

1. Imię i nazwisko.

Robert Stanisław Pełech

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2004

Kurs Pedagogiczny dla Nauczycieli Akademickich
Politechnika Szczecińska, kurs nr 22

1999 – 2004

uzyskany tytuł doktora w dziedzinie nauk technicznych

Nazwa jednostki: Politechnika Szczecińska,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Dyscyplina: technologia chemiczna

Specjalność: technologia organiczna

Tytuł pracy: „Odzyskiwanie chlorowęglowodorów C1–C2 ze ścieków przemysłowych metodą adsorpcji na węglach aktywnych”

1994 – 1999

uzyskany tytuł magistra inżyniera

nazwa jednostki: Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Tytuł pracy: „Adsorpcja czterochlorku węgla z roztworów wodnych na węglu aktywnym”

1988 – 1993

uzyskany tytuł technik elektryk

Zespół Szkół Elektronicznych w Zielonej Górze

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.

od 15 października 2015 do teraz

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

stanowisko Pełnomocnik Dziekana ds. Współpracy Dydaktycznej z Zagranicą

2006 do teraz

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Kierownik Laboratorium Utylizacji Odpadów Przemysłu Organicznego

2006 - 2009

Nazwa i adres pracodawcy Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Kierownik Laboratorium Utylizacji Odpadów Przemysłu Organicznego

od stycznia 2005 do teraz

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (do 2009 Politechnika Szczecińska), Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Instytut Technologii Chemicznej Organicznej
Rodzaj wykonywanej pracy pracownik naukowo-dydaktyczny
stanowisko adiunkt

od 5 kwietnia 2004 do grudnia 2005

Nazwa i adres pracodawcy Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Instytut Technologii Chemicznej Organicznej
Rodzaj wykonywanej pracy pracownik naukowo-dydaktyczny
stanowisko asystent

4. **Wskazanie osiągnięcia 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.):**

a. **Tytuł osiągnięcia naukowego**

Adsorpcja związków chloroorganicznych z roztworów wodnych

b. **Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania nazwa wydawnictwa**

H.1. **Robert Pelech**, Isotherms, Isosteres and Enthalpy of Adsorption of 1,2-dichloroethane From Aqueous Solution onto Activated Carbons. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47 (15) 2008, 5615-5622. DOI: 10.1021/ie0715862.

H.2. **Robert Pelech**, Eugeniusz Milchert, Adsorption of 1,2-dichloropropane from aqueous solution onto the activated carbon. *Adsorption Science and Technology*, 26 (4) 2008, 251-268. DOI 10.1260/026361708786934442. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współtworzeniu koncepcji badań, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu badań, analizie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu.* Mój udział w powstaniu publikacji wynosi 90%.

H.3. **Robert Pelech**, Equilibrium of trichloroethylene adsorption from aqueous solution onto activated carbons. *Adsorption Science and Technology*, 26 (6) 2008, 449-462. DOI 10.1260/0263-6174.26.6.449.

H.4. **Robert Pelech**, Równowaga adsorpcji eteru bis(1-chloro-2-propylowego) z roztworu wodnego na węglu aktywnym. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, 2. 2014, 163-168.

H.5. **Robert Pelech**, Mass transfer in the bath reactor of the adsorption process of 1,2-dichloropropane from aqueous solution onto the activated carbon. *Polish Journal of Chemical Technology*, 9 (2) 2007, 30-33.

Załącznik 2

- H.6. **Robert Pelech**, Kinetics of the bis (2-chloroisopropyl) ether adsorption from aqueous solution. *Czasopismo Techniczne, Seria-Chemia*, 16 (105) z. 2-Ch/2008, 239-248.
- H.7. **Robert Pelech**, Eugeniusz Milchert, Marcin Bartkowiak, Fixed-bed adsorption of chlorinated hydrocarbons from multi-component aqueous solution onto activated carbon. Equilibrium column model. *Journal of Colloid and Interface Science*, 296 (2) 2006, 458-464. DOI 10.1016/j.jcis.2005.09.020. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współtworzeniu koncepcji badań, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu badań, analizie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu. Mój udział w powstaniu publikacji wynosi 80%.*
- H.8. **Robert Pelech**, Eugeniusz Milchert, Rafał Wróbel, Adsorption dynamics of chlorinated hydrocarbons from multi-component aqueous solution onto activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 137 (3) 2006, 1479-1487. DOI 10.1016/j.jhazmat.2006.04.023. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współtworzeniu koncepcji badań, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu badań, analizie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu. Mój udział w powstaniu publikacji wynosi 85%.*
- H.9. **Robert Pelech**, Eugeniusz Milchert, Agnieszka Wróblewska, Desorption of chloroorganic compounds from fixed bed of activated carbon. *Journal of Colloid and Interface Science*, 285 (2) 2005, 518-524. DOI 10.1016/j.jcis.2004.12.012. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współtworzeniu koncepcji badań, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu badań, analizie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu. Mój udział w powstaniu publikacji wynosi 85%.*
- H.10. **Robert Pelech**, Recovery of bis(1-chloro-2-propyl) ether from aqueous solution onto activated carbon. *Polish Journal of Chemical Technology*, 12 (4) 2010, 11-14. DOI 10.2478/v10026-010-0041-y.

c. **Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

Przewodnik stanowi przegląd 10. publikacji w tym 6. jednoautorskich, obejmujących badania nad adsorpcją związków chloroorganicznych z roztworów wodnych oraz ich odzyskiwania metodą desorpcji.

Badania wykonane w ramach rozprawy habilitacyjnej dotyczą w szczególności następujących zagadnień i problemów:

- równowaga adsorpcji związków chloroorganicznych z roztworów wodnych na węglach aktywnych i adsorbentach polimerowych,
- kinetyka adsorpcji związków chloroorganicznych z roztworów wodnych na węglach aktywnych,
- adsorpcja związków chloroorganicznych z roztworów wodnych na stałym złożu węgla aktywnego,
- regeneracja złoża po adsorpcji chloropochodnych i ich odzyskanie.

Poniżej przedstawiono najważniejsze cele i wyniki poszczególnych prac badawczych, składających się na przedmiot rozprawy habilitacyjnej.

W pracach H1 – H4 zbadano równowagi adsorpcyjne roztworów wodnych 1,2-dichloroetanu, trichloroetyleny, 1,2-dichloropropanu oraz eteru bis(1-chloro-2-propylowego) na handlowych węglach aktywnych. W badaniach stosowano formowane węgle aktywne AG5 i WD-ekstra oraz ziarnisty węgiel aktywny DTO, produkowane przez GRYFSKAND sp. z o.o. Uzyskane w badaniach prostoliniowe przebiegi w układzie $\ln k$ od $1/T$ wskazują, że zależność współczynnika k równania Freundlicha

$$a = k \cdot C_r^n \quad (1)$$

od temperatury można opisać równaniem wykładniczym w postaci:

$$k = A \cdot \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (2)$$

Współczynnik n równania Freundlicha jest natomiast liniową funkcją temperatury zgodnie z równaniem:

$$n = A_n \cdot T + B_n \quad (3)$$

gdzie: A , B , A_n i B_n to stałe charakterystyczne dla danego układu.

Na podstawie przebiegu krzywych charakterystycznych stwierdzono, że równowagę adsorpcji tego typu związków z roztworu wodnego na badanych węglach aktywnych w zakresie temperatur 298-343 K dobrze opisuje model Dubinina-Astakhova (D-A).

$$a = a_0 \cdot \exp\left(-\left(\frac{A}{E}\right)^{n_{DA}}\right) \quad (4)$$

Gdzie: a_0 - adsorpcja graniczna, A - potencjał adsorpcji, E - charakterystyczna energia adsorpcji, n_{DA} - stała.

W oparciu o izostery adsorpcji wyznaczono ponadto zależność izosterycznego ciepła adsorpcji od stopnia wysycenia adsorbentu. Z badań tych wynika, że zależność izosterycznego ciepła badanych chloropochodnych z roztworu wodnego na badanych adsorbentach dobrze opisuje model Do (równanie 5) oraz kombinacja równań van't Hoffa i D-A (równanie 6).

$$\Delta H = \Delta H_0 \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon \cdot \gamma \cdot \Theta}{1 + (\gamma - 1) \cdot \Theta}\right) + \mu \cdot \Theta \quad (5)$$

Gdzie: ΔH_0 - izosteryczne ciepło adsorpcji przy zerowym pokryciu powierzchni, ε - przedstawia stosunek zmiany izosterycznego ciepła adsorpcji w stosunku do izosterycznego ciepła adsorpcji przy zerowym pokryciu powierzchni, γ - parametr charakteryzujący heterogeniczność powierzchni, μ - czynnik określający interakcje międzycząsteczkowe adsorbentu, Θ - stopień pokrycia powierzchni.

$$\Delta H = \Delta H_{\min} - E \ln \Theta \quad (6)$$

Gdzie: ΔH_{\min} - izosteryczne ciepło adsorpcji przy granicznej wartości pokrycia powierzchni.

Izotermy adsorpcji 1,2-dichloroetanu, trichloroetyleny i 1,2-dichloropropanu z roztworu wodnego na badanych węglach aktywnych zakwalifikowano jako izotermy typu 1 według klasyfikacji Brunauera.

Wyznaczona charakterystyczna energia procesu adsorpcji 1,2-dichloroetanu na węglach aktywnych DTO, AG5 i WD-ekstra wynosiła odpowiednio 4400, 4800 i 4500 J/mol, a entalpia 31, 38 i 33 kJ/mol. Charakterystyczna energia procesu adsorpcji trichloroetyleny na węglach aktywnych DTO, AG5 i WD-ekstra wynosiła odpowiednio 4960, 4655 i 4320 J/mol i entalpia 53, 35 i 33 kJ/mol. Entalpia adsorpcji 1,2-dichloropropanu na węglu aktywnym DTO wynosiła 23 kJ/mol, natomiast charakterystyczna energia adsorpcji 4485 J/mol.

We wszystkich przypadkach stwierdzono, że wyznaczona powierzchnia właściwa badanego adsorbentu na podstawie a_0 w równaniu D-A i powierzchnia siadania cząsteczki adsorbentu jest zbliżona do wartości uzyskanej metodą BET.

W pracach H5 i H6 przedstawiono wyniki badań nad kinetyką adsorpcji 1,2-dichloropropanu oraz eteru bis(1-chloro-2-propylowego) w procesie okresowym na węglu aktywnym DTO. Wyznaczono stałe szybkości adsorpcji dla zakresu temperatur 293-313 K, przy szybkości mieszania 200-300 rpm, średnic ziarna 0,33-0,77 mm, mas adsorbentu 0,4-0,6 g oraz stężeń początkowych 4-10 mg/dm³. Stwierdzono, że proces adsorpcji 1,2-dichloropropanu w układzie okresowym dobrze opisuje równanie reakcji pseudodrugorzędowej,

$$\frac{da}{dt} = \beta(a^* - a)^2 \quad (7)$$

natomiast w przypadku adsorpcji eteru bis(1-chloro-2-propylowego) szybkość adsorpcji lepiej opisuje równanie reakcji pseudopierwszorzędowej.

$$\frac{da}{dt} = \beta(a^* - a) \quad (8)$$

Stwierdzono, że stałe szybkości adsorpcji w tych równaniach, zarówno w procesie adsorpcji 1,2-dichloropropanu jak i eteru bis(1-chloro-2-propylowego), można wyrazić w postaci proporcjonalności powierzchni kontaktu adsorbentu z roztworem wodnym oraz współczynnika dyfuzji molekularnej danej chloropochodnej w wodzie, obliczonego z równania Wilkego-Changa. Współczynnik dyfuzji molekularnej w tym równaniu odpowiada członowi charakteryzującemu zależność temperaturową procesu. Bezpośrednią zależność temperaturową stałych szybkości opisano równaniem Arrheniusa. Wyznaczona energia

aktywacji procesu adsorpcji 1,2-dichloropropanu wynosi 22 kJ/mol co wskazuje, że proces adsorpcji 1,2-dichloropropanu na węglu aktywnym jest typowym procesem dyfuzyjnym. W przypadku adsorpcji eteru bis(1-chloro-2-propylowego) energia aktywacji wynosi 16 kJ/mol i również odpowiada typowemu procesowi dyfuzyjnemu.

W pracach H7 i H8 przedstawiono wyniki badań nad dynamiką adsorpcji z siedmioskładnikowego roztworu wodnego chlorowęglowodorów (1,2-dichloroetanu, 1,1,2,2-tetrachloroetanu, chloroformu, czterochlorku węgla, 1,1-dichloroetenu, perchloroetenu oraz 1,1,2-trichloroetenu). Do opisu uzyskanych wyników zastosowano model równowagowy oparty na teorii Devaulta. Przedstawione rozwiązanie modelu równowagowego pozwala określić średnią prędkość migracji krzywej przebiecia adsorpcji chloropochodnych z wodnych roztworów wieloskładnikowych oraz stopień zateżenia poszczególnych składników na wylocie kolumny. Stwierdzono, że zmiany prędkości profilu równowagowego przesuującego się wzdłuż złoża są znikome i w praktycznych obliczeniach można je pominąć, przyjmując stałą wartość migracji frontu sorpcji wynikającą z równania Wicke'a oraz warunków wlotowych. Stwierdzono, że wraz z wysokością złoża profil krzywej doświadczalnej dąży do kształtu równowagowego.

Przedstawiono model komórkowy oparty na teorii szeregu ciągłych reaktorów zbiornikowych z idealnym wymieszaniem. Obliczenia oparto na następujących założeniach:

1. całkowita szybkość adsorpcji jest kontrolowana wnikaniem przez laminarną warstwę cieczy otaczającej ziarno,
2. granulki adsorbentu mają kształt kulisty,
3. siłę napędową stanowi liniowy gradient stężenia między stężeniem w głównej fazie ciekłej, otaczającej ziarna adsorbentu a średnim stężeniem w ziarnie adsorbentu,
4. poszczególne substancje dyfundują przez laminarną warstwę niezależnie od siebie,
5. wewnątrz ziarna równowaga ustala się natychmiast,
6. wewnątrz ziarna brak jest gradientów stężeń,
7. stężenie w ziarnie jest równoważne ilości zaadsorbowanej masy,
8. stężenie w fazie zaadsorbowanej jest niewspółmiernie duże w porównaniu do stężenia w objętości porów,
9. proces przebiega izotermicznie.

Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wysokości złoża doświadczalne i obliczone krzywe przebiecia ulegają zawężaniu. Zbliżają się one kształtem do profilu równowagowego. Powoduje to, że czas pojawienia się danego składnika na wylocie kolumny zbliża się wraz ze

wzrostem wysokości do czasu obliczonego z modelu równowagowego. W początkowym stadium procesu następuje rozmycie czoła sorpcji adsorbowanego składnika. Następnie zgodnie z prawem Wicke'a punkty stężeniowe dla wyższych stężeń przesuwają się szybciej wzdłuż kolumny adsorpcyjnej w przypadku wypukłej izotermy adsorpcji. Efekt ten powoduje zawężanie się czoła sorpcji. Można zatem stwierdzić, że w procesie adsorpcji chloropochodnych na węglu aktywnym DTO z roztworu wodnego przy liczbie Reynoldsa około 1,3 występuje nieznaczne działanie efektów wzdłużnych i można je pominąć. Strefa sorpcji danego składnika dla wysokości złoża $H \rightarrow \infty$ będzie dążyła do kształtu prostokątnego. Czyli dla $H \rightarrow \infty$ podział stężeń poszczególnych składników w kolumnie będzie odpowiadał uzyskanemu na podstawie modelu równowagowego.

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń i obliczeń ustalono, że dla złoż o wysokościach ponad 1m oraz szybkości przepływu odpowiadającego liczbie $Re=1,3$ krzywe przebiecia są bardzo zbliżone do uzyskanych na podstawie modelu równowagowego. Wniosek ten pozwala w prosty sposób dla potrzeb inżynierskich, korzystając z równania 9 określić czasy pojawiania się poszczególnych składników na wylocie kolumny:

$$t_{bi} = \frac{H}{U_i} \quad (9)$$

Gdzie: H - wysokość kolumny, U_i – liniowa szybkość migracji frontu sorpcji składnika i obliczona z równania Wicke'a:

$$U_i = \frac{w}{1 + \rho \frac{da_i}{dC_i}} \quad (10)$$

Gdzie: a – wielkość adsorpcji składnika i , odpowiadająca stężeniu C , w - szybkość przepływu płynu liczona na pusty adsorber, ρ - gęstość nasypowa adsorbentu.

Dla niższych wysokości złoża zastosowana metoda numeryczna pozwala precyzyjnie wyznaczyć kształt krzywych przebiecia oraz ustalić stopnie załadowania poszczególnych adsorbatów na wylocie kolumny.

W pracy H9 określono skuteczność desorpcji 1,2-dichloroetanu ze złoża węgla aktywnego DTO po procesie adsorpcji z roztworu wodnego. Zastosowano desorpcję przegrzaną parę wodną pod ciśnieniem atmosferycznym. Wyznaczono podstawowe charakterystyki procesu. Badania przeprowadzono w stałych temperaturach z zakresu 100 – 160 °C. Niezależnie od temperatury uzyskano podobny stopień desorpcji, wynoszący około 70 – 80 %. Podwyższenie temperatury desorpcji od 100°C do 140 °C wpływa korzystnie na obniżenie ilości zużywaney

pary wodnej. Natomiast podwyższenie temperatury powyżej 140°C nie powoduje poprawy wydajności desorpcji. Ilość przeprowadzonych cykli nie wpływa na obniżenie zdolności adsorpcyjnej użytego węgla aktywnego. Dla warunków optymalnych (140°C) przeprowadzono również badania regeneracji złoża nasyczonego siedmioskładnikową mieszaniną związków chloroorganicznych o składzie: tetrachloeten, trichloroeten, chlorek winylidenu, chloroform, tetrachlorek węgla, 1,2-dichloroetan, 1,1,2,2-tetrachloroetan. Stopień usunięcia sumy chloropochodnych przekraczał 96% przy stosunku objętościowym pary (w przeliczeniu na kondensat) do złoża około 10. Doświadczalnie udowodniono, że w podwyższonej temperaturze w czasie desorpcji częściowo zachodzi reakcja odchlorowodorowania 1,1,2,2-tetrachloroetanu do trichloroetyleny, co zmienia stosunek ilościowy chloropochodnych w desorbacie w porównaniu do ich zawartości w oczyszczanym ścieku.

Przedstawiono również mechanizm desorpcji chlorowęglowodorów ze stacjonarnego złoża węgla aktywnego za pomocą pary wodnej w funkcji temperatury i jej zużycia na przykładzie 1,2-dichloroetanu. Charakterystykę wskaźnika zużycia pary wodnej w funkcji temperatury można podzielić na dwa obszary. Pierwszy dotyczy zakresu temperatur do 140 °C a drugi zakresu ponad 140 °C. W zakresie temperatur 100 – 140 °C wraz ze wzrostem temperatury wykładniczo maleje wskaźnik zużycia pary. W temperaturach wyższych niż 140°C wskaźnik zużycia pary nie zmienia się i jest równy 4. Brak wpływu temperatury powyżej 140°C wskazuje, że 1,2-dichloroetan jest całkowicie zdesorbowany. Usuwanie 1,2-dichloroetanu ze złoża w tych warunkach polega jedynie na jego wymywaniu strumieniem pary. Wzrost wskaźnika zużycia pary w temperaturach niższych niż 140°C wskazuje, że część 1,2-dichloroetanu znajduje się w stanie zaadsorbowanym. W tych warunkach para jest zużywana dodatkowo na desorpcję 1,2-dichloroetanu z powierzchni węgla aktywnego. W tych temperaturach regeneracja adsorbentu zachodzi w wyniku kolejnych cykli wymywania i desorpcji. W temperaturach poniżej 140 °C istnieje równowaga między 1,2-dichloroetanem zaadsorbowanym i obecnym w fazie parowej. Przepływ pary powoduje wymycie niezaadsorbowanej części 1,2-dichloroetanu. Obniżenie stężenia 1,2-dichloroetanu w fazie parowej powoduje przesunięcie równowagi na korzyść desorpcji. Następuje desorpcja chloropochodnej do fazy parowej i wypłukiwanie strumieniem pary. Kolejne etapy wypłukiwania i desorpcji zachodzą do momentu usunięcia chloropochodnej z powierzchni adsorbentu. W temperaturach powyżej 140 °C równowaga jest całkowicie przesunięta w stronę desorpcji i występuje jedynie wypłukiwanie 1,2-dichloroetanu ze złoża.

W pracy H10 stwierdzono, że w przypadku wyżej wrzącego eteru bis(1-chloro-2-propylowego) desorpcja parą wodną nie daje zadowalającej skuteczności regeneracji złoża adsorpcyjnego. Została podjęta próba regeneracji złoża przez płukanie polarnymi rozpuszczalnikami jak: metanol, 2-propanol, aceton. Wysoką skuteczność regeneracji złoża węgla aktywnego z zaadsorbowanym eterem bis(1-chloro-2-propylowego) uzyskuje się po wymywaniu acetonem. Ponadto duża różnica temperatur wrzenia acetonu i eteru bis(1-chloro-2-propylowego) pozwala na łatwe ich rozdzielenie w procesie destylacji prostej i zawrócenie acetonu do ponownej regeneracji. Wyodrębniony eter bis(1-chloro-2-propylowy) można przetwożyć np. w procesie chlorolizy lub hydroodchlorowania.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wniosły istotny wkład w rozwój wiedzy na temat adsorpcji chlorowanych węglowodorów C1-C3 oraz eteru bis(1-chloro-2-propylowego) z roztworów wodnych na węglach aktywnych. Wyznaczone zależności równowagowe i kinetyczne uzupełniły obecną wiedzę o zagadnienia związane z zastosowaniem adsorpcji do usuwania antropogenicznych zanieczyszczeń z wody. Opracowano metody umożliwiające obliczanie czasu pracy złoża adsorpcyjnego do momentu przebicia. Przedstawiono mechanizm desorpcji lekkich chloropochodnych ze złoża adsorpcyjnego z użyciem pary wodnej.

O istotności przeprowadzonych badań i opracowań świadczy dodatkowo fakt, że wyniki zostały wykorzystane w opracowaniu projektowym. W oparciu o zgromadzoną wiedzę i doświadczenie brałem udział w opracowaniu docelowej instalacji oczyszczania wody gruntowej i wodociągowej w Przedsiębiorstwie Usług Komunalnych, Sp. Z o. o. w Gryfinie.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych (artystycznych).

W roku 1994 rozpocząłem studia na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej (WTiCh) Politechniki Szczecińskiej. Stopień mgr inż. uzyskałem 6 VI 1999r. Pracę dyplomową pt. „**Adsorpcja czterochlorku węgla z roztworów wodnych na węglu aktywnym**” wykonałem pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Eugeniusza Milcherta. Po ukończeniu studiów zostałem przyjęty na studia doktoranckie na WTiCh. Pracę doktorską zrealizowałem w Instytucie Technologii Chemicznej Organicznej (ITChO) pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Eugeniusza Milcherta. W trakcie doktoratu zrealizowałem grant promotorski „**Kinetyka procesu adsorpcyjnego usuwania chloropochodnych węglowodorów C₁-C₂ z roztworów wodnych na węglach aktywnych**”. Rozprawę doktorską pt. „**Odzyskiwanie**

chlorowęglowodorów C₁–C₂ ze ścieków przemysłowych metodą adsorpcji na węglach aktywnych” obroniłem 9 II 2004r. W trakcie realizacji pracy doktorskiej zbadałem możliwości wykorzystania różnych gatunków węgla aktywnych do odzyskiwania lekkich związków chloroorganicznych z roztworów wodnych. Wynikiem pracy było opracowanie koncepcji technologicznej odzyskiwania tych substancji w układzie adsorpcja-desorpcja z desorpcją parą wodną. Ponadto przedstawiłem koncepcję rozwiązań aparaturowych instalacji wraz z bilansem masowym w oparciu o przeciętny skład strumieni ścieków opuszczających kompleks chlorku winylu w zakładach ANWIL we Włocławku, przed wprowadzeniem na tzw. grupową oczyszczalnię ścieków.

5 IV 2004r. zostałem zatrudniony w ITChO na stanowisku asystenta, a od 1 I 2005r. awansowałem na stanowisko adiunkta.

Od początku działalności naukowej moja praca jest związana z zagadnieniami oczyszczania ścieków i zagospodarowaniem odpadów. Moje pierwsze prace badawcze dotyczyły głównie możliwości wykorzystania metod adsorpcji do usuwania i odzyskiwania związków chloroorganicznych ze ścieków. Praca w instytucie o długoletnim doświadczeniu nad otrzymywaniem i przetwarzaniem związków halogenoorganicznych pozwoliła mi poznać szczegółowo zagadnienia związane z ich przemysłową produkcją i rozwinąć możliwości użytecznego przetwarzania, odzyskiwania ze ścieków, odgazów, odpadów, a następnie utylizacji w procesie technologicznym. Wynikiem prac prowadzonych w ITChO są koncepcje wyodrębniania, utylizacji i wykorzystania odpadowych związków chloroorganicznych. Brałem udział w opracowaniu metody przetwarzania odpadowego 1,2-dichloropropanu w procesie bezwodnej amonolizy do 1,2-diaminopropanu¹. Opracowano nową metodę syntezy (3-aminopropylo)trimetoksylanu². Brałem udział w opracowaniu metod wykorzystania produktów pirolizy PTFE tj. perfluoroetyleny oraz perfluoropropyleny w otrzymywaniu surfaktantów o wysokiej aktywności powierzchniowej. Taką rolę spełniają sole sodowe kwasów perfluorokarboksylowych³. Opracowałem metody zastosowania adsorpcji chloroorganicznych ze ścieków w połączeniu z ich odzyskiwaniem metodą strippingu parą wodną^{4 a-e}. Wspólnie z członkami zespołu prof. dr. hab. inż. Antoniego Morawskiego opracowaliśmy metodę adsorpcji jonów miedzi i ołowiu na węglu aktywnym. W pracach tych został wyjaśniony mechanizm transportu masy jonów Cu²⁺ i Pb²⁺ podczas adsorpcji na węglu aktywnym WD-ekstra⁵.

W 2007 wraz z prof. dr. hab. inż. Eugeniuszem Milchertem oraz dr inż. Marcinem Bartkowiakiem wykonaliśmy projekt technologiczno-procesowy (bazowy) nowego systemu dystrybucji chloru. Projekt został wykorzystany do modernizacji sposobu prowadzenia

chlorowania etylenu do 1,2-dichloroetanu w reaktorze MR-301 w ciągu produkcyjnym instalacji chlorku winylu. Na podstawie przeprowadzonych przeze mnie obliczeń i studiów literaturowych ustaliliśmy, że zmiana sposobu dystrybucji chloru pozwoli na 2,5 – 3 krotne obniżenie stężenia produktu ubocznego (1,1,2-trichloroetanu). Wykonany przez nas projekt został wdrożony do praktyki przemysłowej w instalacji chlorku winylu w zakładach ANWIL SA we Włocławku. Dotychczasowe wyniki pracy reaktora wskazują, że opracowane rozwiązanie pozwoliło na znaczne obniżenie stężenia chlorowodoru w gazach odlotowych oraz zgodnie z oczekiwaniami obniżyło ilość powstającego ubocznie 1,1,2-trichloroetanu. Wynikiem zmiany systemu dystrybucji chloru jest więc znaczne zmniejszenie ilości chlorowodoru w gazach odlotowych oraz masy wyżej chlorowanych produktów ubocznych. Warunki umowy uniemożliwiają publikację szczegółów rozwiązania.

W latach 2007 - 2010 kierowałem projektem badawczym finansowanym przez MNiSW w ramach 31 konkursu **„Zastosowanie adsorpcji do usuwania i odzyskiwania związków chloroorganicznych ze ścieku z produkcji tlenu propylenu”**. Przedmiotem projektu było określenie możliwości zastosowania adsorbentów węglowych lub porowatych syntetycznych żywic do usuwania resztkowego 1,2-dichloropropanu, chlorohydryny propylenowej i eteru bis(1-chloro-2-propylenowego) ze ścieku z instalacji produkcyjnej. W badaniach wyznaczono równowagi adsorpcji tych związków na różnych gatunkach węgla aktywnych. Przy użyciu metody stałoobjętościowej z użyciem złoża różniczkowego wyznaczyłem współczynniki wnikania masy oraz ich zależności w formie równań kryterialnych. Stwierdziłem, że metoda adsorpcji na węglu aktywnym wykazuje wysoką skuteczność w usuwaniu 1,2-dichloropropanu i eteru bis(1-chloro-2-propylenowego). Jednak w przypadku chlorohydryny propylenowej zastosowanie zarówno węgla aktywnych jak i adsorbentów typu syntetycznych polimerów nie pozwala osiągnąć wysokich zdolności adsorpcyjnych.

Od roku 2007 przy współpracy z prof. dr hab. inż. Zbigniewem Czechem z Laboratorium Klejów i Materiałów Samoprzylepnych w ITChO prowadzę prace związane z utylizacją i identyfikacją odpadów klejowych. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano możliwość zastosowania pirolizy do identyfikacji i utylizacji odpadów klejowych. W badaniach wykorzystano przeze mnie zaprojektowany i wykonany mikropiec połączony online z układem chromatografu gazowego. Stwierdzono, że głównymi produktami pirolizy poliakrylanowych klejów samoprzylepnych są monomery stosowane w polimeryzacji kleju, powstające w wyniku degradacji łańcucha głównego. Alkohole tworzące akrylan użyty w polimeryzacji powstają w wyniku degradacji łańcuchów bocznych, a olefiny w wyniku

dehydratacji alkoholu łańcucha bocznego. Poza tym w mniejszych ilościach powstają dimery i trimery odpowiednich monomerów. Pozostałość stanowi karbonizat, którego udział kształtuje się na poziomie 5-10% masy kleju poddanego pirolizie. Przeprowadzono również pirolityczny rozkład poliakrylanowych klejów w skali laboratoryjnej. Zastosowano zbudowany przez mnie własnej konstrukcji piec pirolityczny o objętości 150 cm³. Uzyskany pirolizat poddano frakcjonowaniu na kolumnie rektyfikacyjnej. Stwierdzono, że w ten sposób z odpadów klejowych można uzyskać wyjściowe monomery oraz olefiny i alkohole. Obecnie trwają badania nad wykorzystaniem karbonizatu jako surowca w otrzymywaniu węgla aktywnego i możliwości jego zastosowania w procesach oczyszczania wody. Wyniki badań nad pirolizą odpadowych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych zostały przedstawione w publikacjach^{6 a-k}.

W roku 2008 nawiązałem współpracę z Wielkopolskim Operatorem Systemu Dystrybucyjnego Sp. z o. o. Oddział – Zakład Gazowniczy Szczecin. Celem prac było określenie stopnia skażenia i wstępne opracowanie metody rekultywacji terenów po byłych gazowniach klasycznych. Przeprowadzone badania terenowe i laboratoryjne wykazały na tych terenach silne zanieczyszczenie środowiska glebowego substancjami węglowodorowymi, w szczególności wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi. Wyniki badań terenowych oraz laboratoryjnych umożliwiły opracowanie koncepcji rekultywacji terenów po byłej gazowni klasycznej w Nowogardzie. Przetarg na realizację projektu rekultywacji wygrała firma PROTE z Poznania. Obecnie teren jest zagospodarowany po wykonanych zabiegach rekultywacyjnych metodami mikrobiologicznymi. Jednocześnie prowadziłem badania terenowe i opracowania rekultywacji terenów po byłych gazowniach klasycznych w Szczecinie, Choszcznie i Pyrzycach.

W roku 2009 rozwiązałem problem obecności śladowych ilości szkodliwych ksylenów w surowym etanolu w zakładzie „Bioetanol” w Ińsku, produkującym etanol metodą fermentacyjną. Stwierdzono, że ksyleny były wymywane z żywicy silikonowej użytej do mocowania półek w kolumnie destylacyjnej.

W roku 2009 opracowałem metodę usuwania perchloroetylenu i trichloroetylenu, zawartych w wodzie pobieranej ze studni nr 6 TYWA w Gryfinie dla Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych, Sp. Z o. o. w Gryfinie. W wyniku przeprowadzonych analiz i opracowań została wybudowana i uruchomiona dnia 12 X 2009r. instalacja oczyszczania strumienia wody gruntowej pobieranej z tego źródła. Głównym elementem instalacji jest złożo węgla aktywnego WG-12. Budowa instalacji została przeprowadzona w oparciu o przedstawione przez mnie opracowanie i dane projektowe. Uruchomiony adsorber wypełniony jest 1,6m³

granulowanego węgla aktywnego WG-12 produkowanego przez GRYFSKAND. Średnica adsorbera wynosi 1600 mm, natomiast wysokość złoża 1000 mm. W początkowej fazie pracy złoża do strumienia oczyszczanej wody dodawany jest roztwór kwasu cytrynowego. Ma to na celu wypłukanie popiołu i obniżenie pH wyciągu wodnego w złożu, co znacznie ogranicza negatywne oddziaływanie jonów żelaza na granule adsorbentu. Zabieg ten eliminuje efekt zatykania porów adsorbentu i samego złoża wytrącającymi się wodorotlenkami żelaza. Stwierdzono, że zbudowany adsorber przy obciążeniu $50 \text{ m}^3/\text{h}$ i stężeniu wlotowym $130 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ zarówno perchloroetyleny i trichloroetyleny (suma $260 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) wykazuje bardzo wysoką skuteczność oczyszczania zgodnie z założeniami przedstawionymi w opracowanej przeze mnie koncepcji instalacji. Wysoka skuteczność rozwiązania pozwoliła podjąć zarządowi przedsiębiorstwa decyzję o wybudowaniu kolejnych czterech adsorberów o objętości 2 m^3 każdy, wypełnionych węglem aktywnym WG-12. Adsorbery zabezpieczają wodociąg miasta Gryfino przed przedostaniem się perchloroetyleny i trichloroetyleny do wody komunalnej.

Doświadczenie w zastosowaniu technik chromatograficznych w analizach śladowych wykorzystałem w roku 2009 do opracowania metody oznaczania symazyny w ekstrakcie glebowym. Opracowanie wykonałem dla Zakładu Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa ZUT. Zawiesinę symazyny ekstrahuje się chlorkiem metylenu, zawierającym wzorzec wewnętrzny, którym jest 1-bromonaftalen. Uzyskany ekstrakt symazyny analizuje się chromatograficznie z detekcją FID. Metoda pozwala na szybkie i proste oznaczenie symazyny w wyciągu glebowym na poziomie $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ze względną odchyłką 5%. Dzięki opracowaniu łatwej i skutecznej metody oznaczeń symazyny wraz z dr Magdaleną Błaszak zbadaliśmy możliwości zastosowania bakterii glebowych do biodegradacji tego herbicydu. Wyniki badań wykazały, że bakterie glebowe (*Arthrobacter urefaciens*) wykazują wysoką skuteczność biodegradacji symazyny⁷.

W toku mojej pracy naukowej wraz z zespołem ITChO opracowaliśmy syntezę nowych katalizatorów. Katalizatory te zostały wykorzystane w reakcjach utleniania wiązań podwójnych w celu otrzymania epoksyzwiązków. W pracach tych wykazano możliwość otrzymywania z wysoką wydajnością i selektywnością związków epoksydowych metodami niskoodpadowymi. Prowadzone prace badawcze pozwoliły opracować cztery zgłoszenia patentowe i dwie publikacje naukowe.

W 2008 r. wraz z prof. Eugeniuszem Milchertem i dr. Marcinem Bartkowiakiem opracowaliśmy monografię pt. **Postęp w wybranych technologiach przemysłu**

chemicznego. W książce przedstawiono zmiany zachodzące w instalacjach produkujących chlorek winylu, chloral, tlenek propylenu, epichlorohydrynę, ditlenek tytanu, kwas fosforowy, głównie pod kątem obniżenia ilości powstających produktów ubocznych oraz możliwości przetwarzania i wykorzystania powstających odpadów, produktów ubocznych, technologii oczyszczania ścieków, ograniczenia emisji odgazów.

Doświadczenia nabyte w trakcie pracy w ITChO pozwoliły mi na opracowanie szeregu metod oczyszczania i funkcjonalizacji nanorurek węglowych. Zbudowałem instalację do chlorowania i aminowania nanorurek węglowych w fazie gazowej. Zaplanowałem syntezy pozwalające na selektywne wprowadzanie grup hydroksylowych, karboksylowych i aminowych na powierzchnie nanorurek węglowych^{8 a-d}. Określiłem wpływ zastosowanych modyfikacji na zdolności adsorpcyjne nanorurek węglowych błękitu metylenowego z roztworów wodnych⁹.

Zbudowałem stanowisko do pomiarów przewodności elektrycznej materiałów polimerowych oraz opracowałem nowatorską metodę przygotowania próbek pomiarowych do badań przewodności elektrycznej kompozytu opartego na żywicy epoksydowej. Umożliwiło to wyznaczenie wpływu modyfikacji nanorurek węglowych na przewodność kompozytu oraz określenie progów perkolacji przewodności elektrycznej. W toku tych badań również zostały wyznaczone charakterystyki prądowo-napięciowe kompozytów na bazie żywicy epoksydowej, politereftalanu butylu, poliamidu, wypełnionych nanorurkami węglowymi. Zastosowana przeze mnie metoda pomiarowa pozwoliła również na pomiary przewodności elektrycznej klejów poliakrylanowych, wypełnionych takimi wypełniaczami i dodatkami jak: nanorurki węglowe, sadza, sproszkowany glin, cieczy jonowe^{10 a-e}.

W trakcie dotychczasowej działalności naukowej recenzowałem 33 manuskrypty nadesłane do publikacji w takich czasopismach jak: *Journal of Colloid and Interface Science*, *Journal of Hazardous Materials*, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, *Organic Process Research & Development*, *Journal of Environmental Management*, *Chemical Engineering Journal*, *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, *CLEAN-Soil Air Water*, *Separation and Purification Technology* oraz *Desalination*.

Za twórcze osiągnięcia naukowe w roku 2008 przyznano mi nagrodę I stopnia Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, natomiast za lata 2006, 2007 i 2009 otrzymałem nagrody II stopnia Rektora Politechniki Szczecińskiej a po połączeniu uczelni Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, za osiągnięcia naukowe w latach 2010, 2011, 2012, 2013 nagrody III stopnia Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Działalność dydaktyczna

W trakcie pracy dydaktycznej prowadziłem wykłady na kierunku Ochrona Środowiska z przedmiotów: *Biorozkładalne produkty przemysłowe, Technologie ochrony powietrza i oczyszczanie gazów odlotowych*, na kierunku Towaroznawstwo z przedmiotów *Elementy prawa gospodarczego i celnego, Procedury celne*, oraz na kierunku Technologia Chemiczna z przedmiotów: *Inżynieria innowacji technologicznych*. Od roku 2004 do chwili obecnej prowadzę wykłady na kierunku Ochrona Środowiska z przedmiotów *Ochrona i rekultywacja środowiska glebowego* oraz *Analiza zanieczyszczeń gleby*. Od roku 2000 prowadzę ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu *Technologia chemiczna-procesy przemysłu syntezy chemicznej* – temat ćwiczenia *Adsorpcyjne usuwanie związków organicznych z roztworów wodnych na węglach aktywnych* oraz od roku 2004 ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu *Analiza zanieczyszczeń gleby*. Do prowadzonych ćwiczeń przygotowałem instrukcję i przewodnik oraz wyposażylem stanowiska laboratoryjne. W ramach działalności dydaktycznej od roku akademickiego 2006/2007 prowadzę również ćwiczenia audytoryjne z przedmiotu *Ochrona i rekultywacja środowiska glebowego* oraz od roku akademickiego 2008/2009 z przedmiotów *Technologie bioenergetyczne* oraz *Wykorzystanie odpadów przemysłu karbo- i petrochemicznego*. Od roku 2013 prowadzę wykłady *Energetyka w przemyśle chemicznym*.

W latach 2009 - 2011 brałem udział jako wykładowca w międzynarodowych warsztatach *LLP Erasmus Programme, CoNan Computational Nanotechnology*. Prowadziłem tam wykłady i zajęcia laboratoryjne *Adsorption processes on nanomaterials*.

Opracowałem i zbudowałem stanowiska dydaktyczno-badawcze związane z badaniami procesów adsorpcji z roztworów wodnych, pirolizy odpadów klejowych, modyfikacji nanorurek węglowych, pomiarów przewodności elektrycznej kompozytów polimerowych. Pozwoliły one na zrealizowanie wielu prac inżynierskich i magisterskich.

Jestem promotorem 16. prac magisterskich i 10. inżynierskich oraz recenzentem 19. prac magisterskich i 16. inżynierskich.

Działalność organizacyjna

W trakcie pracy na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej byłem członkiem zespołu do opracowania raportu samooceny kierunku studiów „Technologia Chemiczna” dla Państwowej Komisji Akredytacyjnej. Decyzją Kolegium Dziekańsko-Dyrektorskiego WTiCh z dnia 24. 01. 2008r. jestem także członkiem Zespołu Promocji WTiCh. W ramach promocji wydziału prowadziłem między innymi dnia 20. 02. 2008r. wykład: Ochrona

Załącznik 2

środowiska przez tworzenie przyjaznych technologii w IV LO im. Tadeusza Kotarbińskiego w Gorzowie Wlkp.

Byłem opiekunem kierunku studiów Towaroznawstwo. Decyzja Dziekana WTiCh z dnia 12. 04. 2007r.

Od 04. 12. 2008r. jestem audytorem wewnętrznym systemu zarządzania laboratorium badawczym i wzorującym.

Od roku 2006 pełnię funkcje kierownika w Laboratorium Utylizacji Odpadów Przemysłu Organicznego. Od objęcia tego stanowiska laboratorium zostało wyposażone w nowoczesny sprzęt analityczny w postaci: dwóch chromatografów gazowych z detekcją FID, ECD i TCD, spektrometru FTIR, spektrometru UV-Vis, kulometrycznego analizatora wody metodą Karla Fischera.

W roku akademickim 2009/2010 zostałem członkiem Komisji ds. ankietyzacji zajęć dydaktycznych.

Od roku 2015 jestem Pełnomocnikiem Dziekana ds. Współpracy z Zagranicą.

Obecnie jestem Członkiem Komisji ds. przygotowania wniosku o uprawnienia do doktoryzowania na kierunku "Chemia" na WTiCh, ZUT w Szczecinie.

Podsumowanie

Na mój dorobek naukowy składa się 87 publikacji (47 w czasopismach z IF). Jestem autorem 11 publikacji jednoautorskich, w tym pięciu w czasopismach z IF (**Industrial & Engineering Chemistry Research, Adsorption Science and Technology** i **Polish Journal of Chemical Technology** (3)), 3 w czasopismach takich jak: **Czasopismo Techniczne, Seria-Chemia** (1), **Inżynieria i Aparatura Chemiczna** (1), **Aparatura Badawcza i Dydaktyczna** (1) oraz 3 w recenzowanych, pełnotekstowych wydaniach pokonferencyjnym. Swoje wyniki prezentowałem 108 razy na konferencjach naukowych. Moje opracowania zakończyły się dwoma wdrożeniami przemysłowymi. Jestem współautorem 11 patentów i 8 zgłoszeń patentowych. Jestem współautorem książki **Postęp w wybranych technologiach przemysłu chemicznego**.

W latach 2007 - 2010 kierowałem grantem badawczym finansowanym przez MNiSW. Byłem wykonawcą w 5 grantach badawczych, zrealizowałem 4 granty w ramach badań własnych na WTiCh oraz uczestniczyłem w sieci naukowej w ramach projektu europejskiego SURUZ.

Załącznik 2

Za osiągnięcia naukowe byłem siedmiokrotnie nagradzany za twórcze osiągnięcia naukowe nagrodami I, II i III stopnia Rektora Politechniki Szczecińskiej i Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Jestem promotorem 16. prac magisterskich i 10. inżynierskich, recenzentem 19. prac magisterskich i 16. inżynierskich oraz jestem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej. W latach 2009 - 2011 prowadziłem wykłady i laboratoria w ramach projektu międzynarodowego Erasmus. Obecnie jestem Pełnomocnikiem Dziekana do Spraw Współpracy z Zagranicą.

Literatura

¹ Marcin Bartkowiak, Grzegorz Lewandowski, Eugeniusz Milchert, Robert Pelech, Optimization of 1,2-diaminopropane preparation by the ammonolysis of waste 1,2-dichloropropane. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 45 (16) 2006, 5681-5687.

² Marcin Bartkowiak, Robert Pelech, Eugeniusz Milchert, Ammonolysis of (3-chloropropyl)trimethoxysilane. *Journal of Hazardous Materials*, 136 (3) 2006, 854-858.

³ Egbert Meissner, Robert Pelech, Eugeniusz Milchert, Aktywność powierzchniowa soli sodowych kwasów perfluoroalkilowych oraz ich analogów z jednym atomem chloru w pozycji ω. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 45 (37) 2006, 90-91.

⁴ a. Robert Pelech, Grzegorz Lewandowski, Eugeniusz Milchert, Odzyskiwanie związków chloroorganicznych ze ścieków przemysłowych. *Przemysł Chemiczny*, 85 (8-9) 2006, 641-643.

b. Jerzy Myszkowski, Robert Pelech, Agnieszka Wróblewska, Eugeniusz Milchert, Tworzenie technologii przyjaznych dla środowiska przez utylizację odpadów i ścieków. *Przemysł Chemiczny*, 85 (8-9) 2006, 638-640.

c. Robert Pelech, The regeneration of activated carbon fixed bed after the adsorption of chlorohydrocarbons. *Polish Journal of Chemical Technology*, 8 (3) 2006, 129-131.

d. Robert Pelech, Eugeniusz Milchert, Adsorption of 1,2-dichloropropane from aqueous solution. *Polish Journal of Chemical Technology*, 9 (2) 2007, 34-36.

e. Jerzy Myszkowski, Eugeniusz Milchert, Waldemar Paździoch, Robert Pelech, Formation of environmental friendly technology by sewage and by-products utilization. *Polish Journal of Chemical Technology*, 9 (3) 2007, 118-121.

⁵ Joanna Kapica, Robert Pelech, Waldemar Morawski, Jacek Przepiórski, Kinetics of copper and lead ions adsorption from aqueous solution on WD-ekstra activated carbon. *Adsorption Science and Technology*, 20 (6) 2002, 441-452.

⁶ a. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Use of pyrolysis and gas chromatography for the determination of acrylic acid concentration in acrylic copolymers containing carboxylic groups. *Polymer Testing*, 27 (7) 2008, 870-872. DOI 10.1016/j.polymertesting.2008.06.009

b. Zbigniew Czech, Robert Pelech, The thermal degradation of acrylic pressure-sensitive adhesives based on butyl acrylate and acrylic acid. *Progress In Organic Coatings*, 65, 2009, 84-87. DOI 10.1016/j.porgcoat.2008.09.017.

c. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Thermal degradation of butyl acrylate-methyl acrylate-acrylic acid-copolymers. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 96 (2) 2009, 583-586. DOI 10.1007/s10973-008-9226-5.

d. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Thermal degradation of solvent-borne water-soluble acrylic acid-butyl acrylate-copolymers. *Materials Science-Poland*, 27 (3) 2009, 851-856.

e. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Thermal degradation of acrylic pressure-sensitive adhesives (psa) based on 2-ethylhexyl acrylate and acrylic acid. *Polimery*, 11/12, 2009, 828-832.

f. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Krzysztof Zych, Thermal decomposition of acrylic pressure-sensitive adhesives. *Polish Journal of Chemical Technology*, 11 (4) 2009, 7-12. DOI 10.2478/v10026-009-0036-8.

g. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Thermal decomposition of polyurethane pressure-sensitive adhesives dispersions. *Progress in Organic Coating*, 67 (1) 2010, 72-75. DOI 10.1016/j.porgcoat.2009.09.019.

h. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Identification of acrylate and methacrylate copolymers using pyrolysis and gas chromatography. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 100 (2) 2010, 641-644. DOI 10.1007/s10973-009-0142-0.

i. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Thermal degradation of poly(alkyl methacrylates). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 101 (1) 2010, 309-313. DOI 10.1007/s10973-009-0546-x.

j. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Agnieszka Butwin, Pyrolysis of poly(2-propylheptyl acrylate). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 102 (2) 2010, 763-767. DOI 10.1007/s10973-009-0638-7.

k. Krzysztof Zych, Robert Pelech, Zbigniew Czech, Thermal degradation of the poly(alkyl methacrylates) and polyurethanes pressure-sensitive adhesives. *Polish Journal of Chemical Technology*, 12 (4) 2010, 40-43. DOI 10.2478/v10026-010-0048-4.

⁷ Magdalena Błaszak, Robert Pelech, Paulina Graczyk, Screening of Microorganisms for Biodegradation of Simazine Pollution (Obsolete Pesticide Azotop 50WP). *Water, Air & Soil Pollution*, 220 (1-4) 2011, 373-385. DOI: 10.1007/s11270-011-0761-5.

⁸ a. Iwona Pelech, Urszula Narkiewicz, Dariusz Moszyński, Robert Pelech, Simultaneous purification and functionalization of carbon nanotubes using chlorination. *Journal of Materials Research*, 27 (18) 2012, 2368-2374.

b. Iwona Pelech, Robert Pelech, Urszula Narkiewicz, Dariusz Moszyński, Anna Jędrzejewska, Bartłomiej Witkowski, Chlorination of carbon nanotubes obtained on the different metal catalysts. *Journal of Nanomaterials*. Volume 2013, 2013, Article ID 836281, doi.org/10.1155/2013/83628.

c. Iwona Pelech, Robert Pelech, Agnieszka Kaczmarek, Anna Jędrzejewska, Dariusz Moszyński, Effect of treating method on the physicochemical properties of amine-functionalized carbon nanotubes. *International Journal of Materials Research*. 107 (1) 2016, 35-43. DOI 10.3139/146.111313.

d. Iwona Pelech, Robert Pelech, Anna Jędrzejewska, Dariusz Moszyński, Selective introduction of hydroxyl groups onto the carbon nanotube surface via chlorination and hydrolytic dechlorination. *Science of Advanced Materials* (manuscript code 15-1702-R) w druku 5 XI 2015r.

⁹ Robert Pelech, Iwona Pelech, Badanie kinytyki adsorpcji błękitu metylenowego na modyfikowanych nanorurkach węglowych. IX Konferencja Technologie Bezodpadowe i Zagospodarowanie Odpadów w Przemysle i Rolnictwie, Międzyzdroje 11-14 czerwca 2013 r. 319-322.

¹⁰ a. Zbigniew Czech, Robert Pelech, Agnieszka Kowalczyk, Arkadiusz Kowalski, Rafał Wróbel, Electrically conductive acrylic pressure-sensitive adhesives containing carbon black. *Polish Journal of Chemical Technology*, 13 (4) 2011, 81-85.

b. Zbigniew Czech, Agnieszka Kowalczyk, Robert Pelech, Rafał Wróbel, Lu Shao, Yongping Bai, Jolanta Świdorska, Using of carbon nanotubes and nano carbon black for electrical conductivity adjustment of pressure-sensitive adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 36, 2012, 20-24. doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2012.04.004.

c. Iwona Pelech, Agnieszka Kaczmarek Robert Pelech, Current-voltage characteristics of the composites based on epoxy resin and carbon nanotubes. *Journal of Nanomaterials*. Volume 2015, 2015, Article ID 405345, doi.org/10.1155/2015/405345.

d. Iwona Pelech, Robert Pelech, Agnieszka Kaczmarek, Anna Jędrzejewska, Dariusz Moszyński, Effect of treating method on the physicochemical properties of amine-functionalized carbon nanotubes. *International Journal of Materials Research*. 107 (1) 2016, 35-43. DOI 10.3139/146.111313.

Agnieszka Piegat, Anna Jędrzejewska, Robert Pelech, Iwona Pelech, The effect of carbon nanotube modification on poly(butylene terephthalate) based composites. *Chemical Papers*, Ms. No. 0449-15R1, w druku 16 XI 2015r. DOI: 10.1515/chempap-2016-0007.

