

2. Autoreferat

Informacje ogólne

Studia magisterskie rozpoczęłam w 1989 r. na Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej. Wybrany przeze mnie kierunkiem studiów była technologia organiczna. Praktyki studenckie odbyłam w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Sterowania Procesami Chemicznymi (obecnie Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej) Politechniki Rzeszowskiej. Studia ukończyłam w 1994 r. uzyskując Dyplom Magistra Inżyniera Chemii w zakresie Technologia Organiczna. Pracę magisterską pt: „Modelowanie procesów katalitycznych. Selektywne uwodornienie acetylenu” wykonałam pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Romana Petrusa. W pracy porównano zastosowanie modelu heterogenicznego i pseudohomogenicznego do symulacji pracy reaktora rurowego dla procesu katalitycznego uwodornienia acetylenu w strumieniu etylenu.

Po skończeniu studiów w 1989 roku podjęłam pracę w Zakładzie Oczyszczania i Ochrony Wód na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej, na stanowisku pracownika inżynieryjno-technicznego. W zakładzie tym pracuję do dzisiaj. W trakcie pracy uzupełniłam wiedzę zawodową o:

- procesy oczyszczania wody,
- obsługę chromatografu cieczowego, ICP, ASA, mikroskopu skaningowego,
- znajomość programowania w języku BORLAND-DELPHI,
- znajomość pracy w programie MATLAB,
- programowanie i symulację w programie MAPLE.

Pracę doktorską pt: „Badania procesu usuwania jonów metali ciężkich z roztworów wodnych na klinoptylolitach karpackich” wykonałam pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Romana Petrusa. Przewód doktorski przeprowadzony był na Wydziale Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Recenzentami pracy doktorskiej byli: prof. dr hab. inż. Roman Zarzycki (PŁ) i prof. dr hab. inż. Wojciech Adamski (PW). Doktorat został wyróżniony decyzją Rady Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska, PW (2003) oraz Indywidualną Nagrodą Ministra Edukacji Narodowej i Sportu (2004).

Od 01/2004 roku kontynuuję pracę w Zakładzie Oczyszczania i Ochrony Wód na Politechnice Rzeszowskiej na stanowisku adiunkta.

Wykaz osiągnięć wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.).

Podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego jest monografia:

B1. **Warchoł J.** Badanie i modelowanie równowagi sorpcji jonów w układzie ciecz – ciało stałe. *Polska Akademia Nauk, Oddział w Łodzi, Komisja Ochrony Środowiska*, ISBN: 978-83-86492-70-1, 2012.

Część przedstawionych w monografii wyników badań została opublikowana w czasopismach naukowych:

1. [4Ba)1] Sarri S., Misaelides P., Zamboulis D., Papadopoulou L., **Warchoł J.** Removal of uranium anionic species from aqueous solutions by polyethylenimine – epichlorohydrin resins. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2012, September, 1-6.
2. [4Ba)2] **Warchoł J.**, Matłok M., Misaelides P., Noli F., Zamboulis D., Godelitsas A. Interaction of U(VI)aq with CHA-type zeolitic materials. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2012, 153, 63-69.
3. [4Ba)3] Repo E., Petrus R., Sillanpää M., **Warchoł J.K.** Equilibrium studies on the adsorption of Co(II) and Ni(II) by modified silica gels: one-component and binary systems. *Chemical Engineering Journal*, 2011, 172 (1), 376-385.
4. [4Ba)4] Repo E., **Warchoł J.K.**, Bhatnagar A., Sillanpää M. Heavy metals adsorption by novel EDTA-modified chitosan–silica hybrid materials. *Journal of Colloid Interface Science*, 2011, 358, 261–267.
5. [4Ba)5] Repo E., **Warchoł J.K.**, Kurniawan T.A., Sillanpää M. Adsorption of Co(II) and Ni(II) by EDTA- and/or DTPA-modified chitosan: Kinetic and equilibrium modeling. *Chemical Engineering Journal*, 2010, 161 (1-2), 73-82.
6. [4Ba)6] Repo E., Kurniawan T.A., **Warchoł J.K.**, Sillanpää M.E. Removal of Co(II) and Ni(II) ions from contaminated water using silica gel functionalized with EDTA and/or DTPA as chelating agents, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 171 (1-3), 1071-1080.
7. [4Ba)7] Carmona M., Valverde J.L., Pérez A., **Warchoł J.**, Rodríguez J.F.: Purification of glycerol/water solutions from biodiesel synthesis by ion exchange: Sodium removal part I, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2009, 84 (5), 738-744.
8. [4Ba)8] Carmona M., **Warchoł J.**, de Lucas A., Rodríguez J.F.: Ion-exchange equilibria of Pb^{2+} , Ni^{2+} , and Cr^{3+} ions for H^+ on Amberlite IR-120 resin, *Journal of Chemical & Engineering Data*, 2008, 53(6), 1325–1331.
9. [4Ba)9] **Warchoł J.**, Petrus, R., Carmona, M., Rodríguez, J.F.: Removal of NaCl from glycerol by ion exchange, *Przemysł Chemiczny*, 2008, 87(5), 613-615.
10. [4Ba)10] Chutkowski, M., Petrus, R., **Warchoł J.**, Koszelnik, P.: Sorption equilibrium in processes of metal ion removal from aqueous environment. Statistical verification of mathematical models, *Przemysł Chemiczny*, 2008, 87(5), 436-438.
11. [4Ba)12] Misaelides P., Zamboulis D., Sarridis Pr., **Warchoł J.**, Godelitsas A., Chromium (VI) uptake by polyhexamethyleneguanidine – modified natural zeolitic materials, *Microporous and Mesoporous Materials*, 2008, 108 (1-3), 162-167.
12. [4Ba)13] **Warchoł J.**, Misaelides P., Petrus R., Zamboulis D.: Preparation and application of organomodified zeolitic material in removal of chromates and iodides. *Journal of Hazardous Materials*, 2006, B137, 1410-1416.

Numeracy publikacji podane w Autoreferacie są zgodne z numeracją w Dorobku naukowo-badawczym [p.4B].

Działalność naukowo-badawcza

Pracę naukowo-badawczą rozpoczęłam od zastosowania mas metalicznych (wiórka stopów miedziowo-cynkowych) do usuwania chloru i jego związków (masa KDF55) oraz żelaza (masa KDF85). Były to wstępne testy laboratoryjne przeprowadzone w warunkach przepływowych, których celem było wskazanie możliwości zastosowania mas do poprawy jakości wody wodociągowej (dechloracja) i wody podziemnej (odżelazianie na dwuwarstwowych filtrach pośpiesznych wypełnionych węglem aktywnym i złożem metalicznym). Uzyskane rezultaty zamieściłam m.in. na łamach czasopisma branżowego *Rynek Instalacyjny* [4Af)2, d)7].

W 1997 roku zwróciłam się do prof. dr hab. inż. Romana Petrusa (Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydział Chemiczny, PRz) z propozycją realizacji pod jego kierunkiem pracy doktorskiej. Wybrany temat umiejscawiał się zarówno w zakresie badań naukowych realizowanych w Zakładzie Oczyszczania i Ochrony Wód (zastosowanie klinoptylolitów, diatomitów i mas chemicznie aktywnych do poprawy jakości wody), jak i w profilu działalności naukowej prof. dr hab. inż. Romana Petrusa (*Badanie, modelowanie i analiza procesów chemicznych zachodzących w materiałach porowatych*). Od tej pory moje badania skupiły się na procesach sorpcyjnych w układzie ciecz-ciało stałe. W ramach pracy doktorskiej badałam sorpcję jonów metali ciężkich (Pb, Cu, Cd) z roztworów jedno- i wieloskładnikowych na klinoptylolitach karpackich. Zasadniczą częścią pracy była symulacja profili stężeń w kolumnie sorpcyjnej z wykorzystaniem modeli dynamicznych (równowagowo-dyspersyjnego i kinetyczno-dyspersyjnego), uzupełnionych równaniem odpowiedniej izotermy równowagi (równania empiryczne i równania wynikające z prawa działania mas). Dobranie adekwatnego do mechanizmu zachodzącego procesu modelu dynamicznego oraz modelu równowagowego pozwoliło na przeniesienie skali procesu. Część badań prowadzono w ramach grantu promotorskiego (KBN nr 4T09D01322) „Zastosowanie zeolitów naturalnych do usuwania metali ciężkich”. Wyniki pracy doktorskiej prezentowane były na kilku konferencjach [4Ad)1-6, e)1] oraz opublikowane w czasopismach polskich i zagranicznych [4Aa)1, c)1-4].

Po uzyskaniu stopnia doktora, metodykę i rezultaty pracy doktorskiej przedstawiłam w ramach cyklu wykładów dla studentów, doktorantów i pracowników Wydziału Chemicznego Uniwersytetu Arystotelesa (UA) w Salonikach (Grecja) [6A1]. Podjęta współpraca z zespołem prof. Panagiotisa Misaelidesa (przewodniczący Międzynarodowego Stowarzyszenia Zeolitów Naturalnych IZNA) dotyczyła poszukiwania tanich, niekonwencjonalnych

materiałów sorpcyjnych do usuwania metali ciężkich i radionuklidów z roztworów wodnych. Początkowo do badań zastosowano surowe lub aktywowane NaCl tufy zeolitowe pochodzące z Grecji, Szkocji, Włoch i Gruzji (klinoptylolity, chabazyty, filipsyty) [4Ba]2]. Ze względu na ujemny ładunek sieci krystalicznej, materiały te mogą sorbować na swojej powierzchni cząsteczki o ładunku dodatnim. Aby umożliwić sorpcję również anionów, przeprowadzono liczne modyfikacje powierzchni materiałów zeolitowych (SMZ), m.in: bromkiem i chlorkiem heksadecylo-trimetylo-aminy (HDTMA-Br, HDTMA-Cl), bromkiem oktadecylo-trimetylo-aminy (ODTMA-Br), polichlorkiem heksametylenodiamino-guanidyny (PHMG-Cl), chlorkiem oktadecylo-poliheksametylo-guanidyny (ODPHMG-Cl) [4Ba]12,13]. Modyfikację PHMG-Cl i ODPHMG-Cl przeprowadzono we współpracy z Instytutem Geochemii i Chemii Analitycznej, Rosyjskiej Akademii Nauk w Moskwie. Efektywność sorpcji anionów na SMZ zależała od efektywności procesu modyfikacji, a ta z kolei od rodzaju i stężenia modyfikanta. Modyfikacji ulega tylko zewnętrzna powierzchnia ziarna, która w zależności od minerału może stanowić 10-50% całkowitej pojemności jonowymiennej materiału. Wykazano, że sorpcja form anionowych U(VI) i Cr(VI) na modyfikowanych materiałach zeolitowych polega na wymianie anionowej z jonem stabilizującym warstwę organiczną. Jednak modelowanie równowagi procesu w oparciu o równania bazujące na prawie działania mas (równania reakcyjne) jest niemożliwe. Wynika to z faktu, że jony U(VI) i Cr(VI) formują w roztworach różne kompleksy, których udział jest funkcją odczynu pH i stężenia. Ze względu na różne wartościowości, wymiana każdej formy opisana jest innym równaniem reakcyjnym. Użycie tych równań do obliczeń modelowych wiąże się z koniecznością wyznaczenia wartości stężeń równowagowych dla wszystkich form jonów w obu fazach, co jest raczej trudne analitycznie do wykonania. W następnych latach badania rozszerzono o materiały syntetyczne: żywice poliimino-epichlorohydrynowe (o małej i dużej masie cząsteczkowej) [4Ba]1, d)1] oraz sorbenty amorficzne (cyrkonowo-tlenkowe i fosforanowo-tytanowe). Te ostatnie otrzymano we współpracy z Instytutem Sorpcji i Problemów Endoekologicznych, Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie. Zarówno żywica jak i sorbenty amorficzne posiadają właściwości kationo- jak i anionowymienne, charakteryzują się wysoką pojemnością sorpcyjną względem jonów U(VI), Cr(VI), I(I), B(III), są termostabilne i odporne na czynniki agresywne. Cechy te stwarzają możliwość ich wykorzystania np. do dezaktywacji ścieków promieniotwórczych. Na podstawie analizy składu, struktury oraz rodzaju grup funkcyjnych wyjaśniono mechanizm zarówno ich syntezy jak i modyfikacji. Otworzyło to możliwość dalszej poprawy ich właściwości mechanicznych oraz modyfikacji właściwości sorpcyjnych (selektywności). W badaniach przeprowadzonych w latach 2003-2012 w Laboratorium

Chemii Nieorganicznej Uniwersytetu Arystotelesa uczestniczyło 10-studentów (program Sokrates/Erasmus ERA_88_2003) Politechniki Rzeszowskiej (z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska oraz z Wydziału Chemicznego), którzy realizowali w Grecji część eksperymentalną prac magisterskich (8 prac obronionych w PRz z wyróżnieniem) [4Bc)2, e)8]. Ponadto, razem z prof. P. Misaelidisem przygotowaliśmy 3-krotnie (2003-2006) wnioski projektu badawczego o indywidualne stypendium UE Marie Curie Actions, Intra-European Fellowships (program "Structuring the European Research Area – Human Resources and Mobility").

W 2005 roku przebywałam na 5 miesięcznym stażu naukowo-badawczym (jako *visiting professor*) na Wydziale Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Castila la Mancha w Ciudad Real (Hiszpania). Pod kierunkiem prof. Juana Rodrigueza (Prodziekan Wydziału Inżynierii Chemicznej, Dyrektor Instytutu Technologii Chemicznej) realizowałam badania równowagi sorpcji jonów metali ciężkich (Cr(III), Pb(II), Ni(II)) na syntetycznych żywicach jonowymiennych (Amberlite IR-120). W przeciwieństwie do zeolitów naturalnych, wymiennicze syntetyczne charakteryzują się jednolitą budową i stałą pojemnością jonowymienną w stosunku do jonów o tej samej wartościowości. Badania prowadzono utrzymując stałe stężenie całkowite jonów w fazie ciekłej, co umożliwiło przedstawienie równowagi wymiany na wykresie prostokątnym w układzie $y=f(x)$, w celu porównania powinowactwa wymienniczy jonowego do badanych jonów. Do modelowania równowagi procesu zastosowano równania bazujące na prawie działania mas (modele reakcyjne rzeczywiste), które w przypadku wymiany jonów różnowartościowych wymagały dodatkowego uzupełnienia o równania opisujące nieidealne zachowanie jonów w obu fazach [4Ba)8]. Ich uwzględnianie w znacznym stopniu komplikuje obliczenia modelowe, co przekłada się na dokładność estymacji parametrów równań [4Be)5]. Odchylenia były tym większe im większa była różnica wartościowości wymienianych jonów. Po zakończonym stażu kontynuowałam współpracę z zespołem prof. J. Rodrigueza m.in. w ramach projektu badawczego *Vegetable oil co-processing in refining units to produce biofuels* (Spanish Government PEN nr 120000-2009-3, 2009-2010). Do usuwania jonów Na^+ i Cl^- z roztworów gliceryny (produkt uboczny produkcji biodiesla) zastosowałam żywice jonowymienne (Amberlite IR-420 i IR-252). Ponieważ wymiana dotyczyła jonów jednowartościowych, do modelowania równowagi procesu zastosowano model Langmuira (zaliczany do równań empirycznych) i model reakcyjny idealny (brak wzajemnych oddziaływań wymienianych jonów w obu fazach). Dla obu modeli uzyskano porównywalną dokładność przewidywania stężeń równowagowych, ale znacząco różniące się wartości pojemności sorpcyjnej [4Ba)7].

Projekt obejmował również wyznaczenie współczynników dyfuzji jonów w fazie zeolitu. Badania wykonane na instalacji z reaktorem Shallow Bed (wypełnionego pojedynczą warstwą ziaren) wskazywały na wzrost szybkości dyfuzji wraz ze wzrostem temperatury [4Ba)9]. Ponadto brałam udział w pracach związanych z projektem *Microencapsulation of extraction agents for the selective removal of heavy metals* (Spanish Government CTQ nr 2008-03474/PPQ /PPQ). Badania dotyczyły syntezy mikrokapsulek metodą polimeryzacji suspensyjnej dla różnych: ekstrahentów (bis(2-etyloheksylo)fosforan, tributylfosforan, trioctylamina, tlenek trioktylofosfiny, chlorek trikaprylometylo-amonowy), prędkości mieszania oraz rodzaju i ilości środków zawieszających (mieszanka alkoholu poliwinylowego i gumy arabskiej). Powierzchnię otrzymanych mikrokapsulek poddano sulfonowaniu i użyto do selektywnej sorpcji jonów metali ciężkich z roztworów wieloskładnikowych. Zaangażowana byłam również w badania, których celem był *odzysk składników bioaktywnych (głównie allicyny i innych tiosulfinatów) z odpadów czosnkowych (obierki) metodą ekstrakcji nadkrytycznej*. Eksperyment przeprowadzono w specjalnej instalacji wyposażonej m.in. w ekstraktor wysokociśnieniowy (High Pressure Equipment Company, HiP, USA) oraz pompę wyporową CO₂ (Milton Ray, Francja). Rezultatem badań było ustalenie optymalnych warunków ekstrakcji (ciśnienia, temperatury, prędkości przepływu CO₂, czasu ekstrakcji) [4Bc)3,6]. W badaniach przeprowadzonych w latach 2006-2012 na Wydziale Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Castilla la Mancha uczestniczyło 6-studentów (program Sokrates/Erasmus ERA_137_2006) Politechniki Rzeszowskiej (z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska oraz z Wydziału Chemicznego), którzy realizowali w Hiszpanii część eksperymentalną prac magisterskich [4Bc)1].

W 2006 roku przebywałam na 5 miesięcznym stażu naukowo-badawczym (jako *visiting researcher*) w Department of Environmental Science and Energy Research w Weizmann Institute of Science w Rehovot (Izrael). Pod kierownictwem prof. Briana Berkowitza realizowałam badania sorpcji metali ciężkich na materiale glebowym i składnikach gleb (kaolinit, montmorylonit). Kinetykę i równowagę sorpcji jonów w układach jedno- i wieloskładnikowych badałam w warunkach nieprzepływowych. Zaproponowano metodę wyprowadzenia modeli kinetycznych z wykorzystaniem zapisu równania kinetycznego (podobnie jak dla reakcji chemicznej) oraz z wykorzystaniem modeli izoterm sorpcji. W praktycznych obliczeniach oba rodzaje modeli kinetycznych (reakcyjne i adsorpcyjne) zostały odniesione do stężenia danego składnika w fazie ciekłej lub w fazie stałej [4Bc)7,8]. Na podstawie analizy materiału sorpcyjnego i procesu sorpcji opracowano nowy model równowagowy, który umożliwił oszacowanie ilości miejsc aktywnych

odpowiedzialnych za selektywną i nieselektywną sorpcję jonów różnych metali [4Bd]3]. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiłam m.in. na seminarium w Institute of Soils, Water and Environmental Sciences w Ministerstwie Rolnictwa w Izraelu.

Ponadto w 2006 roku uczestniczyłam w badaniach kierowanych przez prof. dr hab. inż. Dorotę Antos (Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydział Chemiczny, PRz), dotyczących optymalizacji pracy kolumn jonowymiennych (żywe syntetyczne) zastosowanych do usuwania związków amonowych z wód procesowych [4Ba]11].

W 2007 roku przebywałam na 5 miesięcznym stypendium Senior Fulbright Advanced Research Grant w Department of Earth and Environmental Science, New Mexico Institute of Mining and Technology (NMTech), w Socorro (USA). Pod kierownictwem Prof. Roberta Bowmana realizowałam (jako *visiting researcher*) badania na temat *Mechanisms of Inorganic Anion Removal from Water by Surfactant-Modified Natural Zeolites*. Do badań zastosowałam tuff klinoptylolitowy pochodzący z kopalni ST. Cloud Zeolite w USA. Docelowo zamierzaliśmy zastosować powierzchniowo modyfikowane zeolity (SMZ) do budowy aktywnych barier wokół składowisk urobku i odpadów. Opracowaliśmy metodę modyfikacji klinoptylolitu (HDTMA-Br) w warunkach przepływowych w instalacji ze stałym obiegiem czynnika modyfikującego, aby zapewnić uformowanie na powierzchni zewnętrznej ziaren jednolitej warstwy organicznej. Zapewniało to maksymalne wykorzystanie dostępnej powierzchni sorpcyjnej (zewnętrznej powierzchni ziaren) do usuwania jonów Cr(VI). Równowagę procesu próbowałam opisać równaniami reakcyjnymi i empirycznymi [4Bd]4]. We współpracy z Prof. Steve Schafferem z Wydziału Matematycznego na NMTech zastosowaliśmy metody numeryczne, aby sprawdzić wpływ jakości danych eksperymentalnych na wartości estymowanych parametrów równań równowagowych. Zaawansowana choroba Prof. R. Bowmana i jego rychła śmierć przerwały prowadzone badania na etapie testów laboratoryjnych.

Pod koniec 2007 roku wyjechałam na stypendium UE Maria Curie Transfer of Knowledge do Laboratory of Applied Environmental Chemistry na Uniwersytecie Kuopio (obecnie *Laboratory of Green Chemistry, Lappeenranta University of Technology*). Pod kierownictwem Prof. Mika Sillanpää (Head of Laboratory of Green Chemistry) realizowałam (jako *experience researcher*) badania dotyczące zastosowania chitozanu i żelu krzemionkowego do sorpcji jonów metali ciężkich [4Ba]5,6]. Dla obu materiałów przeprowadzono badania równowagi w układach jedno- i dwuskładnikowych. Stwierdzono, że obecność jonów konkurencyjnych obniża efektywność sorpcji składnika *i* na modyfikowanym żelu krzemionkowym (efekt antagonistyczny), natomiast zwiększa

efektywność sorpcji na modyfikowanym chitozanie (efekt synergiczny). Przewidywanie stężeń równowagowych w układach wieloskładnikowych w oparciu o parametry wyznaczone w układach jednoskładnikowych okazało się niemożliwe. Konsekwencją silnych wzajemnych oddziaływań konkurencyjnie sorbowanych jonów była zmiana powinowactwa składnika *i* do miejsc aktywnych, a tym samym zmiana kształtu izoterm sorpcji [4Ba]3]. Po 5 miesiącach pracy musiałam zrezygnować z tego 2-letniego stypendium ze względu na zaawansowaną ciążę. Kontynuowałam jednak pracę w ramach projektu *Functionalized silica gel and chitosan for metal removal from waste water* (Finnish Founding Agency for Technology and Innovation UMASYS nr 28184, 2007-2009). Badania zostały rozszerzone o syntezę i modyfikację materiałów hybrydowych (chitozanowo-krzemionkowych) [4Ba]4]. Przeprowadzone obliczenia modelowe dla układów jednoskładnikowych ujawniły, że zmiana stosunku chitozanu do TEOSu zmienia powinowactwo sorbentu hybrydowego do testowanych jonów metali. Obecnie w ramach współpracy prowadzę badania sorpcji na żużlu hutniczym aktywowanym HCl i modyfikowanym EDTA oraz sorpcji na nanocelulozie modyfikowanej krzemianami (aminopropylo-trietokrzemian, metakryloksypropylo-trimetokrzemian, merkaptopropylo-trimetokrzemian) i bezwodnikiem bursztynowym. Powyższe materiały sorbuje jony Ni(II), Co(II), Cd(II), Pb(II), Cu(II) z efektywnością porównywalną do konwencjonalnych węgli aktywnych. W badaniach przeprowadzonych w latach 2008-2012 w Laboratory of Green Chemistry, Lappeenranta University of Technology uczestniczyło 4-studentów (program Erasmus Erasmus ERA_ MOB-SW_148_2008) Politechniki Rzeszowskiej (z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska oraz z Wydziału Chemicznego), którzy realizowali w Finlandii część eksperymentalną prac magisterskich (3 prace obronione w PRz z wyróżnieniem).

W ostatnich latach w ramach współpracy z prof. Gennady Mishuris z Instytutu Matematyki i Fizyki na Uniwersytecie Aberystwyth w Wielkiej Brytanii 3-krotnie (2010-2012) złożyłam wniosek projektu badawczego *Complete mathematical modelling of multi-ionic sorption equilibrium in liquid-solid systems* o indywidualne stypendium UE Marie Curie Actions, Intra-European Fellowships (program "Structuring the European Research Area – Human Resources and Mobility").

Obecnie jestem głównym wykonawcą dwóch projektów badawczych:

(1) projekt NCN nr N N209 760140 *Mechanizm wieloskładnikowej sorpcji jonów metali ciężkich na sorbentach naturalnych* realizowany na Politechnice Rzeszowskiej,

(2) Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, nr POIG.01.04.00-18-009/11 *Prace badawcze nad innowacyjnym materiałem sorpcyjnym do redukcji gazów odlotowych* realizowanym przez firmę OTTO Industries Polska S.A. i Politechnikę Rzeszowską.

Podsumowując dorobek naukowy, w bazie Journal Citation Reports znajduje się 17 publikacji, których jestem współautorką, a suma ich cytowań (zgodna z WoS) po odliczeniu autocytowań wynosi 201. Indeks Hirscha zgodny z WoS jest równy 8. Sumaryczny IF dla publikacji w bazie JCR zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 37.954. W bazie All Databases znajduje się 16 publikacji, których jestem współautorką, a suma ich cytowań po odliczeniu autocytowań wynosi 203. Indeks Hirscha jest równy 8. Ponadto jestem autorką 1 monografii, 14 artykułów opublikowanych w czasopismach z listy MNiSW, 2 artykułów w czasopismach branżowych, 16 w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym, 9 w materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym.

