolnego, Annopola i Kocianowa. Mój wkład w ten projekt to

szczegółowa charakterystyka petrograficzna skał oraz ustalenie ich genezy w oparciu o wyniki badań w mikroobszarze. Częściowe wyniki zostały opublikowane w formie rozdziału w monografii, wydanej w 2007 roku.

Harasimiuk M., **Huber M.**, Kołodyńska-Gawrysiak R., Warowna J., Jezierski W., Gajek G., 2007; Tektoniczny rów wypełniony osadami plejstoceniowymi w Kocianowie (Równina Bełżycka). [w:] Harasimiuk M., Brzezińska-Wójcik T., Dobrowolski R., Mroczek P., Warowna J. (red.), Budowa geologiczna rejonu lubelskiego i problemy ochrony litosfery, Wyd. UMCS, 235-244.

Określenie cech meteorytu Niedźwiada oraz sekwencji procesów wtórnych występujących w meteorycie i skałach otaczających

W 2014 roku wraz z L. Gazdą z Politechniki Lubelskiej opisaliśmy nowy meteoryt w rejonie Niedźwiada, znaleziony w skałach bursztynonośnych. Celem tego projektu była identyfikacja fazowa meteorytu oraz określenie zachowanych w nim oraz skałach otoczenia procesów wtórnych na podstawie mikroanalizy mineralogiczno-petrograficznej i badań geochemicznych. Moim wkładem w ten projekt była szczegółowa charakterystyka petrograficzna próbek meteorytu oraz skał im towarzyszących. Publikacja tych wyników ukazała się w formie rozdziału w monografii:

Gazda L., **Huber M.**, Kiebała A., 2015; Kosmiczny epizod lubelskiego bursztynu. [w:] L. Gazda (red.), Lubelski bursztyn – znaleziska, geologia, złoża, perspektywy. wyd. PWSZ Chełm, 5-25.

D. Charakterystyka izotopowa i mikromorfologiczna pyłu księżycowego

Celem przeprowadzonych w 2008 roku analiz była charakterystyka izotopowa zaadsorbowanego argonu w próbkach pyłu księżycowego dostarczonych przez załogę Apollo oraz wykazanie możliwości występowania wody na księżycu. Mój wkład polegał na analizie mikromorfologicznej pyłu księżycowego, z użyciem analiz w mikroobszarze. Określono w nim mikroporowatość a następnie zbadano zaadsorbowane tam gazy. Wyniki te ukazały się w publikacji:

Robens E., Dąbrowski A., Chibowski S., Dobrowolski R., Drewniak M., Dumańska – Słowik M., Gac W., Goworek J., **Huber M.**, Iwan M., Kurzydłowski K.J., Mendyk E., Pasieczna-Patkowska S., Płociński T., Ryczkowski J., Rzączyńska Z., Skrzypiec K., Sobczak

J.W., 2009; Investigation of surface properties of lunar regolith – part IV. Annales UMCS, Sectio AA Chemia, 63, 144-148.

E. Określenie stopnia zanieczyszczenia i sposobu rekultywacji oraz ochrony wybranych obszarów południowej Polski, Indii i Płw. Kolskiego (Rosja)

Celem badań objętych niniejszym tematem, kontynuowanym od 2013 roku jest charakterystyka stopnia degradacji środowiska w skutek działalności antropogenicznej. Problem ten obejmuje kilka odrębnych zagadnień:

Określenie stopnia zanieczyszczenia środowiska na podstawie badań zawartości metali ciężkich w próbkach gleb, pyłu, tynków i roślin

Nadrzędnym celem tego problemu jest ustalenie zawartości metali ciężkich takich jak Pb, As, Cr, Cd, Hg w próbkach gleb, pyłu, roślin, tynków pochodzących z obszarów zurbanizowanych. Jest on realizowany poprzez badania tych próbek w mikroobszarze, oraz analiz geochemicznych i izotopowych. Dotyczy to badań stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi: pyłów, tynków, gleb i roślin wybranych lokalizacji z rejonu Polski południowej, Indii oraz Płw. Kolskiego. Wyniki tych badań zostały opublikowane w następujących publikacjach:

1. Paszko T., Matysiak J., Kamiński D., Pasieczna - Patkowska S., **Huber M.**, Król B., 2020; Adsorption of bentazone in the profiles of mineral soils with low organic matter content. PLOS One 2, 1-23. DOI: 10.1371/journal.pone.0242980.
2. Patel K.S, Yadav A., Sahu Y.K., Lata L., **Huber M.**, Corns W.T., Martín-Ramos P., 2020; Tree Bark as a Bioindicator for Arsenic and Heavy Metal Air Pollution in Rajnandgaon District, Chhattisgarh, India. Journal of Hazardous Toxic and Radioactive Waste, 24, 1, 1-5. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000475.
3. Yadav A., Sahu P.K., Patel K.S., Lata L., **Huber M.**, Corns W.T., Allen J., Martín-Ramos P., 2020; Assessment of Arsenic and Heavy Metal Pollution in Chhattisgarh, India, Journal of Hazardous Toxic and Radioactive Waste 24, 1, 6-14. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000478.
4. **Huber M.**, Menshakova M.Y., Chmiel S., Zhigunova G.V, Dębicki R., Iakovleva O.A., 2018; Heavy metal composition in the Plantago major L. from center of the Murmansk City, Kola Peninsula, Russia. European Journal of Biological Research, 8, 4, 214-223 .

5. **Huber M.**, Skupiński S., Iakovleva O., 2018; Hg contents and environmental characteristics of soils and *Taraxacum officinale* plants of the SW part of Lublin. *Chem. Environ. Biotechnol*, 21, 38-41.
6. **Huber M.**, Zhigunova G.V., Dębicki R., Lata L., 2018; Plasters analysis, from selected cities in Murmansk Oblast (N Russia) as an indicator of environmental pollution. The Ministry of Education and Science on the Russian Federation, Murmansk State Arctic University, 170.
7. **Huber M.**, Lata L., 2016; Badania tynków wybranych największych miast południowej Polski w kontekście zanieczyszczenia środowiska. *Wyd. Sciences Publisher*, 288.
8. **Huber M.**, Hałas S., 2015; Geochemical study of precipitates in the architectural surfaces from Bern, Switzerland, *Annales UMCS, Sectio AAA*, 70, 113-120.

Ustalenie migracji pierwiastków w terenach po-górniczych, haldach żużli powstałych z wytopu metali kolorowych oraz w wybranych skałach porowatych

Zagadnienie to ma na celu określenie sposobu rekultywacji terenów pogórniczych, związanych z eksploatacją i przeróbką złóż metali kolorowych znajdujących się w centrum Rudy Śląskiej oraz w pobliżu Piechengi i Monchegorska. Są one realizowane od 2013 roku poprzez prowadzenie badań w mikroobszarze oraz analiz geochemicznych i izotopowych. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano możliwość rekultywacji tych terenów. Moim wkładem są badania anomalii geochemicznych wynikające z zanieczyszczenia terenu oraz propozycje jego rekultywacji. W 2020 roku rozpoczęto także badania migracji związków fosforu w skałach osadowych, finansowane w projekcie OPUS/NCN 2020/37/B/ST10/01994, pt.: „Wpływ ługowania naturalnych minerałów fosforu ze skał osadowych na potencjał troficzny wód powierzchniowych wybranych obszarów międzyrzecza Wisły i Bugu”, w którym jestem kierownikiem zadania. Wyniki w/w badań ukazały się w postaci publikacji:

1. **Huber M.**, Chmiel, S., Iakovleva O. 2022; Environmental Characteristics of the Mining Area of Ni–Cu–Fe Paleoproterozoic PGE Monchepluton Intrusion (NE Scandinavia). *Mining*, 2(4), 683-698.
2. **Huber M.**, Yakovleva O., 2022; Zn-Pb Dumps, Environmental Pollution and Their Recultivation, Case of Ruda Śląska-Wirek, S Poland. *Mining* 2, 616–628.
3. Kasikov A., Neradovsky Yu., **Huber M.**, Mayorova Y., Rakitina E., Grishin N., 2017; Heterogeneity of glass components in slag after nickel acquisition process from Kola Peninsula (Russia). *Metallurgy and Foundry Engineering* 43, 2, 89-97.

4. Jończy I., **Huber M.**, Lata L., 2014; Zeszkłone odpady hutnicze po produkcji cynku i ołowiu ze zwałowiska w Rudzie Śląskiej w aspekcie badań mineralogiczno-chemicznych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 30, 1, 161-174. 30.

Inwentaryzacja cennych przyrodniczo obiektów w rejonie Płw. Kolskiego oraz propozycja ich ochrony

W odniesieniu do tego zagadnienia, celem nadrzędnym inwentaryzacja cennych przyrodniczo obiektów w rejonie Płw. Kolskiego oraz propozycja ich udostępnienia turystycznego, a także propozycja ochrony dziedzictwa przyrody nieożywionej wybranych regionów Płw. Kolskiego oraz krajobrazu miejskiego na przykładzie Murmańska. Najważniejsze publikacje związane z tymi badaniami to:

1. **Huber M.**, Zhigunova G., Menshakova M., Gainanova R., Iakovleva O., 2022; Geoheritage of the Kandalaksha region (Kola Peninsula, White Sea, Arctic Russia), Evaluation, and Geotourism Opportunities. *Geoheritage* 14(112).
2. **Huber M.**, Iakovleva O., Zhigunova G., Mienshakova M., Gainanova R., 2021; Can the Arctic be saved for the next generations? Study of examples and internships in Murmansk District. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 678, 012031.
3. Krivovichev S.V., Zhigunova G.V., **Huber M.**, Kovalevsky M.V., Novikov A.A., Boglaev V.E., Bayanova T.B., Belevskikh T.V., Yakovleva O.A., 2018; Inanimate nature of the Kola Peninsula: selected advantages and possibilities of protection as a Geopark. *Fersman's Scientific Works GI KSC RAS*, 15, 386-391.
4. Zhigunova G.V., Menshkova M.Y., Svetlova M.V., **Huber M.**, Iakovleva O.A., 2018; Modernization of high-latitude coastal urban systems in the context of sustainable development (on the example of the city of Murmansk). *Voronezh State University Journal, Geography, Geoecology Series* 3, 36-43. (po rosyjsku).

F. Określenie składu fazowego obiektów archeologicznych

Podczas pracy zawodowej w UMCS prowadzę również badania, które wykorzystywane są w pracach archeologicznych. Dotyczą one głównie charakterystyki petrograficznej zabytków wykonanych z kamienia a także określenia składu jakościowego i ilościowego stopów metali w zabytkowych monetach. Badania te były finansowane w ramach różnych projektów naukowych w których pełniłem funkcję kierownika zadania: 216968 OPUS 5 w latach 2014-2016, pt.: „Roztocze – starożytna terra incognita? (Mikroregion osadniczy w

rejonie Ulowa na Roztoczu Środkowym w pradziejach i jego tło)." Projekt: 2013/09/B/HS3/03352 pt.: „Schyłek neolitu w północnej części Wyżyny Lubelskiej" w latach 2013-2015, projekt finansowany przez MKiDN pt: „Ochrona zabytków archeologicznych" w zadaniu: Kopalnie krzemienia na stanowisku „Za garncarzami" w Ożarowie w latach 2018-2020. Wyniki tych badań zostały opublikowane w formie artykułów oraz rozdziałów w monografiach:

1. Mączyński P., **Huber M.**, 2021; Analysis of the lithic inventory from grave No. 3 from "Ciganska humka" in Šajkaš. [w:] Jarosz P., Koledin J, Włodarczak P. (red.), Danubian Route of the Yamnaya Culture The Barrows of Vojvodina. *Archaeolingua*, Budapest, Hungary, 43, ss. 83-91.
2. **Huber M.**, 2020; Analizy petrograficzne surowca ożarowskiego. [w:] Brzeziński W. (red.) Kopalnie krzemienia na stanowisku 'Za garncarzami' w Ożarowie., Wyd. Naukowe – Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, 16-24.
3. **Huber M.**, Markiewicz T., 2020; Znaleźisko fałszywych groszy Zygmunta III Wazy (1587–1632) z Lublina. *Wiadomości Numizmatyczne*, LXIV, 208, 241-261, DOI: 10.24425/wn.2020.131216.
4. **Huber M.**, 2019; Analiza mineralogiczna fragmentu płyty szlifierskiej ze stanowiska Kosin 10. [w:] Zakościelna A. (red.) Kosin wschodnie krzemieni święciechowskiego oraz gościeradowskiego., Wyd. UMCS Lublin, 445-455.
5. **Huber M.**, Mroczek P., 2012; Kamień w architekturze Lublina na przestrzeni wieków, *Biul. PIG*, 448, 441-450.
6. Szeliga M., **Huber M.**, 2016; Mineralogical and petrographic characteristic of basic types of Turonian flints from the north-eastern margin of the Holy Cross Mountains: a preliminary report. *Archeologia Polona*, 54, 83-97.
7. **Huber M.**, 2016; Charakterystyka petrologiczna schyłkowoneolitycznych toporów kamiennych z Lubelszczyzny, [w:] Jarosz P., Libera J., Włodarczyk P. (red.) Schyłek neolitu na Wyżynie Lubelskiej, red. Wyd. IAE PAN, 5-27.

G. Zastosowanie i udoskonalenie techniki mikroskopii optycznej i elektronowej w projektach interdyscyplinarnych

Sprawując od 2012 roku powierzoną opiekę nad skaningowym mikroskopem elektronowym z przystawkami EDS, EBSD, oraz polaryzacyjnym mikroskopem optycznym w Katedrze Geologii, Gleboznawstwa i Geoinformacji WNoZiGP UMCS zajmowałem się

badaniami z udziałem tej techniki w naukach medycznych, analizach o charakterze kryminalistycznym i konserwatorskim. Urządzenia te były wykorzystywane w badaniach morfologii włosów i kryształów wytworzonych w ludzkich tkankach, analizie starodruków pod kątem identyfikacji ich powstania, badaniach szkodliwości przedmiotów techniki użytkowej w oparciu o stwierdzenie domieszek metali ciężkich. Udoskonalenie techniki badawczej stanowią moje zgłoszenia wynalazków do UP RP oraz opracowanie zastosowania analiz fraktalnych w analizie tekstury minerałów. Najważniejsze publikacje związane z tymi badaniami to:

1. **Huber M.**, Stępniewska K., Application of the Fractal Dimension Calculation Technique to Determine the Shape of Selected Monchepluton Intrusion Crystals (NE Fennoscandia). Minerals 2021, 11, 1140.
2. Blicharska E., Chmiel S., **Huber M.**, Lata L., Klepka T., Muraczyńska B., Oszust K., Rawski M., 2015; Wybrane zastosowania mikroskopii optycznej i elektronowej w badaniach biomedycznych i środowiskowych. Wyd. TMKarpinski Publisher, 142.
3. Blicharska (Gruszka) E., Fliger J., **Huber M.**, Kocjan R., 2014; Examination of the Elemental Composition on Hair in Cholelithiasis, Kidney Stone, Hypertension and Diabetes by Scanning electron Microscopy and Energy Dispersive Spectrometry SEM/EDS. Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques, 5, 4, 1-5.
4. **Huber M.**, Jakovleva O., Synajewska-Przybyś A., Klepka T., 2014; Możliwości badania materiałów drukowanych z użyciem techniki optycznej, polaryzacyjnej i konfokalnej oraz SEM-EDS, [w:] Konopiska B., Ostrowski J. (red.), Z dziejów kartografii, Tom XVIII, Dawne mapy jako źródła w badaniach geograficznych i historycznych. Wyd. Polskiej Akademii Nauk – Instytutu Geografii, Warszawa, 337-349.
5. **Huber M.**, 2012; Dynamics of metamorphism processes by the fractal textures analysis of garnets, amphiboles and pyroxenes of Lapland Granulite Belt, Kola Peninsula. Journal of Biology and Earth Sciences, 2, 2, 50-55.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Podczas procesu tworzenia laboratoriów na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS odpowiadałem za organizację **pracowni mikroskopii optycznej i elektronowej**. Byłem odpowiedzialny za wybór jej wyposażenia. Pracownia została

wyposażona w: skaningowy mikroskop elektronowy Hitachi SU6600 z przystawkami EDS, EBSD, CL wraz z napyłarkami do złota i węgla, a także optyczne mikroskopy polaryzacyjne Leica DM2500P oraz Leica DM750P ze stosownym oprogramowaniem. W roku 2012 odbyłem szkolenie w UMCS z przedstawicielami Leica, Hitachi, Horiba oraz w AGH z przedstawicielami firmy COMEF, zakończone uzyskaniem certyfikatów uprawniających do obsługi, kalibracji i konserwacji tych mikroskopów. Analizy na wyżej wymienionych specjalistycznych urządzeniach wykonuję w UMCS do dnia dzisiejszego. Bezpośrednim efektem tej działalności były także zgłoszenia do Urzędu Patentowego (określone w punkcie 7). Najważniejsze z nich dotyczyły usprawnienia budowy stolika do mikroskopu elektronowego, umożliwiające bardziej efektywne prowadzenie badań nad określeniem orientacji minerałów w próbkach, modyfikacji konstrukcji moździerza laboratoryjnego oraz katodoluminescencji.

Osiągnięcia dydaktyczne

- W ramach działalności dydaktycznej w UMCS i w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim prowadziłem wykłady i ćwiczenia na kierunku Geografia, Geografia Wojskowa i Zarządzanie Kryzysowe oraz Turystyka i Rekreacja z przedmiotów: „Geologia z elementami mineralogii, petrografii, paleontologii i kartografii geologicznej”, „Fizyka Ziemi”, „Współczesne funkcjonowanie geo-systemów”, „Geozagrożenia”, „Gospodarka turystyczna na poziomie różnych jednostek terytorialnych”, „Przestrzeń turystyczna i jej zasoby”, „Zasoby mineralne Polski”, „Zasoby surowcowe świata”, „Zasoby środowiskowe”, „Rekonstrukcje i prognozy”, „Zjawiska ekstremalne w przeszłości Ziemi”, „Metody badawcze mikroskopii optycznej i elektronowej”, „NE Skandynawia – życie, środowisko geografia”, „Budowa geologiczna Lubelszczyzny”, „Geoparki świata”, „Atrakcje przyrody nieożywionej gór Polski”, „Atrakcje przyrody nieożywionej państw Europy” i in.
- Moja działalność dydaktyczna związana jest także ze Studenckim Kołem Naukowym Geologów w AGH (podczas studiów doktoranckich) i Sekcją Geologiczną Studenckiego Koła Naukowego Geografów w UMCS oraz organizacją wypraw naukowych w rejon Murmańska z udziałem studentów różnych uczelni Polski w latach 2003, 2007 i 2008.
- W UMCS brałem czynny udział w Lubelskim Festiwalu Nauki (LFN) w latach 2007-2022 (jestem autorem 32 projektów). Byłem koordynatorem LFN z ramienia UMCS w

latach 2012-2013. Uczestniczyłem w akcji Dni Otwarte, Dzień Ziemi w latach 2007-2019 (14 projektów). Prowadziłem również liczne zajęcia dydaktyczne w szkołach podstawowych i liceach na terenie Lubelszczyzny. Od 2007 roku systematycznie prowadzę wykłady w ramach Uniwersytetu III wieku w Lublinie, Puławach, Tarnobrzegu, Sandomierzu, Rykach i innych miastach (19 wykładów w latach 2014-2021). Działalność popularyzatorską prowadziłem także w TVP3 w ramach programów „Szczęśliwe historie” oraz „Poranek między Wisłą a Bugiem”.

- Prowadziłem gościnnie wykłady w Murmańskim Arktycznym Uniwersytecie Państwowym w latach 2014-2020 (11 wykładów).
- Jestem autorem i współautorem książek o charakterze popularnonaukowym: Huber M., Iakovleva O., 2013; Półwysep Kolski. Piękno dzikiej, północnej przyrody. Wyd. TM Karpinski Publisher; Huber M., Iakovleva O., 2014; Galopem po Europie. Wyd. Huber Publisher; Huber M., 2017; The splendor of rocks and minerals in thin sections. Wyd. Sciences Publisher (rekomendowana przez Towarzystwo Mineralogiczne w Denver denvergem.org, USA); Huber M., 2019; Skały i minerały, książeczka dla dzieci. Wyd. Huber Publisher.
- Za niniejsze osiągnięcia w dniu 19.08.2022 został mi przyznany Medal Komisji Edukacji Narodowej, przez Ministra Edukacji i Nauki.

Realizacja zadań w ramach krajowego projektu edukacyjnego

- Prowadziłem zajęcia z przedmiotu „geologia” dla młodzieży szkolnej w ramach Programu Operacyjnego „Wiedza Edukacja Rozwój” 2014-2020, w Działaniu 3.1: „Kompetencje w szkolnictwie wyższym” konkurs POWER.03.01.00-IP.08-00-UMO/17 w ramach „Uniwersytetu Młodego Odkrywcy” na UMCS.

Liczba wypromowanych licencjatów (11):

- Nieradko Michał 2015: „Możliwości wyposażenia wybranych obiektów agroturystycznych Lubelszczyzny w sprzęt do rekreacji ruchowej na przykładzie gmin Kazimierz Dolny i Annopol”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
- Adameczek Jakub, 2015: „Atrakcyjność turystyczna Finlandii Północnej w kontekście ekologii”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.

-
- Wójtowicz Daniel, 2015: „Wybrane imprezy masowe w Niemczech i ich wpływ na rozwój turystyki w regionie”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Izdepska Marharyta, 2017: „Antropogeniczne i przyrodnicze atrakcje turystyczne Dniepru i jego okolic”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Danyliuk Yuliia, 2017: „Turystyka polarna regionu Murmańska”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Parkhats Yana, 2017: „Wybrane atrakcje turystyczne Zachodniej Białorusi”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Kmit Filip, 2017: „Wpływ na środowisko naturalne awarii w elektrowniach atomowych na przykładzie Czarnobyla i Fukushima”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Krayeuski Ryshard, 2018: „Charakterystyka zagrożeń towarzyszących w turystyce międzynarodowej”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Tamasheuskaya Anastasiya, 2022: „Ocena atrakcyjności turystycznej miasta Kobryń na Białorusi”. Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Bayarouskaya Lizaveta, 2022: „Perspektywy rozwoju turystyki uzdrowiskowej w Białorusi.” Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.
 - Przekaza Alan, 2022: „Ocena walorów przyrodniczych Parku Narodowego Mount Rainier (USA).” Kierunek: Turystyka i Rekreacja na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS.

7. Informacja o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

W czasie zatrudnienia w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej zgłosiłem do Urzędu Patentowego liczne wynalazki. Uzyskałem 11 świadectw wzoru użytkowego oraz 2 patenty. W roku 2017 zostałem odznaczony przez Premiera RP medalem za zasługi dla wynalazczości. Dwa z wynalazków brały udział w Międzynarodowych Targach Wynalazczości INTARG w

Katowicach w 2017 roku, zajmując *ex aequo* 3 miejsce (uhonorowane brązowym medalem INTARG).

Współpraca z sektorem gospodarczym

Uczestniczyłem w programie „Nauka dla Gospodarki” finansowanym ze środków Unii Europejskiej (2012). W okresie 2012 – 2020 nawiązałem kontakty z pięcioma firmami o zasięgu krajowym, wykonując dla nich opracowanie propozycji modernizacji oraz wdrożenia nowych technologii produkcji oraz jakości produktów końcowych. Efektem bezpośrednim tej współpracy są liczne ekspertyzy, raporty oraz wdrożenie objętego ochroną patentową wynalazku („płyta kamienna” w firmie Road Memory Sławomira Chudoby).

8. Informacje naukometryczne

- Cytowania według Web of Science *Hi index* = 4, suma cytowań = 53.
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAJ-5167-2020>
- w Google Scholar: *Hi index* = 7, suma cytowań = 214
<https://scholar.google.com/citations?user=BnGbhOYAAAAJ&hl=pl&oi=ao>
- Sumaryczna liczba punktów MNiSW: 600 po doktoracie do roku 2018 i od roku 2019 do 2022: 1765

8.1. Pozostałe kwalifikacje uzyskane przez habilitanta

W latach 2012-2014 ukończyłem 3 edycje studiów podyplomowych: „Zarządzanie projektami badawczymi i pracami rozwojowymi” „Przedsiębiorczy eko-menedżer, zarządzanie eko-innowacjami i wdrożeniem technologii przyjaznych dla środowiska naturalnego w logistyce oraz ekologiczne rozwiązania w przemyśle” w Wyższej Szkole Ekonomii i Innowacji w Lublinie oraz „Ochrona własności intelektualnej” w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej.

Ukończyłem także następujące kursy (6) w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej: „Learning by doing” (2018), „Badania nieniszczące materiałów konstrukcyjnych”, „Innowacje, badania i komercjalizacja wiedzy” (2012) oraz „Modelowanie sieci neuronów”, „Programowanie logiczne”, „Równoległy MATLAB” (2011).

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku i aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej.

	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
Publikacje w czasopismach z bazy JCR	-	21	21
Publikacje w czasopismach międzynarodowych i krajowych	3	43	46
Autorstwo monografii (bez rozprawy habilitacyjnej)	-	10	10
Autorstwo rozdziałów w monografii	-	17	17
Liczba publikacji w materiałach konferencyjnych	24	97	121
Publikacje inne	7	11	18
Świadectwa uzyskane w Urzędzie Patentowym RP	-	12	12
Kierowanie projektami badawczymi	-	1	1
Wykonawca w projektach badawczych	-	4	4
Czynny udział w konferencjach:			
- o zasięgu krajowym (45R – referaty, 54P – postery)	17 (13R, 4P)	82 (32R,50P)	99
- o zasięgu międzynarodowym (16R,50P)	6 (4R,2P)	60 (12R,48P)	66
- jako invited speaker	-	1	1
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych	3	4	7
Uzyskane wyróżnienia i nagrody	-	3	3
Członkostwo w towarzystwach naukowych	1	3	4
Opieka naukowa nad studentami, w tym:			
- liczba wypromowanych licencjatów	-	11	11
- promotor pomocniczy przy pracy magisterskiej	-	1	1
Ekspertyzy	-	11	11
Recenzje publikacji w czasopismach w tym:			
- z listy w bazie JCR	-	164	164
- w innych czasopismach	-	3	3
Recenzje wniosków NCN	-	11	11
Recenzja wniosku dla systemu grantowego Republiki Uzbekistanu	-	1	1

.....
(podpis wnioskodawcy)