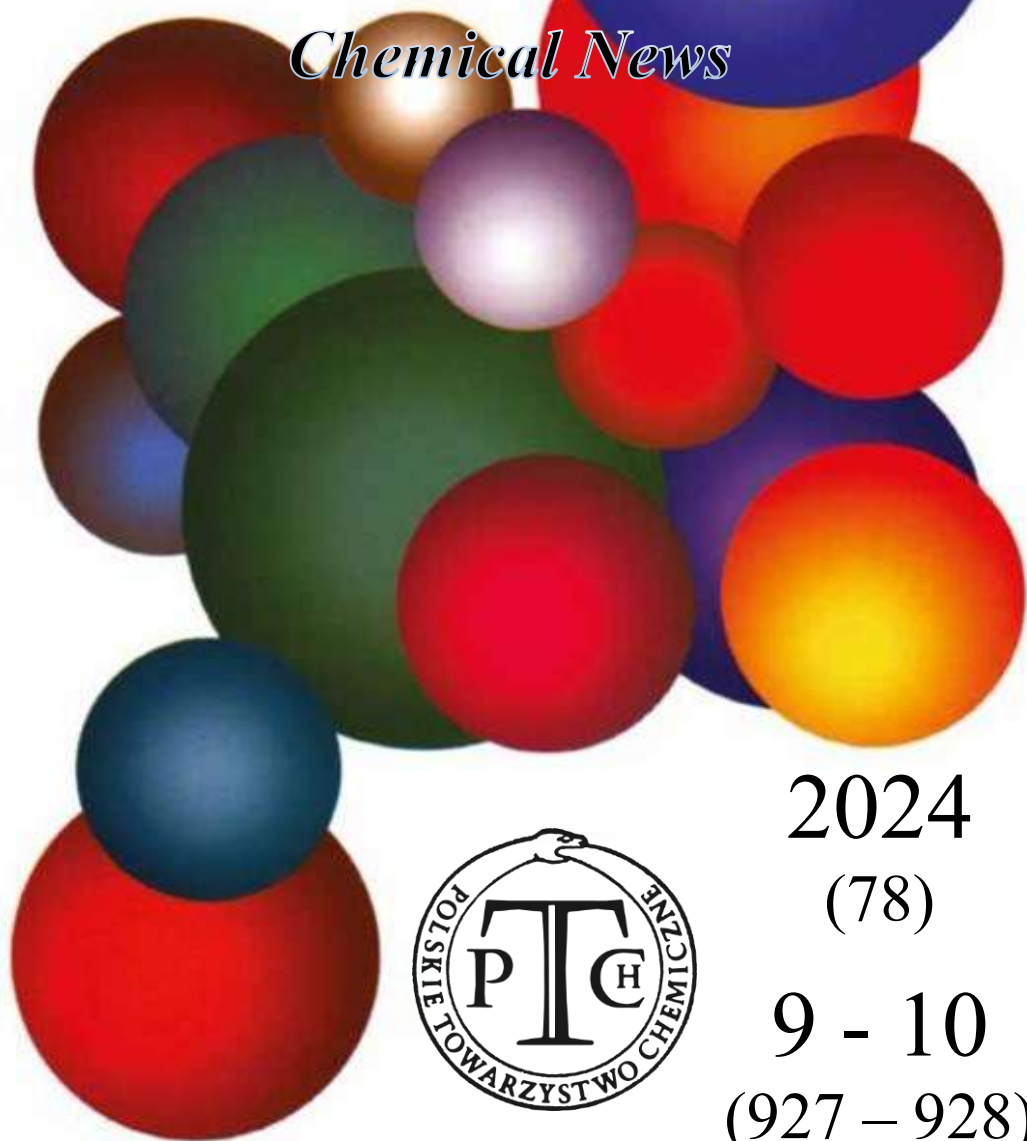


WIADOMOŚCI *chemiczne*

Chemical News



2024

(78)

9 - 10

(927 - 928)

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA CHEMICZNEGO

RADA REDAKCYJNA

IRENA BARANOWSKA, ANDRZEJ BARAŃSKI, BOGUSŁAW BUSZEWSKI
(PRZEWODNICZĄCY), TADEUSZ GÓRECKI, MIETEK JARONIEC,
ANATÓL KOJŁO, TADEUSZ M. KRYGOWSKI,
JERZY LESZCZYŃSKI, KRZYSZTOF MATYJASZEWSKI, PIOTR PANETH,
JANUSZ PAWLISZYN, K. MICHAŁ PIETRUSEWICZ, DARIUSZ POGOCKI,
MAREK POTRZEBOWSKI, SŁAWOMIR RUBINSZTAJN, GRZEGORZ SCHROEDER,
ANDRZEJ W. SOKALSKI, ARTUR P. TERZYK

KOMITET REDAKCYJNY

MARCIN DRAĞ, ADAM JEZIERSKI, LESZEK KĘPIŃSKI,
LUDWIK KOMOROWSKI, WITOLD RYBA-ROMANOWSKI, SŁAWOMIR SZAFERT,
ANDRZEJ TROCHIMCZUK, KAZIMIERA WILK

REDAKTOR NACZELNY

PIOTR J. CHMIELEWSKI

P. O. SEKRETARZA REDAKCJI

DAGMARA JACEWICZ

e-mail: czasopisma@ptchem.pl

BIURO POLSKIEGO TOWARZYSTWA CHEMICZNEGO (FINANSE)

e-mail: biuro@ptchem.pl

MARTA PAWLAK (KOLPORTAŻ)

e-mail: kolportaz@ptchem.pl

Korespondencję należy kierować pod adresem:

Redakcja „Wiadomości Chemicznych”

e-mail: czasopisma@ptchem.pl

ADRES STRONY INTERNETOWEJ

<https://ptchem.pl/pl/chem-news>

©Copyright by Redakcja „Wiadomości Chemicznych”

Warszawa 2019

pISSN 0043-5104

eISSN 2300-0295

Obsługa artykułów:

Joanna Drzeżdżon

Skład i przygotowanie do druku:

Mateusz Drzeżdżon

Druk:

Sowa Sp. z o.o.

ul. Raszyńska 13, 05-500 Piaseczno

Tel.: +48(22) 431 81 40

Fax. +48(22) 431 81 50

e-mail: sowadruk@sowadruk.pl

**80 LAT BADAŃ I KSZTAŁCENIA W DYSCYPLINIE
NAUKI CHEMICZNE NA WYDZIALE CHEMII
UNIwersytetu MARIi CURIE-SKŁODOWSKIEJ
W LUBLINIE**

80 YEARS OF RESEARCH AND EDUCATION
IN THE DISCIPLINE OF CHEMICAL SCIENCES
AT THE FACULTY OF CHEMISTRY, MARIA
CURIE-SKŁODOWSKA UNIVERSITY IN LUBLIN

Anna Deryło-Marczewska*

**Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
e-mail: anna.derylo-marczewska@mail.umcs.pl

Abstract

Wprowadzenie

1. Rozwój Instytutu Chemii i Wydziału Chemii

2. Lubelskie szkoły naukowe

3. Rozwój badań

4. Rozwój kształcenia

Uwagi końcowe

Podziękowania

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Anna Deryło-Marczewska Research interests: synthesis and characterization of silica and carbonaceous materials of well-organized structure, materials doped with metals, various types of composites, nanomaterials; processes of physical adsorption from liquid phases on heterogeneous solid surfaces, the studies of adsorption equilibrium and kinetics, adsorption from single- and multicomponent systems, adsorption and desorption of dyes, herbicides, proteins. Coordinator of the research project “Nanostructured Biocompatible/Bioactive Materials” (NanoBioMat) supported by the European Community's Seventh Framework Programme (FP-7-PEOPLE-2013-IRSES) (2014-2017). Coordinator of the educational project “English Courses for Materials Chemistry” supported by Scholarship and Training Fund (FSS), programme “Development of Polish Higher Education Institutions” (2009-2011). Coordinator (for the Faculty of Chemistry) of the infrastructural project „Development and modernization of the education-research base of priority courses of MCSU” (Operational Programme Infrastructure and Environment 2007-2013, Infrastructure of Higher Education Institutions, (2012-2015). Supervisor of 6 doctoral thesis. 140 scientific articles published in journals and publishing series indexed in Web of Science/JCR, 72 other articles published in journals and publishing series not indexed in Web of Science/JCR, 3 chapters in monographs in English, 3 chapters in monographs in Polish, 206 presentations (international conferences) and 149 presentations (Polish conferences). Vice-Dean for Research and Cooperation with Industry of the Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University in Lublin (2008-2016). Dean of the Faculty of Chemistry (2016-2024).



<https://orcid.org/0000-0003-0208-1257>

ABSTRACT

The article presents the main stages of development of research and education in the field of chemical sciences in the period from the establishment of Maria Curie-Skłodowska University in Lublin to the present. The main scientific specialties in the created research teams were characterized. A brief historical outline of the Lublin school of chromatography and the Lublin school of optical fibres was presented. Changes in the offer of fields of study and specializations as well as modernization of educational programs were described. National and international education quality certificates obtained by the Faculty of Chemistry were presented.

WPROWADZENIE

Na Uniwersytecie im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie utworzonym 23 października 1944 r. w chwili powołania przewidziano funkcjonowanie 4 wydziałów, w tym Wydziału Przyrodniczego (od 1946 r. Wydział Matematyczno-Przyrodniczy) z sekcją matematyczno-fizyczno-chemiczną oraz sekcją biologiczną. W ramach tej sekcji utworzono 4 katedry: Katedra Chemii Nieorganicznej, Katedra Chemii Organicznej, Katedra Chemii Fizycznej, Katedra Mineralogii i Petrografii. Pierwszymi kierownikami i jednocześnie organizatorami tych katedr byli: Katedra Chemii Nieorganicznej – prof. Władysław Wiśniewski (1944-1947) oraz prof. Włodzimierz Hubicki (od 1947), Katedra Chemii Organicznej – prof. Marian Godlewicz (1944-1951), prof. Wojciech Dymek (1951-1955) oraz prof. Marian Janczewski (od 1955), Katedra Chemii Fizycznej – prof. Andrzej Waksmundzki (od 1944), Katedra Mineralogii i Petrografii – prof. Maria Turnau-Morawska (1944-1951). W roku 1951 Wydział Przyrodniczy przekształcono w Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii oraz Wydział Biologii i Nauk o Ziemi. W tym okresie została utworzona nowa jednostka, Katedra Technologii Chemicznej początkowo kierowana przez prof. Karola Akermana (1963). W roku 1970 sekcję chemiczną przekształcono w Instytut Chemii funkcjonujący w ramach Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii, natomiast w 1989 r. został utworzony samodzielny Wydział Chemii. Prężny rozwój badań w dyscyplinie chemia prowadzony w tych jednostkach zaowocował powstaniem kilku wyróżniających się szkół naukowych. Wyniki badań prowadzonych w różnych zespołach naukowych były publikowane w renomowanych międzynarodowych czasopismach naukowych, a Wydział Chemii od lat należy do najlepszych jednostek akademickich w Polsce w dyscyplinie nauki chemiczne.

1. ROZWÓJ INSTYTUTU CHEMII I WYDZIAŁU CHEMII

Początki funkcjonowania Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie w 1944 r., a szczególnie jednostek eksperymentalnych, były bardzo trudne ze względu na brak zaplecza lokalowego i bazy laboratoryjnej. Na potrzeby prowadzenia badań naukowych i zajęć studenckich wynajmowane i przystosowywane były pomieszczenia w różnych budynkach w mieście, np. w I Liceum Ogólnokształcącym im. Stanisława Staszica. Sytuacja sekcji chemicznej poprawiła się dopiero w 1953 r. kiedy został oddany do użytkowania pierwszy budynek, tzw. Małej Chemii (pl. Marii Curie-Skłodowskiej 2). Warunki prowadzenia badań i dydaktyki jednak nadal nie były łatwe, gdyż „chemia” rozwijała się bardzo dynamicznie, a powierzchnia Małej Chemii (zgodnie z nazwą) nie zapewniała przestrzeni niezbędnej do komfortowej pracy. Pomimo tego pracownicy, którzy wtedy prowadzili badania i zajęcia dla studentów wspominają te czasy z nostalgią.

Trzeba podkreślić, że w ciężkich powojennych warunkach, przy wszechobecnym braku, na podziw zasługuje inwencja i pomysłowość pracowników, którzy samodzielnie przygotowywali swoje stanowiska pracy, podejmując się wykonania np. niezbędnego sprzętu laboratoryjnego. Przełomem był rok 1971/1972, kiedy zakończono budowę kolejnego budynku, tzw. Dużej Chemii (pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3), a następnie w 1975 r. oddano do użytkowania budynek Chemii Organicznej (ul. Gliniana 33).

Powołany w 1970 r. Instytut Chemii uzyskał inną strukturę podległych mu jednostek, co było wynikiem reorganizacji szkół wyższych, w wyniku której katedry zostały zastąpione przez zakłady o różnym profilu badawczym. W skład Instytutu Chemii wchodziło też Centralne Laboratorium Aparatury Unikalnej, jednostka wykonująca usługowo badania na potrzeby podmiotów wewnętrznych i zewnętrznych. Pierwszym dyrektorem Instytutu został prof. dr hab. Jarosław Ościk. Zakończone inwestycje pozwoliły na zwiększenie dynamiki rozwoju badań naukowych oraz współpracy Instytutu Chemii z dużymi zakładami przemysłowymi.

Dyrektorzy Instytutu Chemii w latach 1970-1989.



Prof. dr hab. Jarosław Ościk
(1970-1981)



Prof. dr hab. Kazimierz Sykut
(1981-1988)



Doc. dr hab. Wawrzyniec Podkościelny
(1988-1989)

Pod koniec lat osiemdziesiątych potencjał badawczy i kadrowy Instytutu Chemii pozwolił na utworzenie w 1989 r. samodzielnego Wydziału Chemii. Struktura wydziału obejmowała Katedrę Chemii Fizycznej (z 4 zakładami), 13 zakładów, 1 pracownię i Laboratorium Analityczne (prowadzące także działalność usługową w zakresie badań i ekspertyz). Pierwszym dziekanem Wydziału Chemii został prof. dr hab. Kazimierz Sykut (1989-1990). Pierwsze lata funkcjonowania Wydziału Chemii to dalszy rozwój działalności badawczej, aczkol-

wiek ze względu na głęboki kryzys ekonomiczny w Polsce charakteryzował się on bardzo niskim poziomem finansowania nauki. Pomimo tego w rozpoczętym wtedy procesie ewaluacji działalności naukowej Wydział Chemii plasował się w gronie najlepszych jednostek w kraju:

1995 - 1998 – kategoria A

1999 - 2001 – kategoria II

2002 - 2005 – kategoria I

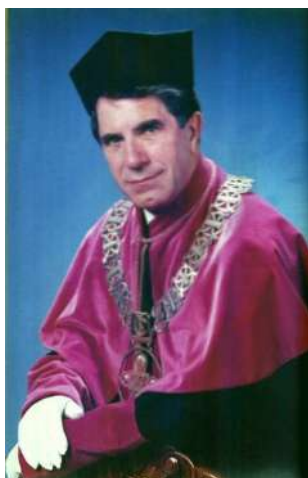
2006 - 2009 – kategoria I

2009 - 2012 – kategoria A

2013 - 2016 – kategoria A

2017 - 2021 – kategoria A

Władze Wydziału Chemii w latach 1990-2024.



Prof. dr hab. Andrzej
Dąbrowski
(1990-1996) (2002-2008)



Prof. dr hab. Władysław Janusz
(2008-2016)



Prof. dr hab. Anna Deryło-
Marczewska
(2016-2024)

Dużym impulsem do dalszego dynamicznego rozwoju Wydziału Chemii był początek XXI wieku, okres, w którym Polska przystąpiła do Unii Europejskiej. Wydział Chemii w wyniku wysiłków podjętych przez Prodziekan ds. badań i współpracy z przemysłem prof. dr hab. Annę Deryło-Marczewską pozyskał środki finansowe (w łącznej wysokości ponad 50 mln PLN) do realizacji 4 projektów infrastrukturalnych:

1. „Wzrost potencjału badawczo-rozwojowego Wydziałów Chemii i Biologii i Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie” (Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej) (2009-2012).

2. „Modernizacja i wyposażenie obiektów dydaktyczno-badawczych Wydziałów Biologii i Nauk o Ziemi, Matematyki, Fizyki i Informatyki i Chemii UMCS w Lublinie” (Regionalny Program Operacyjny) (2010-2013).
3. „Rozwój i modernizacja bazy dydaktyczno-naukowej na kierunkach priorytetowych UMCS w Lublinie” (Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko) (2012-2015).
4. „Wyposażenie laboratoriów Wydziałów Biologii i Biotechnologii, Matematyki, Fizyki i Informatyki oraz Wydziału Chemii pod kątem badań substancji o aktywności biologicznej i próbek środowiskowych” (Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej) (2013-2015).

Wynikiem realizacji tych projektów była gruntowna modernizacja części laboratoriów badawczych oraz pracowni studenckich we wszystkich Zakładach Wydziału Chemii. Jednostki wydziałowe wzbogaciły się m.in. o: Zintegrowany układ spektroskopii FT-IR z opcją Step-Scan, DRIFT, ATR, PM-VCD, PM-IRRAS, PAS, spektroskopii Ramana i chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym do badań właściwości materiałów i zjawisk „in-situ” oraz „operando” w szerokim zakresie zmian temperatury, ciśnienia, składu fazy ciekłej i gazowej, Magnetometr MPMS SQUID VSM, Termowagę z różnicową analizą termiczną (TG-DTA) sprzężoną ze spektrometrem masowym (QMS) i różnicowym kalorymetrem skaningowym (DSC), Spektrometr Magnetycznego Rezonansu Jądrowego, Spektrometr rentgenowski EDXRF do próbek środowiskowych, Zestaw spektrometrów ASA, ICP-MS z przystawką CRI, Klaster obliczeniowy, Chromatografy LC-MS, GC-MS, jonowy, Spektrometr ICP/MS, Dyfraktometr rentgenowski do badań preparatów polikrystalicznych, Dyfraktometr rentgenowski proszkowy z platformą SAXS.

Dostęp do nowoczesnej aparatury pozwolił na znaczące poszerzenie możliwości badawczych zarówno w kierunku badań podstawowych, jak i badań prowadzonych we współpracy z podmiotami zewnętrznymi. Należy podkreślić, że Wydział Chemii wyróżnia się w UMCS najwyższym poziomem przychodów z realizacji zleconych prac badawczych, usług laboratoryjnych, doradztwa i ekspertyz.



Aparatura do analizy termicznej (STA449F1 Jupiter (Netsch) sprzężony z kwadrupolowym spektrometrem masowym QMS 403D Aëolos (Netsch) i spektrometrem FTIR, FT-IR Tensor 27 (Bruker)) i badania porowatości (ASAP 2020, Micromeritics) w Katedrze Chemii Fizycznej.

Dzięki staraniom prof. Andrzeja Machockiego i dr. Ewarysta Mendyka, Wydział Chemii także pozyskał duże środki (ponad 47 mln PLN) w ramach projektu „Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych” (Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka) na kompleksową przebudowę Laboratorium Analitycznego. Dzięki pozyskanym środkom zbudowano bazę dla bardzo nowoczesnych laboratoriów wyposażonych w aparaturę na światowym poziomie, powstały pracownie: Transmisyjnej i skaningowej mikroskopii elektronowej, Mikroskopii AFM, Mikroskopii optycznej, Profilometrii, Spektrometrii w podczerwieni, Spektrometrii rentgenofluorescencyjnej, Spektroskopii Ramana, Spektroskopii elektronowej XPS, Dyfrakcji rentgenowskiej oraz Porozymetrii. Po modernizacji Laboratorium Analityczne w 2015 r. przeszło pozytywnie procedurę uzyskania akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (Numer akredytacji AB 1548). Laboratorium Analityczne wykonuje analizy zlecane w ramach prac naukowo-badawczych i dydaktycznych, ekspertyzy i zlecenia o charakterze naukowo-badawczym lub analitycznym od podmiotów gospodarczych. Współpracuje z firmami z branży: chemicznej, farmaceutycznej, motoryzacyjnej, spożywczej z kraju oraz zagranicy (m.in.: Stanlab, Alumetal, OPmobility, Vet-Agro, PCC MCAA, Fabryka Kabli ELPAR Sp. z o.o., Fraunhofer -IMM, KATA Circular Pte. Ltd.).

Laboratorium Analityczne aktywnie pozyskuje środki projektowe na utrzymanie aparatury. W latach 2017-2019 uzyskało dofinansowanie na „Utrzymanie specjalnego urządzenia badawczego lub specjalnego urządzenia badawczego z zakresu infrastruktury informatycznej”. Natomiast w latach 2021-2024 realizowany jest projekt Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na wsparcie

infrastruktury badawczo-rozwojowej INFRASTART pt. „Nanomateriały funkcjonalne oraz zaawansowane technologie przyjazne środowisku”. W 2023 r. Laboratorium Analityczne otrzymało również finansowanie w projekcie badawczym w ramach programu Polska Metrologia II. Projekt „Wytworzenie oraz charakterystyka nanostruktur do kalibracji mikroskopów ze skanującą sondą”, który realizowany jest w konsorcjum z Uniwersytetem Jana Kochanowskiego w Kielcach oraz Instytutem Mikroelektroniki i Fotoniki z Sieci badawczej Łukasiewicz.



Transmisyjny mikroskop elektronowy Tecnai G2 T20 X-TWIN firmy FEI i wysokorozdzielczy elektronowy mikroskop transmisyjny Titan G2 60-300 firmy FEI w Laboratorium Analitycznym.

2. LUBELSKIE SZKOŁY NAUKOWE

Lubelska Szkoła Chromatografii kojarzy się przede wszystkim z nazwiskiem prof. dr hab. Andrzeja Waksmundzkiego, który zaraz po wojnie zostając kierownikiem Katedry Chemii Fizycznej UMCS w Lublinie zdecydował się podjąć własne badania w dziedzinie chromatografii. Pierwszy w Polsce artykuł dotyczący podstaw chromatografii został przez Profesora opublikowany w roku 1949, natomiast w roku 1951 ukazała się wspólna z prof. dr hab. Jarosławem Ościkiem publikacja omawiająca wyniki badań eksperymentalnych. Badania te zostały w kolejnych latach rozszerzone na układy podziałowe, opracowane zostały teoretyczne podstawy chromatografii, np. sformułowany został model adsorpcyjnej

chromatografii cieczowej. Ze względu na braki sprzętu, aparatury, materiałów ważnym etapem w rozwoju chromatografii „lubelskiej” było podjęcie się przez zespół pracowników, pasjonatów nauki, konstruowania różnego typu elementów, ale także aparatury oraz opracowania sorbentów do chromatografii (np. szkła o kontrolowanej porowatości, adsorbenty węglowo-krzemionkowe, polimery porowate). W rozwój badań chromatograficznych w ośrodku lubelskim duży wkład wnieśli także uczniowie prof. Waksmundzkiego, profesorowie Edward Soczewiński, Jarosław Ościk, Zdzisław Suprynowicz, Andrzej Dawidowicz, J. Kazimierz Różyło, Jan Rayss, Roman Leboda, Bogusław Buszewski. Osiągnięcia prof. dr hab. Andrzeja Waksmundzkiego i Jego uczniów zyskały duże uznanie na arenie krajowej i międzynarodowej, publikacje z tej tematyki ukazywały się w prestiżowych czasopismach, a Profesor jest uznawany za twórcę „lubelskiej szkoły chromatografii”.

W „lubelskiej szkoły chromatografii” prof. Andrzeja Waksmundzkiego mają także początek badania nad opracowaniem polskiej wersji technologii wytwarzania światłowodów. Zainicjowane zostały w 1975 roku w Zakładzie Chemii Fizycznej przy wykorzystaniu doświadczenia nabytego przy otrzymywaniu kolumn kapilarnych do chromatografii gazowej. W 1978 roku opracowano polską wersję technologii MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) oraz technikę wyciągania światłowodów, które pozwoliły na otrzymywanie najwyższej jakości włókien optycznych ze szkła krzemionkowego odpowiednio domieszkowanego w rdzeniu ditlenkiem germanu. Olbrzymi wkład w opracowaniu światłowodów mieli dr Jan Wójcik i mgr Andrzej Gorgol. W roku 1979 w Lublinie zainstalowano pierwszą w krajach socjalistycznych i piątą w Europie światłowodową linię telekomunikacyjną przy wykorzystaniu kabla światłowodowego i światłowodu opracowanego w UMCS. Ten sukces pozwolił na utworzenie w 1981 roku w Instytucie Chemii Pracowni Technologii Światłowodów (PTS) oraz Zakładu Produkcji Światłowodów (późniejsze OTO Lublin), w którym wdrażano technologie produkcji światłowodów opracowane w Pracowni. Pierwszym Kierownikiem PTS był Prof. Andrzej Waksmundzki (1981-1984), którego w następnych latach zastąpił prof. Jan Rayss (1984 -2010). Od wielu lat Pracownią Technologii Światłowodów kieruje prof. Paweł Mergo. W chwili obecnej Pracownia Technologii Światłowodów jako jedyna jednostka uniwersytecka w Europie, posiada kompletną linię technologiczną do wytwarzania światłowodów, składającą się z urządzenia do wytwarzania preform światłowodów i wyciągarki. O wysokim poziomie badań prowadzonych w Pracowni świadczy udział w wielu programach badawczych finansowanych z Programów Ramowych Unii Europejskiej oraz grantach finansowanych z MNiSzW i NCBiR. Dokonania zespołu pracującego nad opracowaniem technologii otrzymywania światłowodów

zostały tak wysoko ocenione przez środowisko naukowe, że zasłużyły na miano „lubelskiej szkoły światłowodów”.

3. ROZWÓJ BADAŃ

W Zakładzie Chemii Fizycznej kierowanym przez prof. dr hab. Andrzeja Waksmundzkiego zapoczątkowano również badania nad procesem flotacyjnego wzbogacania rud i minerałów, które już w latach 50-tych rozpoczęli, w ramach przygotowania prac doktorskich, Anna Barcicka, Janusz Barcicki i Wiesław Wójcik. Badania obejmowały zarówno aspekt praktyczny jaki i analizę mechanizmu tego procesu. Podjęte wówczas badania nad adhezją, zwilżaniem, adsorpcją oraz zjawiskami elektrycznymi występującymi na granicach faz zostały rozszerzone na układy nie tylko związane z procesem flotacji. Grupy badawcze kierowane były przez profesorów Emilianą Chibowskiego, Bronisława Jańczuka, Wiesława Wójcika, Lucynę Hołysz, a obecnie przez prof. Annę Zdziennicką.

Grupa badawcza kierowana przez prof. Jarosława Ościka rozwijała badania nad procesami adsorpcyjnymi na granicach fazowych ciało stałe – gaz / roztwory jedno- i wieloskładnikowe oraz zastosowaniami techniki chromatograficznej. Badania te zostały zapoczątkowane przez Profesora, który wyprowadził nazwę Jego imieniem równanie stosowane do opisu retencji substancji w chromatografii cieczowej. Profesor jest autorem znanej monografii „Adsorpcja”, która została wydana w wydawnictwach PWN i Chichester. Badania adsorpcyjne obejmujące eksperyment jak i analizę teoretyczną były kontynuowane przez zespoły naukowe profesorów Jacka Goworka oraz Annę Deryło-Marczewską. Prowadzone są również badania nad opracowaniem nowych materiałów porowatych do różnego typu zastosowań.

Zainicjowane przez prof. Andrzeja Waksmundzkiego badania nad teoretycznym opisem procesów fizykochemicznych były następnie prowadzone w utworzonym, z Jego inicjatywy Zakładzie Chemii Teoretycznej. Podstawowa problematyka badawcza Zakładu w tym okresie dotyczyła teoretycznych badań adsorpcji z fazy gazowej i roztworów na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych. W okresie późniejszym została poszerzona również o modelowanie procesów fizykochemicznych, badania eksperymentalne oraz problemy chemii kwantowej. Zespół kierowany przez prof. Władysława Rudzińskiego współtworzyli profesorowie: Andrzej Dąbrowski, Mieczysław Jaroniec (później Kent State University, Ohio, USA), Stefan Sokołowski, Andrzej Patrykiewicz, Małgorzata Borówko, Jolanta Narkiewicz-Michałek, Krzysztof Woliński.

Z Zakładu Chemii Fizycznej wywodził się również kierowany prof. dr hab. Jerzego Szczypę Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów. Początkowo prowadzone badania koncentrowały się na użyciu radioizotopów jako znaczników do śledzenia

procesów fizykochemicznych w układach zdyspergowanych. Po katastrofie w Czarnobylu rozpoczęto intensywne badania nad skażeniami radioizotopami antropogenicznymi, rozwojem metod radioanalitycznych, fizykochemicznym zachowaniem się radionuklidów w środowisku. Zakład należał do nielicznych jednostek akademickich w Polsce, w których prowadzone są tego typu badania. Badania nad układami zdyspergowanymi oraz radiochemiczne prowadziły zespoły profesorów Stanisława Chibowskiego i Władysława Janusza. Po reformie przeprowadzonej w 2019 r. Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, kierowana przez prof. Patryka Oleszczuka poszerzyła tematykę o badania nad zachowaniem nanomateriałów w środowisku, zastosowaniem biowęgla w remediacji gleby, monitoringiem zanieczyszczeń, ekotoksykologią.

Zakład Technologii był kolejną jednostką wywodzącą się z Katedry Chemii Fizycznej, którą kolejno kierowali profesorowie Karol Akerman, Janusz Barcicki, Tadeusz Borowiecki, Janusz Ryczkowski. Nawiązanie współpracy naukowej z Instytutem Nawozów Sztucznych w Puławach, ukierunkowało tematykę badawczą na katalizę heterogeniczną. W Katedrze prowadzone są również badania związane z syntezą nanomateriałów tlenkowych, węglowych i metalicznych, materiałów magnetycznych i adsorbentów, które testowane są w zakresie katalitycznych metod produkcji wodoru (m.in. reforming parowy węglowodorów, rozkład metanu, reforming metanolu i etanolu), utleniania związków organicznych i CO, badania właściwości strukturalnych i powierzchniowych materiałów. Istotnym uzupełnieniem prowadzonych badań jest charakterystyka fizykochemiczna badanych obiektów metodami spektroskopii IR, Ramana, metodami temperaturowo-programowanymi, spektrometrią mas, chromatografią gazową, a także prowadzenie testów mikrokatalitycznych w aparaturze nisko- i wysoko ciśnieniowej.

Katedrą Chemii Nieorganicznej, po prof. Władysławie Wiśniewskim, od 1947r. kierował prof. dr hab. Włodzimierz Hubicki (po śmierci Profesora kierownictwo objęła prof. dr hab. Wanda Brzyska). Początkowa tematyka zespołu Profesora koncentrowała się na badaniu procesów chemicznych w środowiskach wodnych i w ciekłych amoniakatach, chemii pierwiastków ziem rzadkich oraz otrzymywaniu substancji o wysokiej czystości. Badania te zostały przez grupę naukową długoletniego kierownika Zakładu Chemii Nieorganicznej prof. dr hab. Zbigniewa Hubickiego rozszerzone na problematykę wymiany jonowej jako metody rozdzielania i wydzielania metali, w tym pierwiastków ziem rzadkich i metali szlachetnych. Prowadzone prace oprócz aspektu poznawczego mają zdecydowanie charakter aplikacyjny. W kolejnych latach tematyka Zakładu, a obecnie Katedry Chemii Nieorganicznej kierowanej przez prof. dr hab. Dorotę Kołodyńską uległa poszerzeniu o zagadnienia związane z ochroną środowiska, w tym usuwanie barwników oraz jonów metali toksycznych: chromu, arsenu,

kadmu, ołowiu oraz uranu. Badania dotyczące tych zagadnień skupiają się także na wykorzystaniu nie tylko syntetycznych wymiennaczy jonowych, ale także naturalnych materiałów takich jak: zeolity, glinki, chitozan, biochar.

W Katedrze Chemii Nieorganicznej działał także zespół naukowy, który w okresie późniejszym wyodrębnił się jako Zakład Chemii Ogólnej (1989), kierowany przez wiele lat przez prof. dr hab. Wandę Brzyską, a następnie dr hab. Zofię Rzączyńską prof. UMCS, jako Zakład Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej. Obecnie jest to Katedra Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii, którą kieruje dr hab. Renata Łyszczek, prof. UMCS. Pani Profesor Brzyska rozwinęła badania w zakresie chemii koordynacyjnej, m.in. badała właściwości nowych związków kompleksowych lantanowców i pierwiastków *d*-elektronowych z kwasami karboksylowymi. W kolejnych latach badania zostały rozszerzone na kilka obszarów tematycznych: projektowanie, synteza oraz charakterystyka strukturalna i fizykochemiczna ligandów N,O,S-donorowych (typu zasad Schiffa) jak również homo-/heterordzeniowych kompleksów metali *d*- i *f*-elektronowych o potencjalnych właściwościach przeciwutleniających, katalitycznych, magnetycznych i biologicznych; projektowanie, synteza i charakterystyka polikarboksyłanowych sieci metalo-organicznych (MOFs) o potencjalnych właściwościach luminescencyjnych; projektowanie, synteza oraz charakterystyka strukturalna i fizykochemiczna kompleksów supramolekularnych (kokryształów, soli) aktywnych farmaceutycznie składników, ze szczególnym uwzględnieniem chemioterapeutyków.

Kolejną jednostką, której początki należy wiązać z Katedrą Chemii Nieorganicznej był Zakład Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej, który w 1971 r. utworzył prof. dr hab. Kazimierz Sykut, a później kierowali nim m.in. profesorowie Jerzy Matysik, Mieczysław Korolczuk, a obecnie jako Katedrą Chemii Analitycznej kieruje prof. dr hab. Małgorzata Grabarczyk. Działalność naukowa Profesora Sykuta koncentrowała się głównie wokół zagadnień dotyczących kinetyki elektrochemicznej, mechanizmów procesów elektrodowych, adsorpcji oraz konstrukcji elektrod jonoselektywnych i aparatury elektrochemicznej. Obecnie w Katedrze badania elektrochemiczne prowadzone są w trzech kierunkach: badania mające na celu rozszerzenie i uszczegółowienie interpretacji mechanizmu efektu „cap-pair”, związanego z katalizowaniem reakcji elektrodowych; opracowanie nowych czujników voltamperometrycznych, opartych na mikroelektrodach, nanomateriałach węglowych oraz zespolonych czujników sitodrukowanych a następnie ich wykorzystanie do w nowych procedur oznaczania związków organicznych i jonów metali metodą voltamperometrii z zatężaniem; wykorzystanie nanomateriałów i cieczy jonowych w konstrukcji elektrod jonoselektywnych, konstrukcja bioczujników enzymatycznych. Prowadzone są również badania z zastosowaniem spektrometrii atomowej w analizie próbek środowiskowych, przemysłowych, klinicznych, nieorganicznych i geologicznych,

a także prace nad syntezą, charakterystyką i analitycznym zastosowaniem adsorbentów krzemoorganicznych z odciskiem jonowym do oddzielania/wzbogacania jonów metali szlachetnych.

Istniejącą od początku powstania UMCS Katedrą/Zakładem Chemii Organicznej kierowali profesorowie Marian Godlewicz, Wojciech Dymek, Marian Janczewski, K. Michał Pietrusiewicz, Marek Stankiewicz. Obecnie jest to Katedra Chemii Organicznej i Krystalochemii, którą kieruje dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS. Prowadzona tematyka badawcza obejmowała zagadnienia związane z badaniami nad reaktywnością chemiczną acenaftenu, właściwościami optycznymi różnych układów w tym sulfotlenkowych. Prof. K. M. Pietrusiewicz rozszerzył badania o zagadnienia związane ze stereochemią i stereoselektywną syntezą organiczną. Światową rozpoznawalność i reputację naukową przyniosły mu w szczególności badania z zakresu projektowania, syntezy i wykorzystania enancjomerycznie czystych P-stereogennych związków fosforu P(III) jako chiralnych ligandów w procesach asymetrycznych katalizowanych kompleksami metali (Rh, Pd) umożliwiającymi efektywny transfer chiralności od fosforu do węgla. Wzbogacenie tego nurtu badań o reakcje cykloaddycji, anulacji, sprzęgania, metatezy olefin a także stereo- i chemoselektywnej redukcji silnych wiązań fosforylowych P=O przy użyciu słabego odczynnika redukującego jakim jest BH_3 przyniosło podobne uznanie.

W roku 1975 w Instytucie Chemii został powołany Zespół Tworzyw Sztucznych, później przekształcony w Zakład a obecnie w Katedrę Chemii Polimerów, którym kierowali dr hab. Tadeusz Matynia, prof. dr hab. Barbara Gawdzik, a obecnie prof. dr hab. Beata Podkościelna. Tematyka badawcza obejmuje syntezę i badanie właściwości polimerów, modyfikację chemiczną i termiczną znanych polimerów oraz otrzymywanie nowych monomerów i polimerów. Syntezę sorbentów polimerowych i węglowych do celów medycznych i ochrony środowiska a także zastosowanie metod chromatograficznych w analizie związków organicznych pochodzenia syntetycznego i naturalnego. Zastosowanie polimerów pochodzących z recyklingu w syntezie. Otrzymywanie materiałów kompozytowych i hybrydowych. Zastosowanie biopolimerów, w szczególności ligniny, celulozy i skrobi do syntezy materiałów polimerowych o różnych specjalistycznych zastosowaniach, w tym w ochronie środowiska i medycynie.

Jedna z 4 pierwszych katedr – Katedra Mineralogii i Petrografii przechodziła kilka zmian struktury w ciągu 80 lat istnienia, a kierowali nią profesorowie Maria Turnau-Morawska, Tadeusz Penkała, Anna Barcicka, Anna Koziół, Stanisław Pikus. Pierwsze badania koncentrowały się głównie na petrografii skał osadowych. W kolejnym okresie prace naukowe dotyczyły krystalochemii układów dwuskładnikowych, a następnie prowadzono wzrosty epitaksjalne na kryształach miki oraz otrzymywano monokrystały soli trudno rozpuszczalnych metodą żelową.

Później tematyka została rozszerzona o badania fazowe zeolitów po wymianie kationów; te układy badane były przy użyciu metod termicznych oraz dyfrakcyjnych. Głównym przedmiotem badań zespołu prof. Anny Kozioł jest synteza i analiza strukturalna kryształów molekularnych – wpływ budowy cząstek na układy supramolekularne. Natomiast rentgenografia stosowana – w tym przede wszystkim metoda małokątowego rozpraszania promieni rentgenowskich – była wykorzystywana do badań struktury faz porowatych (np. silikażeli, szkieł, tlenków glinu i cyrkonu) oraz polimerów przez zespół prof. Stanisława Pikusa.

Na Wydziale Chemii i w Instytucie Nauk Chemicznych realizowane były granty badawcze finansowane zarówno przez instytucje krajowe, jak i międzynarodowe, w tym projekty w różnych programach Unii Europejskiej. Wśród projektów zrealizowanych w ramach dużych zespołów międzynarodowych można wymienić m.in.: "Ocena przydatności różnych form węgla w celu redukcji biodostępności i toksyczności zanieczyszczeń oraz poprawy jakości gleb i produkcji roślinnej" (BCAMEND), "Statistical Thermodynamics and Computer Simulations of Complex Molecules in Bulk and at Surfaces" (PIRSES), "Nanokompozyty hybrydowe i ich zastosowania" (COMPOSITUM), "Opracowanie innowacyjnej koncepcji wykorzystania strumienia odpadowego dwutlenku węgla w biorafineriach" ((ICOCAD), "Zaawansowane struktury światłowodów fotonicznych dla innowacyjnych sieci telekomunikacyjnych" (FTTX), "Photonic Skins For Optical Sensing" (PHOSFOS), "Hydrogen from bio-alcohols: An efficient route for hydrogen production via novel reforming catalysts"(NUCAT4HYDROGEN), Nanostructured Biocompatible/Bioactive Materials (NanoBioMat).

Od 1992 r. na Wydziale Chemii UMCS organizowane są przez prof. dr hab. Władysława Rudzińskiego i współpracowników prestiżowe międzynarodowe sympozja ISSHAC (International Symposium on Surface Heterogeneity Effects in Adsorption and Catalysis on Solids). Jednym z celów organizacji tych sympozjów jest międzynarodowa promocja Wydziału Chemii UMCS i jego wiodącej tematyki badawczej, którą jest szeroko rozumiana fizykochemia zjawisk międzyfazowych. Wieloletnia współpraca Wydziału Chemii z Instytutem Chemii Powierzchni Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie, zapoczątkowana przez prof. dr hab. Romana Lebołę, zaowocowała realizacją wielu projektów badawczych oraz organizacją cyklu konferencji międzynarodowych „Ukrainian-Polish Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and their Technological Applications”. Prof. dr hab. Zbigniew Hubicki corocznie organizuje Ogólnopolskie Sympozjum „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”, które od tego roku jest już konferencją międzynarodową Science and Industry – Challenges and Opportunities.

4. ROZWÓJ KSZTAŁCENIA

Na przestrzeni 80 lat oferta edukacyjna w zakresie kształcenia w dyscyplinie chemia była systematycznie rozbudowywana i zmieniana pod kątem dostosowania do potrzeb rynku pracy oraz zainteresowań i oczekiwań młodych ludzi. Prowadzone były studia w systemie stacjonarnym, niestacjonarnym i wieczorowym oraz w systemie pięcioletnich studiów magisterskich i trójstopniowych tj. I, II i III stopnia. Oferta studiów 5-letnich na kierunku Chemia była rozwijana poprzez wprowadzanie różnych specjalności: Ochrona środowiska, Chemia podstawowa i stosowana (specjalizacje: Analityczno-nieorganiczna, Fizykochemiczno-teoretyczna, Organiczna), Dydaktyka chemii. W roku 1992 wprowadzono studia międzywydziałowe Ochrona środowiska, prowadzone przez Wydział Chemii wspólnie z Wydziałem Biologii i Nauk o Ziemi. W 2001 rozpoczęto kształcenie na 3-letnich studiach licencjackich Chemia informatyczna oraz Nauczanie chemii i fizyki. Na przestrzeni ostatnich lat studia I i II stopnia na kierunku Chemia zostały wzbogacone o nowe specjalności: Analityka chemiczna, Chemia kryminalistyczna, Chemia w renowacji rzeźbiarskiej i architektonicznej, Technologie foniczne i światłowodowe, Chemia środków bioaktywnych i kosmetyków, Analiza żywności, Materials Chemistry i Chemia materiałowa (II stopień). Jako nowe kierunki oferujemy Inżynierię światłowodową (studia stacjonarne) i Inżynierię polimerów (studia niestacjonarne).

Prowadzone na Wydziale Chemii UMCS kierunki oraz specjalności studiów oparte są na nowoczesnych programach kształcenia dostosowywanych do potrzeb rynku pracy, we współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Poszerzanie oferty edukacyjnej obejmuje tworzenie nowych specjalności, z jak najszerszym wykorzystaniem możliwości kadrowych Wydziału, jak również zaangażowaniem praktyków z otoczenia społeczno-gospodarczego. Wysoką jakość kształcenia na Wydziale warunkuje kadra badawczo-dydaktyczna o międzynarodowej renomie oraz wypracowany system zapewnienia jakości kształcenia. Podstawowe cele strategiczne realizowane na Wydziale obejmują: umiędzynarodowienie kształcenia, poprawę jakości kształcenia, poprawę warunków studiowania, tworzenie unikalnych programów kształcenia oraz rozwijanie współpracy ze szkołami.

W 2020 r. wysoki poziom kształcenia na Wydziale Chemii został potwierdzony pozytywną oceną programową na okres 6 lat, dokonaną przez Polską Komisję Akredytacyjną oraz przyznaniem Certyfikatu Doskonałości Kształcenia w kategorii „Partner dla rozwoju – doskonałość we współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym” dla kierunku chemia na Wydziale Chemii UMCS (studia I i II stopnia). Podstawą do przyznania certyfikatu były dobre praktyki w zakresie współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym poprzez włączanie studentów w badania prowadzone dla podmiotów zewnętrznych, a tym samym nabywanie przez nich nowych umiejętności praktycznych. Dzięki współpracy z otoczeniem

społeczno-gospodarczym na Wydziale Chemii modyfikowane są programy kształcenia w oparciu o potrzeby przedsiębiorców. Dzięki otrzymaniu Certyfikatu „Partner dla rozwoju” Wydział Chemii UMCS znalazł się w elitarnym gronie 15 polskich uczelni, którym takie Certyfikaty zostały przyznane. Należy podkreślić, że certyfikat „Partner dla rozwoju” otrzymało jedynie 5 kierunków na łącznie 4 uczelniach w całej Polsce, w tym kierunek Chemia na UMCS.

W 2021 r. Wydział Chemii uzyskał również 3 certyfikaty międzynarodowe ECTN (European Chemistry Thematic Network Association), pierwsze międzynarodowe akredytacje w UMCS:

Certyfikat akredytacji międzynarodowej Chemisty Eurobachelor® dla programu studiów I stopnia na kierunku Chemia

Certyfikat akredytacji międzynarodowej Chemisty Euromaster® dla programu studiów II stopnia na kierunku Chemia

Certyfikat akredytacji międzynarodowej Chemisty Doctorate Eurolabel® dla programu studiów doktoranckich prowadzących do uzyskanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki chemiczne

Uzyskanie akredytacji jest równoznaczne z uznaniem najwyższych standardów europejskich w zakresie jakości kształcenia utrzymywanych przez Wydział Chemii, nasi absolwenci uzyskują wykształcenie porównywalne z oferowanym na najlepszych uniwersytetach europejskich.



W 1975 r. w Instytucie Chemii rozpoczęła działalność Pracownia Dydaktyki Chemii, przekształcona następnie w Zakład Dydaktyki Chemii, których zadaniem było m.in. kształcenie przyszłych nauczycieli chemii. Twórcą i pierwszym kierownikiem był dr Lucjan Nędzyński, a od 1988 r. dr hab. Ryszard M. Janiuk. Pracownicy tych jednostek wykształcili wielu nauczyciel chemii na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych oraz rozwijali nowoczesne metody kształcenia i doskonalenia nauczycieli chemii. Prowadzone były również badania w zakresie edukacji chemicznej i przyrodniczej. Badania te realizowano w ramach kilku projektów, w większości międzynarodowych, np. w projekcie ROSE prowadzone były badania nad efektywnością nowych form doskonalenia umiejętności zawodowych nauczycieli przedmiotów przyrodniczych. Pracownicy Zakładu zorganizowali m.in. III Europejską Konferencję Badań z Dydaktyki Chemii (1995).

W różnych jednostkach Wydziału Chemii UMCS realizowane były liczne projekty edukacyjne oraz badawcze w obszarze dydaktyki, w tym projekty finansowane w ramach funduszy europejskich, które w znaczący sposób przyczyniły się do uatrakcyjnienia programów studiów i wyposażenie studentów w nowe kompetencje.

"Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education thought Science" (PROFILES), EC-EP7

„The Relevance of Science Education”, ROSE

„Kształcenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych”, TEMPUS

„Crossing Boundaries in Science Teacher Education – CROSSNET”

"Nauczyciel nowych możliwości", EFS POKL 9.4

"Od studenta do eksperta - Ochrona środowiska w praktyce", EFS POKL 4.1.2

„Kursy w języku angielskim dla chemii materiałowej”, FSS/2008/X/D5/W/0032

„WIZA na rynku pracy”, POWR.03

Technologie fotoniczne i światłowodowe, POWR.03.05

„Mistrzowie Dydaktyki”, POWR

„Międzynarodowe Studia Doktoranckie z Chemii”, POWR.03.02.

W ostatnich latach kilku studentów uzyskało Diamentowy Grant i środki na realizację swoich pierwszych samodzielnych projektów badawczych. Podobne wyróżnienie uzyskał również student w programie „Najlepsi z Najlepszych! 3.0” w ramach programu POWER współfinansowanego ze środków EFS, którego celem jest wsparcie wybitnie uzdolnionych studentów w rozwoju ich aktywności naukowej, innowacyjności i kreatywności, poprzez wspieranie ich uczestnictwa w międzynarodowych konkursach i konferencjach. Niektórzy studenci nagradzani są również w innych konkursach o charakterze ogólnopolskim.

UWAGI KOŃCOWE

Oceniając 80 lat rozwoju dyscypliny chemia na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej można stwierdzić, że poziom prowadzonych badań od pierwszych lat był wysoki. Podjęte przez prof. Andrzeja Waksmundzkiego pionierskie w Polsce badania w dziedzinie chromatografii osiągnęły bardzo wysoki poziom już w latach 60/70 pomimo niesprzyjających warunków w poprzednim ustroju społeczno-gospodarczym do prowadzenia tego typu działalności. Katedra Chemii Fizycznej, której kierownikiem był przez lata Profesor wyłoniła dwie szkoły naukowe oraz kilka bardzo aktywnych zespołów badawczych, które przez lata wykazują dużą dynamikę rozwoju. Interesujące badania zostały też zainicjowane w pozostałych Katedrach, co zaowocowało powstaniem nowych grup badawczych, które bardzo dynamicznie się rozwijają wykazując systematyczny wzrost jakości prowadzonych badań. Rozszerzenie możliwości badawczych poprzez budowę i modernizację laboratoriów w tym szczegóół-

nie spektroskopowych, dyfrakcyjnych, mikroskopowych, termicznych pozwoliły szczególnie na intensyfikację badań nad: otrzymaniem i zastosowaniem nowych materiałów, syntezą nowoczesnych materiałów specjalnego przeznaczenia, modyfikacją i funkcjonalizacją materiałów pod kątem zwiększenia ich efektywności i selektywności, syntezą nowych związków chemicznych, charakteryzowaniem fizykochemicznym materiałów, wykorzystaniem nowych technologii i materiałów do konkretnych zastosowań, mechanizmami procesów fizykochemicznych, opisem teoretycznym układów doświadczalnych i modelowaniem procesów, opracowaniem nowych procedur analitycznych wykorzystywanych w analizie próbek środowiskowych, opracowaniem i wykorzystaniem nowych efektywnych metod usuwania toksycznych substancji ze środowiska.

Efekty kształcenia studentów i kadry naukowej w ciągu 80 lat istnienia kierunku chemicznego na UMCS można podsumować następującymi liczbami:

- około 8300 absolwentów z dyplomami magistra chemii, magistra ochrony środowiska,
- 534 wypromowanych doktorów nauk chemicznych,
- 166 przewodów habilitacyjnych zakończonych nadaniem stopnia doktora habilitowanego

PODZIĘKOWANIE

Składam podziękowania Koleżankom i Kolegom z Wydziału Chemii, którzy wsparli mnie przy pisaniu tego artykułu poprzez przekazanie niezbędnych danych oraz konsultacje: prof. dr hab. Andrzejowi Dawidowiczowi, dr Weronice Sofińskiej-Chmiel, dr Urszuli Maciołek, prof. dr hab. Annie Koziół, prof. dr hab. Lucynie Hołysz, prof. Jolancie Narkiewicz-Michałek, prof. dr hab. Beacie Podkościelnej, prof. dr hab. Januszowi Ryczkowskiemu, prof. dr hab. Małgorzacie Grabarczyk, dr. hab. Beacie Cristóvão, prof. UMCS, dr hab. Agnieszce Gładysz-Płaska, dr hab. Ryszardowi M. Janiukowi.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Strona internetowa Wydziału Chemii, <https://www.umcs.pl/pl/historia-wydzialu,702.htm>.
- [2] Wydział Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej 1944-1994, Lublin 1994.
- [3] A. Waksmundzki, Wiadomości Chemiczne, 1949, **6-8**, 169.
- [4] A. Waksmundzki, J. Ościk, Annales UMCS, Sectio AA, 1951, **VI** (9), 87.

LUBELSKA CHEMIA KOORDYNACYJNA – HISTORIA I WSPÓŁCZESNOŚĆ

LUBLIN COORDINATION CHEMISTRY – HISTORY AND PRESENT

Renata Łyszczek

*Katedra Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii, Instytut Nauk
Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 2, 20-031 Lublin
e-mail: renata.lyszczek@mail.umcs.pl*

Abstract

Katedra Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii – rys historyczny

Wprowadzenie

1. Historia chemii koordynacyjnej na UMCS

1.1. Prof. dr hab. Wanda Brzyska

1.2. Początki i rozwój chemii koordynacyjnej na UMCS

1.3. Lubelska chemia koordynacyjna – współczesność

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

Dr hab. Renata Łyszczek, prof. UMCS uzyskała stopień doktora na Wydziale Chemii UMCS w 2000 r., a w roku 2013 stopień doktora habilitowanego. Od 2018 r. zajmuje stanowisko profesora uczelni. Od 2015 roku jest kierownikiem Zakładu Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej późniejszej Katedry Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii. Jest autorem lub współautorem ponad 100 prac naukowych opublikowanych w większości w czasopismach o zasięgu światowym oraz ponad 200 doniesień konferencyjnych (indeks h=17). Jej badania skupiają się na syntezie i charakterystyce spektroskopowej, termicznej i strukturalnej związków kompleksowych metali z bloków s, d i f głównie z ligandami polikarboksylianowymi o strukturze polimerów koordynacyjnych oraz ich zastosowaniu, jako m.in. dodatki luminescencyjne w materiałach hybrydowych a także analizie termicznej materiałów różnego pochodzenia.



<https://orcid.org/0000-0003-4420-1122>

ABSTRACT

The elaboration contains the history of the development of coordination chemistry at the Maria Curie-Skłodowska University in Lublin. The Department of General and Coordination Chemistry and Crystallography at the Institute of Chemical Sciences, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University conducts research on metal complexes. Coordination chemistry in Lublin is inextricably associated with Professor Wanda Brzyska, who in the mid-1950s began her scientific career at the Department of Inorganic Chemistry headed by Professor Włodzimierz Hubicki. Professor Brzyska moved away from teamics related to the separation processes of rare earth elements, focusing mainly on the synthesis and characterization of coordination compounds in the solid phase, based on rare earth elements and carboxylic acids. The study presents the development of research topics over the years in the area of coordination chemistry, the evolution of methods, and the research equipment used.

Keywords: coordination chemistry, metal carboxylates, syntesis, thermal analysis, crystal structure

Słowa kluczowe: chemia koordynacyjna, karboksylany metali, synteza, analiza termiczna, struktura krystaliczna

KATEDRA CHEMII OGÓLNEJ, KOORDYNACYJNEJ I KRYSZALOGRAFII – RYS HISTORYCZNY

Historia lubelskiej chemii koordynacyjnej jest ściśle związana z działalnością naukową Katedry Chemii Nieorganicznej utworzonej z Sekcji Chemii wchodzącej w skład Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego utworzonego w 1944 roku Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W tamtym czasie kierownikiem był profesor Włodzimierz Hubicki. W 1970 roku z Katedry Chemii Nieorganicznej wydzielił się Zakład Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej, którego kierownictwo objął profesor Kazimierz Sykut. Dodatkowo wyodrębnione zostały Zakład Chemii Ogólnej i Nieorganicznej. Po śmierci profesora Włodzimierza Hubickiego w 1977 roku kierownictwo Zakładu Chemii Ogólnej i Nieorganicznej objęła Wanda Brzyska. W 1998 roku nastąpił podział Zakładu Chemii Ogólnej i Nieorganicznej, liczącego w owym czasie ośmiu samodzielnych pracowników naukowych na Zakład Chemii Ogólnej, którego kierownikiem pozostała profesor Brzyska oraz Zakład Chemii Nieorganicznej, którego kierownikiem został profesor Zbigniew Hubicki. Od 2001 roku po przejściu profesor Brzyskiej na emeryturę kierownikiem Zakładu Chemii Ogólnej została dr hab. Zofia Rzączyńska, prof. UMCS, która w 2003 roku zmieniła nazwę Zakładu Chemii Ogólnej na Zakład Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej, co było związane z intensyfikacją badań w obszarze chemii koordynacyjnej. Od 2015 roku funkcję kierownika Zakładu pełni dr hab. Renata Łyszczek, prof. UMCS. W 2019 roku w wyniku systemowej reorganizacji Zakład Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej połączył się z Zakładem Krystalografii w wyniku czego została utworzona Katedra Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii. Kierownictwo nowo powstałej jednostki objęła dr hab. Renata Łyszczek, prof. UMCS.

Niniejsze opracowanie pokazuje rozwój badań w dziedzinie chemii koordynacyjnej - zarówno tematyki jak też metod i aparatury, zmieniających się przez ostatnie dziesięciolecia aż do czasów obecnych.

Pracownicy Katedry:

Dr hab. Agata Bartyzel, prof. UMCS
Dr hab. Beata Cristóvão, prof. UMCS
Dr hab. Renata Łyszczek, prof. UMCS
Dr hab. Liliana Mazur, prof. UMCS
Dr Barbara Mirosław
Dr Elżbieta Olszewska
Dr Agnieszka Ostasz
Dr Dariusz Osypiuk
Dr Justyna Sienkiewicz-Gromiuk

WPROWADZENIE

Historia badań naukowych lubelskiej chemii koordynacyjnej wywodzi się z tematyki badawczej Katedry Chemii Nieorganicznej. Wykorzystanie związków kompleksowych do celów praktycznych wymaga wiedzy podstawowej dotyczącej składu, struktury, rozpuszczalności czy też znajomości zachowania termicznego związków. Szczegółowe poznane właściwości fizykochemicznych związków chemicznych daje możliwość ich aplikacyjnego wykorzystania. Historycznie lubelska chemia koordynacyjna to przede wszystkim chemia karboksylanów metali głównie pierwiastków ziem rzadkich, które mają olbrzymi potencjał aplikacyjny i są przedmiotem badań w wielu wiodących krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych. Tematyka badawcza podjęta przez Profesor Brzyską jest kontynuowana i rozwijana w Katedrze Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii.

Współczesna lubelska chemia koordynacyjna to nie tylko chemia karboksylanowych polimerów koordynacyjnych lantanowców(III), pierwiastków przejściowych i metali bloku s, ale także chemia związków kompleksowych o strukturze polimerycznej i dyskretnej na bazie ligandów O, N, S – donorowych (w tym syntezowanych z zasad Schiffa) oraz chemia kompleksów pierwiastków d-elektronowych z aktywnymi składnikami farmaceutycznymi i bioligandami.

1. HISTORIA CHEMII KOORDYNACYJNEJ NA UMCS

Chemia koordynacyjna na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie kojarzy się z osobą profesor Wandy Brzyskiej, której wkład w rozwój tej dziedziny nauki na UMCS jest nie do przecenienia. Dzięki Profesor Brzyskiej Lublin stał się ważnym i rozpoznawalnym ośrodkiem badań nad związkami kompleksowymi.

1.1. PROF. DR HAB. WANDA BRZYSKA

Profesor Wanda Brzyska urodziła się 19 lutego 1931 roku w Grodnie. Od 1937 roku aż do śmierci dnia 29 października 2020 roku mieszkała w Lublinie. Ukończyła studia chemiczne w 1955 roku na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej. Całe swoje życie zawodowe i karierę naukową związała z Uniwersytetem Marii Curie-Skłodowskiej, w którym została zatrudniona na stanowisku asystenta w 1956 roku. Stopień doktora nauk przyrodniczych uzyskała w 1964 roku, stopień doktora habilitowanego w 1972 r., a stopień profesora zwyczajnego w 1991 r. Profesor Brzyska była także pierwszą kobietą prorektorem ds. Studenckich, Dydaktyki i Wychowania na UMCS w latach 1980-1981 oraz prodziekanem Wydziału Mat. Fiz. Chem. na UMCS w latach 1984-1987. Pełniła także liczne funkcje w Polskim Towarzystwie Chemicznym oraz Lubelskim Towarzystwie Naukowym. Uczestniczyła także w pracach Komisji

ds. Tytułu i Stopni Naukowych (1991-1993), a także była przewodniczącą Komitetu Okręgowego Olimpiady Chemicznej od 1999 roku aż do śmierci.

Profesor Wanda Brzyska była autorem i współautorem ponad 280 publikacji naukowych, ponad 800 zbiorów danych dyfraktometrycznych oraz licznych doniesień konferencyjnych [1-2]. Efektem pracy badawczej był także szereg wynalazków dotyczących m.in. sposobu wydzielania pierwiastków ziem rzadkich z roztworów lub zawiesin z wykorzystaniem kwasu tereftalowego, który pozwalał na wydzielenie p.z.rz. z roztworów/zawiesin zawierających jony Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , octany, siarczany(VI), chromiany(VI); sposobu otrzymywania bezwodnego fluorku ceru(III); sposobu otrzymywania soli indu wysokiej czystości; sposobu rozdzielania skandu(III) i lantanowców(III); sposobu otrzymywania soli miedzi(II) wysokiej czystości; sposobu otrzymywania tlenków pierwiastków ziem rzadkich wysokiej czystości metodą chromatografii jonowymiennej; sposobu otrzymywania związków samaru, europu i gadolinu; sposobu otrzymywania krystalicznego chlorku lantanu specjalnej czystości; sposobu otrzymywania nowych kompleksów itru(III) i lantanowców(III) oraz sposobu otrzymywania kompleksów Y(III) lub lantanowców(III) [3]. Należy zwrócić uwagę, że w każdym z tych wynalazków wykorzystano reakcje kompleksowania celem uzyskania stałego czystego produktu końcowego lub związki kompleksowe były produktem przejściowym do otrzymania wysokiej czystości związków nieorganicznych.

Za działalność dydaktyczną, naukową i organizacyjną była wielokrotnie nagradzana i wyróżniana. Otrzymała m.in.: Złoty Krzyż Zasługi (1974 r.), Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski (1979 r.), Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski (2003 r.) oraz Medal Komisji Edukacji Narodowej (1979 r.).

1.2. POCZĄTKI I ROZWÓJ CHEMII KOORDYNACYJNEJ NA UMCS

Pani Profesor Wanda Brzyska rozpoczęła karierę naukową w Katedrze Chemii Nieorganicznej wchodzącej w skład Wydziału Mat. Fiz. Chem. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej. W latach 50. XX wieku w Katedrze Chemii Nieorganicznej kierowanej przez profesora Włodzimierza Hubickiego dominowała pionierska tematyka związana z rozdziałem i wydzielaniem pierwiastków ziem rzadkich (p.z.rz.) oraz otrzymywaniem związków o wysokiej czystości. Należy wspomnieć, iż w tych czasach chemia p.z.rz. nie była tak popularna jak obecnie a wszechstronne możliwości aplikacyjne tej grupy pierwiastków chemicznych nie były jeszcze tak dobrze rozpoznane. Do wiodących metod rozdziału p.z.rz. stosowanych w Katedrze należały metody frakcjonowanej krystalizacji i frakcjonowanego strącania, metody oparte na reakcjach utlenienia i redukcji a także chromatografia jonowymienna. Pani Profesor Brzyska jak sama wspominała nie miała serca do badań związanych z metodami rozdziału i dlatego znalazła swoją własną drogę naukową [2]. Profesor

Brzyska rozpoczęła tematykę badawczą dotyczącą badań podstawowych nowych związków kompleksowych w fazie stałej opartych na p.z.rz. (oprócz prometu). W kolejnych latach do jej obszaru badawczego dołączyły połączenia koordynacyjne pierwiastków d-elektronowych. Profesor Brzyska wprowadziła kwasy mono- i polikarboksyłowe, jako prekursory anionowych ligandów w preparatyce związków kompleksowych głównie metodą wytrąceniową. Opracowanie różnych ścieżek syntezy prowadziło do uzyskania wysokiej czystości związków kompleksowych w fazie stałej, dla których były wyznaczane składy jakościowe i ilościowe. Te badania można uznać za początek lubelskiej chemii koordynacyjnej, które są trwale związane z Zespołem Profesor Brzyskiej. Uwieńczeniem prowadzonych badań była rozprawa doktorska pt. *Studia nad rozpuszczalnością alkanodwukarboksylianów lantanowców lekkich* (Wanda Brzyska, 1964 r.), której promotorem był profesor Włodzimierz Hubicki [4]. W pracy przedstawiła metody otrzymywania związków kompleksowych od La(III) do Sm(III) oraz Y(III) z kwasami dikarboksyłowymi: malonowym, bursztynowym, glutarowym, adypinowym, pimelinowym, korkowym, azelainowym oraz sebacynowym. Prezentowane wyniki badań miały także aspekt praktyczny, ponieważ koncentrowały się również na wyznaczaniu krzywych rozpuszczalności tych nowych w większości trudnorozpuszczalnych połączeń koordynacyjnych. Informacje dotyczące rozpuszczalności służyły do opracowania procedury otrzymywania koncentratów wybranych lantanowców i itru oraz ich rozdziału [5-12]. W latach 60. XX wieku, Profesor Brzyska kontynuowała badania związków kompleksowych w fazie stałej, wprowadzając kolejne ligandy, którymi były monokarboksyłowe kwasy alifatyczne jak np. kwas walerianowy [13] oraz aromatyczne kwasy karboksyłowe. Bardzo obszernie badano ich rozpuszczalność w różnych środowiskach takich jak: woda, monohydroksylowe alkohole czy też w czynnikach kompleksujących. Prowadzone badania pozwoliły na wyznaczenie różnic w rozpuszczalności całych serii związków kompleksowych pierwiastków ziem rzadkich z aromatycznymi kwasami dikarboksyłowymi takimi jak kwasy: ftalowy (1,2-benzenodikarboksyłowy), izoftalowy (1,3-benzenodikarboksyłowy) oraz tereftalowy (1,4-benzenodikarboksyłowy) [14-16]. Zdobyta wiedza dotycząca rozpuszczalności służyła opracowaniu nowych metod rozdziału w tym do separacji par jonów Nd(III)-Y(III). W badaniach tych wykorzystano kwas tereftalowy jako czynnik kompleksujący. Metodę tę wykorzystano również w oddzieleniu lantanowców lekkich od wybranych jonów dwuwartościowych m.in., Ca(II), Sr(II), Ba(II), Mg(II), Mn(II), Ni(II) i Co(II) [17]. Obszerne badania zostały uwieńczone rozprawą habilitacyjną pt: *Studia nad zastosowaniem kwasów: do rozdzielania pierwiastków ziem rzadkich i oddzielania ich od innych pierwiastków* (Wanda Brzyska, 1972 r.) [18]. Warto podkreślić, iż w zaprezentowanych badaniach pojawia się nowa metoda badawcza związków kompleksowych tj. spektroskopia w podczerwieni, która została wykorzystana w celu określenia wpływu wiązania

jonu metalu z resztą kwasową (karboksylanem) na różnice w rozpuszczalności analizowanych związków kompleksowych. W następnych latach grupa badawcza skupiona wokół Profesor Brzyskiej, kontynuowała badania karboksylanowych związków kompleksowych opartych o alifatyczne nasycone i niensycone kwasy mono- i dikarboksylowe, mono- i polikarboksylowe kwasy aromatyczne oraz kwasy fenolowe np. kwas kumarowy [19-28].

Od późnych lat 70. XX wieku w pracach Zespołu zajmującego się związkami kompleksowymi pojawiają się kolejne metody badawcze w tym rentgenowska analiza fazowa oraz analiza termiczna. Metody te i nowoczesna aparatura umożliwiły lepsze poznanie właściwości fizykochemicznych syntezowanych związków koordynacyjnych a także pozwalały określić podobieństwa strukturalne w analizowanych seriach związków kompleksowych [29-31]. Niewątpliwym przełomem w prowadzonych badaniach faz był zakup derywatografu węgierskiego OD 102 systemu F. Paulik-J. Paulik-L. Erdey (MOM, Hungary), który pozwalał analizować syntezowane w Zakładzie stałe związki kompleksowe metodami TG/DTG/DTA i pozyskiwać obszerną wiedzę na temat: stabilności termicznej związków, zawartości cząsteczek wody, mechanizmów rozkładu, temperatury powstawania końcowych produktów rozkładu oraz efektów energetycznych związanych z przemianami zachodzącymi pod wpływem temperatury. Prekursorką badań termicznych była docent Michalina Dąbkowska, która analizowała zachowanie termiczne kompleksów w atmosferze powietrza, azotu i tlenu węgla(IV) [32, 33].

W kolejnych latach tematyka badawcza Zespołu chemii koordynacyjnej wzbogaca się o związki kompleksowe lantanowców(III) i jonów metali przejściowych opierających się o kwasy benzenokarboksylowe, w strukturze, których oprócz jednej lub kilku grup karboksylowych pojawiają się dodatkowe grupy funkcyjne takie jak: aminowe, chlorowe, hydroksylowe, metylowe, metoksyłowe, nitrowe i inne. Grupy te niejednokrotnie są źródłem dodatkowych atomów będących donorami par elektronowych a więc dodatkowymi centrami koordynacyjnymi. W realizowanych badaniach pojawia się często aspekt wpływu obecności podstawnika i jego położenia na właściwości fizykochemiczne związków w tym spektroskopowe i termiczne. W tym okresie syntezowane są całe serie związków kompleksowych z jonami lantanowców(III), Y(III), Sc(III) oraz Th(IV). W publikacjach naukowych jest natomiast kładziony nacisk na różnice w budowie i właściwościach pomiędzy związkami lantanowców lekkich i ciężkich [34-39]. Proponowana struktura karboksylanów metali, w tym sposoby koordynacji jon metalu-grupa karboksylanowa opierają się głównie na analizie widm w podczerwieni i stosowanych powszechnie w tych czasach kryteriach spektroskopowych [40]. W tym okresie duża grupa Pracowników Zakładu Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej realizuje swoje prace doktorskie (m.in. Wiesława Ferenc,

Mariola Iwan, Sylwester Karasiński, Alina Kula, Renata Kurpiel-Gorgol, Wanda Ożga, Elżbieta Świta, Wiesława Wołodkiewicz) oraz habilitacyjne (*Wpływ położenia podstawnika na właściwości kompleksów pierwiastków ziem rzadkich z kwasami nitrobenzoowymi*, Wiesława Ferenc, 1991r.) [41], których tematyka była ściśle związana z chemią karboksylanów metali.

Od wczesnych lat 90. XX w. metody badawcze związków kompleksowych w fazie stałej wzbogaciły się o rentgenografię strukturalną monokryształów. Nawiązano współpracę naukową z profesorem Oksaną Bodak, i profesorem Romanem Gładyszewskim z Uniwersytetu Lwowskiego im. Franko, profesorem Witalim Belskim z Uniwersytetu Moskiewskiego, Tadeuszem Głowiakiem z Zakładu Krystalografii Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Zakładem Krystalografii UMCS [42,43]. Pierwszą rozprawą habilitacyjną zrealizowaną w Zespole chemii koordynacyjnej, w której przedstawiono wyniki badań rentgenostrukturalnych była praca pt. *Studia nad strukturą i właściwościami kompleksów itru(III) i lantanowców(III) z kwasami aminobenzoowymi* (Zofia Rzączyńska, 1992 r.) [44]. Badania strukturalne związków kompleksowych metodą rentgenografii strukturalnej monokryształów w połączeniu z kompletem badań spektroskopowych i termicznych dały możliwość publikacji kilkudziesięciu prac naukowych dotyczących nowych związków kompleksowych w czasopismach o zasięgu światowym [45-55].

W tym okresie tematyka badawcza Zakładu rozszerzyła się o dobrze rozpuszczalne w wodzie związki kompleksowe lantanowców(III) oraz wybranych jonów metali przejściowych z aminokwasami naturalnymi. Efektem tych prac była rozprawa doktorska pt. *Koordynacyjne połączenia Mn(II) z aminokwasami naturalnymi – synteza, spektroskopia, badania derywatograficzne i dyfrakto-metryczne* (Renata Mrozek, 2000 r.) [56]. Zaplecze aparaturowe Zakładu wzbogaciło się o termowagę Sestsys 16/18 (Setaram) umożliwiającą równoczesne pomiary TG/DTG/DSC(DTA). Posiadanie analizatora termicznego pozwalającego na pomiar niewielkich ilości próbek zintensyfikowało nasze badania właściwości termicznych już nie tylko związków kompleksowych, ale także ligandów organicznych, próbek nieorganicznych oraz innych materiałów. Badania te były prowadzone we współpracy z innymi ośrodkami badawczymi.

Kolejnym kierunkiem badań stałych związków kompleksowych są badania mające na celu określenie właściwości magnetycznych. Efektem starań dr hab. Wiesławy Ferenc, prof. UMCS jest pojawienie się w Zakładzie magnetometru, działającego na zasadzie wagi Gouy'a. Rezultatem tych badań jest m.in. rozprawa doktorska pt. *Spektroskopowe, termiczne i magnetyczne badanie kompleksów kwasu 5-chloro-2-metoksybenzoowego z wybranymi pierwiastkami bloku d i 4f* (Beata Cristóvão, 2002 r.) [57]. W tym czasie mają miejsce jeszcze obrony dwóch kolejnych rozpraw doktorskich pt. *Badanie budowy i właściwości kompleksów*

wybranych metali z ligandami karboksylowymi (Agata Bartyzel, 2004 r.) [58] oraz *Kompleksy lantanowców(III) i niektórych pierwiastków bloku d z wybranymi izomerami kwasu dimetoksybenzoesowego* (Agnieszka Dziewulska-Kułaczkowska, 2004 r.) [59], które są kontynuacją badań skoncentrowanych na połączeniach koordynacyjnych lantanowców i pierwiastków przejściowych z anionowymi ligandami karboksylanowymi.

Rozwój badań strukturalnych we współpracy z innymi uniwersytetami uwidocznił konieczność posiadania własnego dyfraktometru monokrystalicznego. W 2004 roku staraniem ówczesnego Kierownika Zakładu Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej, dr. hab. Zofii Rzączyńskiej, prof. UMCS został zakupiony dyfraktometr monokrystaliczny XCalibur. Zakup bardzo drogiego aparatu był możliwy dzięki wsparciu profesora Karola Wysokińskiego, ówczesnego prorektora d/s. badań naukowych UMCS, który umożliwił kupno aparatu w ratach. Jednocześnie dr Liliana Mazur podjęła pracę jako krystalograf w naszym Zakładzie. Wyposażenie Zakładu w dyfraktometr monokrystaliczny stanowiło kamień milowy w naszych badaniach związków kompleksowych. Zmieniliśmy podejście do metod syntezy i skoncentrowaliśmy się na ich optymalizacji celem opracowania takich warunków, w których uzyskamy monokrystaliczne formy związków kompleksowych.

W Zakładzie pojawia się też dodatkowa aparatura naukowa taka jak: termoanalyzer TGA Q5000 (TA) sprzężony z spektrofotometrem Nicolet 6700 (Thermo Scientific) do równoczesnej analizy TG i rejestracji widm FTIR gazowych produktów rozkładu; przystawka niskotemperaturowa do dyfraktometru rentgenowskiego oraz magnetometr SQUID. Ta aparatura badawcza pozwoliła rozszerzyć zakres prowadzonych badań oraz nawiązać współpracę naukową z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi. W tym okresie nastąpiła także kolejna silna polaryzacja tematyki badawczej w Zakładzie spowodowana w dużej mierze realizacją kolejnych prac habilitacyjnych.

1.3. LUBELSKA CHEMIA KOORDYNACYJNA – WSPÓŁCZESNOŚĆ

Tematyka badawcza w Zakładzie Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej ewaluowała razem z rozwojem światowej chemii koordynacyjnej. Począwszy od lat 90. XX wieku obserwuje się renesans karboksylanowych kompleksów metali, a w szczególności związków o strukturze polimerycznej czyli tzw. polimerów koordynacyjnych. Nowoczesne metody badawcze umożliwiające określenie struktury krystalicznej wykazały, że budowa karboksylanów metali jest dużo bardziej złożona niż wcześniej zakładano, a możliwości koordynacyjne grup karboksylanowych bardzo często generują struktury polimeryczne jedno-, dwu- lub trójwymiarowe. Kwasy karboksylowe okazały się doskonałymi mostkującymi blokami budulcowymi wielowymiarowych polimerycznych związków kompleksowych.

wych o złożonej strukturze krystalicznej i rozbudowanej powierzchni właściwej. Wiele z tych związków wykazuje atrakcyjne właściwości aplikacyjne o szerokim spektrum zastosowań np. w separacji i magazynowaniu m.in. gazów, związków chemicznych czy jonów; katalizie czy też medycynie. Porowate polimery koordynacyjne określane terminem sieci metalo-organicznych (ang. metal-organic frameworks, MOFs) stały się bardzo atrakcyjną grupą związków badaną przez wiele ośrodków krajowych i zagranicznych [60, 61]. Część pracowników naukowych Zakładu pozostała w tematyce badawczej dotyczącej karboksylanów metali odnajdując nowe do tej pory nieeksplorowane obszary dotyczące m.in.: racjonalnego projektowania polimerów koordynacyjnych o zadanej strukturze na podstawie właściwości bloków budulcowych; zastosowania nowych metod syntezy i ich optymalizację: określenie wpływu różnych czynników (sposobu dostarczenia energii, rodzaju rozpuszczalnika, czasu, temperatury etc.) na strukturę i właściwości polimerów koordynacyjnych oraz poszukiwanie aspektu aplikacyjnego tej grupy związków kompleksowych. Wprowadzone nowe metody syntezy m.in. solwotermalne okazały się najbardziej efektywnymi w otrzymaniu monokrystalicznych form, w większości trudnorozpuszczalnych syntezowanych kompleksów. W Zakładzie Chemii Ogólnej i Koordynacyjnej realizowane są kolejne prace doktorskie z mostkującymi polikarboksylanowymi ligandami m.in.: *Spektroskopia, właściwości termiczne i strukturalne koordynacyjnych połączeń lantanowców(III) i Y(III) z kwasami bifenylokarboksylowymi* (Justyna Sienkiewicz-Gromiuk, 2010 r.) [62] oraz *Koordynacyjne połączenia lantanowców z kwasami benzenopolikarboksylowymi* (Agnieszka Ostasz, 2010 r.) [63]. W Zakładzie wprowadzona jest także tematyka badań luminescencyjnych otrzymanych kompleksów lantanowców(III) emitujących promieniowanie w zakresie VIS oraz NIR a także są kontynuowane zagadnienia dotyczące określenia wpływu desolwatacji związków na strukturę i właściwości porowatych polimerów koordynacyjnych. Efektem tych badań była rozprawa habilitacyjna pt. *Funkcjonalne aspekty polikarboksylanów lantanowców(III): struktura, właściwości termiczne i luminescencyjne* (Renata Łyszczek, 2013 r.) [64].

Część Pracowników po uzyskaniu stopnia doktora zainteresowała się inną grupą związków kompleksowych a mianowicie połączeń koordynacyjnych jonów metali z zasadami Schiffa jako ligandami. Prace nad projektowaniem i syntezą nowych ligandów na bazie pierwszorzędowych diamin alifatycznych i pochodnych *o*-hydroksybenzaldehydu, które zostały wykorzystane do opracowania efektywnej metody syntezy kompleksów jonów metali 3*d*- i/lub 4*f*-elektronowych, doprowadziły do przygotowania rozprawy habilitacyjnej pt. *Nowe homo- i heterordzeniowe połączenia koordynacyjne z ligandami N,O-donorowymi typu zasad Schiffa* (Beata Cristóvão, 2015 r.) [65]. W pracy oprócz charakterystyki spektroskopowej, strukturalnej i termicznej skupiono się na określeniu właściwości

magnetycznych prezentowanych związków kompleksowych. Badania dotyczące syntezy ligandów typu zasad Schiffa na drodze reakcji kondensacji alifatycznych diaminy z ketonowymi pochodnymi *o*-fenolu oraz badaniem ich właściwości fizykochemicznych i ich wykorzystanie do tworzenia związków kompleksowych zaowocowały kolejną rozprawą habilitacyjną pt. *Wielofunkcyjne ligandy N,O-donorowe oraz badanie ich zdolności kompleksowania jonów metali bloku d* (Agata Bartyzel, 2018 r.) [66]. W ramach realizowanych badań opracowano efektywne metody syntezy związków koordynacyjnych a także określono możliwość wykorzystania otrzymanych ligandów w procesie zateżania i oznaczania metali przejściowych, a ich kompleksów, jako katalizatorów w chemicznym utlenieniu błękitu metylenowego nadtlaniem wodoru.

Obecnie w Katedrze Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii jest kontynuowana tematyka badań związana z karboksylanowymi polimerami koordynacyjnymi, która ma na celu nie tylko poznanie wpływu warunków syntezy na strukturę związków i właściwości fizykochemiczne, ale także poszukiwanie aspektu praktycznego tych związków, chociażby, jako dodatki luminescencyjne w materiałach hybrydowych [67-70]. Realizowane są także dalsze badania związane z kompleksami metali z nowymi zasadami Schiffa [71-73]. Ponadto w Katedrze Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii prowadzona jest tematyka związana z analizą termiczną substancji farmaceutycznych i polimerów, inżynierią krystaliczną i zagadnieniami procesów krystalizacji aktywnych składników farmaceutycznych, syntezą i badaniami ko-kryształów, kompleksami metali z aktywnymi składnikami farmaceutycznymi i wybranymi bioligandami [74-76].

UWAGI KOŃCOWE

Lubelska chemia koordynacyjna stanowi spuściznę naukową Profesor Wandy Brzyskiej, która praktycznie całą swoją karierę naukową związała z syntezą i charakterystyką związków kompleksowych bazujących na kwasach mono- i polikarboksylowych alifatycznych i aromatycznych. Na przestrzeni lat poszerzył się znacząco zakres prowadzonych badań, wprowadzono nowatorskie metody syntezy i charakterystyki związków, co umożliwiło poznanie struktury związków kompleksowych i potencjału koordynacyjnego stosowanych ligandów już nie tylko anionowych O-donorowych ale także N, S donorowych oraz obojętnych ligandów O, N-donorowych, w kontekście ich przyszłych zastosowań. Z perspektywy czasu okazało się, że wybór ligandów karboksylanowych do syntezy połączeń koordynacyjnych z różnymi centrami metalicznymi był niezwykle trafny. Ligandy te są doskonałymi blokami budulcowymi sieci metalo-organicznych MOF, które w ostatnich latach cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem ze względu na szeroki wachlarz możliwości aplikacyjnych. Tematyka badawcza Katedry Chemii Ogólnej, Koordynacyjnej i Krystalografii w kontekście karboksylanów metali i związków kompleksowych z zasa-

dami Schiffa będzie kontynuowana i poszerzana o kolejne techniki badawcze, celem znalezienia cech funkcjonalnych tych związków i ich praktycznego wykorzystania.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] W. Brzyska, *Moje życie*. Wydawnictwo UMCS, Lublin, 2021.
- [2] W. Brzyska, *Wiadomości Chemiczne*, Wrocław, 2008, 113.
- [3] W. Brzyska jako współtwórca: Patenty: 79507, 112211, 118879, 127271, 128629, 147137, 145946, 148277, PL 164776 B1, 189133.
- [4] W. Brzyska, *Studia nad rozpuszczalnością alkanodwukarboksylianów lantanowców lekkich*. Praca doktorska, UMCS, Lublin, 1964.
- [5] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 7, 57.
- [6] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 8, 65.
- [7] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 9, 71.
- [8] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 10, 77.
- [9] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 11, 83.
- [10] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 12, 89.
- [11] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 13, 95.
- [12] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1968, **33**, 14, 101.
- [13] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1969/1970, **24/25**, 9, 64.
- [14] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1969/1970, **24/25**, 18, 131.
- [15] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1969/1970, **24/25**, 19, 135.
- [16] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 12, 105.
- [17] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **24/25**, 17, 125.
- [18] W. Brzyska, *Studia nad zastosowaniem kwasów: do rozdzielania pierwiastków ziem rzadkich i oddzielania ich od innych pierwiastków*. Rozprawa habiliacyjna, UMCS, Lublin, 1972.
- [19] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 10, 97.
- [20] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 9, 93.
- [21] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 11, 101.
- [22] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 12, 105.
- [23] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1971/1972, **26/27**, 13, 113.
- [24] W. Brzyska, W. Hubicki, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1974/1975, **29/30**, 37, 355.
- [25] W. Brzyska, A. Gorał, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1974/1975, **29/30**, 35, 343.
- [26] W. Brzyska, W. Błaszczak, W. Hubicki, *Folia Sc.Soc. Lublinensis*, 1979, **21**, 1.
- [27] W. Brzyska, W. Błaszczak, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1978, **33**, 87.
- [28] W. Brzyska, Z. Bigos, W. Hubicki, *Przem. Chem.* 1978, **571**, 363.
- [29] W. Brzyska, J. Kowalewicz, *Zeszyty Nauk. Polit. Śląskiej*, 1980, **96**, 141.
- [30] W. Brzyska, J. Kowalewicz, *Ann. UMCS, Sec. AA*, 1978, **33**, 9, 101.
- [31] R. Kurpiel, W. Brzyska, *Zeszyty Naukowe Polit. Śląskiej*, 1980, **677**, 155.
- [32] W. Brzyska, R. Kurpiel-Gorgoń, M. Dąbkowska, *J. Therm. Anal. Cal.*, 1983, **28**, 333.
- [33] M. Dąbkowska, W. Brzyska, *Zeszyty Nauk. Polit. Śląskiej*, 1985, **113**, 53.
- [34] R. Kurpiel-Gorgoń, W. Brzyska, *Polish. J. Chem.*, 1984, **58**, 1017.
- [35] W. Brzyska, Z. Rzączyńska, *J. Therm. Anal.*, 1987, **32**, 1355.
- [36] W. Ferenc, W. Brzyska, *Mont. Chemie*, 1987, **118**, 1087.
- [37] W. Brzyska, E. Świta, *J. Therm. Anal.*, 1987, **32**, 1005.
- [38] W. Wołodkiewicz, W. Brzyska, *Polish J. Chem.*, 1998, **72**, 2366.
- [39] W. Brzyska, Z. Rzączyńska, A. Kula, M. Jaroniec, *Polish J. Chem.*, 1998, **72**, 2087.
- [40] B. S. Manhas, A. K. Tripathi, *J. Indian Chem Soc.*, 1982, **59**, 315.

- [41] W. Ferenc, Wpływ położenia podstawnika na właściwości kompleksów pierwiastków ziem rzadkich z kwasami nitrobenzoesowymi. Rozprawa habilitacyjna, Wyd. UMCS, Lublin, 1991.
- [42] A. E., Koziół, W. Brzyska, B. Klimek, A. Król, K. Stepniak, G. J. Palenik, J. Coord. Chem., 1989, **20**, 57.
- [43] A. E. Koziół, B. Klimek, K. Stepniak, Z. Rzączyńska, W. Brzyska, O. I. Bodak, L.G. Akselrud, V. V. Pavlyuk, V. A. Tafeenko, Z. Kristallographie, New Crystal Structures, 1992, **200**, 25.
- [44] Z. Rzączyńska, Studia nad strukturą i właściwościami kompleksów itru(III) i lantanowców(III) z kwasami aminobenzoesowymi. Rozprawa habilitacyjna, Wyd. UMCS, Lublin, 1994.
- [45] W. Brzyska, W. Wołodkiewicz, Z. Rzączyńska, T. Głowiak, Monat. Chem., 1995, **126**, 285.
- [46] W. Brzyska, Z. Rzączyńska, W. Oźga, R. Mrozek, T. Głowiak, Polish J. Chem., 1996, **70**, 1008.
- [47] Z. Rzączyńska, R. Mrozek, T. Głowiak, J. Chem. Crystallogr., 1997, **27**, 417.
- [48] W. Brzyska, Z. Rzączyńska, E. Świta, R. Mrozek, T. Głowiak, J. Coord. Chem., 1997, **41**, 1.
- [49] R. Mrozek, Z. Rzączyńska, T. Głowiak, Monatsh. Chem., 1998, **129**, 129.
- [50] Z. Rzączyńska, T. Zawadowicz, R. Mrozek, M. Sikorska, T. Głowiak, J. Coord. Chem., 1998, **44**, 343.
- [51] Z. Rzączyńska, R. Mrozek-Łyszczek, T. Głowiak, J. Coord. Chem., 2004, **57**, 1405.
- [52] T. Głowiak, W. Brzyska, A. Kula, Z. Rzączyńska, J. Coord. Chem., 1999, **48**, 477.
- [53] R. Mrozek, Z. Rzączyńska, M. Sikorska-Iwan, M. Jaroniec, T. Głowiak, Polyhedron, 1999, **18**, 2321.
- [54] Z. Rzączyńska, R. Mrozek, M. Sikorska-Iwan, Z. Zak, T. Głowiak, Polish J. Chem., 1999, **73**, 1259.
- [55] Z. Rzączyńska, R. Mrozek, J. Lenik, M. Sikorska, T. Głowiak, J. Chem. Crystallogr., 2000, **30**, 519.
- [56] R. Mrozek, Koordynacyjne połączenia Mn(II) z aminokwasami naturalnymi – synteza, spektroskopia, badania derywatograficzne i dyfraktometryczne. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2000.
- [57] B. Cristóvão, Spektroskopowe, termiczne i magnetyczne badanie kompleksów kwasu 5-chloro-2-metoksybenzoesowego z wybranymi pierwiastkami bloku d i 4f. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2002.
- [58] A. Bartyzel, Badanie budowy i właściwości kompleksów wybranych metali z ligandami karboksylowymi. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2004.
- [59] A. Dziewulska-Kułaczkowska, Kompleksy lantanowców(III) i niektórych pierwiastków bloku d z wybranymi izomerami kwasu dimetoksybenzoesowego. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2004.
- [60] Y. Cui, Y. Yue, G. Qian, B. Chen, Chem. Rev., 2012, **112**, 1126.
- [61] R. J. Kuppler, D. J. Timmons, Q.-R. Fang, J.-R. Li, T. R. A. Makal, M. D. Young, D. Yuan, D. Zhao, W. Zhuang, H.-C. Zhou, Coord. Chem. Rev., 2009, **253**, 3042.
- [62] J. Sienkiewicz-Gromiuk, Spektroskopia, właściwości termiczne i strukturalne koordynacyjnych połączeń lantanowców(III) i Y(III) z kwasami bifenylodikarboksylowymi. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2010.
- [63] A. Ostasz, Koordynacyjne połączenia lantanowców z kwasami benzenopolikarboksylowymi. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2010.
- [64] R. Łyszczek, Funkcjonalne aspekty polikarboksylianów lantanowców (III): struktura, właściwości termiczne i luminescencyjne. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin, 2013
- [65] B. Cristóvão, Nowe homo- i heterordzeniowe połączenia koordynacyjne z ligandami N,O-donorowymi typu zasad Schiffa. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin, 2015.
- [66] A. Bartyzel, Wielofunkcyjne ligandy N,O-donorowe oraz badanie ich zdolności kompleksowania jonów metali bloku d. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin, 2018.
- [67] D. Vlasyuk, R. Łyszczek, J. Inorg. Organomet. Polym. Mater., 2021, **31**, 3534.

- [68] H. Głuchowska, R. Łyszczek, A. Jusza, R. Piramidowicz, J. Therm. Anal. Calorim., 2022, **147**, 1187.
- [69] D. Vlasyuk, R. Łyszczek, B. Podkościelna, A. Puszka, Z. Hnatejko, M. Stankevič, H. Głuchowska, Materials, 2023, **16**, 6509.
- [70] D. Vlasyuk, R. Łyszczek, L. Mazur, A. Pladzyk, Z. Hnatejko, P. Woźny, Molecules, 2023, **28**, 6360.
- [71] B. Cristóvão, D. Osypiuk, B. Mirosław, A. Bartyzel, Polyhedron, 2020, **188**, 114703.
- [72] B. Cristóvão, D. Osypiuk, B. Mirosław, A. Bartyzel, Polyhedron, 2018, **144**, 225.
- [73] B. Cristóvão, D. Osypiuk, B. Mirosław, Crystals, 2024, **14**, 189.
- [74] A. Ostasz, R. Łyszczek, K. Sztanke, M. Sztanke, Molecules, 2023, **28**, 1735.
- [75] J. Fedorowicz, C. D. Cruz, M. Morawska, K. Ciura, S. Gilbert-Girard, L. Mazur, H. Mäkkylä, P. Iina, K. Savijoki, A. Fallarero, P. Tammela, J. Sączewski, Eur. J. Med. Chem., 2023, **254**, 115373.
- [76] J. Sienkiewicz-Gromiuk, A. Dziewiecka- Antonik, Crystals, 2023, **13**, 1628.

Praca wpłynęła do Redakcji 4 lipca 2024 r.

**CHEMIA NIEORGANICZNA
– 80 LAT HISTORII W UMCS**

**INORGANIC CHEMISTRY
- 80 YEARS OF HISTORY AT UMCS**

Dorota Kołodyńska^{1,*}, Zbigniew Hubicki¹

¹*Katedra Chemii Nieorganicznej, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
e-mail: dorota.kolodynska@mail.umcs.pl

Abstract

Wprowadzenie

1. 80 lat historii Katedry Chemii Nieorganicznej w UMCS
2. Tematyka badawcza Katedry Chemii Nieorganicznej
3. Działalność dydaktyczna i organizacyjna Katedry Chemii Nieorganicznej

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Dorota Kołodyńska w 1995 r. uzyskała tytuł magistra chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie. Od 1995 r. związana jest z UMCS, gdzie pracowała początkowo jako asystent, a następnie adiunkt, kolejno w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej oraz Zakładzie Chemii Nieorganicznej. W 2003 r. obroniła pracę doktorską. Habilitację uzyskała w 2012 r., a w 2019 r. tytuł profesora. Specjalność naukowa – sorpcja i rozdzielanie jonów metali, ze szczególnym uwzględnieniem pierwiastków ziem rzadkich z zastosowaniem jonitów i sorbentów różnego typu, chemia nowoczesnych biodegradowalnych czynników kompleksujących, preparatyka sorbentów typu *low-cost*.



<https://orcid.org/0000-0002-1788-5648>

Prof. dr hab. Zbigniew Hubicki w 1969 r. ukończył studia chemiczne na specjalności chemia fizyczna na UMCS. Od 1969 r. związany jest z UMCS, gdzie pracował początkowo jako asystent, a następnie adiunkt, kolejno w Zakładzie Chemii Fizycznej, a następnie w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej. W 1977 r. obronił pracę doktorską. Habilitację uzyskał w 1990 r., a w 2002 r. tytuł profesora. Stanowisko profesora zwyczajnego otrzymał w 2004 r. Specjalność naukowa – chemia i technologia pierwiastków rzadkich, metody sorpcyjne i ekstrakcyjne, wydzielanie i rozdzielanie jonów metali oraz związków organicznych, technologie przerobu odpadów i ścieków oraz chemia rolna i środowiska.



<https://orcid.org/0000-0001-7561-9930>

ABSTRACT

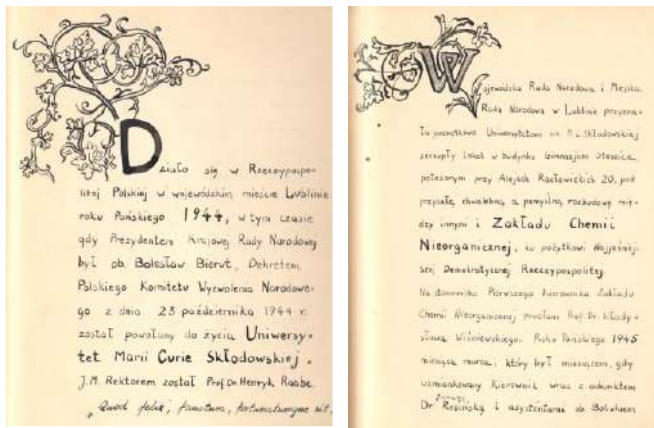
The article describes the history, origin and development of inorganic chemistry at the Marie Curie-Skłodowska University in Lublin. The profiles of the first heads of the Department of Inorganic Chemistry and the history, research topics and didactic and organisational achievements of the unit are presented.

Keywords: inorganic chemistry Włodzimierz Hubicki, pierwiastki ziem rzadkich, rozdzielanie, wysoka czystość

Słowa kluczowe: chemia nieorganiczna, Włodzimierz Hubicki, rare earth elements, separation, high purity

WPROWADZENIE

Wraz z utworzeniem Uniwersytetu Mari Curie Skłodowskiej w Lublinie rozpoczęła się historia chemii nieorganicznej na naszym Uniwersytecie. W 1944 r. sekcja chemiczna, wchodziła w skład Wydziału Przyrodniczego. Sekcję chemiczną tworzyły wówczas cztery Katedry: Chemii Nieorganicznej, Chemii Fizycznej, Chemii Organicznej oraz Mineralogii i Petrografii. Nazwę Wydziału Przyrodniczego zmieniono 3 grudnia 1946 r. powołując Wydział Matematyczno-Przyrodniczy [1].



Zdjęcie 1. Kronika Katedry Chemii Nieorganicznej (archiwum D. Kołodyńska).

Figure 1. Kronika Katedry Chemii Nieorganicznej (D. Kołodyńska Archive).

Zmiana nazwy nastąpiła 1 stycznia 1952 r., gdy Wydział Matematyczno-Przyrodniczy podzielił się na Wydział Biologii i Nauk o Ziemi oraz Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii. W 1970 r. w wyniku zarządzenia Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego z 16 czerwca 1970 r., sekcję chemiczną przekształcono w Instytut Chemii. Nadal pozostawał on w składzie Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego UMCS [2, 3]. Z kolei w 1988 r., na wniosek skierowany do MEN, nastąpiło z dniem 1.02.1989 r. wyodrębnienie Wydziału Chemii z Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii. Do tego czasu na Wydziale Chemii istniał Zakład Chemii Ogólnej i Nieorganicznej, który następnie przekształcił się w Zakład Chemii Nieorganicznej. Od 2019 r. po wprowadzeniu Ustawy 2.0 funkcjonuje on jako Katedra Chemii Nieorganicznej w ramach Instytutu Nauk Chemicznych.

1. 80 LAT HISTORII KATEDRY CHEMII NIEORGANICZNEJ W UMCS

Pierwszym kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej był prof. dr hab. Władysław Wiśniewski (1944-1947). Urodził się 7.04.1901 r. we Wrocławiu. Po ukończeniu gimnazjum państwowego w 1921 r. rozpoczął studia na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu. W 1926 r. uzyskał dyplom magistra filozofii

w zakresie chemii, a w 1931 r. magistra farmacji. W 1937 r. uzyskał stopień naukowy doktora farmacji, a w 1945 r. doktora habilitowanego na Wydziale Farmacji Uniwersytetu Warszawskiego. W latach 1926-1937 pracował na Wydziale Farmacji Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu jako asystent, a następnie wykładowca. Doświadczenie we współpracy z przemysłem rozwijał na stanowisku kierownika produkcji w zakładzie CIBA w Pabianicach (1937-1939) [4]. Obecnie są to Pabianickie Zakłady Farmaceutyczne Polfa S.A. W czasie II wojny światowej brał czynny udział w tajnym nauczaniu na Wydziale Lekarskim. W listopadzie 1944 r. objął kierownictwo Katedry Chemii Nieorganicznej. W 1947 r. zrezygnował z pracy w UMCS i został przeniesiony do Warszawy na stanowisko kierownika Katedry Farmacji Stosowanej w Uniwersytecie Warszawskim. Zagadnienia badawcze jakie rozwijał to analiza leków i ich trwałość w roztworach iniekcyjnych. Zmarł w 1972 r.

Kolejnym kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej w latach 1947-1977 był prof. dr hab. Włodzimierz Hubicki.



Zdjęcie 2. Fotografia portretowa W. Hubickiego (zdj. E. Hartwig, Narodowe Archiwa Cyfrowe).
Figure 2. Portrait photograph of W. Hubicki (photo E. Hartwig, National Digital Archives).

Włodzimierz Ludwik Tadeusz Sas Hubicki urodził się 31.01.1914 r. w Borysławiu jako syn Ludwika i Marii z Ciszewskich. W latach 1920-1932 uczęszczał do szkoły podstawowej i do gimnazjum w Krakowie [5]. Po uzyskaniu matury w Gimnazjum im. H. Sienkiewicza podjął studia chemiczne na Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie w 1938 r. uzyskał dyplom magistra broniąc pracę „Zastosowanie azotanu rtęciowego do oznaczania seleninów i selenianów”. W trakcie studiów był prezesem Koła Chemików – jednego z największych studenckich kół naukowych Uniwersytetu Jagiellońskiego. We wrześniu 1938 r. podjął pracę asystenta w Katedrze Chemii Nieorganicznej u prof. Tadeusza Estreichera (1871-

1952) [6]. W latach okupacji niemieckiej aktywnie uczestniczył w konspiracyjnym nauczaniu uniwersyteckim prowadząc wykłady i ćwiczenia, równocześnie pracował w Szkole Chemotechnicznej w Krakowie [7]. W lipcu 1943 r. obronił rozpoczętą przed wojną, pracę doktorską. W 1947 r. przyjechał do Lublina i od tego czasu związał się z UMCS. W 1949 r. uzyskał habilitację, a w 1950 r. tytuł profesora nadzwyczajnego. Tytuł profesora zwyczajnego otrzymał w 1960 r. Od 1950 r. był prodziekanem (1950/1951) Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego, następnie dziekanem i organizatorem nowo utworzonego Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii (1951/1952 i 1952/1953). W latach 1956-1959 pełni funkcję prorektora UMCS do spraw nauki.

W latach 1952-1960 pracował dodatkowo w Zakładzie Historii Nauki PAN, a od roku 1952 r. był członkiem Rady Naukowej tego Zakładu. Był również członkiem Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Wiążących Materiałów Budowlanych w Opolu. Prof. dr hab. Włodzimierz Hubicki był redaktorem Sekcji Fizyki i Chemii *Annales UMCS*, a także współtwórcą i długoletnim wiceprezesem Lubelskiego Towarzystwa Naukowego i Oddziału Lubelskiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego [8-10]. Działalność naukowa prof. W. Hubickiego koncentrowała się wokół chemii pierwiastków ziem rzadkich oraz zagadnień dotyczących historii nauki.



Zdjęcie 3. Ex Libris W. Hubickiego (archiwum D. Kołodyńska).
Figure 3. Ex Libris by W. Hubicki (D. Kołodyńska Archive).

Na forum zagranicznym został doceniony i uhonorowany prestiżowym, bardzo wyselekcjonowanym, członkostwem Międzynarodowej Akademii Historii Nauki w Paryżu, w której w tamtym czasie zasiadało jedynie 150 przedstawicieli. Prof. Hubicki brał aktywny udział w organizacji i przebiegu Międzynarodowych Kongre-

sów Historii Nauki m.in. we Florencji, Barcelonie, Filadelfii, Warszawie, Krakowie, Paryżu, Moskwie oraz w Tokio i Kioto [11, 12].



Zdjęcie 4. Gratulacje dla W. Hubickiego (zdz. D. Kołodyńska).
Figure 4. Congratulations to W. Hubicki (D. Kołodyńska Archive).



Wyniki swych badań zaprezentował w 170 publikacjach, 13 patentach i wielu opracowaniach dla przemysłu. Był autorem podręczników „Tablice analizy jakościowej z zarysem teorii”, „Tablice z zastosowaniem półmikroanalizy”. Jego prace z historii chemii zostały wydane w postaci książek – monografii dot. życia alchemika Michała Sędziwoja oraz „Z dziejów chemii i alchemii”. Prof. W. Hubicki był promotorem 20 prac doktorskich i opiekunem 5 prac habilitacyjnych. Dzięki Jego inicjatywie i działalności, jako jednym z pierwszych nowo budowanych obiektów uniwersyteckich w Lublinie był Gmach Chemii nazywany Małą Chemią. Zmarł w 1977 r.

Kolejnym kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej i Ogólnej w latach 1977-1998 była prof. dr hab. Wanda Brzyska.



Zdjęcie 5. Fotografia portretowa W. Brzyskiej (zdj. archiwum Wydziału Chemii UMCS).
Figure 5. Portrait photograph of W. Brzyska (photo archives of the Faculty of Chemistry, UMCS).

Urodziła się 19.02.1931 r. w Grodnie. W 1955 r. ukończyła studia chemiczne na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS. Stopień doktora nauk przyrodniczych uzyskała w 1964 r., a stopień doktora habilitowanego w 1972 r., zaś tytuł profesora nadzwyczajnego w 1984 r. W 1991 r. objęła stanowisko profesora zwyczajnego. W latach 1980-81 była prorektorem UMCS ds. studenckich, dydaktyki i wychowania, a w latach 1984-1987 prodziekanem Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego, kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej i Ogólnej (1977-1998), z następnie do 2001 r. kierownikiem Zakładu Chemii Ogólnej (1998-2001).

W latach 1983-1989 pełniła funkcję przewodniczącej Oddziału Lubelskiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego, a w latach 1983-1987 przewodniczącej II Wydziału Lubelskiego Towarzystwa Naukowego. Jej badania koncentrowały się na kompleksach pierwiastków ziem rzadkich z ligandami organicznymi. Wyniki swoich badań zaprezentowała w 349 artykułach naukowych i komunikatach, 9 patentach i wielu opracowaniach w ramach badań centralnych. Była autorką książki „Lantanowce i aktynowce”, „Rozdzielanie pierwiastków ziem rzadkich”, rozdziału w opracowaniu „Pierwiastki ziem rzadkich. Surowce, technologia, zastosowanie”. Prof. W. Brzyska była promotorem 15 prac doktorskich i opiekunem 2 prac habilitacyjnych. Była wielokrotnie nagradzana m.in. Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Medalem Komisji Edukacji Narodowej. Zmarła w 2020 r.

W latach 1998-2016 kierownikiem Katedry Chemii Nieorganicznej został prof. dr hab. Zbigniew Hubicki. Urodził się 13.05.1946 r. w Krakowie. Tam też ukończył

pierwsze etapy swojej edukacji. Naukę kontynuował na Uniwersytecie Marii Curie Skłodowskiej, gdzie w 1969 r. ukończył studia chemiczne na specjalności chemia fizyczna. Od 1969 r. związany jest z UMCS, gdzie pracował początkowo jako asystent, a następnie adiunkt, kolejno w Zakładzie Chemii Fizycznej, a następnie w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej. W 1977 r. obronił pracę doktorską. Habilitację uzyskał w 1990 r., a w 2002 r. tytuł profesora. Stanowisko profesora zwyczajnego otrzymał w 2004 r. W latach 1998-2016 kierował Zakładem Chemii Nieorganicznej Wydziału Chemii. W ramach działalności na rzecz UMCS latach 1992-1996 pełnił m.in. funkcję prodziekana do spraw studenckich oraz członka wielu komisji senackich i wydziałowych. Od 2014 r. pełni funkcję prodziekana na Wydziale Zamiejscowym UMCS w Puławach. Dorobek naukowy prof. Z. Hubickiego obejmuje ponad 600 pozycji, w tym artykułów naukowych, rozdziałów w książkach, prac recenzowanych, posterów i komunikatów. Prace te były cytowane ponad 6600 razy, a indeks Hirscha wynosi 35, co zapewnia pozycję na liście the World's Top 2% Scientists. Warto wspomnieć, że oprócz aspektów poznawczych prace mają zdecydowanie charakter aplikacyjny. Prof. Z. Hubicki jest współautorem 32 patentów i zgłoszeń patentowych oraz ok. 20 wniosków racjonalizatorskich i kilku wdrożeń. Jest niekwestionowanym autorytetem w dziedzinie wymiany jonowej jako metody rozdzielania jonów metali, w tym pierwiastków ziem rzadkich i metali szlachetnych. Najważniejsze osiągnięcia naukowe prof. Z. Hubickiego to Nagroda NOT: II° (zespołowa) za opracowanie sposobu oczyszczania siarczanu(VI) niklu, powstającego zwłaszcza w procesie elektrorefinacji miedzi hutniczej, 1981 r. Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego: II° (zespołowa) za prace nad opracowaniem kompleksowej metody przeróbki mączki cyrkonowej na użyteczne preparaty cyrkonu, 1985 r., a także kilkanaście nagród i odznaczeń m.in. Złoty Krzyż Zasługi, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Nagrody Rektora oraz Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Warto nadmienić, że za działalność dydaktyczno-wychowawczą Prof. Z. Hubicki został także trzykrotnie wyróżniony przez studentów dyplomem Homo-Didacticus.



Zdjęcie 6. Fotografia portretowa Z. Hubickiego (zdz. E. Zięba).
Figure 6. Portrait photograph of Z. Hubicki (photo E. Zięba).

Nie dziwi więc, że działalność dydaktyczna Prof. Z. Hubickiego wyraża się przede wszystkim w życzliwej i otwartej współpracy ze studentami i pracownikami naukowymi w ramach wykładów kursowych z chemii nieorganicznej dla studentów wszystkich specjalności na Wydziale Chemii i Wydziale Zamiejscowym UMCS w Puławach oraz wykładów fakultatywnych i monograficznych. Pod jego redakcją ukazało się 6 podręczników akademickich dla studentów UMCS. Był promotorem w 15 przewodach doktorskich, promotorem ok. 300 prac magisterskich, inżynierskich i dyplomowych. Trzy osoby spośród wypromowanych doktorów uzyskały stopień doktora habilitowanego. Są to dr hab. Monika Wawrzekiewicz, prof. UMCS, dr hab. Grzegorz Wójcik, prof. UMCS oraz dr hab. Anna Wołowicz. Był wielokrotnie powoływany przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów do zaopiniowania wniosków o nadanie tytułu naukowego profesora. Był recenzentem, oceniającym dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny w przewodach doktorskich, habilitacyjnych i profesorskich. To dzięki inspiracjom Pana Profesora i Jego niestrudzonej energii organizacyjnej i dydaktycznej od 17 lat z sukcesem przewodniczy konferencji „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”. Od 2024 r. konferencja ta zyskała miano międzynarodowej i jest organizowana pod nazwą „Science and industry – challenges and opportunities”. Do organizacyjnych osiągnięć należą także inicjatywy i organizacja konferencji i sesji naukowych, m.in. w ramach Zjazdu PTChem.

Od 2016 r. Kierownikiem Katedry Chemii Nieorganicznej jest prof. dr hab. Dorota Kołodyńska. Urodziła się 1.11.1971 r. Studia chemiczne ukończyła na Wydziale Chemii UMCS w 1995 r. W 2003 r. obroniła pracę doktorską. Habilitację uzyskała w 2012 r., a w 2019 r. tytuł profesora. Jej zainteresowania naukowe skupiają się wokół zagadnień związanych z sorpcją i separacją jonów metali z za-

stosowaniem jonitów sorbentów różnego typu, nowoczesnych czynników kompleksujących oraz sorbentów typu *low-cost*.



Zdjęcie 7. Fotografia portretowa D. Kołodyńskiej (zdz. D. Kołodyńska).

Figure 7. Portrait photograph of D. Kołodyńskiej (photo D. Kołodyńska).

Od 1998 r. prowadzi także badania w ramach prac zleconych z przemysłu. Opublikowała 164 artykuły z bazy JCR, 20 innych artykułów oraz 27 rozdziałów w książkach i monografiach. Jest autorem zgłoszenia patentowego i 4 tajemnic handlowych. Jej prace były cytowane 4500 razy, a indeks Hirscha wynosi 33, co zapewnia pozycję na liście the World's Top 2% Scientists. Jest członkiem komitetów redakcyjnych czasopism dla wydawnictw m.in. De Gruyter, Elsevier, a także międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych. Brała udział w realizacji grantów w tym finansowanych przez NCBiR, NCN, Joint Institute for Nuclear Research, Funduszy Wyszehradzkich, POWR. Współpracuje m.in. z Zhejiang University of Technology, South China Institute of Environmental Sciences i Nanjing University, Instytutem Chemii Powierzchni Ukraińskiej Akademii Nauk, Akademią Nauk Pedagogicznych Ukrainy, Helmholtz-Centre for Environmental Research-UFZ, Niemcy. Jest członkiem i profesorem honorowym Center for Green Pharma-ceuticals Discipline Innovation. W latach 2012-2016 pełniła funkcję prodziekana Wydziału Chemii UMCS ds. Współpracy z Zagranicą, w 2016-2019 ds. Dydaktyki, a następnie 2019-2020 dyrektora Instytutu Nauk Chemicznych. Od 2020 r. jest prorektorem ds. Studentów i Jakości Kształcenia. W kadencjach 2012-2016, 2016-2020 pełniła także funkcję sekretarza Senatu UMCS, którego jest członkiem. Pracuje na rzecz Uniwersytetu w senackich, wydziałowych i instytutowych komisjach i zespołach. Jest członkiem Rady CTWiT UMCS, Rady Naukowej CEW. Ponadto, była recenzentem w postępowaniach o tytuł profesora, stopień dr habilitowanego i doktora (25 postępowañ), sekretarzem komisji habilitacyjnej, członkiem 18 komisji doktorskich, promotorem w 9 zakończonych

z wyróżnieniem pracach doktorskich (3 są w toku realizacji, w tym 1 doktorat wdrożeniowy), 32 pracach magisterskich i 58 pracach licencjackich i inżynierskich. Sprawowała opiekę nad 6 stażystami (w tym 3 zagranicznymi). Odbyła staże zarówno w ośrodkach krajowych jak i zagranicznych. Była stypendystką programu Erasmus. Jako nauczyciel akademicki prowadziła zajęcia na 5 kierunkach studiów oraz na studiach doktoranckich. Jest autorem/współautorem rozdziałów w 6 podręcznikach akademickich. W latach 2010-2024 otrzymała Nagrody Indywidualne i Zespołowe Rektora UMCS (w tym za wysoko punktowane artykuły naukowe). Za swoją działalność naukową, dydaktyczną i organizatorską otrzymała Brązowy Medal za Długoletnią Służbę raz Medal Komisji Edukacji Narodowej i medal INNOWINGS 2024. Jest członkiem PTChem i LTN.

Istotny wkład w rozwój Katedry Chemii Nieorganicznej mieli również profesorowie Halina Hubicka, Marek Majdan, Stanisław Radzki i Andrzej Kuczumow.

Prof. dr hab. Halina Hubicka studia na Wydziale Matematyczno-Fizyczno-Chemicznym UMCS ukończyła w 1960 r. Pracę magisterską wykonała w Katedrze Chemii Nieorganicznej i rozpoczęła pracę jako asystent. Prowadziła badania nad rozdzielaniem pierwiastków ziem rzadkich metodami strąceniowymi, a następnie metodą chromatografii jonowymiennej na kationitach, anionitach i jonitach chelatujących. W 1971 r. obroniła doktorat „Wpływ usieciowania kationitu, warunków elucji i składu mieszaniny lantanowców na ich rozdział za pomocą octanu amonu”, a w 1991 r. habilitację „Studium nad rozdzielaniem kompleksów pierwiastków ziem rzadkich na różnych typach jonitów”. Przez szereg lat uczestniczyła w badaniach realizowanych w ramach programu międzyresortowego MR I-13 Syntezy Substancji Chemicznych Nieorganicznych Wysokiej Czystości o Specjalnych Właściwościach. Jej dorobek naukowy stanowi ok. 80 artykułów naukowych (w tym 10 artykułów samodzielnych), 70 komunikatów, 1 patent, 3 opracowania dla przemysłu, 2 instrukcje technologiczne i kilkadziesiąt sprawozdań z prac naukowo badawczych. Profesor Halina Hubicka wypromowała 1 doktora zatrudnionego obecnie w Katedrze Chemii Nieorganicznej. W latach kolejnych brała czynny udział w organizacji Zjazdu Naukowego PTChem w Lublinie. Za osiągnięcia naukowe została wyróżniona Nagrodami Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, Nagrodami Rektora UMCS. W 1981 r. otrzymała Złoty Krzyż Zasługi za wieloletnią pracę jako nauczyciel akademicki.

Prof. dr hab. Marek Majdan urodził się 19.02.1950 r. w Puławach. Ukończył studia chemiczne na Wydziale Matematyczno-Fizyczno-Chemicznym UMCS w 1972 r., po czym został zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej. Po obronie doktoratu w 1980 r. objął stanowisko adiunkta. W 1995 r. Prof. Majdan uzyskał stopień doktora habilitowanego, a w 2012 r. tytuł profesora. Obecnie, jako Profesor emerytowany, aktywnie współpracuje

z Katedrą Chemii Nieorganicznej UMCS w ramach wolontariatu. Dorobek naukowy Profesora Majdana obejmuje ponad 100 artykułów naukowych, w zdecydowanej większości opublikowanych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, 1 książkę, 2 rozdziały w książkach i jednej monografii. Ponadto, jest autorem/współautorem 90 referatów i posterów prezentowanych na konferencjach międzynarodowych i krajowych. Jest także autorem zgłoszenia patentowego. Jego prace dotyczą sorpcji i separacji lantanowców oraz pierwiastków *d*-elektronowych, właściwości adsorpcyjnych zeolitów i ilów, jak również badań nad właściwościami spektroskopowymi i katalitycznymi związków porfiryńowych. O wysokim poziomie badań świadczy liczba cytowań wynosząca 1427 oraz indeks Hirsha 22. Profesor Majdan wypromował 7 doktorów, wśród których jest dr hab. Agnieszka Gładysz-Płaska, zatrudniona obecnie w Katedrze Chemii Nieorganicznej. Kolejnym pracownikiem jest dr Agnieszka Lipke. Profesor prowadzi aktywną współpracę naukową i odbył liczne staże naukowe w ośrodkach zagranicznych. W 1986 r. był na półrocznym stażu w Goteborgu w Szwecji u prof. J. Rydberga w Chalmers University of Technology. W latach 1987-89 przebywał w University of Arizona, gdzie pod kierunkiem prof. H. Freisera zajmował się ekstrakcją miedzi. W latach 1990-1991 prowadził wraz z dr Z. Kolarikiem badania dotyczące ekstrakcji azotanów lantanowców za pomocą Aliquatu 336 w Kernforschungszentrum Karlsruhe w Niemczech. Kolejny staż zagraniczny odbył w Hatfield Polytechnic w Anglii w 1992 r., gdzie we współpracy z Prof. M. Coxem analizował ekstrakcję miedzi przy użyciu ciekłych membran. Za swoje osiągnięcia był wielokrotnie nagradzany nagrodami Rektora UMCS, otrzymał Złoty Medal za Długoletnią Służbę raz Medal Komisji Edukacji Narodowej.

Kolejnym wieloletnim pracownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej był dr hab. Stanisław Radzki, prof. UMCS, urodzony 29.06 1950 r. w Lublinie. W 1972 r. ukończył studia chemiczne na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS, uzyskując stopień magistra chemii i rozpoczął pracę w Zakładzie Chemii Nieorganicznej i Ogólnej jako asystent. W 1980 r. obronił pracę doktorską i przeszedł na stanowisko adiunkta. Jego zainteresowania naukowe koncentrowały się początkowo wokół rozdzielania pierwiastków ziem rzadkich i metod spektroskopowych ich oznaczania. Od 1980 r. tematyka badawcza dotyczyła wyłącznie zagadnień związanych ze zjawiskami luminescencji, a następnie chemii porfiryn. Profesor Radzki odbył liczne staże naukowe. Przebywał m.in. w Centre National de la Recherche Scientifique, Gif-sur-Yvette, Francja (1985-86), University of Western Ontario, Department of Chemistry, London, Canada (1990/91), University of Limoges, Laboratory of Natural Products, Limoges, Francja (1992, 1993, 1994). W 1995 r. obronił pracę habilitacyjną, a w 2001 r. objął stanowisko profesora nadzwyczajnego UMCS, na którym pozostał aż do śmierci do 2008 r. Był promotorem 4 doktorów, m.in. dr hab. Magdaleny Makarskiej-

Białokoz (2001 r.), która była zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Chemii Nieorganicznej do 2017 r.

Kontynuację badań naukowych pod kątem analizy budowy, właściwości i reaktywności układów porfiryńowych prowadziła dr hab. Magdalena Makarska-Białokoz. Pracę dydaktyczną w Zakładzie Chemii Nieorganicznej rozpoczęła w ramach studiów doktoranckich w latach 1997-2001, pod opieką naukową dr. hab. Stanisława Radzkiego, prof. UMCS. Po otrzymaniu stopnia doktora nauk chemicznych w 2001 r. objęła stanowisko adiunkta (do 2015 r.). W 2017 r. uzyskała tytuł doktora habilitowanego [13].

Prof. dr hab. Andrzej Kuczumow (ur. 9 maja 1949 w Świdnicy) jest specjalistą w zakresie analiz obiektów okresowych, chemii nieorganicznej, fluorescencji rentgenowskiej i mikroanalizy elektronowej. W 1972 r. ukończył studia chemiczne na UMCS. W 1980 r. obronił pracę doktorską „Oznaczanie pierwiastków ziem rzadkich metodą rentgenowskiej analizy fluoroscencyjnej z uwzględnieniem efektów matrycowych”. Na podstawie dorobku naukowego oraz rozprawy „The principles of the attenuation of low energy projectile beams” uzyskał w 1996 r. na Wydziale Matematyki i Fizyki UMCS stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka, w specjalności fizyka doświadczalna. W 2000 r. rozpoczął pracę na Katolickim Uniwersytecie Lubelskim. W 2010 r. uzyskał tytuł naukowy profesora nauk chemicznych. Był pracownikiem w Zakładzie Chemii Nieorganicznej Wydziału Chemii UMCS, a następnie Instytutu Ochrony Środowiska Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego KUL i Instytutu Inżynierii Środowiska Wydziału Zamiejscowego Prawa i Nauk o Społeczeństwie KUL w Stalowej Woli. W latach 2012-2019 był dziekanem tego wydziału.

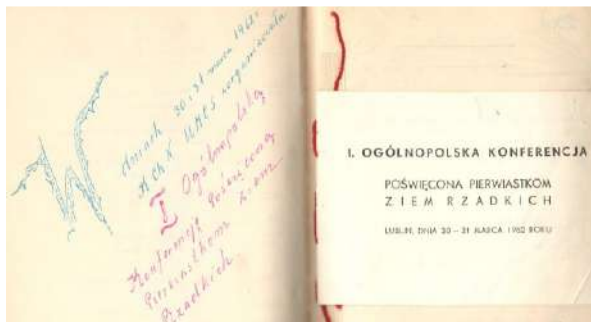
2. TEMATYKA BADAWCZA KATEDRY CHEMII NIEORGANICZNEJ

Powstanie grupy badawczej związanej z rozwojem chemii nieorganicznej w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej niewątpliwie związane jest z postacią prof. dr hab. Włodzimierza Hubickiego. Już od 1947 r. realizowane tematy badawcze dotyczyły m.in. równowag fazowych poszczególnych stopów metali oraz procesów tworzenia specyficznych soli metali ciężkich, głównie fosforanów, arsenianów, antymonianów i siarkoantymonianów dla szczególnych zastosowań, właściwości i zastosowań ciekłych, bezwodnych amoniaków jako czynników stosowanych w potencjometrii i polarografii, wydzielania metali ziem rzadkich o wysokiej czystości dla pionierskich zastosowań w nowoczesnych technikach oparte m.in. na procesach redoks, ekstrakcji i chromatografii jonowymiennej (od 1957 r.).

Wyniki badań realizowanych w Katedrze Chemii Nieorganicznej zostały opublikowane w wielu artykułach naukowych, patentach, opracowaniach dla przemysłu, a także były prezentowane w postaci komunikatów i posterów na konfe-

rencjach naukowych i zagranicznych. Pracownicy Zakładu byli wielokrotnie zapraszani do wygłaszania wykładów plenarnych lub sekcyjnych na konferencjach w wielu ośrodkach naukowych w kraju i za granicą.

Ważnym tematem było opracowanie metod otrzymywania koncentratów lantanowców oraz wysokiej czystości lantanu, prazeodymu, neodymu, samaru, europu, erbu, iterbu, itru i skandu oraz innych [14-16]. Z tej tematyki otrzymano szereg nowych kompleksowych związków pierwiastków ziem rzadkich.



Zdjęcie 8. Ogólnopolska konferencja dotycząca pierwiastków ziem rzadkich (zdj. archiwum Wydziału Chemii UMCS).

Figure 8. National conference on rare earth elements (photo Faculty of Chemistry, UMCS Archives).



Zdjęcie 9. Przykładowa publikacja dotycząca pierwiastków ziem rzadkich i szkło neodymowe Zbigniewa Hubickiego (zdj. D. Kołodyńska).
 Figure 9. Example of a publication on rare earth elements and Zbigniew Hubicki's neodymium glass (photo D. Kołodyńska).

W ciągu 80 lat istnienia Katedry działalność naukowo-badawcza ulegała zmianie. Jednak prace nad rozdzielaniem pierwiastków ziem rzadkich prowadzone są do dziś. Obecnie badania nad pierwiastkami ziem rzadkich rozwijane są w dwóch podstawowych kierunkach i dotyczą rozdzielania pierwiastków ziem rzadkich i otrzymywania ich preparatów wysokiej czystości, preparatyki nowych kompleksów ziem rzadkich – głównie z biodegradowalnymi czynnikami kompleksującymi takimi jak IDHA – kwas iminodibursztynowy, DS – kwas poli-asparaginowy, EDSS – kwas etylenodiaminodibursztynowy, GLDA – kwas glutaminodiocetowy oraz MGDA – kwas metyloglicynodiocetowy. Katedra Chemii Nieorganicznej to wiodący ośrodek badawczy prowadzący badania w dziedzinie chemii pierwiastków ziem rzadkich.

Obok badań z zakresu chemii pierwiastków ziem rzadkich rozwijane są zagadnienia związane z metodami separacji jonowymiennej i ekstrakcyjnej jonów metali, chemią nieorganiczną pierwiastków rzadkich i rozproszonych, technologią otrzymywania związków nieorganicznych i organicznych o wysokim stopniu czystości oraz technologiami utylizacji odpadów i ścieków, chromatografią jonowymienną pierwiastków *d*- i *f*-elektronowych, rozdzielaniem związków nieorganicznych, usuwaniem jonów metali z wód i ścieków, chemią biodegradowalnych czynników kompleksujących.

W ostatnich latach wiele uwagi poświęcono sorbentom hybrydowym na bazie materiałów typu *low-cost* tj. chitozanu, alginianów, ligniny, hydrożeli, a także tlenków metali. Od 2012 r. prowadzone są badania nad wykorzystaniem biowęgli

jako efektywnych sorbentów jonów metali ciężkich. Równie istotne są te związane z sorpcją i separacją związków nieorganicznych i organicznych, z uwzględnieniem barwników, na sorbentach różnego typu oraz ochrona środowiska.

Kolejnym zagadnieniem jest sorpcja i separacja metali szlachetnych oraz metali ciężkich ze szczególnym uwzględnieniem chromatografii jonowymiennej oraz ochrona środowiska, czy sorpcja i separacja jonów metali szlachetnych oraz ich odzysk z konwertyorów spalin samochodowych i materiałów elektronicznych, czy analiza specjacyjna jonów arsenu oraz proces sorpcji i redukcji jonów chromu(VI).

Jak już wcześniej wspomniano rozwijane są także zagadnienia dotyczące spektroskopowej analizy układów porfirynowych w roztworach i żelach krzemionkowych, ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowania w procesach utleniania związków terpenowych, analizą roztworów i próbek stałych dotowanych związkami uranu, a także badania metodą spektrofotometrii absorpcyjnej UV-Vis oraz luminescencji.

Ze względu na rodzaj prowadzonych badań w Katedrze Chemii Nieorganicznej utworzono pracownie naukowe: (1) analizy pierwiastków z aparaturą taką jak spektrometry absorpcji atomowej Spectr AA 240 FS/2010/Varian, Spectr AA 240 Z/2010/Varian, AMA 254/2010/Leco, emisyjny spektrometr optyczny ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP-OES 720/2010/Varian, spektrometr mas ICP-MS 7700/2013/Agilent Technologies, (2) chromatografii jonowej, której wyposażenie stanowią chromatografy 940 professional IC Vario/2013/Metrohm i ICS-1600/2010/ Dionex, (3) spektrofotometrii UV-Vis, UV-Vis-NIR i spektrofluorymetrii ze spektrofotometrami UV-Vis Cary 60/2013/Agilent Technologies, UV-Vis-NIR, Cary 5000/2013/Agilent Technologies, UV-VIS V-660/2009/JASCO i spektrofluorymetrami UV-Vis-NIR QuantaMaster 40 typu Laser- Strobe, Photon Technology Int. Inc. oraz FP-6300 JASCO, (4) spektroskopii w podczerwieni FTIR techniką pojedynczego osłabionego odbicia ATR i aparatem Cary 500/2013/ Agilent Technologies, (5) analityczno-pomiarowa z możliwością precyzyjnego dozowania i mieszania reagentów z zestawem pomiarowym 907 Trirando/2016/Metrohm rozszerzonym o moduł do wyznaczenia wartości stałych protonacji oraz stałych trwałości ich kompleksów.

Spektrometry absorpcji atomowej pozwalają na prowadzenie analiz wielopierwiastkowych dla przemysłu chemicznego, farmaceutycznego i ochrony środowiska z uwzględnieniem oznaczeń śladowych ilości jonów metali w wodach i glebach oraz analizę stopów. Analizator rtęci jest przeznaczony do oznaczania rtęci, niezależnie od formy jej występowania zarówno w próbkach stałych jak i ciekłych. Emisyjny spektrometr optyczny oferuje dużą szybkość analiz wielopierwiastkowych na poziomie śladowym. Dedykowany jest do wykonywania oznaczeń analitycznych próbek o skomplikowanej matrycy w przemyśle i ochronie

środowiska (monitorowanie zasobów wodnych, analiza materiału roślinnego i gleby). Z kolei spektrometr ICP-MS 7700 z przeznaczeniem do sekwencyjnej analizy wielopierwiastkowej może być wykorzystywany w ochronie środowiska, biochemii, medycynie i kontroli jakości. Charakteryzuje się on wysoką czułością, dużą selektywnością i niskimi granicami wykrywalności. Chromatografy jonowe umożliwiają przeprowadzenie analiz próbek zawierających aniony nieorganiczne i chelaty, separację złożonych mieszanin anionów nieorganicznych; analitykę śladów w substancjach wysokiej czystości, analitykę śladowych ilości anionów w wodach i ściekach, a ponadto przeprowadzenie analizy litowców i berylowców, rozdzielanie złożonych mieszanin kationów nieorganicznych, analitykę śladowych ilości toksycznych jonów metali oraz amonu w wodach, ściekach, glebach itp. Spektrofotometry UV-Vis umożliwiają oznaczanie substancji organicznych i nieorganicznych, czy pomiary jakościowe i ilościowe próbek wykazujących luminescencję. Aparat QuantaMaster 40 umożliwia ponadto rejestrację widm luminescencji stacjonarnej w zakresie UV-Vis-NIR, czasowo-rozdzielczych widm fluorescencji i fosforescencji, krzywych zaników z określeniem czasu życia luminescencji oraz wyznaczenie jej bezwzględnej wydajności kwantowej. Mierzone próbki mogą występować w formie roztworów, jak i ciał stałych. Spektrometr FTIR-ATR służy do analizy chemicznej cieczy, proszków, past i żeli. Zestaw pomiarowy 907 Trirando/2016/Metrohm pozwala na wykonanie miareczkowań potencjometrycznych w tym alkacymetrycznych, redoksometrycznych, argentymentrycznych, kompleksometrycznych, strąceniowych, a także Karla Fischer'a.

Katedra dysponuje ponadto liofilizatorem Alpha 1-2 LSC basic/2024/Martin Christ do preparatyki próbek stałych, reaktorem wysokociśnieniowym mikrofałowym Mars 5 (CEM Corp.) stosowanym do przygotowywania próbek (roztwarzanie na mokro, spopielenie, suszenie, ekstrakcja) i prowadzenia reakcji chemicznych oraz systemem do destylacji kwasów ultra-czystych DST-100. Na wyposażeniu pracowni znajduje się także zestaw mikroskopowy z kamerą firmy Nikon Eclipse E400, umożliwiający rejestrację obrazu preparatów w powiększeniu 400 razy.

Równoległe do zaangażowania w prace badawcze Katedra Chemii Nieorganicznej prowadzi współpracę z przedstawicielami krajowych przedsiębiorstw. Wśród najważniejszych wymienić można Grupę Azoty. Prowadzenie prac badawczo-rozwojowych dla opracowania nowych produktów i technologii ich produkcji to doskonała droga do zdobywania nowych doświadczeń. Wśród tych najważniejszych wymienić należy oczyszczanie roztworu mocznika o stężeniu 32,5% z chromu, niklu i formaldehydu, zagospodarowanie odpadowego tlenu magnezu w produkcji nawozów mineralnych i wytwarzania soli magnezu, oczyszczanie wód i ścieków z jonów metali ciężkich na potrzeby firm Eko-Montaż, Przedsiębiorstwa Wielobranżowego Galwanex, przerobu fosfogipsów w części

dotyczącej odzysku i oczyszczania metali szlachetnych, opracowanie parametrów fizykochemicznych wody po filtracji dla iMPlast, badań zawartości wody w próbkach kosmetycznych dla Inglot, opracowanie metodyki oznaczenia zawartości pierwiastków Cd(II), Cr(VI), Pb(II) i Hg(II) w próbkach lakierów dla Print Coatings Polska, prowadzenie prac badawczych dla DOW Chemical Co.

3. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA i ORGANIZACYJNA KATEDRY CHEMII NIEORGANICZNEJ

Profesor Włodzimierz Hubicki żmudnym poszukiwaniom i studiowaniu archiwalnych materiałów krajowych i niejednokrotnie zagranicznych, poświęcał wiele czasu i to w czasach, gdy historia chemii w Polsce, w porównaniu z historiami innych dyscyplin była dziedziną zupełnie zaniedbaną [17]. Osiągnął w tym obszarze badań rezultaty na bardzo wysokim poziomie stając się, w tej dziedzinie, uznanym autorytetem międzynarodowym. Oprócz wcześniej wymienionych pozycji opracował obszerną monografię nt. kontaktów naukowych Marii Curie-Skłodowskiej z innymi polskimi uczonymi swojego okresu życia i pracy, spis jej odznaczeń, nagród i honorowych doktoratów [18-20]. Był współautorem znaczącej pracy „Historia nauki polskiej”, w której opracował rozdziały dotyczące nauk chemicznych. Podjął się także zadania dla amerykańskiego wydawnictwa słownika biograficznego w Nowym Jorku, polegającego na opracowaniu biogramów polskich i europejskich badaczy przyrody.

Wydarzeniem, które na trwale wpisało się w historię Katedry Chemii Nieorganicznej jest Międzynarodowy Kongres Intelktualistów w Obronie Pokoju, który odbył się w 1948 r. we Wrocławiu. Przyjechało na ten Kongres ponad 600 uczestników z 45 krajów świata. Studenckie Koło Chemików postanowiło nadać Irenie Joliot-Curie godność Członka Honorowego. Koło reprezentowali doc. Michalina Dąbkowska, Alojzy Sroga, Wojciech Tyburczyk. Z kolei prof. Irenie Joliot-Curie towarzyszyła Helena Szalayowa.

Zapoczątkowane przez prof. Włodzimierza Hubickiego prace dotyczące historii chemii kontynuują jego uczniowie [21]. W 150 rocznicę urodzin Dymitra Mendelejewa doc. dr Michalina Dąbkowska przedstawiła nieznanie przypuszczenie Mendelejewa dotyczące istnienia dwitelluru-polonu. Prof. Wiesława Ferenc jest autorką opracowania „Na początku była filozofia... Od alchemii do chemii” oraz „Wybranych zagadnień z dziejów alchemii i chemii”. W 1992 r. ukazała się książka „Z dziejów chemii i alchemii” pod redakcją W. Brzyskiej, M. Dąbkowskiej i Z. Hubickiego dotycząca dorobku naukowego prof. Włodzimierza Hubickiego i historii chemii [22].

Również dziś pracownicy Katedry Chemii Nieorganicznej prowadzą aktywną działalność dydaktyczno-wychowawczą oraz organizacyjną na rzecz Uczelni.



Zdjęcie 11. Irena Joliot-Curie jako honorowy członek studenckiego Koła Chemików (zdz. W. Sławny).
Figure 11. Irena Joliot-Curie as an honorary member of the students Chemical Association (zdz. W. Sławny).

W dotychczasowej działalności dydaktycznej wśród zajęć ze studentami kierunków stacjonarnych i niestacjonarnych realizowanych na Wydziale Chemii znalazły się wykłady, konwersatoria i laboratoria dla studentów Chemii, sp. Chemia Podstawowa i Stosowana, Analityka Chemiczna, Chemia Środków Bioaktywnych i Kosmetyków, Chemia Kryminalistyczna oraz Ochrona Środowiska, dla kierunku Biologia (Wydział Biologii i Biotechnologii); dla kierunku Inżynieria Nowoczesnych Materiałów (Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki), dla Chemii Technicznej i Technik Kryminalistycznych (Wydział Zamiejscowy UMCS w Puławach). W ciągu szeregu lat były to wykłady i konwersatoria z Chemii nieorganicznej, Chemii nieorganicznej z elementami chemii koordynacyjnej, Chemii nieorganicznej z elementami chemii ogólnej, Naukowych problemów współczesnej chemii, Chemii nieorganicznej materiałów naturalnych, Chemii bionieorganicznej, Metod rozdzielania i oczyszczania związków nieorganicznych, Chemii nieorganicznej stosowanej, a także wykłady specjalizacyjne i monograficzne. W grupie zajęć laboratoryjnych wymienić można te z Chemii nieorganicznej, Klasycznej analizy jakościowej nieorganicznej, Chemii nieorganicznej z elementami chemii koordynacyjnej, Chemii ogólnej i nieorganicznej.

Ponadto z inicjatywy Prof. Zbigniewa Hubickiego organizowane były dla studentów i pracowników Wydziału Chemii szkolenia prowadzone m.in. przez takie firmy jak Spectro-Lab, Metrohm, Mettler Toledo, Retsch i Jakusz oraz wyjazdy szkoleniowe dla studentów kierunku Chemia, sp. Chemia Środków Bioaktywnych i Kosmetyków do zakładów Oriflame Product Poland w Warszawie, Laboratorium

Kosmetycznego Dr Irena Eris w Piasecznie, Instytutu Nowych Syntez Chemicznych w Puławach i Vet-Agro w Lublinie.

Od 2008 r. pracownicy Katedry Chemii Nieorganicznej organizują Ogólnopolskiego Sympozjum „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”, a także od 2012 r. Ogólnopolskie Sympozjum „Nauka i przemysł – lubelskie spotkania studenckie”. Rokrocznie w/w konferencjach biorą udział liczni przedstawiciele uczelni i jednostek badawczych z całej Polski i z zagranicy. Warto nadmienić, że obu konferencjom towarzyszą monografie przedstawiające aktualne trendy badawcze na styku przemysł-nauka.

Od 2004 r. do chwili obecnej czynnie uczestniczą w Lubelskim Festiwalu Nauki prezentując pokazy z chemii „Pokazy z chemii nieorganicznej - czyli to co w chemii najciekawsze” i „Zafascynuj się chemią”. Zostały one wyróżnione za najdłużej istniejący projekt w ramach LFN. Pracownicy czynnie uczestniczą w Dniach Otwartych zarówno Wydziału Chemii jak i Wydziału Zamiejscowego UMCS w Puławach.

W 2017 r. pracownicy Katedry Chemii Nieorganicznej opracowali założenia dla projektu „Chemiczna moc 4 żywiołów” (CHEM4) zgłoszonego do NCBiR jako „Uniwersytet Młodego Odkrywcy”. W ramach projektu CHEM4 ponad 300 uczniów szkół podstawowych uczestniczyło w pozaszkolnych zajęciach edukacyjnych, których celem jest umożliwienie poznania ważnych tematów dotyczących funkcjonowania otaczającego świata.

Obecnie w Katedrze Chemii Nieorganicznej pracują prof. dr hab. Dorota Kołodyńska, prof. dr hab. Zbigniew Hubicki, dr hab. Agnieszka Gładysz-Płaska, prof. UMCS, dr hab. Monika Wawrzekiewicz, prof. UMCS, dr hab. Anna Wołowicz, dr hab. Grzegorz Wójcik, prof. UMCS, dr Justyna Bąk oraz dr Dominika Fila. Nieoceniony wkład w rozwój Zakładu i Katedry oraz prowadzenie badań naukowych i zajęć dydaktycznych wnieśli także byli i emerytowani pracownicy: dr hab. Halina Hubicka, prof. UMCS, dr hab. Stanisław Radzki, prof. UMCS, prof. dr hab. Marek Majdan, prof. dr hab. Andrzej Kuczmów, dr hab. Magdalena Makarska-Białokoz, dr Anna Król, dr Paweł Sadowski, dr Małgorzata Olszak, dr Bogusław Brandel, dr Jan Harkot, mgr Grzegorz Wroński, mgr Marzena Gęca, mgr Krystyna Górowska, Janina Puderecka, mgr Agnieszka Lipke.



Zdjęcie 12. Pracownicy Katedry Chemii Nieorganicznej, Instytut Nauk Chemicznych UMCS (zdj. archiwum KCHN).

Figure 12. Staff of the Department of Inorganic Chemistry, Institute of Chemical Sciences UMCS (zdj. D. Kołodyńska).

Tematykę badawczą prof. Marka Majdana kontynuuje dr hab. Agnieszka Gładysz-Płaska, która zatrudniona została w 1999 r. na stanowisku asystenta, a potem adiunkta (2007 r.). Urodziła się 19.07.1974 r. w Krasnymstawie. Studia na kierunku Ochrona Środowiska ukończyła w 1998 r., a w 2000 r. na kierunku Chemia. W 2006 r. obroniła doktorat. W 2019 r. uzyskała stopień naukowy doktora habilitowanego [23]. Zainteresowania naukowe dr hab. Agnieszki Gładysz-Płaska koncentrują się wokół sorpcji lantanowców lub jonów metali toksycznych ze szczególnym uwzględnieniem uranu i toru na sorbentach modyfikowanych opartych na glinach, zeolitach lub tlenkach. Wyniki swoich badań opublikowała w 83 artykułach naukowych z czego 50 z listy JCR. Były one cytowane 1034 razy, co przekłada się na indeks Hirscha 19. Jest autorką jednego patentu i 4 tajemnic handlowych. Za swoje osiągnięcia odznaczona została Nagrodami Rektora UMCS oraz medalem INNOWINGS 2024, Komisji Edukacji Narodowej oraz Brązowym

Medalem za Długoletnią Służbę.

Z kolei dr hab. Grzegorz Wójcik, prof. UMCS związany jest z Katedrą Chemii Nieorganicznej od 2000 r. W 2001 r. uzyskał tytuł magistra chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, a w 2007 r. stopień doktora chemii. W 2022 r. uzyskał tytuł doktora habilitowanego na Politechnice Lubelskiej przedstawiając rozprawę „Wykorzystanie sorpcji i redukcji w procesach oczyszczania roztworów wodnych z jonów chromu(VI)” [24]. Od 2024 r. pracuje na stanowisku profesora UMCS w Katedrze Chemii Nieorganicznej. Do jego głównych zainteresowań naukowych należy sorpcja i separacja jonów metali szlachetnych oraz ich odzysk z konwertyorów spalin samochodowych i materiałów elektronicznych. Analiza specyacyjna oraz proces sorpcji i redukcji jonów chromu(VI), czy wykorzystanie metod chromatografii jonowymiennej i ekstrakcji w procesach przemysłowych oraz ochronie środowiska. Jest autorem lub współautorem ok. 50 publikacji naukowych z listy JCR oraz 52 z poza listy. Ponadto jest współautorem 5 patentów oraz 5 skryptów dla studentów i jednej książki. Sprawuje opiekę nad Studenckim Kołem Naukowym Bioaktywni. Swoje badania prowadzi we współpracy z ośrodkami krajowymi oraz międzynarodowymi. W swojej pracy był wielokrotnie nagradzany. W latach 2020-2024 pełnił funkcję Senatora UMCS, jest członkiem PTCh i LTN.

Z kolei dr hab. Monika Wawrzekiewicz, prof. UMCS związana jest z Katedrą Chemii Nieorganicznej od 2000 r., gdzie przygotowała i obroniła pracę magisterską (2001 r.) pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. Zbigniewa Hubickiego zatytułowaną „Badania na selektywnym wydzielaniu mikroilości palladu(II) z chlorkowych z układów modelowych na jonicie Lewatit TP-214”. Rozprawę doktorską pt. „Badania procesu sorpcji jonów palladu(II) z chlorkowych i chlorowo-azotanowych(V) układów modelowych na jonitach i sorbentach różnego typu” obroniła z wyróżnieniem w 2005 r. uzyskując stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk chemicznych. Początkowo zatrudniona na stanowisku asystenta, a następnie adiunkta rozpoczęła badania naukowe dotyczące sorpcji i separacji związków nieorganicznych i organicznych ze szczególnym uwzględnieniem barwników i fenoli na sorbentach różnego typu zapoznając się z metodami syntezy i charakterystyki fizykochemicznej nowych adsorbentów polimerowych, hybrydowych i kompozytów zawierających bioskładniki różnego typu. Wielokrotnie wyróżniana Nagrodami Zespołowymi Rektora UMCS za pracę na rzecz UMCS, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, czy Medalem za Długoletnią Służbę. Brała czynny udział w projektach i grantach naukowych oraz dydaktycznych. Jest autorką ponad 70 publikacji naukowych i ponad 150 wystąpień konferencyjnych w formie wykładów, komunikatów i posterów, indeks Hirscha 22. W 2015 r. uzyskała stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie nauki chemiczne i kontynuuje pracę na stanowisku profesora uczelni zajmując się preparatyką i oceną właściwości fizyko-

chemicznych adsorbentów polimerowych i hybrydowych do usuwania zanieczyszczeń organicznych [25].

Dr hab. Anna Wołowicz od 2006 r. jest naukowo i zawodowo związana Katedrą Chemii Nieorganicznej. Po obronie pracy magisterskiej pt. „Badanie procesu sorpcji jonów palladu(II) z chlorkowych i chlorkowo-azotanowych układów modelowych na jonitach różnego typu” rozpoczęła Studia Doktoranckie na Wydziale Chemii UMCS. W ich trakcie prowadziła badania skupiające się nad zagospodarowaniem odpadów oraz otrzymywaniem związków metali o wysokim stopniu czystości. W 2009 r. uzyskała stypendium Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubelskiego. Pracę doktorską „Zastosowanie wymiennicy jonowych różnego typu w procesie usuwania jonów palladu(II) z roztworów chlorkowych i chlorkowo-azotanowych(V)” obroniła z wyróżnieniem w 2010 r. uzyskując także nagrodę im. Aleksandra Zamojskiego przyznawaną członkom PTChem za wyróżnioną pracę doktorską obronioną przed 30 rokiem życia. Dr hab. Anna Wołowicz jest autorką około 50 publikacji (indeks Hirscha 17), 55 rozdziałów w monografii i ponad 100 wystąpień konferencyjnych. Brała czynny udział w projektach i grantach naukowych oraz dydaktycznych, za co była wielokrotnie nagradzana Nagrodami Rektora UMCS, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Brązowym Medalem za Długoletnią Służbę. W 2024 roku uzyskała stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie nauki chemiczne [26].

Dr Dominika Fila jest związana z Katedrą Chemii Nieorganicznej od 2014 r. W 2016 r. uzyskała tytuł magistra chemii na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, a w 2021 r. stopień naukowy doktora [27]. Jej praca doktorska „Zastosowanie jonitów chelatujących w procesie odzysku pierwiastków ziem rzadkich ze zużytych akumulatorów niklowo-wodorkowych” została wyróżniona przez Radę Instytutu Nauk Chemicznych. Pracę naukową jako asystent rozpoczęła w 2020 r., a od 2022 r. zajmuje stanowisko adiunkta. Tematyka badawcza dr Dominiki Fili koncentruje się wokół zagadnień związanych z metodami separacji i usuwania pierwiastków *d*- i *f*-elektronowych z roztworów wodnych i ścieków z wykorzystaniem adsorbentów na bazie alginianów, chitozanu, ligniny, celulozy oraz tlenków metali. Jej dorobek naukowy obejmuje 14 prac z bazy JCR, 16 rozdziałów w monografiach oraz 10 recenzowanych doniesień w materiałach konferencyjnych. Jej indeks Hirscha wynosi 8. Jest autorką około 50 wystąpień konferencyjnych. Brała czynny udział w kilku grantach naukowych w tym z NCN i NCBiR. Uczestniczyła w 3 stażach krajowych i 1 zagranicznym. W swojej pracy naukowej nagradzana kilka razy przez Rektora UMCS za wysoko punktowane artykuły naukowe. W 2023 r. została laureatką konkursu o Nagrodę Prezesa Oddziału PAN w Lublinie dla młodych naukowców za najlepszą pracę naukową opublikowaną w 2022 r.

Dr Justyna Bąk w 2014 r. ukończyła z wyróżnieniem studia na kierunku Chemia uzyskując tytuł najlepszej absolwentki Wydziału Chemii. W 2019 r. obroniła rozprawę doktorską pt. „Badania sorpcji wybranych jonów metali na biowęglach i sorbentach węglowych” i uzyskała III miejsce w Konkursie na najlepszą pracę doktorską obronioną na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie w 2019 r [28]. Jest autorką 12 prac naukowych z bazy JCR, recenzowanych, pełnotekstowych komunikatów w materiałach konferencyjnych oraz 16 komunikatów i posterów. Jej prace były cytowane 142 razy, a indeks Hirscha wynosi 5. Pracuje na etacie adiunkta w Katedrze Chemii Nieorganicznej od 2021 r. W swojej pracy naukowej nagradzana była przez Rektora UMCS za wysoko punktowane artykuły naukowe. W 2023 r. została wyróżniona w konkursie o Nagrodę Prezesa Oddziału PAN w Lublinie dla młodych naukowców za najlepszą pracę naukową opublikowaną w 2022 r.

UWAGI KOŃCOWE

Artykuł opisuje najważniejsze punkty z historii i osiągnięcia Katedry Chemii Nieorganicznej od jej powstania w 1944 r. do 2024 r. Katedra odegrała kluczową rolę w kształceniu chemików w obszarze chemii pierwiastków rzadkich i rozproszonych. Artykuł podkreśla najważniejsze momenty w historii katedry, w tym jej założycieli, rozwój kadry naukowej, ważne projekty badawcze oraz współpracę naukową oraz działalność dydaktyczno-organizacyjną. Katedra Chemii Nieorganicznej UMCS jest uznawana za jedną z ważnych jednostek badawczych, a jej 80-letnia działalność jest świadectwem ciągłego dążenia do doskonałości naukowej i edukacyjnej.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Wydział Chemii, Informator, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Lublin 1991.
- [2] Wydział Chemii, Informator, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Lublin 1994.
- [3] Wydział Chemii, Informator, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Lublin 2001.
- [4] Z. Wojtaszek, Włodzimierz Hubicki (1914-1977), *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*, 1978, **23/2**, 493.
- [5] M. Dąbkowska, Włodzimierz Hubicki (1914-1977). *Chemik i historyk nauki*, *Wiadomości Chemiczne*, 1978, **11**, 753.
- [6] T. Estricher, W. Hubicki, Zastosowanie azotanu rtęciowego, do oznaczania ilościowego seleninów i selenianów, *Roczniki Chemii*, 1938, **18**, 496.
- [7] M. Dąbkowska, Relacja Włodzimierza Hubickiego o dziejach Szkoły Chemotechnicznej i Tajnej UJ w Krakowie, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*, 1972, **24**, 349.
- [8] W. Hubicki, *Alchemia Cracoviae A.D. 1569*, 50 lat Polskiego Towarzystwa Chemicznego.
- [9] W. Hubicki, Tło i geneza powstania Lubelskiego Towarzystwa Naukowego (wspomnienia), *Folia Scientatis Scientarum Lublinensis*, 1977, **19**, 19.

- [10] M. Dąbkowska, Chemicy sami o sobie w 1957 roku, *Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki*, Akademia Nauk, Instytut Historii Nauki, Wydawnictwo IBN PAN, Warszawa, 2011, **20**, 67.
- [11] M. Dąbkowska, Dzieje Zespołu Historii Chemii (1954-1977), *Analecta. Studia i materiały z dziejów nauki*, Akademia Nauk, Instytut Historii Nauki, Wydawnictwo IBN PAN, Warszawa, 1992, **1/20**, 185.
- [12] R. Mierzecki, Działalność sekcji Historii Chemii Polskiego Towarzystwa Chemicznego w latach 1977-1988, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*, 1992, **37/3**, 157.
- [13] M. Makarska-Białokoz, Analiza spektroskopowa niekowalencyjnych oddziaływań układów makrocyklicznych (związków porfirynewych i białek) z substancjami biologicznie aktywnymi, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, 2017.
- [14] Początki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej we wspomnieniach studentów i pracowników 1944-1955, red. R. Szczygieł, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2015.
- [15] W. Hubicki, B. Brandel, W. Brzyska, M. Dąbkowska, Rozdzielanie i wyodrębnianie związków lantanowców o wysokiej czystości, Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Lublin 1976, 230.
- [16] W. Hubicki, A. Kuczumow, P. Sadowski, The determination of light lanthanons by X-ray fluorescence method, *Material Science (Wrocław)* 1977, 3.
- [17] W. Hubicki, M. Majdan, Ion exchange chromatographic separation of lanthanons by 1-hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic acid, *Material Science (Wrocław)* 1977, 4.
- [18] W. Hubicki, W setną rocznicę urodzin Marii Skłodowskiej-Curie. Jak Uniwersytet Jagielloński otrzymał pierwszy preparat radowy, *Przemysł Chemiczny*, 1963, **47**, 1.
- [19] W. Hubicki, W stulecie urodzin Marii Skłodowskiej Curie. Droga życiowa Wielkiej Uczonej, *Nowe Drogi*, 1967, **21**, 102.
- [20] W. Hubicki, Maria Skłodowska Curie et le Congrès des Médecins et Naturalistes Polonais de 1900, *Annales UMCS Sectio AA*, 1967, **22**, 73.
- [21] M. Dąbkowska, Pradzieje najstarszych działów przemysłu na ziemiach polskich (górnictwo, warzelnictwo, hutnictwo), II Szkoła Historii Chemii, 1986.
- [22] W. Brzyska, M. Dąbkowska, Z. Hubicki, *Z dziejów chemii i alchemii*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1991.
- [23] A. Gładysz-Płaska, Sorpcja wybranych substancji organicznych i nieorganicznych na krzemionce oraz materiałach naturalnych ze szczególnym uwzględnieniem krzemianów, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2018.
- [24] G. Wójcik, Wykorzystanie sorpcji i redukcji w procesach oczyszczania roztworów wodnych z jonów chromu (VI), Rozprawa habilitacyjna, PL, Lublin 2021.
- [25] M. Wawrzkievicz, Badania procesu sorpcji barwników na jonitach różnego typu oraz sorbentach z roztworów wodnych i ścieków, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2015
- [26] A. Wołowicz, Ocena zdolności sorpcyjnych wymienniczy jonowych i sorbentów w usuwaniu wybranych jonów metali ciężkich z układów wodnych, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2023.
- [27] D. Fila, Zastosowanie jonitów chelatujących w procesie odzysku pierwiastków ziem rzadkich ze zużytych akumulatorów niklowo-wodorkowych, Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2021.
- [28] J. Bąk, Badania sorpcji wybranych jonów metali na biowęglach i sorbentach węglowych, Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2018.

Praca wpłynęła do Redakcji 2 lipca 2024 r.

**80 LAT HISTORII CHEMII ORGANICZNEJ
I 50 LAT HISTORII CHEMII POLIMERÓW
W UNIWERSYTECIE MARII CURIE-
SKŁODOWSKIEJ W LUBLINIE**

80 YEARS OF HISTORY OF ORGANIC CHEMISTRY
AND 50 YEARS OF HISTORY OF POLYMER
CHEMISTRY AT MARIA CURIE-SKŁODOWSKA
UNIVERSITY IN LUBLIN

Barbara Gawdzik*, Władysław Majewski

*Katedra Chemii Polimerów, Wydział Chemii UMCS w Lublinie,
pl. Marii Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin
e-mail: barbara.gawdzik@mail.umcs.pl

Prof. Barbara Gawdzik is a graduate of chemistry from the Faculty of Mathematics, Physics and Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University (1978). After graduation, she was employed at the Institute of Chemistry of MCS University, initially as a technical employee and from 1982 as an assistant. She completed her doctorate under the supervision of Prof. Andrzej Waksmundzki, PhD, h.c. in 1986. She obtained habilitation in 1993 and the title of professor in January 2004. In the years 2006-2023, she headed the Department of Polymer Chemistry. For 2 cadences (1999-2002, 2002-2005) she was the V-ce Dean for Research at the Faculty of Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University. Her research topics include synthesis of polymeric microspheres for chromatography, preparation and investigations of carbon adsorbents from synthetic and natural precursors, use of materials from recycling to the synthesis of polymers, composites and biocomposites. She has published over 160 scientific articles, over 30 patents, and 6 industrial implementations.



<https://orcid.org/0000-0003-4856-0309>

Dr. Władysław Majewski is a graduate of chemistry from the Faculty of Mathematics, Physics and Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University (1974). In 1985 he defended his PhD thesis, carried out under the supervision of Professor Marian Janczewski in the Department of Organic Chemistry. In 2006 he was employed at the Department of Polymer Chemistry. He retired in 2017.

He is, among other achievements, the author of a textbook for students entitled: “Mechanizmy reakcji organicznych”, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 2012.

ABSTRACT

This article presents 80 years of the history of organic chemistry at Maria Curie-Skłodowska University (UMCS) in Lublin. The Department of Organic Chemistry was established on October 28, 1944 as one of two departments in the mathematical-physical-chemical division. Over the 80 years of its existence, it has undergone many reorganizations, its name has been changed, and it has even been demoted to the role of a laboratory. However, it still functions, currently under the name of the Department of Organic Chemistry and Crystal Chemistry.

The Department of Organic Chemistry and Technology (initially the Department of Organic Synthesis) separated from the Department of Organic Chemistry and survived until 2006, when it was disestablished.

The second unit originated from the Department of Organic Chemistry is the Department of Polymer Chemistry. It has been operating at UMCS for 50 years, initially as the Plastics Team, and since 1989 as the Department of Polymers Chemistry and Technology and since 2006 as the Department of Polymers Chemistry.

Keywords: Maria Curie-Skłodowska University, history, organic chemistry, polymer chemistry

Słowa kluczowe: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, historia, chemia organiczna, chemia polimerów

WPROWADZENIE

Historia chemii organicznej w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej zaczęła się wraz z utworzeniem uczelni. Na posiedzeniu PKWN, 23 października 1944 r., zapadły decyzje o utworzeniu uniwersytetu w Lublinie (Rys. 1.). Na wniosek kierownika Resortu Oświaty PKWN dr. Stanisława Skrzyszewskiego oraz premiera rządu Edwarda Osóbki-Morawskiego, za zdecydowano o utworzeniu uczelni wyższej, aby zrekompensować utratę przez odradzające się państwo polskie, ośrodków akademickich w Wilnie i we Lwowie.



Rysunek 1. Manifest PKWN i Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej (Lublin, 23.10.1944 r.).
Figure 1. PKWN Manifesto and Journal of Laws of the Republic of Poland (Lublin, 23/10/1944).

Na tym samym posiedzeniu zdecydowano również o nadaniu uczelni imienia. Na wniosek Kierownika Resortu Administracji, Adama Ostrowskiego przyjęto, że patronką uniwersytetu będzie Maria Curie-Skłodowska (Rys. 2.) [1].

W dekreście PKWN określono schemat organizacyjny uczelni, w którym przewidziano 4 wydziały: Lekarski, Przyrodniczy, Rolny i Weterynaryjny a możliwość powoływania kolejnych wydziałów pozostawiono w dyspozycji Resortu Oświaty. I już 9 stycznia 1945 roku rozporządzeniem Ministra Oświaty, na wniosek Senatu Uniwersytetu Marii-Curie Skłodowskiej (UMCS), został powołany Wydział Farmaceutyczny (Rys. 3.).



Rysunek 2. Maria Curie-Skłodowska.
Figure 2. Maria Curie-Skłodowska.



Rysunek 3. Godło UMCS (1945).
Figure 3. UMCS emblem (1945).

Pierwszy rok akademicki w UMCS rozpoczął się 15 listopada 1944 r. 3 stycznia 1945 r. zaczęły się pierwsze zajęcia akademickie.

14 stycznia 1945 miała miejsce uroczysta inauguracja pierwszego roku akademickiego dla 5 Wydziałów UMCS. Udział w niej wzięli Prezydent Krajowej Rady Narodowej (KRN) Bolesław Bierut, Minister Oświaty dr Stanisław Skrzeszewski oraz przedstawiciele zagranicznych środowisk naukowych i państwowych (Rys. 4.).

Na pierwszym roku studia podjęło 676 studentów, na wyższych latach - 130. Uczelnia zatrudniała wówczas 42 profesorów i 80 asystentów.



Rysunek 4. Uroczysta inauguracja pierwszego roku akademickiego w UMCS w obecności prezydenta Krajowej Rady Narodowej Bolesława Bieruta (14 stycznia 1945).

Figure 4. Ceremonial inauguration of the first academic year at UMCS in the presence of the president of the KRN Bolesław Bierut (January 14, 1945).

28 października 1944 r. Rada Wydziału Przyrodniczego, którego pierwszym dziekanem był prof. dr Konstanty Strawiński, ustaliła że na Wydziale należy utworzyć 2 sekcje: matematyczno-fizyczno-chemiczną i biologiczną. W skład sekcji matematy-

czno-fizyczno-chemicznej weszły 2 katedry chemii: Katedra Chemii Nieorganicznej, której kierownikiem został dr Władysław Wiśniewski zast. prof. i Katedra Chemii Organicznej, kierowana przez dr Marian Godlewicza zast. prof.

W październiku 1945 r. Katedra Chemii Organicznej została włączona w struktury Wydziału Farmaceutycznego UMCS a w 1950 r., po wydzieleniu z UMCS Akademii Medycznej, Katedra Chemii Organicznej powróciła w struktury Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego UMCS, który powstał w grudniu 1946 r. po zmianie nazwy Wydziału Przyrodniczego (Rozp. Min. Oświaty z dnia 14.V.1946).

Kolejna reorganizacja struktury Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego, miała miejsce w 1951 r., kiedy został podzielony na 2 wydziały: Wydział Biologii i Nauk o Ziemi i Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii.



Rysunek 5. Pierwszy Rektor UMCS, profesor Henryk Raabe.

Figure 5. The first Rector of UMCS, Professor Henryk Raabe.

Wiele wysiłku w kompletowanie składu osobowego katedr i organizację procesu dydaktycznego włożył pierwszy rektor UMCS prof. Henryk Raabe (Rys. 5.). Prof. Raabe od 1944 r. był członkiem Rady Naczelnej Polskiej Partii Socjalistycznej (PPS) oraz Centralnego Komitetu Wykonawczego PPS, w październiku 1946 r. został członkiem Rady Naczelnej Towarzystwa Przyjaciół Młodzieży Szkół Wyższych, a w styczniu członkiem Rady Naukowej przy Ministrze Oświaty. W wyborach styczniowych 1947 r. uzyskał legitymację poselską.

Dzięki osobistym staraniom u prezydenta Bolesława Bieruta, premiera Edwarda Osóbki-Morawskiego oraz ministra przemysłu i handlu, uzyskał kredyt na poprawę warunków finansowych pracowników uczelni, doprowadził do otwarcia stołówki dla pracowników, zabiegał o niepowoływanie studentów do wojska, był inicjatorem zorganizowania studentom wakacyjnego obozu wypoczynkowego w pałacu i parku ma-

jątku w Łęcznej oraz stoczył dramatyczną walkę z Komendą Milicji Obywatelskiej o pałac Lubomirskich, który od 20 października 1945 r. przeszedł na własność uczelni [2].

W początkach istnienia UMCS był w posiadaniu kilku obiektów na terenie Lublina, w tym Gmachu Głównego w Pałacu Rządu Gubernialnego przy Placu Litewskim 5, Gmachu Collegium Iuridicum przy Placu Litewskim 3, Gmachu Collegium Anatomicum przy ul. Spokojnej 1 i Gmachu Collegium Agrobiologicum ale pierwsze laboratoria chemiczne, organizowane od podstaw, mieściły się w pomieszczeniach adaptowanych w różnych budynkach mieszkalnych, np. w budynku przy ulicy Radziwiłłowskiej 3, placu Litewskim 3 oraz pomieszczeniach Gimnazjum im. S. Staszica przy al. Racławickich. Miasteczko Akademickie było dopiero w planach.

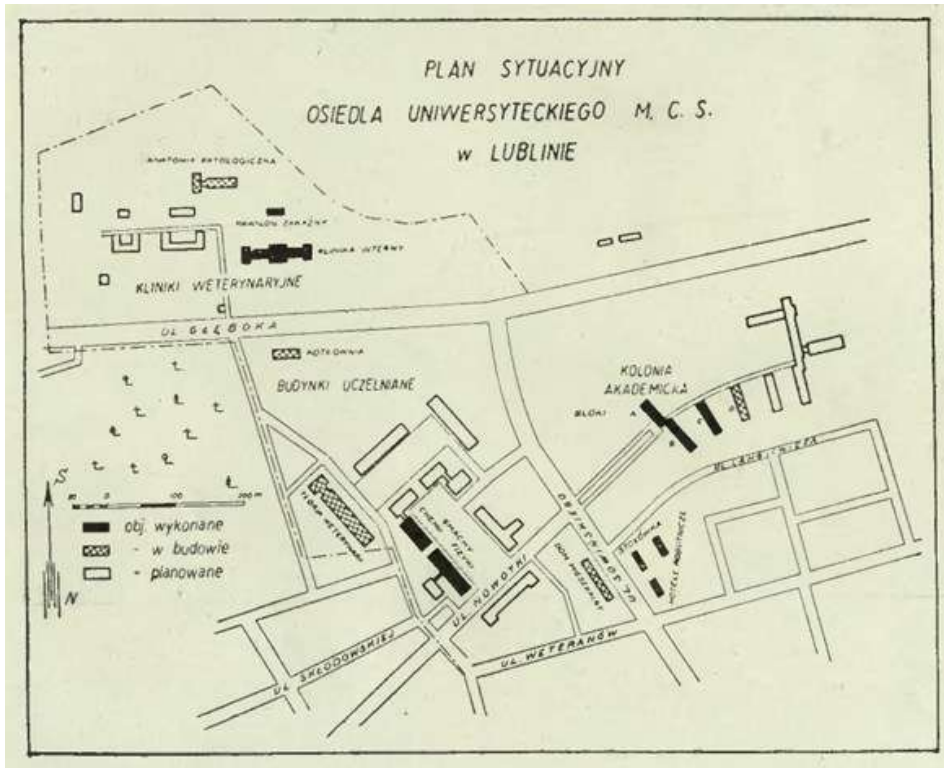


Rysunek 6. Uroczystość wręczenia dla UMCS aktu nadania darowizny gruntów w obecności Rektora Prof. Raabego i Przewodniczącego WRN Ludwika Czugały.

Figure 6. Ceremony of presenting the act of donation of land to UMCS in the presence of the Rector, Prof. Raabe and the Chairman of the WRN, Ludwik Czugała.

3 kwietnia 1946 roku Miejska Rada Narodowa w Lublinie, podjęła uchwałę o przekazaniu aktem darowizny gruntów o pow. 172 820 m², stanowiących własność gminy miejskiej, pod przyszłą rozbudowę Uniwersytetu. „Miejska Rada Narodowa rozporządza, aby wiecznymi czasy ziemia ta związana została z miastem Lublinem i Uniwersytetem jego, a żadną miarą nikomu innemu odstąpiona być nie mogła” (Rys. 6.) [3,4]. Dwa lata później, granice terenów przyszłego miasteczka akademickiego uległy znacznemu rozszerzeniu, dzięki działaniom różnych instytucji, do blisko 80 ha.

Opracowanie projektów budynków dydaktyczno-naukowych zlecono architektom: mgr inż. Czesławowi Gawdzikowi i mgr inż. Tadeuszowi Witkowskiemu, wyłonionym w drodze konkursu (Rys. 7, 8).



Rysunek 7. Plan osiedla UMCS z 1948 r.
Figure 7. Plan of the UMCS campus from 1948.



Rysunek 8. Makieta placu Marii Curie-Skłodowskiej w wersji planowanej w początku lat 50. XX wieku.
Figure 8. A model of Maria Curie-Skłodowska Square as planned in the early 1950s.

1. DZIEJE CHEMII ORGANICZNEJ

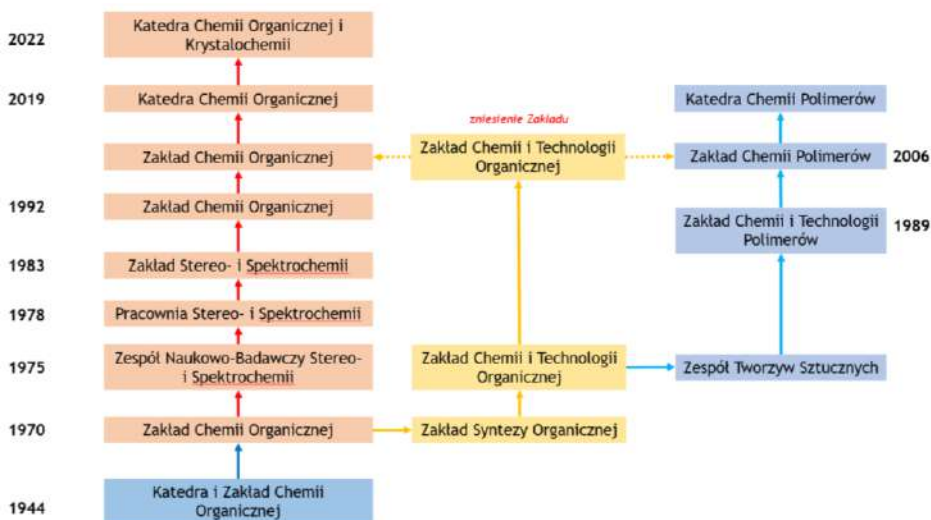
W 1953 r. do użytku oddano 2 pierwsze budynki – budynek Fizyki oraz budynek Małej Chemii dla sekcji chemicznej. Na parterze budynku Małej Chemii swoją siedzibę otrzymała Katedra Chemii Organicznej, którą wówczas kierował dr Wojciech Dymek zast. prof. (Rys. 9.).



Rysunek 9. Budynek „Małej Chemii” na Pl. M. Curie-Skłodowskiej (lata 60-te).

Figure 9. “Mała Chemia” building at M. Curie-Skłodowska Square (1960s).

Historia chemii organicznej w UMCS była burzliwa i pełna nieoczekiwanych zwrotów akcji (Rys. 10.). W ciągu 9 lat istnienia UMCS, dr Wojciech Dymek był już trzecim kierownikiem Katedry Chemii Organicznej.



Rysunek 10. Schemat organizacyjny pionu Chemii Organicznej (Rys historyczny).

Figure 10. Organizational scheme of the Organic Chemistry division (Historical outline).

Pierwszym kierownikiem został dr Marian Godlewicz zast. prof., który tytuł inżyniera chemika oraz stopień doktora uzyskał przed wojną na Politechnice Lwowskiej (Rys. 11.). Na prośbę rektora UMCS prof. Raabego w 1944 r. objął kierownictwo Katedry Chemii Organicznej. W 1947 r. wyjechał jako stypendysta do Wielkiej Brytanii (Sheffield), z której powrócił w 1949 r. i nadal kierował Katedrą Chemii Organicznej. W dniu 13 czerwca 1950 r. dr. Marian Godlewicz popełnił samobójstwo zażywając cyjanek potasu [5].



Dr Marian Godlewicz zajmował się zagadnieniami związanymi z przeróbką ropy naftowej i gazu ziemnego. O randze tych badań świadczą Jego publikacje, w tym artykuł opublikowany w roku 1949 w Nature: A New Method for the Separation of Hydrocarbons by Selective Adsorption, Nature, 164, 1132-1133 (1949) (Rys. 12.).

Rysunek 11. Pierwszy kierownik Katedry Chemii Organicznej, dr Marian Godlewicz, zast. prof.

Figure 11. The first head of the Department of Organic Chemistry, Dr. Marian Godlewicz, deputy prof.



Kadrę Katedry Chemii Organicznej tworzyli: kierownik: dr Marian Godlewicz, zast. prof., starsi asystenci: mgr Teresa Bisanz, mgr Edward Zienkiewicz; młodszy asystenci: Kazimierz Jekiewicz, Juliusz Malicki i laborantka Irena Łokuciewska.

Po Jego śmierci kuratorem Katedry Chemii Organicznej, został prof. dr hab. Andrzej Waksmundzki, będący równocześnie kierownikiem Katedry Chemii Fizycznej i aktywnie pracujący na rzecz rozwoju Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego, Lekarskiego i Farmaceutycznego (Rys. 13.).

Rysunek 12. Artykuł w Nature, 1949.
Figure 12. The article in Nature, 1949.



Rysunek 13. Profesor Andrzej Waksmundzki jako Dziekan Wydziału Farmaceutycznego AM w Lublinie (1957).

Figure 13. Professor Andrzej Waksmundzki as Dean of the Faculty of Pharmacy of the Medical Academy of Lublin (1957).

W książce, znalezionej podczas sprzątania pomieszczeń piwnicznych w pawilonie chemii organicznej przy ul. Glinianej 33, pt.: "Spis wykładów i skład osobowy na rok akademicki 1950/51 [6] można zapoznać się z ówczesnym składem osobowym Zakładu Chemii Organicznej: kierownik – vacat, kurator – prof. dr hab. Andrzej Waksmundzki i młodszy asystenci: Tadeusz Brzozowski, Irena Łokuciewska, Juliusz Malicki, Jerzy Mikulski i Włodzimierz Tyburczyk.

1 marca 1951 r. kierownikiem Katedry Chemii Organicznej został dr Wojciech Dymek, zast. prof., wywodzący się z krakowskiego środowiska akademickiego (Rys. 14.). Dr Dymek uzyskał przed wojną tytuł magistra i stopień doktora na Uniwersytecie Jagiellońskim a po wojnie zatrudnił się w Zakładzie Farmakologii Akademii Medycznej w Krakowie. Specjalizował się w syntezie leków, pochodnych aromatycznych związków heterocyklicznych. Do Jego największych osiągnięć zaliczyć należy opracowanie syntezy estrogenu i kwasu askorbinowego (witaminy C).



Rysunek 14. Dr Wojciech Dymek, zast. prof.

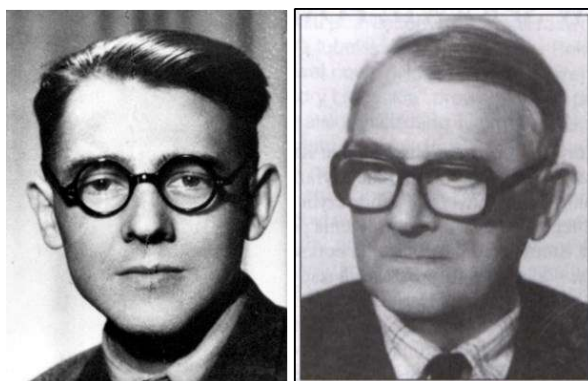
Figure 14. Dr Wojciech Dymek, deputy prof.

W skład Zakładu Chemii Organicznej kierowanego przez dr W. Dymka oprócz wymienionych wcześniej pracowników wchodził mgr Maria Wojtaś, mgr Antonina Waksmundzka, mgr Natalia Brzozowska i Janusz Matuszewicz.

Dr Wojciech Dymek pełnił funkcję prodziekana Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS w latach 1953 – 1955.

W sierpniu 1955 r. zrezygnował z kierowania Zakładem Chemii Organicznej w UMCS i powrócił do Krakowa, obejmując Katedrę Chemii na Wydziale Towaroznawstwa Wyższej Szkoły Ekonomicznej. Od 1960 wykładał także chemię farmaceutyczną na krakowskiej Akademii Medycznej, gdzie pracował do śmierci 2 lipca 1970 r.

1 września 1955 r., stanowisko kierownika Katedry Chemii Organicznej objął prof. dr Marian Janczewski, który kilka miesięcy wcześniej uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego na Uniwersytecie Poznańskim (Rys. 15.). Prof. Janczewski był specjalistą w zakresie syntezy i stereochemii związków organicznych. Choć miał głowę pełną pomysłów naukowych, o czym świadczy ponad 200 publikacji, był kontrowersyjną postacią.



Rysunek 15. Prof. dr Marian Janczewski.

Figure 15. Professor Marian Janczewski.

Jako kierownik Katedry Chemii Organicznej, w latach 1961-62 zwolnił dwóch pracowników członków Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej (PZPR), twierdząc, „że w katedrze wtyczki partyjne nie są mu potrzebne” [2].

Profesor był promotorem 19 prac doktorskich ale równocześnie dbał o to aby żaden z Jego uczniów nie zrobił habilitacji.

Przykładowe problemy badawcze Prof. dr Mariana Janczewskiego dotyczyły: badań nad reaktywnością chemiczną pochodnych acenaftenu, badań nad wpływem budowy cząsteczkowej na własności optyczne układów sulfotlenkowych, wpływu izomerii położenia niektórych podstawników w pierścieniach aromatycznych na właściwości optyczne układów aromatycznych zawierających ugrupowania sulfo-

tlenkowe, wpływu struktury molekularnej na własności optyczne układów zawierających centrum chiralności zlokalizowane na atomie węgla, syntezy układów fosforoorganicznych z centrum chiralności zlokalizowanym na atomie fosforu, syntezy optycznie czynnych aminokwasów oraz badań nad reaktywnością chemiczną układów wielopierścieniowych (Rys. 16.).



Rysunek 16. Współpracownicy Profesora Janczewskiego w laboratorium (W. Podkościelny, T. Matynia, T. Bartnik, M. Wojtaś).

Figure 16. Professor Janczewski's co-workers in the laboratory (W. Podkościelny, T. Matynia, T. Bartnik, M. Wojtaś).

Trzeba jednak pamiętać, że dzięki inicjatywie i zabiegom prof. Janczewskiego u władz miejskich powstał pawilon Chemii organicznej przy ul. Glinianej 33, oddany do użytku w 1975 r (Rys. 17.).

Niestety, spory profesora z podwładnymi i postawa wobec władz uczelni doprowadziła do reorganizacji pionu chemii organicznej i czasowej degradacji roli kierowanej przez Niego jednostki, poprzez przekształcenie jej w 1976 r. decyzją Rektora UMCS, w Zespół Naukowo-Badawczy Stereo- i Spektrochemii a w 1978 r. w Pracownię Stereo- i Spektrochemii. Rangę zakładu przywrócono pracowni w 1983 r. Prof. Janczewski kierował Zakładem Stereo- i Spektrochemii, w znacznie okrojonym składzie osobowym, do 1991 r., kiedy to przeszedł na emeryturę. Prof. Marian Janczewski zmarł 26 stycznia 2000 r.



Rysunek 17. Tablica pamiątkowa oraz budynek pawilonu „Chemii organicznej” (współcześnie).
Figure 17. Commemorative plaque and the pavilion building of “Chemia organiczna” (present day).

Kadrę Katedry Chemii Organicznej i później stworzonych jednostek organizacyjnych, którymi kierował prof. dr Marian Janczewski, tworzyli: dr Maria Wojtaś-Wasilewska, dr Wawrzyniec Podkościelny, dr Jerzy Pytlarz, dr Tadeusz Matynia, dr Władysław Charmas, dr Mieczysław Podgórski, dr Teresa Bartnik, dr Stanisław Dacka, dr Bożenna Dziurzyńska, dr Henryka Maziarczyk, dr Teresa Najda, dr Wit Janowski, dr Ewa Pawłowska, dr Romualda Kutyla, dr Teresa Jabłońska, dr Krystyna Zygo, dr Władysław Majewski, dr Jerzy Księżopolski, dr Anna Kultys, dr Salomea Sadowska, mgr Kajetan Amanowicz, mgr Lucjan Goś, mgr Krystyna Kurys, mgr Antoni Hoffman, mgr Zbigniew Konarzewski i mgr Janusz Matusewicz.

W roku 1991/92 kuratorem Zakładu Stereo- i Spektrochemii był dr hab. Piotr Staszczuk, prof. UMCS, a po przywróceniu pierwotnej nazwy Zakładowi na Zakład Chemii Organicznej w 1992 r., kuratorem był dr hab. Władysław Charmas.

W 1993 roku kierownikiem Zakładu Chemii Organicznej został dr hab. inż. Kazimierz Michał Pietrusiewicz, zatrudniony na stanowisku prof. UMCS (Rys. 18.).



Dr hab. K. M. Pietrusiewicz ukończył studia na Politechnice Łódzkiej w 1969 r. Stopień doktora nauk chemicznych uzyskał w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych (CBMiM) PAN w Łodzi w 1977 r., stopień doktora habilitowanego na Politechnice Łódzkiej w 1989 r. a tytuł profesora w 1996 r.

Rysunek 18. Prof. dr hab. inż. Kazimierz M. Pietrusiewicz.
Figure 18. Professor Kazimierz M. Pietrusiewicz.

W latach 1999-2006, pracował także w Instytucie Chemii Organicznej PAN w Warszawie, gdzie kierował Zespołem XIV. Prof. dr hab. K. M. Pietrusiewicz realizował w UMCS tematyki badawcze dotyczące syntezy i stereochemii związków fosforoorganicznych oraz katalizy asymetrycznej. Profesor interesował się chemią fosforu, syntezą i stereochemią P-stereogennych związków fosforu w formach enancjomerycznie czystych, projektowaniem i syntezą nowych typów cyklicznych P-stereogennych ligandów mono- i difosfinowych.

W 2007 roku w związku z reorganizacją w pionie chemii organicznej, skład Zakładu został powiększony o kilku pracowników ze zniesionego Zakładu Chemii i Technologii Organicznej.

Kadrę Zakładu Chemii Organicznej kierowanego przez prof. dr hab. inż. Kazimierza M. Pietrusiewicza, tworzyli: dr Oleh Demchuk, dr Krystyna Zygo, dr Marek Stankevič, dr Bogdan Tarasiuk, dr Sławomir Frynas, dr Małgorzata Topyła, mgr Katarzyna Glegoła, mgr Kamil Dziuba, mgr Renata Parcheta, mgr Małgorzata Lubańska, mgr Zbigniew Drzazga, mgr Sylwia Sowa, mgr Anna Szmigielska, mgr Antoni Hoffman, mgr Anna Włodarczyk mgr Anna Maj, mgr Małgorzata Węgiel i Anna Flis.

Prof. Pietrusiewicz wypromował 17 doktorów nauk chemicznych, w tym 6 w UMCS oraz opublikował około 150 artykułów naukowych. W 2016 r. prof. Kazimierz M. Pietrusiewicz przeszedł na emeryturę a kierowanie Zakładem przejął Jego wychowanek dr hab. Marek Stankevič (Rys. 19.).



Dr hab. M. Stankevič kontynuował tematykę Prof. Pietrusiewicza oraz angażował się w rozwój młodej kadry. W 2022 r. z nieznanych przyczyn zrezygnował z kierowania Katedrą Chemii Organicznej (do 2019 r. Zakład Chemii Organicznej) ale nadal prowadzi aktywną działalność naukową. W 2024 r. uzyskał tytuł profesora. Jest współautorem około 50 artykułów naukowych.

Rysunek 19. Prof. dr hab. Marek Stankevič.
Figure 19. Professor Marek Stankevič.



W roku akademickim 2022/23, kierownikiem został dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS, specjalista w zakresie krystalochemii, który tę funkcję sprawuje do chwili obecnej (Rys. 20.). Na Jego wniosek, nazwa jednostki została zmieniona na Katedra Chemii Organicznej i Krystalochemii.

Rysunek 20. Dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS.

Figure 20. Dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS

Aktualny stan zatrudnienia w Katedrze Chemii Organicznej i Krystalochemii: kierownik – dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS, prof. dr hab. Marek Stankevič, prof. dr hab. Anna E. Kozioł, dr Kamil Dziuba, dr Sławomir Frynas, dr Elżbieta Łastawiecka, dr Sylwia Sowa, dr Katarzyna Szwaczko, dr Adam Włodarczyk i mgr Anna Szmigielska.

2. HISTORIA ZAKŁADU CHEMII I TECHNOLOGII ORGANICZNEJ

Rozwój Uniwersytetu wymagał zmian jego struktury. Bardzo znaczące zmiany miały miejsce w 1970 r. Sekcje istniejące na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii przekształcono wówczas w samodzielne instytuty, w których utworzono nowe zakłady.

W 1970 r. z Katedry Chemii Organicznej został wydzielony Zakład Syntezy Organicznej, kierowany przez doc. dr Wawrzyńca Podkościelnego, który istniał do 1976 r. (Patrz Schemat - Rys. 10).

W 1976 r. Zakład został przekształcony w Zakład Chemii i Technologii Organicznej, w którym dodatkowo zatrudnienie znalazło wielu pracowników z grupy prof. Mariana Janczewskiego.



Kierownikiem Zakładu Chemii i Technologii Organicznej do roku 1978 był doc. dr Jerzy Pytlarz, specjalizujący się w syntezie barwników (Rys. 21.). Był autorem 18 publikacji oraz 6 patentów a także promotorem 2 prac doktorskich. Doc. Pytlarz pełnił także funkcję prodziekana Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii w latach 1978-1981. Docent dr Jerzy Pytlarz zmarł 10 października 1983 r.

Rysunek 21. Doc. dr Jerzy Pytlarz.

Figure 21. Docent dr Jerzy Pytlarz.

Od 1978 r. kierownikiem Zakładu Chemii i Technologii Organicznej był doc. dr Wawrzyniec Podkościelny. Doc. Podkościelny uzyskał stopień doktora w 1964 r. w UMCS a habilitację w 1994 r. (Rys. 22.).



Rysunek 22. Dr hab. Wawrzyniec Podkościelny, prof. UMCS.

Figure 22. Dr hab. Wawrzyniec Podkościelny, prof. UMCS

Specjalizował się w syntezie polimerów siarkowych, syntezie związków biologicznie aktywnych (zwłaszcza pestycydów) a także w syntezie UV-utwardzalnych kompozycji do zastosowań w technologii światłowodów.

Był promotorem 9 prac doktorskich a wyniki badań ogłosił w 187 publikacjach i 55 patentach.

W latach 1970-78 oraz 1981-84 pełnił funkcję zastępcy dyrektora Instytutu a w latach 1988-1989 dyrektora Instytutu Chemii UMCS (Rys. 23.).



Rysunek 23. Członkowie Rady Instytutu Chemii UMCS – lata 80-te.

Figure 23. Members of the Council of the Institute of Chemistry - the 1980s.

Dr hab. Wawrzyniec Podkościelny, prof. UMCS kierował Zakładem do chwili przejścia na emeryturę w 2002 r. Zmarł 20 września 2008 r.



W 2002 r. kierownikiem Zakładu Chemii i Technologii Organicznej został dr hab. Władysław Charmas. Doktorat obronił w UMCS w 1970 r. a stopień doktora habilitowanego uzyskał w 1992 r. (Rys. 24.).

Rysunek 24. Dr hab. Władysław Charmas, prof. UMCS.
Figure 24. Dr hab. Władysław Charmas, prof. UMCS

Zainteresowania naukowe dotyczyły syntezy i badania właściwości polimerów zawierających w strukturze atomy siarki. Dorobek naukowy dr hab. Władysława Charmasa, obejmował ok. 50 artykułów naukowych i kilka patentów. Był promotor I pracy doktorskiej.

Dr hab. Władysław Charmas funkcję kierownika Zakładu Chemii i Technologii Organicznej pełnił do 2006 r., kiedy przeszedł na emeryturę. Dr hab. Władysław Charmas, prof. UMCS zmarł 28 maja 2015 r.

Kadrę Zakładu Chemii i Technologii Organicznej tworzyli: Andrzej Bartnicki, Maria Bogdanowicz, Wanda Bury, Władysław Charmas, Antoni Cybulski, Jadwiga Dethloff, Michael Dethloff, Bożenna Dziurzyńska, Lucyna Gajewska, Wit Janowski, Maria Kalinowska, Wanda Kowalewska, Krzysztof Kowalewski, Halina Kowalik, Roman Kowalik, Kazimierz Kowalski, Anna Kultys, Konstanty Łachota, Władysław Majewski, Barbara Marcewicz, Tadeusz Matynia, Henryka Maziarczyk, Stanisław Miącz, Maria Mirosław, Janusz Mróz, Teresa Najda, Teresa Opieka, Lucyna Pędzisz, Mieczysław Podgórski, Elżbieta Poździk, Wawrzyniec Podkościelny Wiesław Rudź, Jerzy Pytlarz, Ewa Smulkowska, Zbigniew Sobczak, Krystyna Staszczuk, Henryk Szczepaniak, Stanisława Szubińska, Joanna Taborska, Bogdan Tarasiuk, Danuta Wdowicka, Marek Woroźbit, Anna Wójcik, Krystyna Zygo i Danuta Żarczyńska.

W 2006 r. władze uczelni zdecydowały o zniesieniu tej jednostki a kuratorstwo na czas reorganizacji powierzono prof. dr hab. Barbarze Gawdzik.

Po 30 latach funkcjonowania, Zakład Chemii i Technologii Organicznej przeszedł do historii.

3. HISTORIA POLIMERÓW W UMCS

Aby przedstawić 50-letnią historię polimerów w UMCS, należy przypomnieć, że w latach 70-tych władze państwowe zwiększyły nacisk na unowocześnienie gospodarki, wprowadzanie nowych technologii i rozwój badań naukowych.

W związku z zaistniałą sytuacją, decyzją Rektora UMCS w 1975 r. w Instytucie Chemii został powołany Zespół Tworzyw Sztucznych. Zespół stanowił jednostkę badawczą, wchodzącą w skład Zakładu Chemii i Technologii Organicznej (Patrz Schemat – Rys. 10). Kierownikiem został dr Tadeusz Matynia.

W 1989 r. wraz z zarządzeniem Ministra Edukacji Narodowej odnośnie powołania Wydziału Chemii w UMCS, miało miejsce przekształcenie Zespołu w Zakład Chemii i Technologii Polimerów. Kadre Zakładu Chemii i Technologii Polimerów w roku jego utworzenia tworzyli: kierownik – dr hab. Tadeusz Matynia, dr Barbara Gawdzik, dr Jerzy Księżopolski, mgr Urszula Czerwińska-Bil, mgr Grzegorz Nowakowski, mgr Hanna Witek, mgr Elżbieta Chmielewska, mgr Krystyna Kurys i inż. Ewa Zarębska.



Rysunek 25. Dr hab. Tadeusz Matynia, prof. UMCS.

Figure 25. Dr hab. Tadeusz Matynia, prof. UMCS

Dr hab. Tadeusz Matynia stopień doktora uzyskał w 1969 r., po czym wyjechał na roczny staż do Instytutu Chemii Przemysłowej w Warszawie (Rys. 25.). Od 1972 roku wprowadzał w UMCS tematyki związane z chemią i technologią polimerów a badania na temat syntezy i oceny właściwości nowych żywic epoksydowych były przedmiotem Jego habilitacji w 1981 r.

W swoim dorobku miał około 100 artykułów naukowych, blisko 80 udzielonych patentów oraz liczne wdrożenia przemysłowe. Wypromował 3 doktorów.

W 2006 r. dr hab. Tadeusz Matynia, prof. UMCS przeszedł na emeryturę. Profesor Tadeusz Matynia zmarł 15 maja 2023 r.

W 2006 r. kierowanie Zakładem Chemii i Technologii Polimerów powierzono prof. dr hab. Barbarze Gawdzik, na której wniosek zmieniono nazwę jednostki na Zakład Chemii Polimerów (Rys. 26.). Po zniesieniu Zakładu Chemii i Technologii Organicznej, część pracowników zatrudniła się w Zakładzie Chemii Polimerów. W nowej formie jednostka liczyła 20 pracowników: kierownik – prof. dr hab. Barbara Gawdzik, dr hab. Anna Kultys, dr Władysław Majewski, dr Magdalena Rogulska, dr Wiesław Rudź, dr Joanna Osypiuk-Tomasik, dr Małgorzata Maciejewska, dr Magdalena Sobiesiak, dr Marta Worzakowska, dr Jerzy Książopolski, dr Maciej Podgórski, dr Andrzej Bartnicki, mgr Łukasz Szajnecki, mgr Beata Podkościelna, mgr Janina Nowak, mgr Anna Zajączkowska, mgr Elżbieta Chmielewska, inż. Ewa Zarębska, Krzysztof Kowalewski i Kazimierz Kowalski.



Prof. Barbara Gawdzik zrobiła doktorat pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Waksmundzkiego dra. h. c. w 1986 r., habilitację w 1993 r. a tytuł profesora uzyskała w styczniu 2004 r. Przez 2 kadencje (1999-2002, 2002-2005) była prodziekanem ds. Badań Naukowych na Wydziale Chemii UMCS (Rys. 27.).

Rysunek 26. Prof. dr hab. Barbara Gawdzik.

Figure 26. Professor Barbara Gawdzik.

Początkowo, rozwijała tematykę związaną z syntezą wypełnień polimerowych do chromatografii. Podjęła także badania na temat kompozytów, biokompozytów, syntezy polimerów opartych o surowce pochodzące z recyklingu oraz preparatyki materiałów węglowych opartych o polimerowe prekursorzy.

W swoim dorobku ma ponad 160 artykułów naukowych, ponad 30 uzyskanych patentów, 6 wdrożeń w przemyśle.

Wypromowała 13 doktorów nauk chemicznych a 7 Osób spośród Jej współpracowników uzyskało habilitację w latach 2013-2019.



Rysunek 27. Prof. Barbara Gawdzik (Prodziekan), Prof. Tadeusz Borowiecki (Dziekan Wydziału Chemii UMCS), oraz Prof. Marian Harasimiuk (JM Rektor UMCS).

Figure 27. Prof. Barbara Gawdzik (Vice-Dean), Prof. Tadeusz Borowiecki (Dean of the Faculty of Chemistry), and Prof. Marian Harasimiuk (Rector of Maria Curie-Skłodowska University).

W związku z zakończeniem kadencji, w 2023 r. przestała pełnić funkcję kierownika Katedry Chemii Polimerów (do 2019 r. Zakład Chemii Polimerów).



Od 1 października 2023, Katedrą Chemii Polimerów kieruje dr hab. Beata Podkościelna, prof. uczelni (Rys. 28.).

Dr hab. Beata Podkościelna zrobiła doktorat pod kierunkiem prof. dr hab. Barbary Gawdzik w 2009 r., stopień dr hab. uzyskała w 2016 r., a tytuł profesora w maju 2024 r.

Rysunek 28. Prof. dr hab. Beata Podkościelna.

Figure 28. Professor Beata Podkościelna.

Była promotorem w 4 przewodach doktorskich.

Jej tematyka badawcza to synteza nowych monomerów i polimerów, zastosowanie różnych technik polimeryzacji do syntezy polimerów, modyfikacja chemiczna polimerowych mikrosfer, fotochemia, fizyko-chemiczne i termiczne

badania polimerów, modyfikacja chemiczna i zastosowanie ligniny do syntezy materiałów polimerowych, synteza kompozytów, blend polimerowych i materiałów hybrydowych.



Rysunek 29. Pracownicy Katedry Chemii Polimerów (2017).
Figure 29. Staff of the Department of Polymer Chemistry (2017).

Obecny skład osobowy Katedry Chemii Polimerów: kierownik – prof. dr hab. Beata Podkościelna, prof. dr hab. Barbara Gawdzik, dr hab. Maciej Podgórski, prof. uczelni, dr hab. Magdalena Sobiesiak, prof. uczelni, dr hab. Marta Grochowicz, prof. uczelni, dr hab. Małgorzata Maciejewska, dr hab. Magdalena Rogulska, dr hab. Marta Worzakowska, dr Andrzej Puszka, dr Przemysław Pączkowski, dr Łukasz Szajnecki i dr Joanna Osypiuk-Tomasik (Rys. 29.).

PODZIĘKOWANIA

Przez 80 lat uniwersytet był miejscem pracy i domem dla kilku pokoleń badaczy. Zapał, zaszczerpiony przez pierwszych pracowników, towarzyszy nam do dziś. Z dumą i wielką radością przyjmowaliśmy do wiadomości informacje o kolejnych nowych obiektach uczelni, o zakupie nowoczesnego wyposażenia i oczywiście o sukcesach naszych pracowników. Rosnąca ranga uniwersytetu stanowiła dla nas źródło satysfakcji.

W ciągu 80 lat istnienia UMCS, dobrym wydarzeniom takim jak odzyskanie demokracji, wejście do Unii Europejskiej i NATO, towarzyszyły zawirowania, w tym przemiany ustrojowe, stan wojenny, szalejąca inflacja, pandemia koronawirusa COVID19 oraz konflikt zbrojny za naszą wschodnią granicą. Wszystkie te zmiany Uniwersytet przetrwał i zyskał nowe doświadczenia.

Mam nadzieję, że w kolejnych latach będzie funkcjonował tak dobrze jak do tej pory i szczęśliwie doczeka kolejnych jubileuszy. Chciałabym wyrazić wdzięczność za stworzenie kolejnym pokoleniom pracowników i studentów godnych warunków do działania. A osobiste życzenia sukcesów, dobrej i owocnej pracy, składam pracownikom katedr chemii organicznej i chemii polimerów.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] M. Kuchciak, *Wiadomości Uniwersyteckie*, 2024, 1/306, 38.
- [2] D. Gałaszewska-Chilczuk, *Pamięć i Sprawiedliwość*, 2008, 7/2 (13), 261.
- [3] A. Sroga, *Studenckie lata*. Wydawnictwo Lubelskie, Lublin 1966.
- [4] *Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej: 3 lata pracy*. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 1947.
- [5] M. Markiewicz, *Nauczyciele Przyszłych Lekarzy*, Wydawnictwo, Introligatornia S.C. Lublin 2019.
- [6] *Spis wykładów i skład osobowy na rok akademicki 1950/51*. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Drukarnia Prasowa, Lublin, 1950.
- [7] A. Waksmundzki, J. Rayss, *50 lat Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej*, Wydział Chemii 1944-1949, PRIMOOFFSET, Lublin 1994.
- [8] B. Gawdzik, J. Rayss, T. Gęca, *60 lat Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej*, Wydział Chemii, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2005.
- [9] A. Wróbel, J. Kotulska, *Pitagoras z Waksmundy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Lublinie, Wyd. 2, Lublin, 2010.
- [10] A. Bielecki, B. Dobrzański, N. Łubnicki, A. Malicki, G.L. Seidler, A. Wolter, *10 lat Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie 1944-1954*. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 1954.
- [11] *Wiadomości Uniwersyteckie*, 1994, rok 4, numer 5(28).
- [12] *Wiadomości Uniwersyteckie*, 2004, rok 14, numer 7(113).

Praca wpłynęła do Redakcji 25 czerwca 2024 r.

OD PRACOWNI RADIOIZOTOPOWEJ DO KATEDRY RADIOCHEMII I CHEMII ŚRODOWISKOWEJ

FROM THE RADIOISOTOPIC LABORATORY
TO THE DEPARTMENT OF RADIOCHEMISTRY
AND ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

**Stanisław Chibowski*, Małgorzata Wiśniewska,
Iwona Ostolska, Ewa Skwarek, Jan Solecki**

*Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin,
stanislaw.chibowski@mail.umcs.pl

Abstrakt

Wprowadzenie – rys historyczny

1. Badania obecności izotopów promieniotwórczych w środowisku naturalnym po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu
2. Analiza ^{90}Sr w próbkach środowiskowych
3. Pomiary radonu
4. Pomiary zawartości izotopów promieniotwórczych w powietrzu
5. Synteza radiofarmaceutyków


Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane



Prof. dr hab. Stanisław Chibowski jest emerytowanym profesorem Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, zatrudnionym obecnie jako wolontariusz w Instytucie Nauk Chemicznych Wydziału Chemii UMCS. Stopień magistra uzyskał w 1971 r., doktora w 1980 r., doktora habilitowanego w 1990 r., a tytuł profesora w 2002 r. Jego zainteresowania naukowe dotyczą zagadnień związanych z adsorpcją polimerów oraz monitoringiem skażeń radiochemicznych środowiska naturalnego Polski. Jego dorobek naukowy obejmuje 170 artykułów z bazy JCR (liczba cytowań 2150, indeks h 28). Brał udział w realizacji wielu grantów krajowych i 2 międzynarodowych, zarówno jako kierownik, jak i wykonawca. W latach 1996 – 2002 pełnił funkcję prodziekana ds. Studenckich i Dydaktycznych na Wydziale Chemii UMCS, a w latach 2002 – 2005 prorektora ds. Studenckich i Nauczania UMCS oraz w latach 2008 – 2012 prorektora ds. Kształcenia UMCS. W okresie 1999-2016 był kierownikiem Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów.




 <https://orcid.org/0000-0002-3549-0172>



Prof. dr hab. Małgorzata Wiśniewska od 1999 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Chemii na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Stopień magistra uzyskała w 1998 r., doktora – w 2002 r., doktora habilitowanego – w 2011 r., a tytuł naukowy profesora w 2019 r. Obszar jej zainteresowań badawczych obejmuje procesy adsorpcji związków wielkocząsteczkowych na powierzchniach zdyspergowanych ciał stałych (tlenki metali, zeolity, węgle aktywne, minerały). Jej dorobek naukowy obejmuje 186 artykułów z bazy JCR (liczba cytowań 3300, indeks h 33). Brała udział w realizacji 3 grantów krajowych i 2 międzynarodowych zarówno jako kierownik, jak i wykonawca.




 <https://orcid.org/0000-0003-4003-9877>



Dr Iwona Ostolska jest pracownikiem badawczo – dydaktycznym Instytutu Nauk Chemicznych na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Zainteresowania naukowe związane są z detekcją substancji promieniotwórczych, a realizowana tematyka badawcza obejmuje procesy migracji radionuklidów pochodzenia naturalnego i antropogenicznego w poszczególnych elementach środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania spektrometrii promieniowania gamma (detektory HPGe) oraz beta (liczniki LSC). Jej dorobek naukowy obejmuje 25 artykułów z bazy JCR. Kierownik dwóch grantów: Miniatura 2 (finansowanego z NCN) oraz projektu inwestycyjnego MEiN.




 <https://orcid.org/0000-0002-1988-2475>



Dr hab. Ewa Skwarek, prof. uczelni jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Instytutu Nauk Chemicznych na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Obszar jej zainteresowań badawczych obejmuje syntezy i charakterystyki fizykochemicznej tlenków metali, fosforanów metali, hydroksyapatytu, a także badania procesu adsorpcji związków organicznych i nieorganicznych na granicy faz ciało stałe/roztwór (również z wykorzystaniem metod radioizotopowych). Jej dorobek naukowy obejmuje 98 artykułów z bazy JCR (liczba cytowań 2065, indeks h 25). Brała udział w realizacji grantów krajowych i międzynarodowych.



 <https://orcid.org/0000-0003-4721-8704>



Dr hab. Jan Solecki ukończył Wydział Mat-Fiz-Chem w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Doktorat uzyskał w 1981 roku w ówczesnym Instytucie Chemii UMCS. W roku 2007 Rada Wydziału Chemii nadała mu stopień dr hab. nauk chemicznych. Zainteresowania naukowe obejmują radiochemię (radioanalitika), radioekologię, fizykochemię granicy faz ciało stałe-roztwór, sorpcję jonów w kompleksach glebowych. Zajmował się badaniami związanymi z analizą izotopów antropogenicznych w środowisku przyrodniczym ^{137}Cs i ^{90}Sr , a także fizykochemicznymi problemami związanymi z przemieszczaniem radionuklidów w układach gleba – roślina i samej glebie (profile glebowe).

ABSTRACT

Pracownię Radioizotopową w Instytucie Chemii Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS utworzono w 1969 roku, a w 1974 roku w miejsce Pracowni powołano Zakład Radiochemii i Zastosowań Radioizotopów. Od 1983 roku jednostka przyjęła nazwę Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów, który w 2019 roku połączono z Zakładem Chemii Środowiskowej w Katedrę Radiochemii i Chemii Środowiskowej. Pomiary prowadzone od wielu lat koncentrują się na wielokierunkowym monitoringu skażeń promieniotwórczych środowiska naturalnego (oznaczanie aktywności promieniotwórczej izotopów naturalnych i pochodzenia antropogenicznego w powietrzu, wodzie i glebie, a także ich transferu do organizmów roślinnych). Dodatkowo ważny obszar badawczy stanowi adsorpcja związków wielkocząsteczkowych na granicy faz ciało stałe – roztwór, synteza biomateriałów, biokompozytów i radiofarmaceutyków, otrzymywanie biowęgli i ich wykorzystanie w procesach remediacji gleb oraz zastosowanie izotopów promieniotwórczych w badaniach mechanizmów adsorpcji i stabilności w układach koloidalnych.

Keywords: radioactive contamination of soil, migration of isotopes in the environment, air radiation monitoring, biocompatible nanomaterials, radiopharmaceuticals, adsorption of macromolecular compounds, stability of colloidal systems, biochar in soil remediation

Słowa kluczowe: skażenia promieniotwórcze gleby, migracja izotopów w środowisku, monitoring radiacyjny powietrza, biokompatybilne nanomateriały, radiofarmaceutyki, adsorpcja związków wielkocząsteczkowych, stabilność układów koloidalnych, biowęgiel w remediacji gleb

WPROWADZENIE - RYS HISTORYCZNY

Powołanie Pracowni Radioizotopowej w Instytucie Chemii Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS rozważane było od wielu lat. Dopiero jednak w roku 1969 zamierzenie to zostało spełnione. Kierownikiem Pracowni mianowano prof. dr Karola Akermana, który pełnił także funkcję kierownika Katedry Technologii Chemicznej na Wydziale Mat-Fiz-Chem UMCS. Nominacja ta okazała się mało szczęśliwa, ponieważ Profesor Akerman praktycznie nie podjął swoich obowiązków w związku z wyjazdem na dłuższy pobyt we Francji, skąd już do kraju nie powrócił. W roku 1972 prof. Akerman zrezygnował z pracy w UMCS. Kierownikiem Pracowni został doc. dr hab. Jerzy Szczypa, stanowiąc jednoosobową kadrę tej jednostki. Jednak Jego entuzjazm i zdolności organizacyjne doprowadziły do szybkiego poszerzenia kadry Pracowni o trzech kolejnych pracowników: magistrów Stanisława Chibowskiego, Ryszarda Sprychę i Jarosława Neczaj-Hruezewicza. W tym też roku oddano do użytku tzw. Dużą Chemię (obecnie gmach Collegium Chemicum) z pawilonem dla Pracowni Radioizotopowej. Pracownia musiała być zorganizowana od podstaw, gdyż w pawilonie tym nie było żadnego wyposażenia, nawet stołów laboratoryjnych. Praca osób zatrudnionych w Pracowni koncentrowała się więc głównie na zakupach, przede wszystkim sprzętu laboratoryjnego, odczynników chemicznych, czy różnego rodzaju aparatury. Zajęcia studentów odbywały się na aparaturze, która była używana w poprzednim pomieszczeniu Pracowni w budynku Instytutu Fizyki. Pomimo tych trudności następował szybki rozwój tej jednostki, co stało się podstawą do tego, że w roku 1974 w miejsce Pracowni powołano Zakład Radiochemii i Zastosowań Radioizotopów. W nowym Zakładzie wykonano szereg prac, które pozwoliły na uzyskanie certyfikatu Pracowni Izotopowej II klasy. Wiązało się to z odpowiednią jakością podłóg, częstością wymiany powietrza, odpowiednim magazynem izotopów i odpadów promieniotwórczych oraz tzw. szatnią „czystą” i „brudną”. Spełnienie tych warunków pozwalało na zakup różnego rodzaju izotopów, w tym tzw. otwartych źródeł promieniotwórczych. Wykorzystanie tych ostatnich wymagało od pracowników nauczenia się odpowiedniego sposobu postępowania z nimi. Trzeba było opanować technikę otwarcia takiego źródła (dostarczane były w buteleczkach szklanych zamykanych odpowiednim korkiem, dodatkowo zabezpieczonym blaszką aluminiową, czyli w tzw. „pencylinówkach”, transportowano je w pojemnikach z ołowiu i metalowych puszkach), przygotowania z niego roztworu o odpowiednim stężeniu oraz zabezpieczenia naczynka po jego opróżnieniu i przekazania do późniejszej utylizacji. W tym czasie występowały olbrzymie problemy, głównie natury finansowej, z zakupem nowoczesnej aparatury pomiarowej pozwalającej na śledzenie przebiegu procesów adsorpcyjnych w ukła-

dach zdyspergowanych. Dlatego też możliwość posiadania różnych substancji „znaczonych” odpowiednimi izotopami promieniotwórczymi pozwalała na bardzo precyzyjne badania całej gamy procesów fizykochemicznych związanych z tematyką naukową Zakładu. Obejmowała ona zagadnienia dotyczące fizykochemii flotacyjnego wzbogacania minerałów oraz flokulacyjnego klarowania zawiesin i zagęszczania sflokulowanych osadów poprzez ich aglomerację. Dalszy rozwój tematyki badawczej Zakładu został ukierunkowany na chemię koloidów, a w szczególności na zagadnienia związane z fizykochemią powierzchni i stabilnością układów zdyspergowanych, teorią jonowej warstewki podwójnej oraz adsorpcją substancji wielkocząsteczkowych na granicy faz ciało stałe-roztwór. W badaniach tych z powodzeniem wykorzystywano izotopy oraz substancje nieorganiczne i organiczne zawierające w swoim składzie pierwiastki promieniotwórcze. Zmiana aktywności promieniotwórczej tych substancji w przebiegu powyższych procesów pozwalała na bardzo precyzyjne ich śledzenie. Rozwój prac tego typu spowodował, że w roku 1983 nazwę Zakładu zmieniono na Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów. Oddawała ona lepiej charakter prowadzonych zajęć dydaktycznych i obszary realizowanej tematyki badawczej.

Drugą grupą zagadnień prowadzonych w Zakładzie była szeroko pojęta ochrona środowiska, a szczególnie monitoring radiochemiczny. Badania te zostały zapoczątkowane w roku 1986, w czasie pamiętnej awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu. Obejmowały one wspomniany monitoring oraz mechanizmy migracji i kumulacji, ze szczególnym uwzględnieniem adsorpcji izotopów promieniotwórczych w glebie, roślinach, osadach dennych i aluwialnych, a także stały monitoring powietrza oraz badania nad obecnością radonu. Szczególną rolę odgrywały również prowadzone w Zakładzie badania nad nowymi metodami wydzielenia i oznaczania izotopów w próbkach naturalnych, a w szczególności C-14, Rn-222, Pu-239 i Sr-90.

W związku z reorganizacją struktury jednostek naukowych w UMCS w roku 2019, połączono Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów oraz Zakład Chemii Środowiskowej w Katedrę Radiochemii i Chemii Środowiskowej. Zmieniono jednocześnie sposób zatrudnienia pracowników inżyniersko-technicznych i naukowo-technicznych, którzy zostali wyłączeni ze składu Katedry, stając się pracownikami zatrudnionymi przez Wydział Chemii UMCS. Po połączeniu tych dwóch jednostek tematyka badawcza ewoluowała. Obecnie można wyróżnić pięć obszarów badawczych. Jednym z nich jest adsorpcja związków wielkocząsteczkowych na granicy faz ciało stałe – roztwór. Analizowane polimery z powodzeniem mogą znaleźć zastosowanie w ochronie środowiska lub licznych gałęziach przemysłu. Kolejnym zagadnieniem jest synteza biomateriałów oraz biokompozytów opartych o krzemionkę, glinki oraz hydroksyapatyt. Ważnym obszarem badawczym jest otrzymywanie biowęgla, analiza ich właściwości, jak

również ich wykorzystanie w pomiarach środowiskowych (np. do usuwania zanieczyszczeń organicznych, metali ciężkich, ochrony zasobów wodnych oraz glebowych). Należy zaznaczyć, że metody radiometryczne niezmiennie stanowią jeden z filarów tematyki Katedry. Substancje promieniotwórcze wykorzystywane są dwutorowo. Po pierwsze, znakowanie izotopowe jest stosowane do śledzenia procesów sorpcji, pozwala także na badanie mechanizmów zachodzących w analizowanych układach. Nie mniej istotne są pomiary środowiskowe, takie jak monitoring skażeń promieniotwórczych przypowierzchniowej warstwy powietrza prowadzony przy współpracy z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie. Możliwość detekcji substancji promieniotwórczych z użyciem nowoczesnej aparatury badawczej pozwala na badania migracji radionuklidów pochodzenia naturalnego i antropogenicznego. Mając na uwadze osiągnięcia poprzedników w dziedzinie radiochemii planowane jest poszerzenie tego obszaru badawczego np. o datowanie radiochemiczne, a także badania z udziałem substancji znakowanych izotopem C-14 w układach odpowiadających poszczególnym elementom środowiska.

Największa liczba pracowników zatrudnionych w Zakładzie Radiochemii i Chemii Koloidów notowana była w latach 2000-2012 i wynosiła ona 14-17 osób. W czasie istnienia Pracowni i wymienionych wyżej Zakładów przeprowadzono kilkadziesiąt rozpraw doktorskich, 9 rozpraw habilitacyjnych oraz uzyskano 3 tytuły profesorskie.

W chwili obecnej w Katedrze Radiochemii i Chemii Środowiskowej pracuje 6 osób (2 profesorów tytularnych, 2 profesorów uczelni, 1 adiunkt oraz 1 asystent). W dalszej części artykułu skoncentrowano się przede wszystkim na wybranych badaniach radiochemicznego monitoringu środowiska naturalnego, szczególnie po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu.

1. BADANIA OBECNOŚCI IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W ŚRODOWISKU NATURALNYM PO AWARII ELEKTROWNI ATOMOWEJ W CZARNOBYLU

Do roku 1986 monitoring radiochemiczny środowiska prowadzono sporadycznie, najczęściej przy okazji realizacji zajęć ze studentami. Radykalna zmiana nastąpiła po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu. Wszystko zaczęło się w zasadzie 28 kwietnia 1986 roku, kiedy po weekendzie wróciliśmy do pracy i nasze zestawy pomiarowe wykorzystujące liczniki scyntylicyjne pokazywały bardzo wysokie tło, wynoszące kilkaset czy nawet kilka tysięcy impulsów na sekundę. Po przyniesieniu z zewnątrz trawy i zmierzeniu jej aktywności promieniotwórczej, wszyscy doznaliśmy szoku, gdyż poziom promieniowania był porównywalny do źródeł promieniotwórczych używanych przez nas do badań na-

ukowych. Po skontaktowaniu się z Sanepidem, usłyszeliśmy najpierw pytanie o pochodzenie tej wiedzy, a następnie dostaliśmy zakaz jej rozpowszechniania. Ówczesne władze w Polsce wprowadziły blokadę jakichkolwiek informacji na ten temat. Pracownicy Zakładu nie zastosowali się do tego i powiadamialiśmy wszystkie znane nam osoby, przygotowując i rozdając płyn Lugola. Był to bowiem właściwy czas do zabezpieczenia tarczycy, ponieważ nasze badania wykazały, że promieniowanie pochodziło głównie od jodu-131, który kuluje się w tym narzędziu. Wprowadziliśmy także całodobowe dyżury wykonując dziesiątki pomiarów próbek, zbieranych przez nas lub dostarczanych przez ludność. Były to próbki wody, mleka, warzyw, jajek, serów, traw itp. W tabeli 1 zamieszczono przykładowe wyniki naszych pomiarów z tamtego okresu.

Tabela 1. Aktywność właściwa wybranych izotopów promieniotwórczych w różnych próbkach w pierwszych dniach po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu.

Table 1. Specific activity of selected radioisotopes in various samples in the first days after the Chernobyl nuclear power plant accident.

Data	Próbka	Cs-137 [Bq/dm ³]	Cs-137 [Bq/kg]	I-131 [Bq/dm ³]	I-131 [Bq/kg]
29.04.1986	Mleko	101	-	189	-
02.05.1986	Mleko	252	-	816	-
03.05.1986	Mleko	537	-	920	-
13.05.1986	Mleko	196	-	254	-
10.05.1986	Trawa	-	25 000	-	54 000
08.05.1986	Ser biały	-	871	-	564
07.05.1986	Rzodkiewka	-	400	-	200
07.05.1986	Salata	-	530	-	1510
13.05.1986	Woda z jeziora Śniardwy	5,7	-	1,5	-

W miesiącach sierpień-październik 1986 roku prowadzono także pomiary radioaktywności grzybów. Największe zawartości Cs-137 stwierdzono w podgrzybkach. Wartości te oscylowały w granicach od 10 000 do nawet 58 000 Bq/kg suszonych grzybów. Zdecydowanie mniejsze wartości notowano w opieńkach, kozakach, czy borowikach, minimalnie od ok. 50 Bq/kg do maksymalnie ok. 950 Bq/kg. W przypadku podgrzybków największa kumulacja cezu-137 występowała w skórce kapelusza. Należy również podkreślić, że w tamtych latach brak było jakichkolwiek norm do prowadzenia tego typu pomiarów.

W następnych miesiącach i latach znacznie rozszerzono badania nad skażeniami promieniotwórczymi różnych elementów środowiska naturalnego człowieka. Włączono tu takie pomiary jak: badania skażeń promieniotwórczych gleb (Tab. 2) i roślin [1-6], badania osadów dennych i aluwialnych [7-10], stały monitoring powietrza (przyziemnej warstwy atmosfery) [11], badania nad obecno-

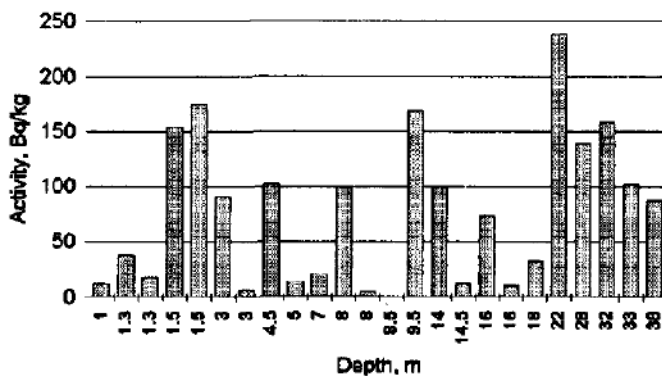
ścią radonu w pomieszczeniach zamkniętych [12-14], monitoring i mechanizm migracji oraz kumulacji izotopów promieniotwórczych [15-18]. Badania koncentrowały się nad oznaczaniem aktywności właściwej Cs-137, Sr-90 czy Pu-239, szczególnie ze względu na ich długie okresy połowicznego zaniku, które wynoszą odpowiednio 30, 28,8 oraz 24 110 lat.

Tabela 2. Aktywność właściwa wybranych izotopów promieniotwórczych w próbkach gleby z okolic Lublina pobranych w 1988 roku.

Table 2. Specific activity of selected radioisotopes in soil samples from the Lublin area taken in 1988.

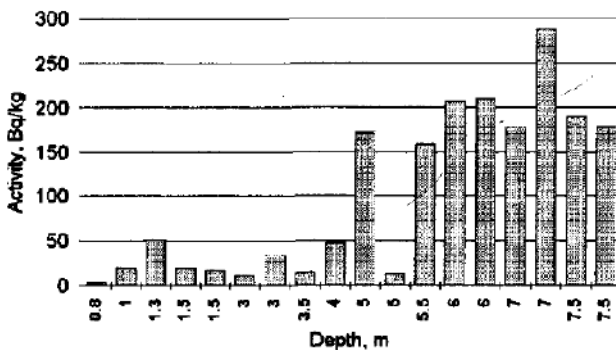
Izotop	Aktywność właściwa [Bq/kg]
Ac-228	31
Bi-212	32
Bi-214	28
Cs-137	35
K-40	528
Pb-212	33
Pb-214	28
Ra-223	7
Ra-224	26
Ra-226	58
Th-234	26
Tl-208	11
SUMA	843

Bardzo interesujące wyniki dotyczące skażeń promieniotwórczych środowiska naturalnego można uzyskać poprzez badanie zawartości izotopów promieniotwórczych w osadach dennych stojących zbiorników wodnych [9]. Izotopy opadają na powierzchnię wody i sedymentują następnie na dno, pozostając tam w sposób niezakłócony przez długi okres czasu. Wykorzystując stałość praw kinetycznych rządzących procesami rozpadu i nagromadzenia pierwiastków promieniotwórczych, a także ograniczoność typu przemian, można oszacować aktywność danych izotopów na dzień wystąpienia awarii, czy uwalniania promieniowania [15,19]. Badania osadów dennych przeprowadzono m. in. z dwóch jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego – jeziora Piaseczno i Maśluchowskie oraz Zalewu Zemborzycyckiego w pobliżu Lublina. Osady do badań pobierano z różnych głębokości jezior i Zalewu. Stan skażeń promieniotwórczych izotopem ^{137}Cs przedstawiono na rys. 1-3.



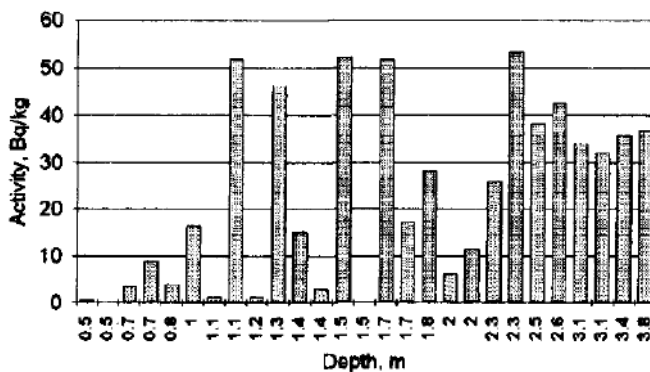
Rys. 1. Aktywność ^{137}Cs w osadach dennych jeziora Piaseczno w zależności od głębokości wody [9].

Fig. 1. Activity of ^{137}Cs in bottom sediments of the Piaseczno Lake versus depth of the water [9].



Rys. 2. Aktywność ^{137}Cs w osadach dennych jeziora Maśluchowskie w zależności od głębokości wody [9].

Fig. 2. Activity of ^{137}Cs in bottom sediments of the Maśluchowskie Lake versus depth of the water [9].



Rys. 3. Aktywność ^{137}Cs w osadach dennych Zalewu Zemborzyckiego w zależności od głębokości wody [9].

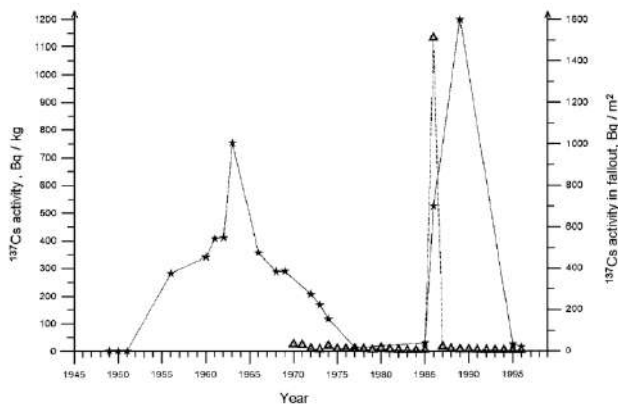
Fig. 3. Activity of ^{137}Cs in bottom sediments of the Zalew Zemborzycki Lake versus depth of the water [9].

Skażenie cezem-137 osadów dennych z jezior Piaseczno i Maśluchowskie osiągnęło w niektórych punktach znaczące wartości sięgające 290 Bq/kg osadu. Aktywności te były wyraźnie wyższe w porównaniu z aktywnościami cezu powierzchniowych warstw gleby tego regionu wynoszącymi średnio 20-30 Bq/kg gleby. Różnice te przy w miarę równomiernym opadzie cezu-137 z atmosfery na obszar jeziora, jak i tereny przyległe do niego, wskazują na wyraźne kumulowanie się Cs-137 w osadach dennych. Uformowanie dna jeziora ma wpływ na przemieszczanie się sedymentu z miejsc płytkich do miejsc położonych głębiej na skutek jego usuwania się. Jest to bardzo dobrze widoczne w przypadku jeziora Maśluchowskiego, którego dno uformowane jest w kształcie spłaszczonej rynny. Udział cezu-134 w skażeniu osadów dennych był niewielki. W miejscach, w których jeszcze był obecny jego aktywność zawierała się od ok. 0,5 do 3,8 Bq/kg osadu. Takie ilości Cs-134 wynikają z jego krótkiego okresu połowicznego zaniku, jak i stosunku Cs-134 do Cs-137 w dniu awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Skażenie cezem osadów dennych Zalewu Zemborzyckiego jest wyraźnie mniejsze niż jezior, i nie przekracza w żadnym miejscu 53 Bq/kg osadu. Taki wynik wydaje się być oczywisty z tego względu, że woda w Zalewie nie ma charakteru stojącego, a więc opadające z atmosfery radionuklidy zanim zdążą zsedymetować, w części spływają z wodą do rzeki Bystrzycy. Po drugie Zalew utworzono w 1974 roku, w związku z czym największy opad radioaktywny pochodzący od prób z bronią jądrową (1963 rok) nie dotyczył tego zbiornika.

W powyższych badaniach wyznaczono także ilościowy i procentowy udział cezu-137 pochodzącego zarówno z katastrofy czarnobylskiej jak i opadu światowego [9]. Średni udział cezu pochodzenia czarnobylskiego w całkowitym stężeniu tego radionuklidu wynosił ok. 60 %.

Bardzo interesujące wyniki uzyskano także z badania porostów zebranych na przestrzeni lat 1949-1996 [20]. Wiek porostów zbieranych na obszarach wschodniej i południowo-wschodniej Polski wynosił ok 3-4 lata. Porosty jako organizmy o specyficznej strukturze i fizjologii, są bardzo przydatną grupą grzybów w monitorowni poziomu skażeń środowiska naturalnego. Wynika to z tego, że porosty nie mają żadnych organów do pobierania z podłoża wody i soli mineralnych, mogą być zatem wykorzystywane do badania zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, a tym samym do badania np. wielkości opadu radioaktywnego. Pierwiastki i substancje pobierane przez plechy porostów z atmosfery są w nich kumulowane, praktycznie bez możliwości ich desorpcji [21]. Ten fakt, jak również uniezależnienie się porostów od substancji pokarmowych zawartych w podłożu, wykorzystano do określenia stanu radiologicznego terenu, na którym zbierano próbki tych organizmów. Najistotniejszym radionuklidem występującym w znacznych ilościach w badanych porostach był cez-137.

Począwszy od roku 1956, cez-137 notowany był we wszystkich zebranych próbkach porostów. Jego zawartość przedstawiono na rys. 4.



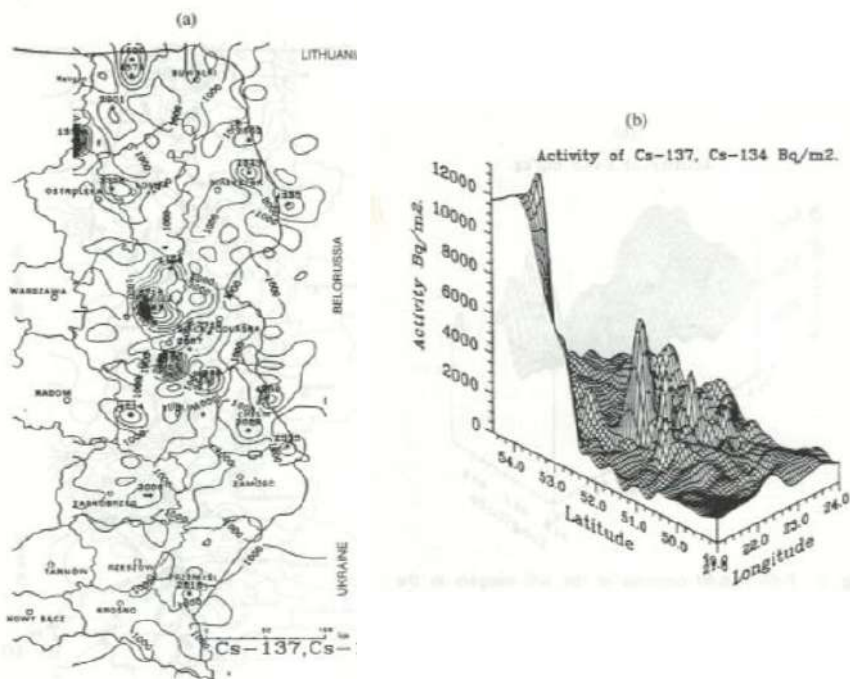
Rys. 4. Poziom radioaktywności ¹³⁷Cs w próbkach rodziny porostów *Parmeliaceae* zebranych w latach 1949-1996 oraz zawartość ¹³⁷Cs w opadzie promieniotwórczym w latach 1970-1996 [20].

Fig. 4. The ¹³⁷Cs radioactivity level in *Parmeliaceae* lichens family samples, collected in the years 1949-1996, and ¹³⁷Cs contents in radioactive fall-out during the years 1970-1996 [20].

Obserwuje się tu dwa wyraźne maksima, w roku 1963 oraz 1989. Biorąc pod uwagę fakt, że średni wiek porostów wynosił ok. 3 lat, staje się jasne, że na badanym terenie największy opad promieniotwórczy wystąpił na przestrzeni lat 1960-63 oraz 1986-89. Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych przeprowadzono największą liczbę próbných wybuchów jądrowych w atmosferze wynoszącą ok. 260 [22], natomiast drugie maksimum związane jest z opadem występującym po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Potwierdzeniem tego jest porównanie wielkości notowanego średniego opadu promieniotwórczego cezu-137 w latach 1970-1993 na terenie Polski (rys. 4) [23]. Wcześniejsze dane, przed rokiem 1970 nie były dostępne. Uzyskane wielkości aktywności porostów oraz wielkości opadu promieniotwórczego sugerują bardzo dobrą zbieżność pomiędzy wielkością opadu, wiekiem zbieranych porostów i ich aktywnością. Dane te pozwalają na przyjęcie tezy, że opad promieniotwórczy Cs-137 po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu był większy na badanym terenie, niż podobny opad po serii próbných wybuchów jądrowych w atmosferze w okresie ich największego nasilenia, czyli w latach 1957-1962. Ogólniejszym wnioskiem wypływającym z przeprowadzonych badań jest także to, że pomiar aktywności właściwej takich organizmów jak porosty jest dobrą metodą określania wielkości opadu promieniotwórczego, a tym samym stanu radiologicznego badanego terenu.

Dla pełniejszego scharakteryzowania radioizotopowego skażenia wschodnich terenów Polski przeprowadzono w roku 1993 kompleksowe badania skażeń radioaktywnych od Kętrzyna, Suwałk po Krosno i Ustrzyki Górne, a od zachodu ograniczone przez rzeki Wisłokę, San, Wisłę, aż do Dębina i dalej w linii Sidlce, Ostrołęka i Kętrzyn. Z terenu tego pobrano 334 próbki gleb oraz roślin, w sieci kwadratów o boku 15 km [2]. Łącząc liniami punkty o podobnych wartościach promieniotwórczych otrzymano izolinie, dla których można było przyjąć, że

poziom obecności pierwiastków promieniotwórczych jest bardzo zbliżony. Do wyznaczenia izolacji wykorzystano program komputerowy SURFER. Umożliwił on uśrednienie wyników pod względem wielkości i ich rozkładu na mapie badanego terenu. Ten sam program był użyty do przedstawienia przestrzennego rozkładu skażeń monitorowanego obszaru w punktach poboru próbek. W ten sposób wyznaczono całkowitą radioaktywność gleb, zawartość izotopów K-40, Cs-137, Cs-134 oraz kilku pierwiastków promieniotwórczych z szeregu torowego (Th-232) badanego terenu czyli tzw. „Ściany Wschodniej” [2]. W tym opracowaniu przedstawiono wyniki odnoszące się do zawartości sztucznych radionuklidów Cs-134 i Cs-137 wyrażonych w Bq/m^2 (rys. 5).



Rys. 5. (a) Rozmieszczenie radiocezu w Polsce Wschodniej; b) Zanieczyszczenie próbek gleby radiocezem w funkcji długości i szerokości geograficznej [2].

Fig. 5. (a) Distribution of radiocesium in Eastern Poland; (b) Contamination of soil samples with radiocesium as a function of the longitude and latitude [2].

Cez-137 jest głównym długożyciowym emitentem gamma przedostającym się do środowiska naturalnego z przeprowadzonych próbnych wybuchów jądrowych oraz awarii elektrowni jądrowych. Silna adsorpcja cezu przez minerały glebowe utrudnia jego migrację w głąb gleby, dlatego powierzchniowa warstwa gleby wykazuje zwiększoną jego zawartość w czasie [15, 16, 24]. Obecność Cs-134

w pobranych próbkach, ze względu na jego krótki okres połowicznego rozpadu wynoszący 2,9 lat pochodzi wyłącznie z awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Zawartość tego izotopu nie przekracza 0,5 % całkowitej aktywności. Analizując przedstawione na rys. 5(a) izolacje aktywności oraz rozkład przestrzenny na rys. 5(b) można stwierdzić, że w niektórych punktach poboru próbek stwierdzono wyraźnie odbiegające wartości obecności promieniotwórczego cezu-137. Powodem tego jest większy opad radioaktywnego cezu po awarii czarnobylskiej w tych miejscach. Z przemieszczającej się chmury radioaktywnej, wskutek zmieniających się warunków atmosferycznych, mogły opaść na powierzchnię gleby większe cząstki zawarty w niej aerozoli pochodzących z uszkodzonego rdzenia reaktora.

Część próbek gleby zebranych ze Ściany Wschodniej oraz osadów aluwialnych z jezior Piaseczno i Maśluchowskie, które wykazywały największą zawartość Cs-137 poddano badaniom na obecność plutonu-239,240, plutonu-238, a także ameryku-241. Radionuklidy te pojawiają się w środowisku naturalnym w wyniku opadu atmosferycznego po próbnym wybuchach nuklearnych lub w wyniku awarii reaktorów w elektrowniach jądrowych. Stanowią one poważne zagrożenie dla człowieka ze względu na emisję promieniowania alfa. Promieniowanie to jest silnie jonizujące, tak więc nawet niewielkie aktywności emiterów alfa-promieniotwórczych, które mogą przedostać się do organizmu ludzkiego, stanowią poważne zagrożenie. Określenie aktywności plutonu i ameryku, przy wykorzystaniu spektrometrii promieniowania alfa, wymaga wcześniejszego ich wydzielenia z próbek środowiskowych. Jest to bardzo skomplikowana i pracochłonna procedura [25]. W badanych próbkach aktywność izotopów plutonu-239,240 i plutonu-238 zawierała się w granicach od ułamka do kilku Bq/kg gleby lub osadu. Można było także stwierdzić, że w osadach dennych jezior następowała większa ich kumulacja niż w powierzchniowych warstwach gleby. Pluton detektowany w badanych próbkach wykazuje przede wszystkim pochodzenie z opadu światowego, a tylko w niewielkim stopniu jego źródłem jest awaria reaktora jądrowego w Czarnobylu. Świadczy o tym stosunek Pu-238 do Pu-239,240, który dla opadu po awarii elektrowni czarnobylskiej wynosił ok. 0,4, a dla opadu światowego ok. 0,04. Aktywności Am-241 były minimalne i zawierały się w granicach od 0,01 do 0,05 Bq/kg gleby lub osadu.



Chcąc dogłębniej zbadać skażenia radioaktywne po awarii czarnobylskiej próbowano nawiązać kontakty ze stroną rosyjską. W związku z tym zorganizowano wyjazd pracowników Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów do Czarnobyla. Było to dokładnie w 10-tą rocznicę awarii elektrowni w 1996 roku (rys. 6).

Rys. 6. Wizyta pracowników Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów w Czarnobylu w 1996 roku w 10-tą rocznicę awarii elektrowni atomowej (na zdjęciu od lewej strony: miejscowy dozymetrysta i prof. Stanisław Chibowski).

Fig. 6. The visit of employees of the Department of Radiochemistry and Colloid Chemistry in Chernobyl in 1996 on the 10th anniversary of the nuclear power plant accident (in the photo from the left: local dosimetrist and Prof. Stanisław Chibowski).

Strona rosyjska oczekiwała dużych nakładów finansowych lub zakupu aparatury, przy jednoczesnych znacznych ograniczeniach w prowadzeniu badań na zamkniętym w promieniu 30 km terenie wokół elektrowni. W efekcie współpraca była iluzoryczna i zakończyła się po 3 latach. Z pobytu w Czarnobylu przywieziono tylko niewielką próbkę gleby z bliskiego sąsiedztwa reaktora. Zawartość cezu-137 w próbce wynosiła ponad 800 Bq/kg, czyli kilkadziesiąt razy więcej niż w tym samym czasie na terenie Lubelszczyzny.

Podobnie nie można było też nawiązać bliższej współpracy z Instytutem Biologii Morza w Murmańsku. Teren Morza Barentsa i przyległych wysp jest także interesujący od strony badawczej, ponieważ przeprowadzono tam szereg próbnych podwodnych wybuchów jądrowych.

Na przestrzeni ok. 15 lat po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu pracownicy Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów przeprowadzili szereg różnych badań odnoszących się do określenia stanu skażenia oraz obecności pierwiastków promieniotwórczych, zarówno naturalnych jak i sztucznych w środowisku. Na podstawie wyników tych badań opublikowano co najmniej kilkadziesiąt prac naukowych oraz wygłoszono szereg referatów na konferencjach międzynarodowych i krajowych.

ANALIZA ^{90}Sr W PRÓBKACH ŚRODOWISKOWYCH

Jak już wcześniej wspomniano, awaria reaktora jądrowego w kwietniu 1986 roku w Czarnobylu na Ukrainie przyczyniła się do podjęcia badań nad obecnością radionuklidów antropogenicznych w szeroko pojętym środowisku przyrodniczym. Wczesne badania prowadzone były nad oznaczaniem radionuklidów gamma promieniotwórczych z uwagi na możliwości aparaturowe, a ich wyniki po raz pierwszy zaprezentowane zostały na zorganizowanej przez Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów Międzynarodowej Konferencji w Kazimierzu nad Wisłą we wrześniu 1990 roku [26].

Stront-90 jest beta promieniotwórczym izotopem o $T_{1/2} = 28,6$ lat, powstającym w wyniku rozszczepienia ^{235}U lub ^{239}Pu , pojawiającym się w środowisku zarówno w trakcie przeprowadzania naziemnych testów jądrowych jak i w następstwie awarii reaktorów jądrowych. W wyniku emisji przez ^{90}Sr cząstek β^- o średniej energii 195,8 keV powstaje beta promieniotwórczy ^{90}Y o $T_{1/2} = 64,1$ godziny emitujący cząstki β^- o średniej energii 934,8 keV.

Obliczono, że w latach 1945–1970 w skali globalnej wprowadzono do biosfery $5,74 \cdot 10^{20}$ Bq izotopu strontu-90 [27]. Największe skażenia terytorium Polski tym radionuklidem miały miejsce w latach 1962–1963, kiedy to wielkość opadu oszacowano na 100 Bq/m^2 [28]. Zawartość ^{90}Sr w opadzie całkowitym na terenie Polski w latach 1970–1985 zawierała się w przedziale od 2 do 17 Bq/m^2 . Po awarii w Czarnobylu nastąpił wzrost do 22 Bq/m^2 , a następnie spadek do $0,06 \text{ Bq/m}^2$ w roku 2003 [29]. Szacunkowo w środowisku pojawiło się około $8,14 \cdot 10^{15}$ Bq czarnobylskiego ^{90}Sr [30].

Tak znaczne ilości strontu-90 wprowadzone do środowiska przyrodniczego pociągają za sobą konieczność jego stałego monitorowania. ^{90}Sr został uznany jako drugi po ^{14}C groźny z punktu widzenia dozymetrycznego izotop. Szkodliwość ^{90}Sr dla organizmów żywych jest znacznie wyższa niż ^{137}Cs z powodu emisji cząstek beta o znacznej energii oraz dobrej przyswajalności przede wszystkim w kościach ($^{90}\text{Sr} \approx \text{Ca}$).

W przypadku analizy ^{90}Sr procedurę analityczną komplikuje reakcja jego rozpadu, powstający w jej wyniku ^{90}Y jest emitерem beta i jako izotop krótkożyciowy zgodnie z prawem nagromadzania pozostaje po upływie ok. 21 dni w równowadze wiekowej ze ^{90}Sr (1:1).



$^{90}\text{Sr} - \beta^-$: $E_{\text{max}} = 0,5 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 28,6 \text{ lat}$

$^{90}\text{Y} - \beta^-$: $E_{\text{max}} = 2,3 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 64,1 \text{ h}$

Prezentowane w literaturze procedury analityczne opierają się na trzech podstawowych etapach: pobór i przygotowanie próbki, separacja izotopu, pomiar radiometryczny.

Przy wyborze metody oznaczania ^{90}Sr w próbkach środowiskowych należy zatem brać pod uwagę: rodzaj próbki, upływ czasu od powstania skażeń (obecne mogą być izotopy ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{90}Y , ^{91}Y i inne produkty rozszczepienia), posiadane wyposażenie laboratorium (liczniki LSC, Czerenkowa, antykoincydencyjne), sposób wydzielania izotopu z próbki (rozpuszczanie, ługowanie) oraz sposób prowadzenia analizy („ścieżka strontowa lub itrowa”). Można zatem zetknąć się z problemami analitycznymi takimi jak: spalanie próbek, rozpuszczanie czy np. kwaśne ługowanie, moment wprowadzania nośników, rozdział Sr od Y, usuwanie zanieczyszczeń chemicznych i radiochemicznych, metoda śledzenia wydajności procesu (^{85}Sr , XRF), wydajność chemiczna (stopień uwodnienia szczawianu itru), pomiar radiometryczny, wartość MDA (minimalnego progu wykrywalności), wielkość błędu, pomiar tła, kontrola poprawności analizy – np. krzywa rozpadu ^{90}Y oraz rachunek ekonomiczny.

Dobranie odpowiedniej procedury analitycznej przy obecnym stanie technik pomiarowych powinno prowadzić do rozwiązania powyższych problemów.

Generalnie analiza ^{90}Sr w próbkach starych opiera się na dwu drogach: separacji ^{90}Sr i pomiarze sumy ^{90}Sr i ^{90}Y w równowadze wiekowej - „ścieżka strontowa”, bądź separacji ^{90}Sr i po osiągnięciu równowagi wiekowej, rozdziale od ^{90}Y i jego pomiarze radiometrycznym - „ścieżka itrowa”.

W literaturze przedmiotu na przestrzeni lat pojawiło się wiele oryginalnych opracowań analitycznych. Ogólnie można je podzielić na metody tzw. szybkie [31-36] oraz powolne, ale wprowadzające cały szereg modyfikacji polegających na stosowaniu procesów usuwania zanieczyszczeń, różnych sposobów rozdziału strontu od itru, a także poprawiających wiarygodność uzyskiwanych wyników [37-44].

Głównym celem badań podjętych nad oznaczaniem strontu-90 było więc opracowanie metody analitycznej opartej na stosunkowo prostych procedurach przy wykorzystaniu standardowych odczynników. Przy opracowywaniu metody uwzględnione zostały takie parametry jak: mineralizacja próbki, sposób separacji ^{90}Sr z próbki (ługowanie wraz ze śledzeniem wydajności tego procesu lub rozpuszczanie), sposób wprowadzania nośników, kontrola usuwania zanieczyszczeń radiochemicznych oraz końcowa kontrola poprawności analizy. Uwzględniając fakt, że gleba kumuluje największą ilość zanieczyszczeń i staje się ośrodkiem ich dystrybucji, szczególny nacisk położono na analizę właśnie takich próbek. Jednym z podstawowych problemów jest wydzielanie ^{90}Sr z próbek stałych. Celem uniknięcia procedur z zastosowaniem HF czy dymiącego HNO_3 zaproponowano sposób oparty na ługowaniu strontu stężonym HNO_3 . Do określa-

nia wydajności procesu zastosowano analizę zawartości strontu w glebie metodą ED-XRF, zamiast jej śledzenia na podstawie najczęściej stosowanego pomiaru aktywności izotopu ^{85}Sr (jako znacznika izotopowego). Takie postępowanie czyni metodę łatwiejszą, a także poprawia jej dokładność. Unika się w ten sposób błędów związanych z dozowaniem izotopu, homogenizacją suspensji i pomiarem ^{85}Sr . W trakcie szeregu doświadczeń stwierdzono, że poważnym problemem jest usuwanie izotopów Th, U, Pb oraz produktów ich rozpadu z roztworów po ługowaniu kwasem. Nawet niewielka ich ilość w próbce końcowej wpływa niekorzystnie na otrzymany wynik, powodując jego zawyżanie. W związku z tym zaproponowano usuwanie Th i U (i produktów rozpadu) na drodze wymiany jonowej korzystając z jonitu typu Dowex 1x8, natomiast usuwanie ołowiu poprzez wytrącanie PbI_2 . Z uwagi na fakt, że zaproponowany sposób analizy opiera się na pomiarze aktywności promieniotwórczej ^{90}Y (tzw. „ścieżka itrowa”), jako sposób kontroli zaproponowano pomiar tła próbki po upływie co najmniej 21 dni. Jak wspomniano powyżej ^{90}Y jest izotopem o $T_{1/2} = 64$ godz., a zatem po upływie powyższego czasu (21 dni), powinno pozostać około 0,4% jego aktywności początkowej. Wynik tego pomiaru przyjmowano jako wartość tła do obliczeń aktywności właściwej ^{90}Sr .

Skuteczność i dokładność metody sprawdzano analizując próbki gleb referencyjnych IAEA – SOIL – 6, IAEA – 375 przygotowywanych w laboratoriach Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA). Ponadto uczestniczono w testach organizowanych przez Państwową Agencję Atomistyki (PAA).

Zaproponowana metoda nadaje się także do oznaczania ^{90}Sr w próbkach osadów dennych, roślin, produktów mlecznych, kości, a także po nieznacznej modyfikacji, w próbkach wody, co potwierdzono w testach PAA.

W badaniach nad zachowaniem się radionuklidu ^{90}Sr w środowisku naturalnym szczególne miejsce zajmuje śledzenie jego migracji w glebach oraz transfer do roślin. Stosując opracowaną metodę analizy problematyce tej poświęcono część badań, które obejmowały następujące zagadnienia: badania zawartości ^{90}Sr w glebach, osadach dennych i roślinach z terenu Lubelszczyzny, badania poziomej i pionowej migracji ^{90}Sr w glebach oraz śledzenie współczynników transferu [45-49].

Obecność radionuklidów pochodzenia antropogenicznego, w tym izotopów strontu, analizuje się przede wszystkim w żywności, powietrzu, wodzie, glebie, roślinach łąk pastwiskowych, osadach dennych, a także bada się ich transfer do organizmów żywych poprzez wykrywanie ich obecności np. w kościach [50-54].

W podsumowaniu można stwierdzić, że w wyniku przeprowadzonych badań opracowana została dobra i stosunkowo prosta metoda oznaczania i analizowania ^{90}Sr w próbkach środowiskowych. W konsekwencji zostało przeprowadzone szereg oznaczeń tego radionuklidu w glebach (śledzenie migracji),

roślinach (współczynniki transferu), produktach mlecznych i zbożowych, kościach ptaków oraz ludzkich stawach biodrowych.

3. POMIARY RADONU

Niewiele osób zdaje sobie sprawę z promieniotwórczej natury naszego najbliższego otoczenia. Zakładamy, że jest ono bezpieczne i wolne od substancji emitujących niewidzialne lecz groźne promieniowanie jonizujące. Zależy nam na tym szczególnie w odniesieniu do miejsca, w którym spędzamy większość swojego życia – domu. Tymczasem w przestrzeni ograniczonej przez cztery ściany może gromadzić się radioaktywny gaz, którego obecności nie jesteśmy w stanie wykryć żadnymi dostępnymi nam zmysłami. Radon, bo o nim mowa, jest pierwiastkiem należącym do grupy gazów szlachetnych, wykazuje również typową dla nich bierność chemiczną. Należy pamiętać, że wszystkie jego izotopy są promieniotwórcze, a sam gaz występuje powszechnie. Jego źródłem w budynkach mieszkalnych są głównie materiały budowlane zawierające radionuklidy tworzące naturalne szeregi promieniotwórcze, jak U-238 lub Th-232. Powstały w wyniku ich rozpadu radon (Rn) migruje następnie w kierunku powierzchni, gdzie ulega uwolnieniu i wymieszaniu z powietrzem znajdującym się w danym pomieszczeniu. Cały ten proces określany jest jako emanacja.

Radon-222, najtrwalszy ze wszystkich izotopów tego pierwiastka, powstaje przez rozpad radu-226. Po upływie zaledwie 3,82 dnia połowa powstałych jąder Rn-222 ulegnie samorzutnej przemianie z wytworzeniem jądra polonu-218 i jednoczesną emisją cząstki alfa o energii 5,489 MeV. Warty podkreślenia jest fakt, że Po-218 i produkty jego rozpadu są radioaktywnymi ciałami stałymi emitującymi zarówno korpuskularne promieniowanie alfa i beta, jak również długo zasięgowe kwanty gamma [55]. Powstające w środowisku domowym produkty rozpadu radonu z łatwością osiadają na cząstkach kurzu i aerozoli powietrza przedostając się wraz z nimi do układu oddechowego wszystkich jego mieszkańców.

Nic dziwnego, że tematyka związana z radonem stanowiła jeden z ważnych obszarów badawczych realizowanych w Zakładzie Radiochemii i Chemii Koloidów. Dysponując wiedzą dotyczącą wpływu substancji promieniotwórczych na organizm ludzki, jak również motywowani naukową ciekawością pracownicy wykonali szereg pomiarów mających na celu określenie stężenia promieniotwórczego gazu w różnych lokalizacjach. Zwrócono szczególnie uwagę na nisko położone piwnice lokali użytkowych, przedszkola, sale zabaw, jak również składowiska odpadów z kopalni węgla kamiennego Bogdanka [56–58].

W tym miejscu warto przytoczyć parę faktów obrazujących istotę podejmowanego tematu i jego znaczenia. Według danych zgromadzonych w Rapor-

cie Prezesa PAA, całkowita dawka skuteczna promieniowania jonizującego otrzymana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2022 roku wynosiła 4,39 mSv/rok. Największy udział we wspomnianej dawce (aż 27,6 %, co przekłada się na 1,2 mSv/rok) ma promieniowanie emitowane właśnie przez radon-222 oraz produkty jego rozpadu [59]. Badania opublikowane niezależnie w 2000 i 2004 roku wskazują niezbitę dowody na związek pomiędzy stężeniem radonu w budynkach mieszkalnych a występowaniem nowotworów płuc [60, 61]. Według raportu Światowej Organizacji Zdrowia z 2009 roku, radon jest główną przyczyną raka płuc, a ryzyko zachorowania wzrasta około 25-krotnie u osób palących wyroby tytoniowe. Dodatkowo, niemożliwym jest wskazanie dawki progowej, powyżej której radon zaczyna stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka. Jak zaznaczono w cytowanym raporcie, ryzyko zachorowania na nowotwór płuc wzrasta o około 16 % na każde 100 Bq/m³ długoterminowego narażenia. Co więcej, zaobserwowano że zależność dawka – odpowiedź organizmu jest liniowa. Oznacza to, że ryzyko zachorowania wzrasta proporcjonalnie do rosnącej ekspozycji [62].

Jedne z najciekawszych wyników otrzymanych przez pracowników Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów dotyczą detekcji radonu w piwnicach zlokalizowanych na terenie lubelskiego Starego Miasta, jak również zabudowań znajdujących się w najstarszej historycznie części starówki w Chełmie, Zamościu oraz Sandomierzu. Wspomniane pomiary stanowią istotne uzupełnienie badań rozpoczętych z inicjatywy ówczesnego kierownika prof. dr hab. Jerzego Szczypy [56,57]. Warty podkreślenia jest aspekt praktyczny przeprowadzonych prac – w badanych pomieszczeniach bardzo często znajdują się m. in. lokale gastronomiczne lub podziemne trasy turystyczne (jak ma to miejsce w Sandomierzu). Gromadząc się w najniższej położonych i słabo wentylowanych pomieszczeniach, radon stanowi więc realne zagrożenie dla zdrowia, zwłaszcza pracowników.

W badaniach prowadzonych w latach 1996–2000 (pomiary wykonywano jedynie w miesiącach od stycznia do marca) wykorzystano dwie komplementarne metody pomiarowe. Stosując przenośny spektrometr wyposażony w detektor krzemowy PIPS o wydajności 35 % (Spectrometric Radon-Thoron Daughters Meter, mod. 4S, SILENA Milano, Włochy) pobierano próbkę powietrza pod kątem określenia stężenia produktów rozpadu radonu (głównie Po–218, Pb–214 i Po–214). Stosując odpowiednie korekcje i poprawki możliwe było obliczenie zawartości Rn-222. Druga z metod pozwalała na bezpośredni pomiar aktywności właściwej promieniotwórczego gazu, jednak wymagała zastosowania bardziej złożonego systemu pomiarowego. Na początku w badanym pomieszczeniu umieszczano detektory Pico–rad wypełnione węglem aktywowanym (Niton, USA) pozostawiając je na 48–godzinną ekspozycję. Po upływie wskazanego czasu pojemniki szczelnie zamykano i transportowano do laboratorium, w którym nagromadzony Rn–222 był

eluowany za pomocą koktajlu scyntylacyjnego (Insta-Fluor marki Packard). Ostatnim krokiem była detekcja cząstek alfa emitowanych w trakcie rozpadu radonu przez spektrometr ciekłoscyntylacyjny (LS5000TD, Beckman).

Uzyskane wyniki pozwalały na ocenę zagrożeń wynikających z obecności radonu w badanych pomieszczeniach. Wartości przekraczające dawkę graniczną dla ówczesnego budownictwa, wynoszącą 200 Bq/m^3 , zanotowano jedynie w 12% przypadków. Analiza wyników otrzymanych dla lokali wybudowanych przed 1998 r. (dla których dopuszczalna dawka została określona na poziomie 400 Bq/m^3) wykazała, że zaledwie 7 % pomieszczeń nie spełnia wspomnianej normy. Wyższe zawartości radonu w powietrzu zaobserwowano na terenie miast Chełm i Sandomierz, co jest ściśle powiązane z budową geologiczną regionu. Zarówno Lublin, jak i Zamość położone są na grubej warstwie lessu, który przykrywa utwory kredy (głównie margiel i wapień). Z kolei w pozostałych dwóch miastach dominują skały marglowe i wapienne, w Sandomierzu dodatkowo pokryte cienką warstwą lessu (zawierającego mniejsze ilości naturalnego uranu niż skały marglowe i wapienne).

Obecnie, ustawa „Prawo atomowe” szczegółowo reguluje zasady ochrony osób narażonych na podwyższone stężenie aktywności radonu w powietrzu (Prawo atomowe, ustawa z dn. 13 czerwca 2019 roku o zmianie ustawy Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej, Dz.U. z 2019 r, poz. 1593). Celem dostosowania przepisów krajowych do norm obowiązujących w Unii Europejskiej, w 2019 roku ustalono poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w wysokości 300 Bq/m^3 . Podkreślono także konieczność regularnego monitoringu zawartości wspomnianego gazu.

Przeglądając kolejne wprowadzane akty prawne nie sposób uniknąć konkluzji, że są one poniekąd pochodną wielu godzin żmudnych pomiarów, czasu spędzonego na pobieraniu próbek i analizie wyników składających się stopniowo w większe elementy coraz bardziej złożonej układanki. Układanki, której pewną częścią są badania zainicjowane ponad 30 lat temu w Zakładzie Radiochemii i Chemii Koloidów UMCS. Wskazuje to na ich znaczenie oraz bezsprzeczną wartość merytoryczną. Ta sentymentalna podróż w czasie pozwala uzmysłowić sobie również, że nauka mimo, iż skomplikowana z natury, może być odpowiedzią na realne problemy, rozwiązywać kwestie towarzyszące nam na co dzień, a płynące z niej wnioski pozwolą ukształtować przyszłość kolejnych pokoleń. Wymiernym efektem przeprowadzonych pomiarów jest nie tylko liczba opublikowanych prac. Pomimo faktu, iż czasy świetności zarówno wspomnianego spektrometru przenośnego, jak również licznika LS5000TD dawno minęły, Katedra nadal

dysponuje potencjałem, który z powodzeniem może zostać wykorzystany w realizacji zadań związanych z detekcją izotopów radonu.

4. POMIARY ZAWARTOŚCI IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W POWIETRZU

Katastrofa w Czarnobylu w 1986 roku dobitnie uwydatniła wszelkie zagrożenia związane z niekontrolowanym uwolnieniem substancji promieniotwórczych do środowiska naturalnego. Przebieg tamtejszych wydarzeń pozwolił zrozumieć, jak ważnym filarem bezpieczeństwa jest posiadanie sprawnego systemu detekcji umożliwiającego monitoring rozprzestrzeniania się potencjalnych skażeń. Systemu opartego nie na centralnie sterowanej jednostce, lecz licznych, rozproszonych stacjach mogących niezależnie dokonać wiarygodnego pomiaru.

Utworzona niedługo potem sieć stacji czekała na test swoich możliwości pomiarowych. Najpoważniejszym z nich była awaria w Fukushima w marcu 2011 roku. Katastrofa będąca konsekwencją silnego trzęsienia ziemi u wybrzeży Japonii i spowodowanych przez nie fal tsunami doprowadziła do uwolnienia wielu radionuklidów i powstania strefy skażonej. Mniejsze rozmiary tragedii (w porównaniu z Czarnobylem), nie przełożyły się wprost na nastroje społeczne w kraju. Wielu obywateli obawiając się powtórki z 1986 roku aktywnie poszukiwało informacji o nadciągającym skażeniu, w tym możliwości minimalizacji wpływu izotopów radioaktywnych na zdrowie.

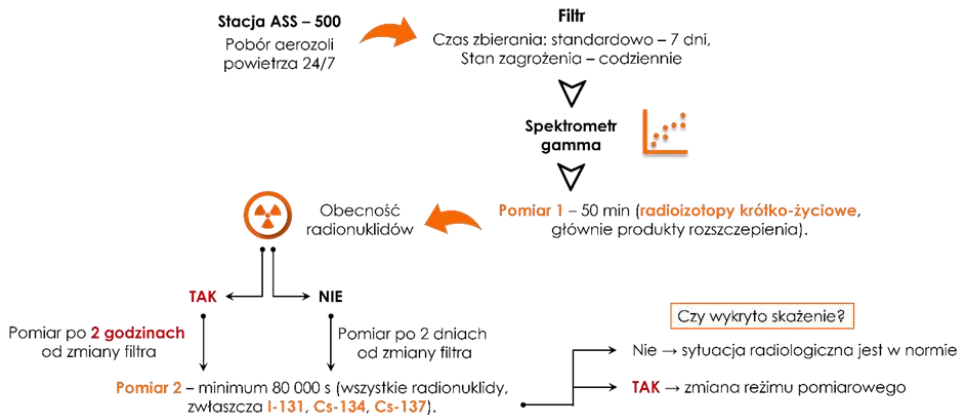
ASS – 500 (z jęz. ang. Aerosol Sampling Station) jest urządzeniem opracowanym i skonstruowanym przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej przy współpracy z Federalnym Instytutem Fizykalno–Technicznym w Brunszwiku. Wyposażona w mierniki temperatury i wilgotności służy do monitoringu zawartości radionuklidów w przypowierzchniowej warstwie powietrza. Stacje zebrane w ramach ogólnopolskiej sieci rozpoczęły pracę w 1992 roku (historycznie pierwsza z nich pracowała od lat 70-tych ubiegłego wieku w Warszawie). Głównym celem pracy urządzenia jest ciągły pobór aerozoli atmosferycznych. Wysoki przepływ rzędu 500 m³/h zapewniony jest dzięki pompie umieszczonej ok. 1 m nad powierzchnią gruntu. Stacja pracuje w trybie 24/7 osiągając objętości powietrza rzędu 105 m³/tydzień. Następnie, pobrany aerosol trafia na filtr wykonany z włókien organicznych, na którym cząstki pyłów, kurzu oraz gleby (wraz z obecnymi na ich powierzchni radionuklidami) ulegają zatrzymaniu. Tkanina filtrująca jest dodatkowo osuszana za pomocą promienników podczerwieni, co zapobiega zbijaniu się materiału pod wpływem wilgoci w miesiącach o dużej wilgotności. Należy podkreślić, że wydajność zbierania aerozoli przez filtr Petrianowa typu FPP 15 – 1,5 dla cząstek o średnicy z zakresu 0,3 – 1,25 μm w warunkach liniowego przepływu powietrza (0,25 – 4 m/s) wynosi

od 96 do 99 %. Tak zaprojektowany układ pomiarowy gwarantuje reprezentatywność zebranej próbki, ale również umożliwia wykonanie niezwykle dokładnego pomiaru gamma spektrometrycznego zawartości radionuklidów zarówno naturalnych, jak i pochodzenia antropogenicznego [63]. Długi czas zbierania aerozoli powoduje, że typowe limity detekcji produktów rozszczepienia (MDA – Minimum Detectable Activity) zawierają się w granicach $0,5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (dla I-131) – $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (dla Cs-137). System detekcji umożliwia także śledzenie zmian naturalnie występujących radionuklidów, jak K-40, Ra-226, Be-7 i Pb-210. W warunkach standardowej pracy, próbka pobierana jest raz w tygodniu. W przypadku wykrytego (jak po awarii w Fukushima) lub potencjalnego zagrożenia (pełnoskalowa inwazja na Ukrainę w 2022 roku) częstość próbkowania może zostać znacząco zwiększona, nawet do kilku razy dziennie. Wszystkie stacje ASS – 500 są wyposażone w sondę scyntylicyjną NaI(Tl) zawieszoną nad filtrem, co pozwala na dodatkową kontrolę radiologiczną prowadzoną w trybie on-line.

Obecność stacji i rozwiązania zaimplementowane celem osiągnięcia odpowiednich parametrów analitycznych to jednak tylko połowa sukcesu. Do uzyskania wiarygodnych i dokładnych wyników konieczna jest detekcja wspomnianych radionuklidów przy użyciu niskotłowego spektrometru promieniowania gamma wyposażonego w detektor germanowy HPGe. Próbkę umieszcza się na detektorze wewnątrz osłony ołowianej o grubości 100 mm (zabezpieczonej dodatkowo od wewnątrz 2 mm blachy miedzianej oraz 1 mm warstwą kadmu) minimalizując w ten sposób wpływ promieniowania tła na wynik analizy. Przed rozpoczęciem pomiaru detektor jest kalibrowany z użyciem źródła multi-gamma o tej samej geometrii oraz matrycy, zawierającego radionuklidy emitujące kwanty promieniowania gamma w zakresie energetycznym 59-1330 keV. Dodatkowo, wyniki zawartości radionuklidów w filtrach powietrza są korygowane o wartość tła własnego układu pomiarowego.

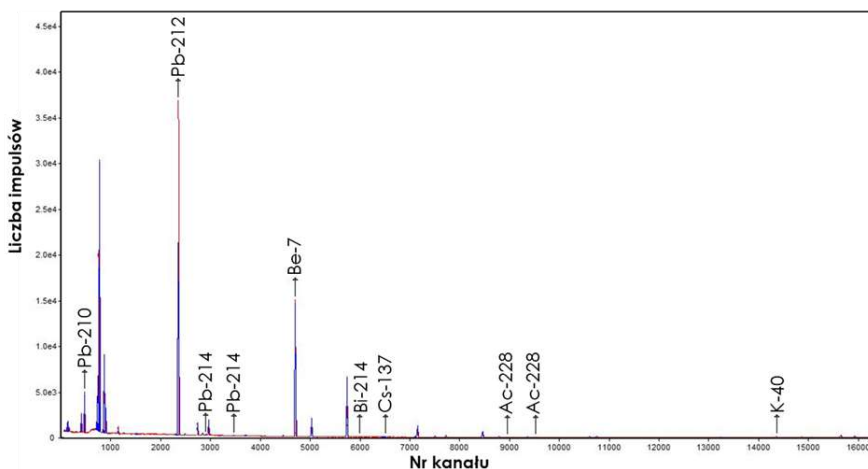
Procedura zakłada szereg następujących po sobie czynności. Filtr Petrianowa zdjęty ze stacji pomiarowej trafia do laboratorium, gdzie jest ważony i prasowany do wymiarów krążka o średnicy ok. 50 mm i grubości rzędu od 3 do 8 mm w zależności od ilości zebranego pyłu. Następnie, próbka jest kierowana do pomiaru wstępnego trwającego 3 000 s. Ma on na celu wykluczenie obecności izotopów krótkożyciowych pochodzenia sztucznego, jak Xe-135. Wynik analizy jest dostępny około 1,5 godziny od momentu zakończenia poboru aerozoli i od niego zależy dalsze postępowanie. Jeśli nie wykazano zwiększonej aktywności wspomnianych radionuklidów pochodzenia antropogenicznego, wówczas kolejny pomiar, podstawowy, trwający minimum 80 000 s wykonywany jest po dwóch dobach od zdjęcia filtru. Czas ten jest konieczny do osiągnięcia równowagi radiochemicznej pomiędzy radonem – 222 a jego krótkożyciowymi pochodnymi. Obecność tych drugich niekorzystanie wpływa na wartości MDA analizowanych

emiterów promieniowania gamma [63]. Kolejność działań pomiarowych została schematycznie przedstawiona na rys. 7. Widmo z pomiaru filtra powietrza zebranego w maju 2024 roku wraz z obecnymi na nim radionuklidami zamieszczono na rys. 8.



Rys. 7. Procedura pomiaru filtra powietrza z wykorzystaniem stacji ASS–500.

Fig. 7. Air filter measurement procedure using the ASS–500 station.



Rys. 8. Widmo zarejestrowane dla filtra powietrza z nad Lublina, próbka zebrana końcem maja 2024 roku.

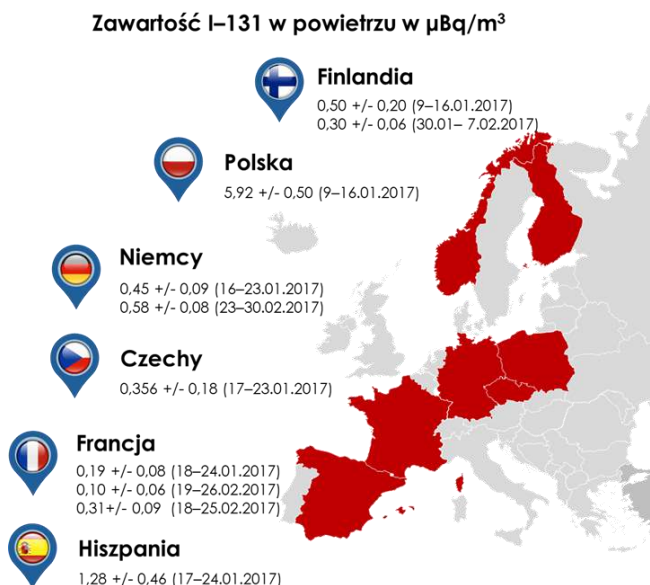
Fig. 8. Spectrum recorded for an air filter from Lublin, sample collected at the end of May 2024.

W Europie pierwsze sygnały świadczące o niekontrolowanej emisji powstałej w wyniku katastrofy w Fukushima zanotowano 7 dni po zdarzeniu. W dniach 28-30 marca 2011 roku zaobserwowano pierwszy pik znacząco podwyższonej aktywności substancji promieniotwórczych rozproszonych w powietrzu. Stacje należące do Międzynarodowej Sieci Monitoringu (International Monitoring system, IMS) zarejestrowały obecność I-131, I-133, Te-129, Te-129m, Te-131m, Te-132, Cs-132, Cs-134, Cs-136 oraz Cs-137. Wśród radionuklidów o mniejszej lotności potwierdzono występowanie m.in. Zr-95, Nb-95, La-140, Ba-140, Mo-99 i Tc-99m.

Na podstawie otrzymanych wyników oszacowano, że do atmosfery przedostało się około 10 % ilości I-131 oraz Cs-137, które zostały uwolnione w wyniku wypadku w Czarnobylu [64]. Na skutek cyrkulacji powietrza związanej z obecnością prądu zstępującego nad Europą Wschodnią, skażenie wywołane awarią w japońskiej elektrowni jądrowej dotarło nad Polskę już 23 marca. W wyniku zmiany reżimu pomiarowego, w ośmiu z dwunastu ówczesnych stacji ASS – 500 dokonywano wymiany i pomiaru filtra dwa razy w tygodniu (z pominięciem pomiaru wstępnego). Najwyższe stężenie radioaktywnego jodu-131 zarejestrowano w Katowicach ($86,6 \pm 3,6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) oraz centralnej Polsce (Warszawa, $83,9 \pm 2,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$), najniższe zaś w Gdyni ($52,9 \pm 2,6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) i Sanoku ($53,5 \pm 2,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Obecność wspomnianego radionuklidu była notowana na terenie całego kraju w okresie od 25 marca do 23 kwietnia 2011 roku [63].

Nie tylko poważne katastrofy jądrowe (jak w Czarnobylu i Fukushima), ale także wydarzenia ostatnich lat dobitnie wskazują na niepodważalne znaczenie systemu monitoringu przypowierzchniowych warstw powietrza. W drugim tygodniu stycznia 2017 roku stacje zlokalizowane w północnej Norwegii wykryły niewielkie ilości radioaktywnego I-131. Do końca miesiąca wskazania świadczące o jego obecności w warstwie przyziemnej powietrza raportowano w Finlandii, Polsce, Czechach, Niemczech, Francji i Hiszpanii. Radiojod jest radionuklidem o krótkim okresie półtrwania (wynoszącym 8,04 dnia). Stąd, detekcja tego radionuklidu jest dowodem na jego stosunkowo niedawne uwolnienie do środowiska. Zawartość I-131 w powietrzu atmosferycznym przedstawiono na rys. 9. Odnotowane poziomy aktywności promieniotwórczej nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia ludności. Niemniej, źródło emisji radioaktywnego jodu pozostało nieustalone [65].

2 października 2017 roku laboratorium w Mediolanie poinformowało o wykryciu Ru-106 o aktywności liczonej w milibekerelach na metr sześcienny powietrza (przy MDA w zakresie od 0,1 do $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Tego samego dnia obecność sztucznego radionuklidu potwierdzono w Czechach, Austrii i Norwegii. Dwa dni później skażenie Ru-106 odnotowano na terenie Polski, Szwajcarii, Szwecji i Grecji (czas zbieżny ze standardową procedurą wymiany i pomiaru filtra). Wykryte ilości nie stanowiły zagrożenia, jednakże powszechność występowania radionuklidu świadczyła o jego niekontrolowanym uwolnieniu na skutek awarii jądrowej. Obliczenia oparte na modelach przepływu mas powietrza oraz rozprzestrzeniania się skażeń wskazywały na emisję z zakładu przetwarzania materiałów jądrowych zlokalizowanego na południowym Uralu, prawdopodobnie z kompleksu nuklearnego Mayak. Ówczesne władze Federacji Rosyjskiej zaprzeczyły tym doniesieniom [66].



Rys. 9. Zawartość promieniotwórczego jodu – 131 w powietrzu nad Europą w styczniu 2017 roku (w $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Dane udostępnione przez Francuski Instytut Ochrony Radiologicznej i Bezpieczeństwa Jądrowego (IRSN) [65].

Fig. 9. The content of radioactive iodine - 131 in the air over Europe in January 2017 (in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Data provided by the French Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN) [65].

Na początku kwietnia 2020 roku na terenie strefy wykluczenia ustanowionej wokół elektrowni jądrowej w Czarnobylu miała miejsce seria pożarów. Przez około 4 tygodnie ogień rozprzestrzenił się w granicach obszarów skażonych docierając zarówno w pobliże elektrowni, jak również do składowisk odpadów radioaktywnych. Pożar powierzchniowej warstwy okrywy roślinnej oraz dogodne warunki atmosferyczne spowodowały poderwanie cząstek gleby oraz powstałych popiołów zawierających substancje radioaktywne. Według Ukraińskiego Instytutu Hydrometeorologicznego łącznie spaleni uległo 870 km² gruntów, w tym 65 km² w pobliżu niedziałającej elektrowni jądrowej i 20 km² na lewym brzegu rzeki Prypeć. Szacuje się, że wyniku zdarzenia do atmosfery przedostało się 0,7–1,2 TBq Cs-137. Ze względu na okres wiatrów wschodnich i południowych, w kilku lokalizacjach w Europie Zachodniej zaobserwowano niewielki wzrost stężenia radioaktywnego cezu-137 w powietrzu, podczas gdy większość jego stężeń utrzymywała się w zakresie $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ stanowiąc niewielkie odchylenia od poziomu tła, a sama emisja nie stanowiła zagrożenia dla zdrowia ludności. W Polsce ilość zarejestrowanego Cs-137 w szczytowym okresie wyniosła około 50 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (przy średniej tygodniowej w tamtym okresie nie wyższej niż 6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) [67].

Przytoczone sytuacje z ostatnich kilkunastu lat jasno pokazują, że sprawny system monitoringu pozwala szybko i efektywnie wykrywać pojawiające się zagrożenia radiacyjne. Dodatkowo, stanowi on doskonale źródło danych o stanie środowiska. Prowadząc ciągle obserwacje tzw. stanu zerowego można w łatwy sposób ustalić wszelkie odchylenia związane z możliwymi incydentami jądrowymi. Co więcej, analiza danych zebranych z różnych punktów zlokalizowanych na terenie całego kraju w połączeniu z modelami opartymi na metodach numerycznych pozwala na prognozowanie rozprzestrzeniania się zagrożeń radiologicznych dając narzędzie do informowania społeczeństwa o realnym stanie środowiska.

5. SYNTEZA RADIOFARMACEUTYKÓW

Ważnym zagadnieniem realizowanym przez grupę badawczą prof. dr hab. Władysława Janusza i dr hab. Ewy Skwarek, prof. uczelni stanowią radiofarmaceutyki. Są to substancje, które występują w postaci związku kompleksowego złożonego z atomu centralnego – radioizotopu i ligandu – substancji nieradioaktywnej. Jako radioizotopy zastosowano ^{169}Er oraz ^{90}Y . Izotopy te występowały w połączeniu z różnorodnymi nieaktywnymi ligandami o określonej kinetyce uwalniania w organizmie. Odpowiednio dobrany radioizotop stosowany w diagnostyce powinien spełniać następujące wymagania: emitować wyłącznie promieniowanie gamma, mieć stosunkowo krótki czas półtrwania w organizmie tzn. na tyle krótki, by nie spowodować napromieniowania pacjenta, ale jednocześnie wystarczający do przeprowadzenia badania, emitować fotony o energii od 100 – 500 keV (im wyższa energia tym łatwiej przedostaje się przez tkanki). Ligandy to swego rodzaju nośniki radioizotopu w organizmie pacjenta, które umożliwiają zobrazowanie danej tkanki lub narządu. Ligandy dobiera się w zależności od funkcji pełnionej przez daną tkankę lub narząd, są one w tej tkance wychwytywane, metabolizowane lub uczestniczą w jej procesach fizjologicznych. Obecnie w medycynie nuklearnej wykorzystuje się radiofarmaceutyki o różnych właściwościach w zależności od badanego lub leczonego narządu. Idealny radiofarmaceutyk stosowany w diagnostyce *in vivo* powinien być: łatwo dostępny, tani, prosty w przygotowaniu, nieszkodliwy, swoisty dla danego narządu. Do zobrazowania kości, jako ligandu używa się na przykład związków fosforanowych, które są wbudowywane w ich strukturę. Radioizotop można również dobierać ze względu na jego powinowactwo do danego narządu np. izotop jodu gromadzi się w tarczycy, a izotop talu w sercu. We współpracy z Narodowym Centrum Badań Jądrowych, Ośrodkiem Radioizotopów POLATOM podjęto próby zoptymalizowania procesu syntezy trzech radiofarmaceutyków: cytrynianu itru, cytrynianu erbu i siarczku renu.

Syntezę siarczku renu prowadzono w reakcji nadrenianu potasu z tiosiarczaniem sodu w środowisku kwaśnym, która prowadzi do wytworzenia mieszaniny siarczku renu i siarki. W celu uzyskania czystego siarczku należy usunąć siarkę poprzez jej rozpuszczenie w eterze. Z kolei, aby otrzymać siarczek renu w postaci dyspersji o wielkości ziaren 0,5–4 μm wymagana jest stabilizacja dyspersji Powidonem K-25. Ekstrapolowana wartość pH_{iep} syntetycznego siarczku renu wynosi 2,3 dla 0,001 mol/dm³ NaCl. Próbką syntetyczną wykazuje silniejszą zależność od potencjału dzeta w funkcji stężenia elektrolitu podstawowego niż komercyjnie dostępne, ze względu na powierzchnię utleniania podczas syntezy i/lub oczyszczania [68].

Cytrynian itru syntetyzowano przy użyciu świeżo wytrąconego wodorotlenku itru i kwasu cytrynowego (lub cytrynianu monosodowego) w środowisku wodnym poprzez obróbkę hydrotermalną w temperaturze 80°C lub 100°C. Właściwości próbek badano za pomocą metod CHN, XRD, TGA i statycznego rozpraszania światła. Krystaliczny dihydrat cytrynianu itru powstaje w wyniku reakcji kwasu cytrynowego ze świeżo wytrąconym wodorotlenkiem itru po 14 dniach reakcji w temperaturze 80 lub 100°C. Analiza termogravimetryczna krystalicznej próbki dwuwodzianu cytrynianu itru wykazała, że rozkład termiczny związku w syntetycznym powietrzu zachodzi w czterech etapach z uwolnieniem głównie wody i ditlenku węgla [69].

Zaproponowano również metodę otrzymywania cytrynianu itru poprzez transformację świeżo wytrąconego wodorotlenku itru w roztworach cytrynianu sodu w warunkach hydrotermalnych. W celu określenia czasu syntezy kinetyka transformacji polegała na pobraniu próbek stałych do analizy zawartości C i H po 6, 12, 24, 48 i 72 godzinach syntezy. Jednocześnie próbki te poddano analizie termogravimetrycznej. Jak wynika z analizy uzyskanych wyników w początkowym okresie do 24 godzin obserwuje się adsorpcję dihydratu cytrynianu na wodorotlenku itru. Później tworzy się dwuwodzian cytrynianu itru. Analiza termogravimetryczna produktu końcowego tj. amorficznego cytrynianu itru wykazała, że rozkład/utlenianie próbki przebiega w sześciu etapach. Analiza wielkości cząstek metodą statycznego rozpraszania światła wykazała, że 45% cząstek miało średnicę 0,1-0,9 μm oraz 55 % cząstek charakteryzowało się wielkością 0,9-5 μm [70].

Badano także reakcje kwasu cytrynowego ze świeżo wytrąconym zasadowym węglanem w warunkach hydrotermalnych (w temperaturach 80, 100 i 120°C) w celu otrzymania cytrynianu itru. Uzyskane wyniki analiz zawartości H i C, badań termogravimetrycznych oraz analizy struktury metodą XRD potwierdziły, że po 72 godzinach syntezy powstał dwuwodzian cytrynianu itru. Analizy wielkości cząstek wykazała, że 72% cząstek miało średnicę 0,1–0,2 μm , a 28% cząstek miało średnicę w zakresie 0,5-10 μm [71].

Zaproponowano również metodę syntezy krystalicznego dihydratu cytrynianu itru w wyniku przekształcenia świeżo wytrąconej fazy zasadowego węglańu itru w roztworze kwasu cytrynowego. Czas syntezy określono na podstawie analizy składu, badań struktury oraz badań termograwimetrycznych próbek pobranych w trakcie syntezy. Zastosowane metody badawcze wykazały, że w początkowej fazie syntezy zachodzą procesy sorpcji kwasu cytrynowego na zasadowym węglanie itru i przemiany amorficznego wodorotlenku itru w krystaliczny wodorotlenek itru. Dopiero po 72 godzinach syntezy powstaje krystaliczny dihydrat cytrynianu itru [72].

Następnie po optymalizacji procesów syntezy, powtórzono je z użyciem odpowiednich izotopów.

Innym kierunkiem badań realizowanym w tym zespole było wykorzystanie izotopów promieniotwórczych do śledzenia mechanizmów procesów adsorpcyjnych. Prowadzono badania adsorpcji wybranych kationów metali i anionów reszt kwasowych, między innymi kwasów dikarboksyłowych ze znakowanym węglem na tlenkach prostych, złożonych i hydroksyapatycie. W tym celu wykorzystano dostępną aparaturę badawczą w postaci spektrometrów promieniowania beta i gamma firmy Beckman.

UWAGI KOŃCOWE

W ciągu 55 letniej historii swojego istnienia, jednostka naukowa na Wydziale Chemii UMCS wykorzystująca radioizotopy i metody radiochemiczne, cały czas rozwijała swój profil działalności w tym zakresie. Wynikało to nie tylko z dążenia do uzyskania pozwolenia na pracę z otwartymi źródłami promieniotwórczymi, co wymuszało także rozszerzenie zaplecza kadrowego i aparaturowego, ale również z sytuacji radiacyjnej, która zaistniała w Polsce i na świecie. Próbné wybuchy jądrowe prowadzone z dużą intensywnością pod koniec lat 60-tych ubiegłego stulecia, a także awaria reaktora jądrowego w Czarnobylu w 1986 roku doprowadziły do rozwinięcia i udoskonalenia metod monitoringu skażeń promieniotwórczych środowiska naturalnego. Wymagało to często opracowania zaawansowanych procedur poboru i przygotowania próbek środowiskowych, obejmujących również wydzielanie izotopów w postaci czystej. Równoległe wykorzystywano metody wskaźników promieniotwórczych do określania mechanizmów adsorpcji i stabilności w układach koloidalnych występujących w postaci wysokozdyspergowanych suspensji ciał stałych, w obecności zarówno prostych jonów i związków niskocząsteczkowych, jak i polimerów. Ważnym kierunkiem jest również synteza radiofarmaceutyków, które w obecnych czasach notują swój stały i intensywny rozwój, ze względu na ciągły wzrost zachorowań na choroby nowotworowe. Aktualne problemy środowiskowe, które związane są z ryzykiem zastosowania biowęgli w procesach remediacji gleb wzbogacając aktualną tematykę badawczą Katedry Radiochemii i Chemii Środowisko-

wej. Obejmują one przede wszystkim śledzenie mechanizmów przemieszczania węgla pierwiastkowego, np. z gleby do rośliny przy zastosowaniu metody znakowania węglem C-14.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] J. Szczypa, S. Chibowski, J. Solecki, R. Supryniewicz, *Polish J. Soil Sci.*, 1993, **26**, 27
- [2] S. Chibowski, J. Solecki, J. Szczypa, R. Supryniewicz, *Sci. Tot. Environ.*, 1994, **158**, 71
- [3] S. Chibowski, J. Zygmunt, *Polish J. Environ. Stud.*, 1995, **4**, 25
- [4] S. Chibowski, J. Solecki, J. Szczypa, *Polish J. Environ. Stud.*, 1995, **4**, 49
- [5] S. Chibowski, J. Solecki, J. Szczypa, *Polish J. Environ. Stud.*, 1997, **6**, 17
- [6] J. Solecki, S. Chibowski, J. Szczypa, *Polish J. Environ. Stud.*, 1997, **6**, 29
- [7] J. Szczypa, S. Chibowski, *Raport o stanie środowiska miasta Lublin*, Lublin, 1993, 147
- [8] S. Chibowski, M. Pawlik, *Polish J. Environ. Stud.*, 1995, **4**, 17
- [9] S. Chibowski, J. Solecki, J. Szczypa, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 1997, **220**, 183
- [10] S. Chibowski, A. Komosa, M. Reszka, J. Solecki, J. Zygmunt, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 2000, **246**, 199
- [11] P. Lipiński, K. Isajenko, A. Żak, *Polish J. Med. Phys. Eng.*, 2000, **6**, 41
- [12] J. Vapotic, M. Szymula, J. Solecki, S. Chibowski, I. Kobal, *Health Phys.*, 1993, **64**, 420
- [13] J. Szczypa, S. Chibowski, *Raport o stanie środowiska miasta Lublin*, Lublin, 1993, 206
- [14] S. Chibowski, A. Komosa, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 2001, **247**, 53
- [15] S. Chibowski, A. Mitura, *Sci. Tot. Environ.*, 1995, **170**, 193
- [16] J. Zygmunt, S. Chibowski, Z. Klimowicz, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 1998, **231**, 57
- [17] S. Chibowski, J. Zygmunt, Z. Klimowicz, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 1999, **242**, 287
- [18] S. Chibowski, J. Zygmunt, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 2002, **61**, 213
- [19] G. Kirchner, D. Baumgartner, *Analyst*, 1992, **117**, 475
- [20] S. Chibowski, J. Solecki, J. Bystrek, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 1998, **230**, 319
- [21] J. R. Laundon, *Air Pollution and Lichens*, The Athlona Press Univ., London, 1973, 109
- [22] J. Jagielak, H. Biernacka, D. Grabowski, J. Henschel, *Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska*, Warszawa, 1996, 8
- [23] *Główny Urząd Statystyczny, Ochrona Środowiska*, Warszawa, 1996, 305
- [24] H. Door, O. Munnich, *Water, Air Soil Pollut.* 1991, **57-58**, 809
- [25] A. Komosa, *J. Radioanalyt. Nuc. Chem.*, 1999, **240**, 19
- [26] J. Szczypa, J. Solecki, *Proceedings of the International Symposium on post Chernobyl Environmental Radioactivity Studies in East European Countries*, Kazimierz, Poland 17–19 September 1990, 172
- [27] S. Bieszczada, J. Sobota, *Zagrożenie, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego*, Wydawnictwo AR Wrocław, 1993
- [28] M. Siemiński, *Fizyka zagrożeń środowiska*, Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa, 1994
- [29] *Rocznik Statystyczny, Ochrona Środowiska*, Warszawa, 2005
- [30] *Present and future environmental impact of the Chernobyl accident*, IAEA–TECDOC–1240, 2001
- [31] S. Zhu, A. Ghods, J. C. Veselsky, A. Mirna, R. Schelenz, *Radiochim. Acta* 1990, **51**, 195
- [32] R. D. Wilken, S. R. Joshi, *J. Appl. Measure.* 1991, **3**, 14
- [33] M. Filss, W. Botsch, J. Haddl, R. Michel, *Radiochim. Acta*, 1998, **83**, 81
- [34] Ž. Grahek, I. Eškinja, K. Koštutić, Š. Cerjan-Stefanović, *Cratica Chem. Acta*, 2000, **73**, 795
- [35] J.J. Mateos, E. Gómez, F. Garcias, M. Casas, V. Cerda, *Appl. Radiat. Isot.*, 2000, **53**, 139
- [36] I. Friberg, ⁹⁰Sr –Can it be determined both rapidly and reliably, in doctoral thesis Ingvar Friberg - Determination of ⁹⁰Sr and the Transuranium Elements in Event of Nuclear Accident, Göteborg,

- 1998
- [37] I. Friberg, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1997, **226**, 55
- [38] K. Bunzl, W. Krackie, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1991, **148**, 115
- [39] E. Gómez, F. Garcias, M. Casas, V. Cerda, *Appl. Radioat. Isot.*, 1997, **48**, 699
- [40] M. Pimpl, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1995, **194**, 311
- [41] Q. Chen, X. Hou, Y. Yu, H. Dahlgaard, S. P. Nielsen, *Analyt. Chim. Acta*, 2002, **466**, 109
- [42] O. Alhassanieh, A. Abdul-Hadi, M. Ghafar, A. Aba, *Appl. Radioat. Isot.*, 1999, **51**, 493
- [43] E. H. Borai, E. A., El-Sofany, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2004, **262**, 697
- [44] N. Vajda, A. Ghods-Esphahani E. Cooper, P.R. Danesi, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1992, **162**, 307
- [45] J. Solecki, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2007, **274**, 27
- [46] J. Solecki, M. Reszka, S. Chibowski, *Nukleonika*, 2006, **51**, Suppl. 2, 33
- [47] J. Solecki, S. Chibowski, *Polish J. Environ. Studies*, 2001, **11**, 157
- [48] J. Solecki, S. Chibowski, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2002, **252**, 89
- [49] J. Solecki, M. Reszka, S. Chibowski, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2003, **257**, 261
- [50] A. Komosa, I. Kitowski, S. Chibowski, J. Solecki, J. Orzeł, P. Różański, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2009, **281**, 467
- [51] J. Solecki, M. Misztal, S. Skupiński, M. Solecki, *J. Environ. Radioactiv.*, 2015, **143C**, 85
- [52] J. Solecki, M. Kruk, J. Orzeł, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2010, **286**, 27
- [53] J. Solecki, M. Kruk, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2011, **289**, 185
- [54] M. Kruk, J. Solecki, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2011, **290**, 325
- [55] Dane z bazy Nucléide – Lara: <http://www.lnhb.fr/nuclear-data/module-lara> (dostęp z dnia 03.04.2024)
- [56] J. Vaupotic, M. Szymula, J. Solecki, S. Chibowski, I. Kobal, *Health Phys.*, 1993, **64**, 420
- [57] S. Chibowski, A. Komosa, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2001, **247**, 53
- [58] A. Komosa, S. Chibowski, S. Chałupnik, Attempts on radon exhalation rate determination from a waste-dump at the Bogdanka coal mine using the Picorad detectors. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko / Główny Instytut Górnictwa*, 2004, **1**, 79
- [59] Raport roczny: Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2022 r. opublikowany na stronie PAA: <https://www.gov.pl/web/paa/raport-roczny-prezesa-paa> (dostęp z dnia 03.04.2024)
- [60] R.W. Field, D.J. Steck, B.J. Smith, C.P. Brus, E.L. Fisher, J.S. Neuberger, C.E. Platz, R.A. Robinson, R.F. Woolson, C.F. Lynch, *Americ. J. Epidem.*, 2000, **151**, 1091
- [61] S. Darby, D. Hill, A. Auvinen, J.M. Barros-Dios, H. Baysson, F. Bochicchio, H. Deo, R. Falk, F. Forastiere, M. Hakama, I. Heid, L. Kreienbrock, M. Kreuzer, F. Lagarde, I. Mäkeläinen, C. Muirhead, W. Oberaigner, G. Pershagen, A. Ruano-Ravina, E. Ruosteenoja, A. Schaffrath Rosario, M. Tirmarche, L. Tomásek, E. Whitley, H.-E. Wichmann, R. Doll, *British Med. Journal*, 2005, **330**, 223
- [62] WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Wyd. World Health Organization, 2009
- [63] M. Fujak, K. Isajenko, P. Lipiński, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, *Nukleonika*, 2013, **58**, 497
- [64] U. Stoehliker, U. Nikkinen, A. Gheddou, Detection of radionuclides emitted during the Fukushima nuclear accident with the CTBT radionuclide network. Monitoring research review: Ground-based nuclear explosion monitoring technologies. 2011, 715
- [65] Informacja na stronie Francuski Instytut Ochrony Radiologicznej i Bezpieczeństwa Jądrowego (<https://en.irsn.fr/news/detection-radioactive-iodine-trace-levels-europe-january-2017>) (dostęp z dnia 30.05.2024)
- [66] O. Masson, G. Steinhauser, D. Zok et al., Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2019, **116**, 16750
- [67] O. Masson, O. Romanenko, O. Saunier et. al., *Environ. Sci. Tech.* 2021, **55**, 13834
- [68] Pawlak D.W., Parus J.L., Skwarek E., Janusz W., *Physicochem. Probl. Min. Process.* 2014, **50(1)**,

387

- [69] W. Janusz, E. Skwarek, D. Sternik, S. Pikus, J. Therm. Anal. Calorim., 2021, **146**, 1027
- [70] W. Janusz, E. Skwarek, D. Sternik, Physicochem. Probl. Min. Process. 2020, **56**, 51
- [71] W. Janusz, E. Skwarek, D. Sternik, S. Pikus, D. Pawlak, J.L. Parus, R. Mikołajczak, Mat. Chem. Phys., 2020, **250**, 123113
- [72] W. Janusz, E. Skwarek, D. Sternik, S. Pikus, D. Pawlak, J.L. Parus, R. Mikołajczak, MethodsX, 2020, **7**, 101153

Praca wpłynęła do Redakcji 22 czerwca 2024 r.

**LUBELSKA SZKOŁA CHROMATOGRAFII
(OD KATEDRY CHEMII FIZYCZNEJ
DO KATEDRY CHROMATOGRAFII)**

LUBLIN SCHOOL OF CHROMATOGRAPHY
(FROM THE DEPARTMENT OF PHYSICAL CHEMISTRY
TO THE DEPARTMENT OF CHROMATOGRAPHY)

Andrzej L. Dawidowicz*

**Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
andrzej.dawidowicz@mail.umcs.pl

Prof. dr hab. Andrzej L. Dawidowicz is a graduate of Maria Curie Skłodowska University in Lublin, where he completed his chemical studies in 1973. His subsequent stages of scientific career were as follows: dissertation (Ph.D.) in 1978; habilitation in 1986 and the title of professor in 1991. In the years 2000-2019, he was the head of the Department of Chromatographic Methods at the Faculty of Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University. He is the author of over 250 works published in renowned scientific journals and the supervisor of 18 doctoral theses. In the initial period of scientific activity, his interests concerned problems related to the physical chemistry of surfaces and the preparation of stationary phases for chromatography and related techniques. For the last 25 years he has been dealing with the application of chromatographic methods in chemical, clinical, food and forensic analysis, and development of sample preparation methods for chromatographic analysis of various compounds in natural and chemically complex matrices.



<https://orcid.org/0000-0003-3251-2337>

ABSTRACT

Chromatography is a separation method of homogeneous mixtures, widely used by almost every modern laboratory for analytical purposes. Its current popularity is the result of research and experiments of many generations of scientists. Employees from the Lublin Research Center also contributed to the development of chromatographic methods. This article is the history of the development of chromatography in the Lublin Center, which became known as the "Lublin School of Chromatography".

Prezentując i podsumowując osiągnięcia danego ośrodka w określonej dziedzinie, bardzo często przedstawia się go w kontekście historycznym, sięgając do początków jego powstania i zwracając uwagę na momenty przełomowe, których konsekwencje za ważyły na kolejnych jego losach. Podobna idea przyświecała i mnie w odniesieniu do tematu niniejszego rozdziału, co wyjaśnia jego podtytuł akcentujący przyjęty styl.



Rysunek 1. Prof. dr hab., dr h.c. Andrzej Waksmundzki, kierował Katedrą/Zakładem Chemii Fizycznej na UMCS w latach 1945-1981. Wypromował 43 doktorów.

Figure 1. Prof. Dr. Sc. Dr. h.c. Andrzej Waksmundzki headed the Department of Physical Chemistry at Maria Curie-Skłodowska University in 1945-1981. He supervised 43 PhD students.

Z Lubelską Szkołą Chromatografii wiąże się nazwisko profesora Andrzeja Waksmundzkiego, który pośród licznych zasług zyskał sobie także miano jej twórcy. Rozpoczynając swoją działalność naukową, jako świeżo upieczony kierownik Katedry Chemii Fizycznej w Uniwersytecie Marii Curie Skłodowskiej, niemalże z chwilą jego powołania do życia stanął z jednej strony przed koniecznością organizacji zajęć dydaktycznych dla powojennej braci studenckiej żądnej wiedzy, a z drugiej przed koniecznością rozpoczęcia badań naukowych w kierowanej przez siebie jednostce. Na owe czasy było to wyjątkowo trudne zadanie, gdyż nowo powołana Uczelnia (a był to październik 1944 r.) oraz Jej Wydziały nie mogły poszczycić się ani salami wykładowymi, ani pracownikami naukowymi, a o sprzęcie do prowadzenia badań można było jedynie pomarzyć. Piszę o tym, gdyż jednym z powodów podjęcia przez profesora Waksmundzkiego tematyki badawczej dotyczącej chromatografii był wspomniany niedostatek, szczególnie ten aparaturowy. Jak wspominał sam Profesor, Jego pierwszy kontakt z chromatografią miał miejsce jeszcze przed wojną w Krakowie, gdzie pracował w Zakładzie Chemii Fizycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego. W owym czasie wpadła mu w ręce monografia dwóch naukowców o imieniu Laszlo, Laszlo Zechmeistera i Laszlo Cholnoky'ego dotycząca podstaw chromatografii (pt. „*Die Chromatographische Adsorption Methoden*”), która ukazała się w Wiedniu w 1937 r. Wprawdzie

ta migracyjna metoda rozdziału mieszanin bardzo zainteresowała młodego naukowca, ale musiała wówczas ustąpić miejsca podjętej wcześniej problematyce naukowej związanej z pracą doktorską jaką wykonywał Profesor pod kierunkiem profesora Bogdana Kamińskiego na Uniwersytecie Jagiellońskim. Poza tym już z samej daty wydania wspomnianej monografii widać, że zaraz potem nastąpiły mroczne lata dla naszego Kraju i jego obywateli. Należy jednak zauważyć, że treści cytowanej pracy musiały w Profesorze pozostawić jakiś ślad, który spowodował, iż po blisko 10-ciu latach od przeczytania monografii, będąc już kierownikiem Katedry Chemii Fizycznej UMCS w Lublinie, Profesor zdecydował się podjąć własne badania w obszarze chromatografii. Jak wspomniał kiedyś za życia z przekąsem, „*gdyby nie cudem ocalałe w zawierusze wojennej notatki z lektury jakich dokonałem studiując monografię Zechmeister'a, to pewnie nie byłoby lubelskiej chromatografii. Poza tym powojenna bieda wyznaczyła tematykę. Pozwoliła ona bowiem napęlić rurkę szklaną adsorbentem i przesączając przez nią roztwór metodą Cwieta dokonywać rozdziału*”.

Tak, to powojenny niedostatek sprawił, że na UMCS zaczęto „uprawiać” chromatografię, technikę rozdziału mieszanin jednorodnych, która stała się jedną z podstawowych metod analizy jakościowej i ilościowej, za pomocą której wykonuje się dziś blisko 70 procent wszystkich oznaczeń określając skład badanej materii. Tym ostatnim stwierdzeniem nie chcę bynajmniej powiedzieć, że rozwój chromatografii i jej znaczący awans w praktycznym jej wykorzystaniu jest efektem badań zapoczątkowanych na UMCS. Na ten stan rzeczy zapracowało bowiem bardzo wielu naukowych zapaleńców i wizjonerów z bardzo wielu ośrodków badawczych na świecie, ale niewątpliwie pewien skromny, acz istotny, wkład w rozwój chromatografii mają też pracownicy UMCS.

Już w roku 1949 ukazuje się pierwszy w Polsce artykuł omawiający podstawy chromatografii, którego jedynym autorem jest prof. A. Waksmundzki, (*Adsorpcja Chromatograficzna*, Wiadomości Chemiczne, z. 6-8, str. 169), zaś w roku 1951 pierwsza praca referująca wyniki pierwszych chromatograficznych doświadczeń, jakie zostały wykonane w owym czasie przez Profesora Waksmundzkiego i Jego ucznia, ówczesnego magistra chemii, profesora Jarosława Ościka (*Adsorpcyjna chromatografia niektórych metylopo pochodnych pirydyny z roztworów wodnych na węglu aktywnym*, *Annales UMCS, Sectio AA*, vol. VI, nr 9, str. 87). Po nich przychodzą kolejne prace.

Wprawdzie pierwsze chromatograficzne eksperymenty zostały wykonane w Katedrze Chemii Fizycznej UMCS, ale chcąc zachować pewną chronologię wydarzeń co do rozwoju chromatografii w ośrodku lubelskim należy w tym momencie przekazać informację, iż profesor Waksmundzki równoległe z funkcją kierownika Katedry (a potem Zakładu) Chemii Fizycznej przez 18 lat (1946-1964) pełnił także funkcję kierownika Zakładu Chemii Nieorganicznej Wydziału Farmaceutycznego, Wydziału przynależnego początkowo do UMCS, a następnie (od 1950 r.) do nowo powołanej w Lublinie uczelni, do Akademii Medycznej. W tym drugim Zakładzie Profesor również kierował badaniami związanymi z chromatografią, z tą jednak różnicą, że

ukierunkował je na wykorzystanie w procesie chromatograficznym układów podziałowych, a nie adsorpcyjnych. Konieczność wymaga wspomnieć o pionierskich pracach profesora Waksmundzkiego z kolejnym swoim wychowankiem, pracownikiem Akademii Medycznej w Lublinie profesorem Edwardem Soczewińskim, który zapoczątkował badania nad teorią procesu chromatograficznego na zbuforowanej bibule. Pierwsza praca z ośrodka lubelskiego dotycząca chromatografii podziałowej ukazała się w 1957 roku (A. Waksmundzki, E. Soczewiński, R. Aksanowski, *Chromatographic separation of quinoline bases on buffered paper*, *Chemia Analit.*, (Warsaw), 1957, 2, 459). W tym samym roku wydana została także obszerna monografia (ponad 1000 str.) pod tytułem „Chromatografia”, w której Profesor Waksmundzki był autorem 10-ciu pierwszych rozdziałów poświęconych teorii i metodyce tej techniki rozdziału. Należy zauważyć, że pozycja ta w owym czasie odegrała znaczącą rolę, popularyzując w naszym Kraju chromatograficzne metody rozdziału.

Ten pierwszy okres działalności naukowców oddanych chromatografii w kierowanych przez prof. A. Waksmundzkiego zakładach (okres pierwszych 10-ciu lat) wydaje się być wyjątkowo istotny dla tego co działo się później w ośrodku lubelskim, istotny także dla rozwoju chromatografii w Polsce jak i na świecie. W okresie tym przeprowadzono bowiem mnóstwo eksperymentów, których wyniki pozwoliły wyciągnąć wiele wniosków jak i sformułować szereg teorii dotyczących chromatografii. Przykładem może być jeden z ważniejszych modeli procesu chromatograficznego, model adsorpcyjnej chromatografii cieczowej, sformułowany przez wspomnianego prof. Soczewińskiego. Model ten jest w dalszym ciągu wykorzystywany z dużym powodzeniem (pomimo iż od momentu jego powstania minęło przeszło 60 lat), co świadczy o osiągnięciach Lubelskiej Szkoły Chromatografii. W jego opracowaniu pomocne były nie tylko wyniki badań samego prof. Soczewińskiego, ale także wyniki badań innych uczniów profesora Waksmundzkiego, pracowników Katedry Chemii Fizycznej UMCS. Mam tu na myśli ówczesnego doktoranta prof. Waksmundzkiego, dziś profesora emeryta Jana Kazimierza Różyłę oraz na ów czas doktora, prof. Jarosława Ościka, którzy zajmowali się, pierwszy praktycznie, a drugi teoretycznie, wpływem składu fazy ruchomej na retencję związków w układzie adsorpcyjnym.

Co było dalej? – z pewnym przybliżeniem przyrównać to można do powoli rozszerzającej się lawiny wywołanej przez spadające z drzewa bryłki śniegu. U schyłku lat 50-tych i na początku lat 60-tych w zespole chromatograficznym kierowanego przez prof. Waksmundzkiego Zakładzie Chemii Fizycznej (warto w tym miejscu wyjaśnić, że w tym okresie działała w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS już trzy zespoły badawcze – chromatografii, adsorpcji i flotacji), zaczyna rozwijać się kolejny, tym razem wielowątkowy nurt naukowo-badawczy, który zatytułowałbym: **synteza sorbentów do chromatografii oraz konstrukcja podzespołów i elementów do aparatury chromatograficznej**. Zagadnienia mieszczące się w tym nurcie były rozwijane przez długie lata, aż do końca XX wieku, a za ich początek można przyjąć prace prof.

A. Waksmundzkiego z prof. Zdzisławem Suprynowiczem, który będąc jeszcze magistrem chemii (1955–1965), otrzymał zadanie skonstruowania pierwszego polskiego chromatografu gazowego. W dzisiejszej dobie nie stanowiłoby to zapewne dużego problemu, ale wówczas było to wyjątkowe wyzwanie. Jako ciekawostkę podam, że cały aparat został wykonany ze szkła, jako rejestrator wykorzystano galwanometr lusterkowy z polarografu Heyrovsky'ego, zaś kolumna termostatowana była skraplającymi się parami wrzącej cieczy – tak jak działają współczesne solary. Notabene, aparat „zafunkcjonował” dopiero gdy w Zakładzie pojawił się fabrycznie wyprodukowany chromatograf gazowy i można było podejrzeć i skopiować pewne rozwiązania techniczne.

Biorąc pod uwagę ostatnio wymieniony nurt badawczy chciałbym wyróżnić rozpoczęte w 1971 roku prace dotyczące konstrukcji tzw. filamentów detektora termoprzewodnictwa (katarometru) do chromatografii gazowej.



Rysunek 2. Pierwszy (1972 r.) polski filament detektora termoprzewodnictwa (tzw. katarometru) do chromatografii gazowej wyprodukowany w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS w Lublinie.
Figure 2. The first (1972) Polish filament of a thermal conductivity detector (so-called catharometer) for gas chromatography produced at the Department of Physical Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University in Lublin.



Rysunek 3. Pierwsza (1972 r.) skonstruowana w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS w Lublinie wyciągarka do kolumn kapilarnych – prymitywny protoplasta wyciągarek do produkcji polskich światłowodów.

Figure 3. The first winch for capillary columns constructed at the Department of Physical Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University in Lublin – a primitive progenitor of winches for the production of Polish optical fibers.



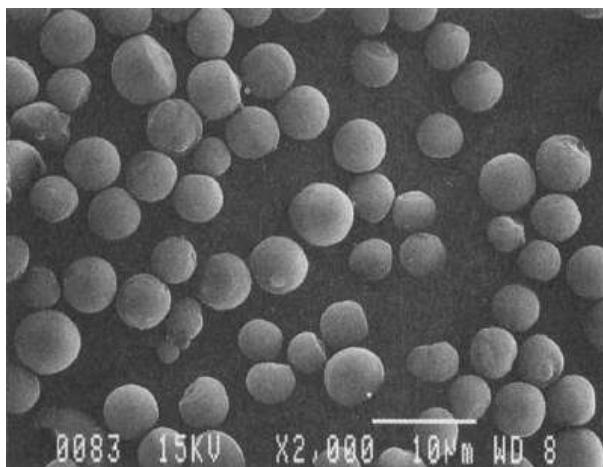
Rysunek 4. Pierwsze (1975 r.) polskie szklane kolumny kapilarnie do chromatografii gazowej wyprodukowane w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS w Lublinie.

Figure 4. The first (1975) Polish glass capillary columns for gas chromatography, manufactured at the Department of Physical Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University in Lublin.

W ich wyniku powstały pierwsze wyciągarki do preparatyki szklanych kapilar, które w postaci już bardziej zaawansowanej pozwoliły ok. roku 1973 wyprodukować pierwsze w Polsce kolumny kapilarnie do chromatografii gazowej. Powyższe wyróżnie-

nie nie jest bezpodstawne, gdyż to doświadczenie nabyte przy konstrukcji wyciągarek przyczyniły się m.in. do podjęcia w roku 1975 przez kilku pracowników Zakładu Chemii Fizycznej badań prowadzących do opracowania polskiej technologii światłowodów. Ale to już inna historia.

Poza pracami konstrukcyjnymi, w tym samym okresie prowadzono eksperymenty dotyczące preparatyki pierwszych polskich wypełnień do kolumn chromatograficznych zarówno tych do chromatografii gazowej jak i cieczowej. Opracowano i opatentowano kilka rodzajów diatomitowych nośników ciekłych faz stacjonarnych, tzw. Polsorbów (główni twórcy to Z. Suprynowicz i J. Gawdzik) oraz szeroki asortyment różniących się średnicą porów szkieł o kontrolowanej porowatości typu CPG-10 (główni twórcy to A.L. Dawidowicz, J. Gawdzik i A. Waksmundzki). Prowadzono też prace nad preparatyką szkieł o kontrolowanej porowatości i kulistym kształcie ziarna do chromatografii gazowej i cieczowej (główni wykonawcy A.L. Dawidowicz, J. Gawdzik, B. Buszewski) oraz nad syntezą i właściwościami sorbentów krzemionkowo-węglowych (główni wykonawcy R. Leboda, J. Skubiszewska-Zięba). Dwa pierwsze opracowana doczekały się nawet wdrożenia do produkcji.



Rysunek 5. Pierwsze wypełnienia o kształcie kulistym do kolumn GC ze szkieł o kontrolowanej porowatości, które wyprodukowano w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS (1974).

Figure 5. The first spherical packings for GC columns made of controlled porosity glasses, produced at the Department of Physical Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University (1974).

Na wyróżnione przeze mnie problemy należy patrzeć w kontekście nie tylko prac badawczych rozwijających chromatografię, ale także w kontekście produkcji antyimportowej. Część czytelników zapewne doskonale pamięta, jak trudne były kiedyś czasy dla nauki, jak ciężko było zdobyć dewizy na zakup czeokolwiek. Trzeba było sobie radzić samemu i „łatać przysłowiowe dziury”.

Znaczące miejsce w tym szerokim podejściu prof. Waksmundzkiego do chromatografii znalazły także zagadnienia teoretyczne. Zapoczątkowane one zostały pracami dotyczącymi wykorzystania chromatografii do badań niejednorodności energetycznej powierzchni sorbentów i dały początek bardzo silnie rozwiniętemu kierunkowi zastosowania chromatografii do badań fizykochemicznych. Najlepszym wyrazem siły z jaką Profesor potrafił zaszczerpić swoich asystentów (obecnie panów Profesorów) Władysława Rudzińskiego i Romana Lebołę problemami zastosowania chromatografii w wymienionym obszarze wiedzy jest fakt, iż bardzo często obok chromatografu w pracowni można było zobaczyć polowe łóżko, którego obecność pozwalała im na intensyfikację pracy naukowej. Pracy, która w przypadku prof. Rudzińskiego stawała się powoli coraz bardziej specjalistyczna i pozwoliła mu wraz z kilkoma wówczas młodymi pracownikami Zakładu Chemii Fizycznej utworzyć oddzielną komórkę naukowo-dydaktyczną, Zakład Chemii Teoretycznej. Zakład, który jeszcze przez lata współpracował z Jednostką macierzystą, w tym również z zespołem rozwijającym chromatograficzne metody rozdzielania.

Jednym z ważnych momentów w historii lubelskiej szkoły chromatografii był rok 1979. W tym bowiem roku z Zakładu Chemii Fizycznej wyodrębniła się nowa jednostka, Zakład Fizyki Chemicznej, na którego czele stał wówczas doc. dr hab., a od 1983 Profesor, Zdzisław Suprynowicz.



Rysunek 6. Prof. dr hab. Zdzisław Suprynowicz kierował Zakładem Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania na UMCS w latach 1979-1999. Wypromował 7 doktorów.
Figure 6. Prof. Dr. Sc. Zdzisław Suprynowicz headed the Department of Chemical Physics and Physicochemical Separation Methods at Maria Curie-Skłodowska University in 1945-1981. He supervised 7 PhD students.

W skład tej 6-cio osobowej jednostki naukowo-dydaktyczna, która od 1982 roku widnieje pod nazwą Zakład Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania, wchodzi, poza kierownikiem, 5-ciu pracowników Zakładu Chemii Fizycznej, którzy już wcześniej współpracowali ściśle z prof. Suprynowiczem w obszarze chromatografii. Tak więc od 1979 do 1981 na terenie Wydziału Mat-Fiz-

Chem. UMCS działają dwie niezależne, ale współpracujące ze sobą grupy zajmujące się chromatografią - jedna to Zakład Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania pod kierunkiem prof. Z. Suprynowicza, a druga to pozostała część chromatografistów Zakładu Chemii Fizycznej pod kierunkiem prof. Waksmundzkiego. W tej drugiej grupie istnieje też niewielki zespół specjalizujący się w chromatografii cienkowsarstwowej prowadzony przez prof. dr hab. Jana K. Różyłę. W roku 1981 prof. A. Waksmundzki odchodzi na emeryturę i chromatografisci Zakładu Chemii Fizycznej (za wyjątkiem zespołu prof. J.K. Różyły) zostają przeniesieni do Zakładu prowadzonego przez prof. Suprynowicza powiększając jego stan osobowy.

Rok 1979 zaliczyłem do ważnych nie tyle z uwagi na pojawienie się nowego chromatograficznego lidera w ośrodku lubelskim, co z uwagi na znaczne rozszerzenie chromatograficznej tematyki jaką zaczęto w nim „uprawiać”. Zgodnie z trendami światowymi stopniowo wprowadzano do badań nowoczesne metody rozdziału, takie jak wysokosprawną chromatografię cieczową, izotachoforeza chromatograficzne techniki sprzężone. Rozwijano migracyjne i niemigracyjne metody przygotowania próbek do analizy różnego rodzaju substancji w złożonych matrycach roślinnych i środowiskowych. Prowadzono też pracę nad preparatyką bardzo nowoczesnych na tamte czasy sorbentów z chemicznie związaną fazą do kolumn HPLC i kolumnienek SPE. Osobą wiodącą w tym ostatnim temacie, poza prof. Suprynowiczem, był wtedy doktor, a obecnie profesor Bogdan Buszewski, który po powrocie z Bratysławy, gdzie prowadził eksperymenty do swojej pracy doktorskiej, kontynuował badania w Lublinie.

Ich efektem było opracowanie technologii produkcji wspomnianych materiałów. Udało się ją wdrożyć w Zakładzie Odczynników Chemicznych w Lublinie (tj. lubelskim oddziale POCh Gliwice). W konsekwencji sorbenty te były handlowo dostępne w formie sypkiej oraz w postaci wysokosprawnych kolumn do HPLC i cieszyły się dużym uznaniem wśród ich użytkowników.

Podsumowując dokonania prof. Suprynowicza w odniesieniu do osiągnięć Lubelskiej Szkoły Chromatografii należy zauważyć, że prowadził On również szeroką działalność organizacyjną i propagatorską. Wielokrotnie organizował kursy chromatograficzne, które odbywały się nie tylko w Lublinie, lecz równie w innych krajowych ośrodkach naukowych oraz zjazdy naukowe poświęcone aspektom teoretycznym, aparaturowym i metodycznym chromatografii gazowej i cieczowej. Z Jego inicjatywy przez jakiś czas działało w Zakładzie Podyplomowe Studium Chromatograficzne. Ta działalność służyła nie tylko kształceniu młodej kadry naukowej, lecz również wymianie myśli naukowej oraz integracji środowiska chromatograficznego w Polsce. Została ona przerwana nagłą śmiercią profesora w listopadzie 1999 roku.

Należy w tym momencie zauważyć, że w okresie kiedy prof. Z. Suprynowicz był kierownikiem, w Jego Zakładzie swój dorobek powiększali i podsumowywali w formie habilitacji kolejni „wyznawcy” i-propagatorzy chromatografii, późniejsi profesorowie Roman Leboda (habilitacja 1981 r.), Jan Rayss (habilitacja 1985 r.) i autor tego opracowania, czyli Andrzej L. Dawidowicz (habilitacja 1986 r.). Ponieważ prof. Jan

Rayss zdecydował się w 1987 roku odejść z Zakładu przyjmując stanowisko kierownika Pracowni Światłowodów to siłą rzeczy po śmierci Prof. Suprynowicza w Zakładzie Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania pozostało dwóch kandydatów wstępnie przygotowanych by podjąć trud jego dalszego prowadzenia. Po tajnym głosowaniu pracowników Zakładu i pozytywnym zaopiniowaniu Dziekana Wydziału Chemii funkcję tę z dniem 01.01.2000 r. J. M. Rektor UMCS powierzył mojej osobie.



Rysunek 7. Prof. dr hab. Andrzej L. Dawidowicz kierował Zakładem Metod Chromatograficznych na UMCS w latach 2000-2019. Wypromował 18 doktorów.

Figure 7. Prof. Dr. Sc. Andrzej L. Dawidowicz headed the Department of Chromatographic Methods at Maria Curie-Skłodowska University in 2000-2019. He supervised 18 PhD students.

Trudno jest pisać autowi o własnych dokonaniach. Ich ocenę pozostawiam kolejnym pokoleniom lubelskich chromatografistów, niemniej jednak zainteresowanemu czytelnikowi należy się informacja, że po roku 2000 na terenie kierowanego przeze mnie Zakładu działały dwa zespoły badawcze. Zespół kierowany przez prof. R. Leboję zajmował się m. in. preparatyką i oceną właściwości adsorbentów krzemionkowych, węglowych i węglowo-mineralnych do chromatografii i adsorpcji oraz ich zastosowaniem przemysłowym w ochronie środowiska, zwłaszcza w analizie wody na zawartość śladowych ilości substancji organicznych, teorią adsorpcji gazów i cieczy na powierzchniach ciał stałych i w ośrodkach porowatych i wieloma innymi problemami. Zespół kierowany przeze mnie rozwijał zaś procedury analityczne pod kątem ich dalszego wykorzystania w analizie klinicznej, kryminalistycznej, środowiskowej i żywności. Wiele uwagi poświęcano rozwojowi metod jakie powinno się wykorzystywać, w celu odpowiedniego przygotowania złożonych pod względem składu próbek pochodzących z wymienionych obszarów, aby można było w nich jak najprościej, najszybciej i najrzetelniej oznaczyć analizowane substancje. Zajmowano się też badaniem transformacji jakim mogą ulegać związki, szczególnie składniki matrycy roślinnych, w trakcie ich analizy metodami chromatograficznymi. Dzięki rozwijającym w Zakładzie metodom odkryto wiele nowych pochodnych znanych już wcześniej substancji biologicznie aktywnych.

W początkowym okresie kierowania Zakładem udało mi się znacznie powiększyć jego „park aparaturowy”. Pojawił się sprzęt chromatograficzny, który nie odbiegał jakością i możliwościami od tych jakimi mogły pochwalić się nowoczesne laboratoria analityczne. Wpłynęło to na decyzję o zmianie nazwy Zakładu. Został on z dniem 08.06.2004 r. przemianowany na Zakład Metod Chromatograficznych. Od tego momentu mocno zaczęła się też rozwijać w Zakładzie analityka kliniczna. Było to możliwe, nie tylko dzięki zwiększonym możliwościom analitycznym Zakładu, ale także szeroko zakrojonej współpracy z jednostkami zabiegowymi Akademii Medycznej w Lublinie, które były głównym źródłem próbek krwi, moczu, płynu mózgowodzeniowego i innych. Kontakt w wymienionych matrycach oraz rozwój analityki klinicznej miał dla Zakładu i Wydziału Chemii dwojakiego rodzaju konsekwencje – naukowe i dydaktyczne. Te pierwsze można łatwo ocenić studiując odpowiednie bazy danych w Internecie (np. Google Scholar czy Scopus), z których jednoznacznie wynika, że zakład pozostawił po sobie potężny dorobek, który wywołuje znaczny rezonans w postaci licznych cytowań, dowodząc tym samym jego uznania przez świat nauki. Ten drugi rodzaj konsekwencji to wzrost popularności Zakładu wśród studentów, którzy coraz liczniej wykazywali chęć specjalizowania się w dziedzinie jaką reprezentowali jego pracownicy naukowci. Ułatwiło mi to rozmowy z kolejnymi Dziekanami Wydziału Chemii UMCS, którzy zgodzili się otworzyć nowe specjalności dydaktyczne, takie jak *Chemia Środków Bioaktywnych i Kosmetyków*, *Chemia Analityczna* i *Chemia Kryminalistyczna*. Mimo upływu lat specjalności te w dalszym ciągu cieszą się wśród studentów sporym zainteresowaniem. Ze swoimi możliwościami naukowymi i dydaktycznymi Zakład wychodził także na zewnątrz organizując wiele kursów z chromatografii gazowej, cieczerwowej, wykorzystania spektrometrii mas w GC i LC, metod przygotowania próbek do analizy, podtrzymując tym samym tradycję kursów zapoczątkowaną jeszcze przez prof. Suprynowicza.

Kończąc ten etap historii chromatografii na UMCS chciałbym jeszcze zaznaczyć, że w okresie sprawowania przeze mnie kierownictwa Zakład nawiązał współpracę z bardzo wieloma podmiotami gospodarczymi naszego Kraju i ośrodkami zagranicznymi wykonując dla nich analizy, a także pomagając w rozwiązaniu ich problemów. Działalność ta przynosiła także wymierne korzyści Uczelni macierzystej.

Moja odpowiedzialność za Zakład skończyła się jesienią 2019 r, kiedy to wprowadzono w życie nową reformę szkolnictwa wyższego. Na Wydziale Chemii utworzono Katedry, w tym także Katedrę Chromatografii i nie było sensu, aby powierzać jej kierownictwo osobie, która już kilka lat wcześniej osiągnęła wiek emerytalny. Pałeczka została przekazana młodej, dobrze zapowiadającej się wychowance Zakładu, Pani dr hab. Dorocie Wianowskiej. Minął zbyt krótki okres czasu od momentu przejścia przez Nią obowiązków kierownika Katedry, aby można było dokonać jakiegoś szerszego podsumowania Jej działalności w kontekście wzmacniania pojęcia „Lubelska Szkoła Chromatografii”. Z dotychczasowych obserwacji wynika, że obecna kierownik Katedry na razie stara się podążać ścieżką wytyczoną przez Jej poprzedników.

Pozwoliłem sobie zauważyć tylko niektóre fakty mówiące o rozwoju chromatografii w ośrodku lubelskim w okresie 80-ciu lat jego istnienia. Widać, że zostały one uznane i docenione, czego niewątpliwym dowodem jest określenie „Lubelska Szkoła Chromatografii”. Na to miało zapracować wiele osób. Z nadzieję, że nikogo nie pominąłem, poniżej przytaczam listę samodzielnych pracowników nauki, obecnych i byłych oraz wychowanków Zakładu Chemii Fizycznej, Zakładu Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania, Zakładu Metod Chromatograficznych i Katedry Chromatografii, kolejnych Jednostek naukowo-dydaktycznych UMCS, którzy swoją działalnością naukową współtworzyli markę Lubelskiej Szkoły Chromatografii:

1. Prof. dr hab. dr h.c. Andrzej Waksmundzki
2. Prof. dr hab. Zdzisław Suprynowicz
3. Prof. dr hab. Jarosław Ościk
4. Prof. dr hab. Jan K. Różyło
5. Prof. dr hab. dr h.c. mult. Bogdan Buszewski
6. Prof. dr hab. Andrzej L. Dawidowicz
7. Prof. dr hab. Roman Leboła
8. Prof. dr hab. Emilia Fornal
9. Prof. dr hab. Barbara Gawdzik
10. Prof. dr hab. Władysław Rudziński
11. Prof. dr hab. dr h.c. Mieczysław Jaroniec
12. Prof. dr hab. Anna Deryło-Marczewska
13. Prof. dr hab. Andrzej Patrykiewicz
14. Prof. dr hab. Małgorzata Borówko
15. Prof. dr hab. Irena Malinowska
16. Prof. dr hab. Krystyna Bartnik-Pomorska
17. Dr hab. Irena Choma
18. Dr hab. Jolanta Narkiewicz-Michałek
19. Dr hab. Barbara Ościk-Mendyk
20. Dr hab. Małgorzata Janicka
21. Dr hab. Dorota Wianowska
22. Dr hab. Jadwiga Skubiszewska-Zięba
23. Dr hab. Barbara Charnas
24. Dr hab. Waldemar Tomaszewski
25. Dr hab. Rafał Typek

Do tej listy dołączam też analogiczną, zestawiającą byłych i obecnych pracowników oraz wychowanków Zakładu Chemii Nieorganicznej Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej w Lublinie, którego pierwszym kierownikiem był prof. dr hab. Andrzej Waksmundzki, a którzy swoją działalnością naukową również przyczynili się do rozwoju lubelskiej szkoły chromatografii.

1. Prof. dr hab. dr h.c. Andrzej Waksmundzki
2. Prof. dr hab. dr h.c. Edward Soczewiński
3. Prof. dr hab. Maria Lucyna Bieganowska
4. Prof. dr hab. Teresa Wawrzynowicz
5. Prof. dr hab. Monika Waksmundzka-Hajnos
6. Prof. dr hab. Tadeusz Dzido
7. Prof. dr hab. Leon Jusiak
8. Prof. dr hab. Władysław Gołkiewicz
9. Prof. dr hab. Ryszard Kocjan
10. Prof. dr hab. Stanisław Przeszlakowski
11. Prof. dr hab. Tadeusz Wolski
12. Prof. dr hab. Grażyna Matysik
13. dr hab. Maria Przyborowska

Biorąc pod uwagę, że większość wyżej wymienionych osób ma lub miała jeszcze swoich współpracowników i wychowanków, z których znaczna część też współtworzyła chromatograficzną spuściznę ośrodka lubelskiego, to ukłon za jej bogactwo należy się też i tej armii niewymienionych z nazwiska badaczy, którzy działali i działają pod kierunkiem swoich nauczycieli i kierowników. Pozostaje mi tylko mieć nadzieję, że dotychczasowy dorobek chromatograficzny będzie dalej pomnażany, a marka Lubelskiej Szkoły Chromatograficznej na zawsze wpisze się w świadomość kolejnych pokoleń.

Praca wpłynęła do Redakcji 22 czerwca 2024 r.

ZJAWISKA MIĘDZYFAZOWE – 80 LAT BADAŃ CZEŚĆ I – ADSORPCJA I CHROMATOGRAFIA CIECZOWA

INTERFACIAL PHENOMENA – 80 YEARS OF STUDIES PART I. ADSORPTION AND LIQUID CHROMATOGRAPHY

**Anna Deryło-Marczewska*, Irena Malinowska, Jacek
Goworek**

*Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
e-mail: anna.derylo-marczewska@mail.umcs.pl

Abstract

Wprowadzenie

1. Adsorpcja

1.1. Adsorpcja z roztworów nieelektrolitów

1.1. Adsorpcja z roztworów rozcieńczonych

1.1. Metody charakteryzowania porowatości materiałów

1.1. Syntezy materiałów

2. Chromatografia cieczowa

2.1. Chromatografia cieczowa - badania podstawowe

2.2. Optymalizacja układów chromatograficznych z dwu i trójskładnikowymi fazami ruchomymi

2.3. Badania nad wpływem prowadzenia procesu chromatograficznego na sprawność, rozdzielczość i selektywność układów chromatograficznych oraz na oddziaływanie w układzie chromatograficznym

2.4. Zastosowanie chromatografii cieczowej w badaniach biomedycznych

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Anna Deryło-Marczewska Research interests: synthesis and characterization of silica and carbonaceous materials of well-organized structure, various types of composites, nanomaterials; processes of physical adsorption from liquid phases on heterogeneous solid surfaces, the studies of adsorption equilibrium and kinetics, adsorption from single- and multicomponent systems. Coordinator of the research project “Nanostructured Biocompatible/Bioactive Materials” (NanoBioMat) (FP-7-PEOPLE-2013-IRSES) (2014-2017). Coordinator of the educational project “English Courses for Materials Chemistry” (FSS) (2009-2011). Coordinator (for the Faculty of Chemistry) of the infrastructural project „Development and modernization of the education-research base of priority courses of MCSU” (POiŚ 2007-2013) (2012-2015). Supervisor of 6 doctoral thesis. 140 scientific articles published in journals and publishing series indexed in Web of Science/JCR, 72 other articles, 3 chapters in monographs in English, 3 chapters in monographs in Polish, 206 presentations (international conferences) and 149 presentations (Polish conferences). Vice-Dean for Research and Cooperation with Industry of the Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University in Lublin (2008-2016). Dean of the Faculty of Chemistry (2016-2024).

Prof. dr hab. Jacek Goworek Born 12 April 1949 in Chełm, Poland. Main research interest concerned adsorption from gas and liquid phase, liquid chromatography, positronium annihilation spectroscopy, thermal analysis, preparation of composite materials, structural characterization of solids. From 1993 until 2005 Vice- Dean of Faculty of Chemistry of Maria Curie Skłodowska University for research and international cooperation. Since 1997 up to 2001 head of Department of Adsorption and Planar chromatography, and from 2001 until 2019 head of Department of Adsorption. Since 1998 Professor of Chemistry. Published over two hundred fifty papers in international journals, chapters in monographs and communications in conference materials. Supervisor of 6 doctoral thesis. Member of International Adsorption Society and American Nano Society. Currently retired.



<https://orcid.org/0000-0003-0208-1257>

Prof. dr. Irena Malinowska - graduate of the Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University, Lublin. Professional path - associated with the Faculty of Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University and currently with the Institute of Chemical Sciences of Maria Curie-Skłodowska University. Scientific interests - liquid chromatography:

- application as an analytical method
- application of biomimetic chromatographic systems in predicting biological activity of compounds
- study of the influence of external fields - magnetic and electrostatic on the interactions in electro- and magnetochromatographic systems and on the retention, efficiency, resolution of chromatographic systems.

Author of 103 publications, 7 chapters in monographs and co-author of 2 books on liquid chromatography. Supervisor of 5 doctoral theses. Head of the Department of Planar Chromatography from 2006 to 2019.



<https://orcid.org/0000-0002-7495-3969>

ABSTRACT

The paper presents the development of research on adsorption processes and thin-layer chromatography in the Department of Physical Chemistry of Maria Curie-Skłodowska University. The studies on chromatography and adsorption were initiated by prof. Andrzej Waksmundzki and his student prof. Jarosław Ościk at the turn of the 1940s and 1950s. Experimental studies in the area of adsorption included adsorption systems such as adsorbent – solutions of non-electrolytes in the entire concentration range, adsorbent – single- and multi-component diluted solutions, and measurements of adsorption equilibrium and kinetics. Methods for the synthesis and modification of various types of materials (silicas, carbons, clays, polymers, composites, nanomaterials) and methods for characterizing the structural and surface properties of adsorbents were developed, and a very effective method for measuring adsorption kinetics was developed. Experimental adsorption data, isotherms and concentration profiles, were analysed using various models and equations.

Keywords: adsorption from liquid phase, adsorption from gases, adsorption equilibria, adsorption kinetics, materials characterization, liquid chromatography

Słowa kluczowe: adsorpcja z fazy ciekłej, adsorpcja gazów, równowaga adsorpcji, kinetyka adsorpcji, charakterystyka materiałów, chromatografia cieczowa

WPROWADZENIE

Katedra Chemii Fizycznej, pod kierownictwem prof. dr hab. Andrzeja Waksmundzkiego, rozpoczęła działalność już w 1944 r., jako jedna z 4 katedr wchodzących w skład Sekcji Chemii na Wydziale Przyrodniczym Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W ramach wprowadzanych w 1970 r. zmian struktury jednostek szkolnictwa wyższego Katedra została przemianowana w Zakład Chemii Fizycznej. Przez 35 lat badaniami i dydaktyką w tych jednostkach kierował profesor Andrzej Waksmundzki. W ciągu 80 lat istnienia Katedra/Zakład Chemii Fizycznej przechodziły wiele zmian. Ich potencjał naukowy był tak duży, że wydzielilo się z nich kilka samodzielnie funkcjonujących jednostek. Następcami prof. Waksmundzkiego w Zakładzie Chemii Fizycznej byli kolejno profesorowie Jarosław Ościk, Emilian Chibowski, Lucyna Hołysz. Po reorganizacji w 2019 roku Zakład Chemii Fizycznej podzielił się na Katedrę Zjawisk Międzyfazowych kierowaną przez prof. dr hab. Annę Zdziennicką oraz Katedrę Chemii Fizycznej, kierowaną przez prof. dr hab. Annę Deryło-Marczewską (obecnie dr hab. Elżbietę Grządkę, prof. UMCS). W skład nowej Katedry Chemii Fizycznej weszły Zakład Adsorpcji (kierowany przez prof. dr hab. Jacka Goworka), Zakład Fizykochemii Powierzchni Ciała Stałego (kierowany przez prof. dr hab. Annę Deryło-Marczewską) i Zakład Chromatografii Planarnej (kierowany przez prof. dr hab. Irenę Malinowską).

W Katedrze, a później w Zakładzie Chemii Fizycznej prof. dr hab. Andrzej Waksmundzki zainicjował pionierskie w Polsce badania nad technikami chromatograficznymi. Objęły one chromatografię gazową, wysokosprawną chromatografię cieczową oraz chromatografię planarną. Jednocześnie, ze względu na konieczność analizy mechanizmów procesów chromatograficznych, podjęto też badania nad zjawiskami adsorpcji na różnych granicach fazowych, w tym szczególnie ciało stałe/ciecz i ciało stałe/gaz. Tematykę tą przez wiele lat rozszerzał prof. dr hab. Jarosław Ościk, a następnie Jego uczniowie, profesorowie Jacek Goworek i Anna Deryło-Marczewska. Kierując swoimi zespołami prowadzili równocześnie część wspólnych badań. W obu grupach naukowych, przy współpracy ze specjalistami z zakresu chemii teoretycznej, realizowano część eksperymentalną i analizę teoretyczną procesów adsorpcyjnych w różnych układach: dwu- i wieloskładnikowe roztwory nieelektrolitów w całym zakresie stężeń/ciała stałe oraz jedno- i wieloskładnikowe roztwory rozcieńczone/ciała stałe. Doświadczalnie mierzono i analizowano, przy zastosowaniu prostych równań i modeli teoretycznych, równowagowe i kinetyczne dane adsorpcji. Część prowadzonych badań dotyczyła też adsorpcji z fazy gazowej na ciałach stałych. Ważny nurt badań obejmował syntezę, modyfikacje i charakteryzowanie właściwości strukturalnych oraz powierzchniowych materiałów porowatych.

1. ADSORPCJA

1.1. ADSORPCJA Z ROZTWORÓW NIEELEKTROLITÓW

Problematyka badań prowadzonych w zespołach naukowych prof. dr hab. Jarosława Ościka i prof. dr hab. Jacka Goworka oraz prof. dr hab. Anny Deryło-Marczewskiej koncentrowała się wokół zagadnień dotyczących sorpcji na ciałach stałych. Tematyka badawcza była efektem wcześniejszych badań prowadzonych już w latach 50-tych XX wieku przez prof. dr hab. Jarosława Ościka i Jego współpracowników. Profesor Ościk był wielkim autorytetem w zakresie zagadnień związanych z adsorpcją z fazy ciekłej i opisem termodynamicznym sorpcji na ciałach stałych, ze szczególnym naciskiem na układy wieloskładnikowe. Badania te były kontynuowane w późniejszych latach przez profesorów Jacka Goworka i Annę Deryło-Marczewską oraz ich współpracowników. Dotyczyły one początkowo analizy procesu adsorpcji z dwu- i trójskładnikowych roztworów nieelektrolitów.

Jednym z ważniejszych nurtów badań nad adsorpcją z roztworów było wykorzystanie parametrów charakteryzujących adsorpcję z układów prostych do opisu adsorpcji z układów wieloskładnikowych (roztwory nieelektrolitów w całym zakresie stężeń oraz roztwory rozcieńczone związków organicznych). Badania te prowadziła Anna Deryło-Marczewska w ramach przygotowania rozprawy doktorskiej pod kierunkiem prof. dr hab. Mieczysława Jarońca. Dane doświadczalne były analizowane przy wykorzystaniu prostych modeli teoretycznych z uwzględnieniem wpływu różnych czynników na przebieg procesu adsorpcji: energetycznej niejednorodności, różnic w rozmiarach cząsteczkowych oraz tworzenia wielowarstwy adsorpcyjnej. Dla badanych układów doświadczalnych stwierdzono możliwość opisu równowag adsorpcyjnych w układach złożonych za pomocą parametrów charakteryzujących adsorpcję układów prostych [1-3]. Badania nad dwu- i wieloskładnikowymi roztworami nieelektrolitów w całym zakresie stężeń były dalej rozszerzane. Koncentrowały się one między innymi na znalezieniu zależności pomiędzy parametrami różnych równań izoterm adsorpcji. Pozwoliło to na potwierdzenie możliwości efektywnego stosowania różnych równań lub modeli do opisu tych samych danych doświadczalnych, ale w ograniczonym zakresie stężeń/adsorpcji. Ponadto, opierając się na założeniu, że energie adsorpcji wszystkich składników zmieniają się w ten sam uporządkowany sposób niezależnie od typu centrum adsorpcyjnego, przedstawiono ogólną metodę opisu procesu adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych. Zaproponowano sposób opisu procesu adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych przy uwzględnieniu efektów heterogeniczności oraz asocjacji w fazie objętościowej, który umożliwił przybliżone oszacowanie wielkości stałych asocjacji [4, 5].

Pomiary adsorpcji prowadzono na materiałach krzemionkowych, węglach handlowych i materiałach węglowych własnej produkcji modyfikowanych w różnoraki sposób. Wiele uwagi poświęcano w tamtym czasie modelowaniu składu chemicznego powierzchni węgla i struktury porów poprzez różnorodne modyfikacje pod kątem osiągnięcia jak największej efektywności sorpcji wybranego składnika roztworu. W trakcie badań ustalono ogólne zasady procedur preparatyki selektywnych sorbentów węglowych na drodze obróbki termicznej oraz modyfikowania powierzchni węgla środkami utleniającymi lub redukującymi. Wyniki badań prof. Jacka Goworka, Anny Deryło-Marczewskiej i współpracowników nad adsorpcją z dwu- i trójskładnikowych roztworów nieelektrolitów na sorbentach węglowych zostały opublikowane w kilkudziesięciu pracach w czasopiśmie o światowym zasięgu.

Omawiając ten nurt badań nie sposób nie wspomnieć o cennej współpracy z prof. Mieczysławem Jarońcem z Zakładu Chemii Teoretycznej Wydziału Chemii UMCS, a od roku 1998 profesorem w Kent State University w USA. Bardzo inspirujące były też w tym czasie kontakty naukowe z prof. Peterem Bräuerem i prof. Grit Kalies z Wilhelm Ostwald Institute of Physical and Theoretical Chemistry na Uniwersytecie w Lipsku. Osiągnięcie wielu wartościowych wyników w tym zakresie było też możliwe dzięki owocnej współpracy z wiodącymi ośrodkami badawczymi w kraju o podobnym profilu badawczym. Na szczególne wyróżnienie zasługują wieloletnie kontakty naukowe z prof. Andrzejem Świątkowskim z Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, prof. Stanisławem Biniakiem z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz prof. Bronisławem Buczkim z Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie. Oprócz trzech głównych partnerów we wspólnych badaniach, współpraca obejmowała również innych członków zespołów z wymienionych uczelni. W ramach badań nad adsorpcją z roztworów nieelektrolitów na ciałach stałych analizowany był wpływ nieidealności fazy objętościowej oraz energetycznej i strukturalnej heterogeniczności adsorbentów na wielkość nadmiarowej adsorpcji i selektywność; stwierdzono wzrost selektywności adsorpcji dla preferencyjnie adsorbowanego składnika przy adsorpcji w adsorbentach o węższych porach. Dla modyfikowanych chemicznie lub termicznie materiałów węglowych analizowano wpływ zmiany właściwości powierzchniowych na efektywność procesu adsorpcji [6, 7].

Tematyka badawcza zainicjowana przez prof. J. Ościka, związana z adsorpcją z trójskładnikowych roztworów była kontynuowana także w latach późniejszych. Dowodzi tego przygotowana w roku 1997, pod kierunkiem prof. Goworka, praca doktorska dr Anieli Nieradki dotycząca tych zagadnień, a głównie badań nad adsorpcją z trójskładnikowych roztworów. Inspirując się wcześniejszymi rozważaniami termodynamicznymi prof. Ościka związanymi z opisem równowagi adsorpcyjnej dla trójskładnikowych faz ruchomych w chromatografii cieczowej za-

prezentowano ciekawą metodę wizualizacji danych adsorpcji dla trójskładnikowych mieszanin na ciałach stałych w warunkach statycznych. Była ona modyfikacją, powszechnie stosowanej w przypadku takich układów, prezentacji w postaci trójkąta Gibbsa [8]. Zaproponowany sposób prezentacji danych, sprowadzający układy trójskładnikowe do układów pseudo-dwuskładnikowych okazał się bardzo atrakcyjny dla opisu termodynamicznego procesu adsorpcji. W istotny sposób upraszcza opis termodynamiczny adsorpcji dla trójskładnikowych roztworów. Zalety tej metody zostały docenione przez specjalistów zajmujących się termodynamiką adsorpcji z fazy ciekłej [9, 10].

W kolejnych latach badania nad adsorpcją z roztworów na ciałach stałych były zdominowane w coraz większym stopniu przez modelowanie struktury i charakteru chemicznego sorbentów. Znalazło to swoje potwierdzenie w kolejnej rozprawie doktorskiej przygotowanej przez dr Annę Borówko pod kierunkiem prof. Goworka, i obronionej w 2002 roku.

Ciekawym doświadczeniem w obszarze zagadnień związanych z adsorpcją z fazy ciekłej była współpraca z grupą badaczy z firmy Chemiewerk Bad Kostritz GmbH wspieraną finansowo przez BOC Group i Economy and Labor of Germany, a przede wszystkim liderem tej grupy prof. Martinem Bülowem. Udział prof. Jacka Goworka i prof. Anny Deryło-Marczewskiej dotyczył zagadnień związanych z efektywnością sorpcji węglowodorów z binarnych roztworów oraz jonów miedzi Cu^{2+} z roztworów wodnych na zeolitach nowej generacji. Sferyczne ziarna zeolitów typu NaX i LiLSX, użyte w eksperymentach sorpcyjnych wyróżniały się unikalną strukturą. Sferyczne granule zbudowane były z aktywnego sorpcyjnie płaszczka, zawierającego zeolit i obojętne rdzenia, zbudowanego z krzemionki o zaniedbywalnej aktywności sorpcyjnej. Wyniki badań z tego zakresu były prezentowane na konferencji międzynarodowej oraz opublikowane w 2007 roku, w artykule podsumowującym prace zrealizowane w ramach wspólnego projektu [11]. Badania te mają duże znaczenie praktyczne przy projektowaniu instalacji przemysłowych w dużej skali, np. przy adsorpcyjnym rozdziale powietrza na składniki w kolumnach wypełnionych zeolitem w warunkach dynamicznych. Zastosowanie rdzenia krzemionkowego pokrytego jedynie stosunkowo cienkim płaszczem zeolitym pozwoliło na istotne oszczędności drogiego komponentu zeolityowego bez uszczerbku na efektywności sorpcji.

W ramach tego projektu prof. Deryło-Marczewska podjęła się również przeprowadzenia testów nowych materiałów zeolitych pod kątem oceny wpływu modyfikacji sposobu ich wytwarzania na kinetykę procesów adsorpcji prowadzonych z ich użyciem. Zapoczątkowało to nowy kierunek badań. Do pełnego scharakteryzowania procesów adsorpcyjnych oprócz oszacowania pojemności adsorpcyjnej z danych równowagowych adsorpcji dołączone zostały badania kinetyki adsorpcji. Są to dwa podstawowe parametry, które charakteryzują

proces adsorpcji i determinują efektywność ekonomiczną tej techniki. Analiza kinetyki procesu adsorpcji zanieczyszczeń na ciałach stałych jest często kluczowa przy planowaniu instalacji stosowanych do oczyszczania wód, w których decydujące znaczenie ma szybkość usuwania toksycznych związków z roztworów przepuszczanych przez złożę w warunkach dalekich od stanu równowagi. Rozwijając opracowaną przy wykonaniu zlecenia dla Chemiewerk Bad Kostritz GmbH technikę pomiarów kinetycznych zaproponowano metodę wyznaczania stężeń chwilowych adsorbentu. Zastosowano spektrofotometr z całą przepływową, z pomiarem widm absorpcyjnych w szerokich zakresach długości fal, co umożliwiło pełną kontrolę procesu i kompensację błędów doświadczalnych.

1.2. ADSORPCJA Z ROZTWORÓW ROZCIEŃCZONYCH

Ze względu na znaczenie praktyczne, badania doświadczalne i teoretyczne nad adsorpcją z fazy ciekłej zostały rozszerzone przez prof. Annę Deryło-Marczewską głównie na układy typu: ciało stałe – roztwory rozcieńczone. Przedmiotem dalszych badań doświadczalnych i teoretycznych była adsorpcja z jedno-, a następnie wieloskładnikowych (dwu-, trój- i czteroskładnikowych) rozcieńczonych roztworów wodnych aromatycznych związków organicznych na węglach aktywnych. Ze względu na złożony mechanizm procesu adsorpcji w takich układach są one trudne do opisu. W literaturze przedmiotu dominowały wyniki badań doświadczalnych, które analizowano za pomocą prostych równań lub modeli, często przeniesionych wprost z teorii adsorpcji gazów na ciałach stałych poprzez formalne zastąpienie ciśnienia przez stężenie. Relatywnie niewielka liczba prac prezentowała bardziej zaawansowane próby teoretycznego opisu. W dalszych badaniach skoncentrowano się więc na analizie równowag adsorpcji z roztworów rozcieńczonych. Rozważania prowadzono na bazie ogólnego modelu adsorpcji z fazy ciekłej, w całym zakresie stężeń, w ramach teorii adsorpcji, na energetycznie niejednorodnych powierzchniach ciał stałych.

Dużą energetyczną niejednorodnością charakteryzuje się wiele istotnych z praktycznego punktu widzenia układów adsorpcyjnych (adsorbenty takie jak węgle aktywne, krzemionki, adsorbenty mieszane oraz silnie toksyczne i silnie adsorbowane adsorbaty). Do ich opisu zostało zaproponowane przez Marczewskiego i Jarońca równanie izotermii GL (uogólnione równanie Langmuira) [12]:

$$\theta = \left[\frac{(\bar{K} \cdot c_{eq})^n}{1 + (\bar{K} \cdot c_{eq})^n} \right]^{\frac{m}{n}}$$

gdzie: $\theta = a/a_m$ – pokrycie powierzchni, a – adsorpcja, a_m – pojemność adsorpcyjna, m , n – parametry heterogeniczności, K – stała równowagi adsorpcji.

Izoterma ta redukuje się do prostych równań izoterm adsorpcji odpowiadających różnym symetriom rozkładu energii adsorpcji: równania Langmuira-Freundlicha (LF; $m = n$) (symetryczna quasi-gaussowska funkcja rozkładu energii adsorpcji), uogólnionego równania Freundlicha (GF; $n = 1$) (rozkład energii rozciągnięty od strony wysokich energii adsorpcji), równania izotermi Tótha (T; $m = 1$) opisującego adsorpcję na powierzchniach o większym udziale niskich energii, oraz izotermi Langmuira (L; $m = n = 1$) (energetyczna homogeniczność). Równanie GL jest relatywnie proste w stosowaniu i dobrze opisuje dużą liczbę układów doświadczalnych.

Biorąc pod uwagę złożoność mechanizmu adsorpcji, nawet w przypadku adsorpcji z roztworu jednoskładnikowego, w dalszych badaniach poddano analizie wpływ wielu czynników na przebieg tego procesu: heterogeniczność adsorbentu, jego ładunek powierzchniowy determinowany pH i siłą jonową roztworu, specyficzne i niespecyficzne oddziaływania międzycząsteczkowe w fazie powierzchniowej, właściwości adsorbentu, w tym zdolność do dysocjacji oraz oddziaływania elektrostatyczne pomiędzy cząsteczkami adsorbentu a centrami aktywnymi adsorbentu. Pomiarów doświadczalnych były poprzedzone prostą procedurą planowania optymalnego zakresu mierzonych stężeń równowagowych uwzględniającą wpływ pH na dysocjację adsorbentu, a więc i wielkość adsorpcji poprzez zmianę typu oddziaływań adsorbent – adsorbent. Izotermi doświadczalne analizowano za pomocą modelu teoretycznego uwzględniającego zróżnicowane oddziaływania form jonowych i niezdysocjowanych adsorbentu z powierzchnią ciała stałego, oddziaływania pomiędzy cząsteczkami adsorbentu w fazie adsorpcyjnej, energetyczną niejednorodność, osiągając bardzo dobrą jakość dopasowania zależności teoretycznych do danych doświadczalnych. Zaobserwowano zjawisko częściowej kompensacji heterogeniczności oraz oddziaływań, co pozwoliło na sformułowanie wniosku o możliwości analizowania układów rzeczywistych za pomocą jednej wielkości charakteryzującej globalne odchylenia układów adsorpcyjnych od idealności [13-15].

Badania nad procesami adsorpcyjnymi z fazy ciekłej zostały następnie rozszerzone na układy zawierające większą, ale ściśle określoną, liczbę adsorbatów, a do ich analizy wykorzystano uproszczony model adsorpcji zakładając ten sam typ zmienności energii adsorpcji wszystkich składników. Biorąc pod uwagę praktyczny aspekt prowadzonych badań zaproponowano również relatywnie prosty sposób analizy układów wieloskładnikowych o niezdefiniowanej oraz zmiennej w czasie liczbie składników, jak również przy zmieniającym się ich stężeniu, co odpowiada typowym ściekom o uśrednionym składzie i stężeniu sumarycznym. Proponowana metoda analizy takich układów bazowała na pojęciu wskaźników globalnych, jak np. całkowity węgiel organiczny (TOC) charakteryzujący sumaryczne stężenie zanieczyszczeń organicznych i globalna stała równowagi adsorpcji mieszaniny.

Otrzymane zależności pozwalają na zaplanowanie bezpiecznych parametrów procesu adsorpcji w tak złożonych układach. Badania tego typu są bardzo rzadko spotykane w literaturze [16].

Studia nad uogólnionym opisem procesów adsorpcji fizycznej z fazy gazowej i ciekłej na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych zaowocowały zaproponowaniem nowej postaci równania całkowego dla układów wieloskładnikowych. Poczyniono tu założenie zależności funkcyjnej pomiędzy energiami adsorpcji wszystkich składników. Pozwoliło to na proste przewidywanie adsorpcji z układów złożonych przy pomocy parametrów charakteryzujących adsorpcję z układów prostych. Metoda ta daje, w szczególnych przypadkach, bardzo prostą zależność pomiędzy parametrami heterogeniczności dla układów jedno- i dwuskładnikowych. Opracowano także prosty model monowarstwowej adsorpcji zlokalizowanej z fazy gazowej i ciekłej. Wzięto w nim pod uwagę wpływ energetycznej niejednorodności oraz zróżnicowania rozmiarów cząsteczek adsorbatów. Otrzymane wyniki były pierwszą w literaturze próbą uwzględnienia efektów rozmiarów cząsteczkowych adsorbentu w procesie adsorpcji na powierzchniach wykazujących energetyczną niejednorodność. Wyprowadzono nowe zależności pomiędzy funkcjami rozkładu energii adsorpcji przy założeniu topografii powierzchni typu *random* lub płatewej, a rozmiarami cząsteczkowymi. Zaproponowano również nową metodę oszacowania globalnej heterogeniczności na podstawie danych adsorpcyjnych dla układów gazowych i ciekłych, która pozwalała na otrzymanie tylko jednej wielkości charakteryzującej odchylenia układu od idealności, a jednocześnie stabilnej ze względu na błędy doświadczalne [17-19].

Badania procesów adsorpcyjnych na granicy faz węgiel aktywny – roztwór wodny substancji organicznych zostały w późniejszym etapie ukierunkowane na analizę wpływu właściwości strukturalnych i powierzchniowych adsorbentu (materiały węglowe modyfikowane pod kątem zmiany właściwości ich struktury porów oraz chemii powierzchni poprzez wprowadzanie różnych grup funkcyjnych) oraz wpływu budowy i właściwości adsorbentu na proces ustalania stanu równowagi. Analizowano wpływ grup funkcyjnych o charakterze kwasowym i zasadowym obecnych na powierzchni adsorbentów węglowych i determinujących ich ładunek, hydrofobowość oraz gęstość elektronową warstw grafenowych pod kątem powinowactwa adsorbentów względem różnych typów adsorbatów organicznych. Badane były mechanizmy procesów adsorpcji związków organicznych na materiałach węglowych przy uwzględnieniu oddziaływań dyspersyjnych typu π - π (oddziaływanie pomiędzy elektronami π pierścienia aromatycznego cząsteczki adsorbentu a płaszczyznami grafenowymi węgla aktywnego), oddziaływań donorowo-akceptorowych, wiązań wodorowych oraz adsorpcji wody. Zmniejszenie adsorpcji na węglach silnie utlenionych skorelowano ze zmianami gęstości elektronowej w płaszczyznach grafenowych, obniżeniem hydrofobowości, tworze-

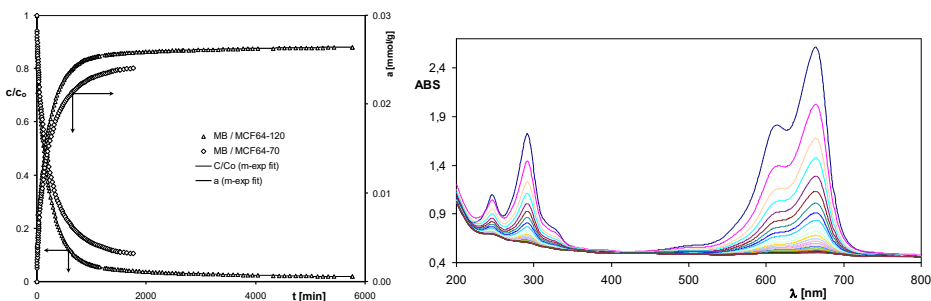
niem wiązań wodorowych pomiędzy powierzchniowymi grupami tlenowymi a cząsteczkami wody jako rozpuszczalnika, a tym samym osłabieniem oddziaływań węgla z pierścieniem aromatycznym cząsteczki adsorbentu. Dla węgli zawierających powierzchniowe grupy o charakterze zasadowym silny wzrost wielkości adsorpcji związków aromatycznych powiązано z oddziaływaniami z bogatymi w elektrony centrami zasadowymi typu Lewisa. Efektywność procesów adsorpcyjnych korelowana była również z właściwościami adsorbentu: rozpuszczalnością, rozmiarem cząsteczkowym, zdolnością do dysocjacji, właściwościami fizykochemicznymi. Podkreślając znaczenie hydrofobowości (wyrażanej poprzez rozpuszczalność), jako głównej siły napędowej procesów adsorpcji związków organicznych z roztworów wodnych na powierzchniach węglowych, uwzględniano w analizie również wpływ innych czynników, w tym wpływ grup funkcyjnych przy pierścieniu aromatycznym na zróżnicowanie powinowactwa adsorpcyjnego związków organicznych do węgli aktywnych. Analizując znaczenie grup funkcyjnych przy pierścieniu aromatycznym adsorbentu uwzględniano dwa rodzaje ich oddziaływań na pierścień aromatyczny: aktywujące (donory elektronów, przesuwanie elektronów w kierunku pierścienia i zwiększanie oddziaływań cząsteczki adsorbentu z elektronami π płaszczyzn grafenowych węgla) oraz dezaktywujące (akceptory elektronów, zmniejszenie gęstości elektronowej w pierścieniu, a tym samym osłabienie oddziaływań z powierzchnią węgla). Zmiany gęstości elektronowej wpływają na oddziaływania dyspersyjne pomiędzy pierścieniem aromatycznym adsorbentu a warstwami grafenowymi węgla. Celem oceny znaczenia różnych czynników w procesie adsorpcji, analizowane były dane doświadczalne w zredukowanym układzie współrzędnych (adsorpcja w funkcji stężenia zredukowanego, czyli stężenie/rozpuszczalność). Pozwala to na wyeliminowanie wpływu różnic w rozpuszczalnościach adsorbentów na powinowactwo do hydrofobowej powierzchni węgla i może ujawnić efekt grupy funkcyjnej przy pierścieniu aromatycznym [20- 26].



Rysunek 1. Zestaw pomiarowy do badania kinetyki adsorpcji z roztworów przy użyciu spektrofotometru Cary 100, Varian z celą przepływową.

Figure 1. Measuring set for testing the kinetics of adsorption from solutions using a Cary 100, Varian spectrophotometer with a flow cell.

Badania doświadczalne obejmujące pomiary równowagowych izoterm adsorpcji (z jedno- i wieloskładnikowych roztworów rozcieńczonych, z uwzględnieniem wpływu m.in. pH) zostały następnie rozszerzone o pomiary kinetyczne. Opracowano metodę pomiarów kinetycznych poprzez wyznaczenie stężeń chwilowych adsorbentu z wykorzystaniem spektrofotometru z celą przepływową (zestaw pomiarowy pokazany na Rys. 1). W metodzie tej mierzy się widma absorpcyjne w szerokich zakresach długości fal, co umożliwia pełną kontrolę procesu oraz kompensację błędów doświadczalnych. Metoda ta pozwala na: zwiększenie zakresu liniowości przez uwzględnienie światła rozproszonego, kompensację losowych przesunięć fragmentów tła (czynniki aparaturowe), oraz przesunięć całego tła (blokujące tor optyczny cząstki ciała stałego oraz pęcherzyki powietrza), kompensację zmiany nachylenia tła (zmiany pH, wymywanie popiołu z adsorbentu), automatyczne uwzględnianie obecności różnych form molekularnych (asocjacja, dysocjacja) poprzez analizę kształtu pików (szczególnie istotne w zakresie pH bliskiego oraz powyżej wartości pK_a). Otrzymane doświadczalne krzywe kinetyczne zawierają dużą liczbę punktów pomiarowych i charakteryzują się wysoką gładkością (odchylenie standardowe od krzywej teoretycznej mniejsze niż 0.1% stężenia początkowego) [27].



Rysunek 2. Porównanie kinetyki adsorpcji błękitu metylenowego na mezoporowatych materiałach krzemionkowych we współrzędnych stężeń względnych i adsorpcji (linie ciągłe przedstawiają zależności obliczone według równania multi-eksponencjalnego) [29]. Przykładowe widma absorpcyjne dla błękitu metylenowego mierzone w trakcie pomiarów kinetycznych.

Figure 2. Comparison of the adsorption kinetics of methylene blue on mesoporous silica materials in terms of relative concentrations and adsorption (solid lines represent relationships calculated according to the multi-exponential equation) [29]. Examples of absorption spectra for methylene blue measured during kinetic measurements.

W celu łatwego opisu kinetycznych danych doświadczalnych opracowano/udoskonalono proste kinetyczne równania empiryczne (równanie multi-eksponencjalne, równania rzędu n , równania zdefiniowane jako szeregi członów potęgowych) oraz nowe proste teorie kinetyczne w oparciu o równania izoterm adsorpcji wywodzące się z teorii Langmuira (izotermi Langmuira,

Langmuira-Freudlicha, uogólnione równanie Freundlicha, równanie Tótha, uogólnione równanie Langmuira) [27,28]. Na Rys. 2 przedstawiono porównanie krzywych kinetycznych dla adsorpcji błękitu metylenowego na mezoporowatych krzemionkach o uporządkowanej strukturze oraz pokazano przykładowe widma absorpcyjne barwnika zmierzone w cyklu pomiarowym [29].

Opracowana została również metodyka pomiarów izoterm adsorpcji przy wykorzystaniu pojedynczej próbki adsorbentu poprzez stopniowe zażęzanie adsorbentu [21]. Metoda ta – w stosunku do klasycznej metody pomiaru izoterm adsorpcji dla serii niezależnych próbek – pozwala na zminimalizowanie rozrzutu punktów izoterm adsorpcji wynikającego z niejednorodności adsorbentu. Może jednak prowadzić do kumulacji błędów kolejnych zażężeń oraz niewielkiego błędów systematycznego. Zaletą tej metody jest także znaczna oszczędność materiałów, bardzo istotna w przypadku stosowania i/lub syntezy drogich adsorbentów. Opracowane procedury pozwalają na pełne charakteryzowanie układów adsorpcyjnych obejmujące oszacowanie pojemności adsorpcyjnej z danych równowagowych adsorpcji oraz określenie szybkości procesu. Są to dwa podstawowe parametry, które charakteryzują proces adsorpcji i determinują efektywność ekonomiczną tej techniki. Analiza kinetyki procesu adsorpcji zanieczyszczeń na ciałach stałych jest często kluczowa przy planowaniu instalacji stosowanych do oczyszczania wód, w których decydujące znaczenie ma szybkość usuwania toksycznych związków z roztworów przepuszczanych przez złożę w warunkach dalekich od stanu równowagi.

Do charakteryzowania właściwości kwasowo-zasadowych adsorbentów porowatych, w szczególności materiałów z rozwiniętym układem mikroporów zastosowano metodę miareczkowania potencjometrycznego (Rys. 3).



Rysunek 3. Zestaw do miareczkowania potencjometrycznego: autobiureta (Dosimat 765), pehametr (PHM240, Metrohm, Radiometer), oprogramowanie własne.

Figure 3. Measurement set for potentiometric titration: Autoburette (Dosimat 765), Pehameter (PHM240, Metrohm, Radiometer), Custom software.

Specjalnie do tej metody, prof. dr hab. W. Janusz i dr hab. A. Marczewski z Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów UMCS opracowali program komputerowy zbierający i analizujący dane oraz sterujący procesem miareczkowania. Program zapewnia osiągnięcie równowagi w badanych suspensjach przy poszczególnych dozowaniach poprzez kontrolę dryfu pH (ustalenie dopuszczalnej granicy zmian pH w określonym przedziale czasowym) [30].

Kompleksowe badania procesów adsorpcyjnych prowadzone były zarówno dla klasycznych adsorbentów, różnego typu materiałów kompozytowych, jak również dla syntetyzowanych materiałów o uporządkowanej strukturze zawierających układ porów o jednorodnych kształtach i rozmiarach. Otrzymane adsorbenty charakteryzowały się wysokim stopniem uporządkowania oraz zróżnicowanymi rozmiarami i kształtami porów, od cylindrycznych do butelkowych. Uzyskanie takich modelowych struktur porowatych pozwoliło na określenie wpływu kształtu i wielkości porów na kinetykę adsorpcji. Badania prowadzono dla różnych grup adsorbatów: związki aromatyczne, barwniki, pestycydy, białka, farmaceutyki, co pozwoliło na znalezienie korelacji pomiędzy efektywnością adsorpcji, a właściwościami adsorbatów i adsorbentów [31-34]. W pracy doktorskiej wykonanej przez dr Magdalenę Błachnio pod kierunkiem prof. Anny Deryło-Marczewskiej („Badania procesu adsorpcji herbicydów na węglach aktywnych”, 2012) przeprowadzono szeroko zakrojone badania procesów adsorpcji pestycydów na węglach aktywnych zróżnicowanych strukturalnie i powierzchniowo. Objęły one bardzo dużą grupę związków o zróżnicowanej budowie cząsteczkowej i właściwościach, co pozwoliło na znalezienie korelacji pomiędzy efektywnością adsorpcji a właściwościami adsorbatów i adsorbentów. Bardzo interesujące wyniki dały badania kinetyki procesu adsorpcji. Wykazano występowanie silnych zależności nie tylko pomiędzy szybkością adsorpcji a typem struktury porów ale również obecnością grup funkcyjnych na powierzchni węgla.

Zainicjowane zostały również studia kinetyki adsorpcji w układach wieloskładnikowych, co jest rzadko spotykane w literaturze przedmiotu. Badania nad kinetyką adsorpcji rozwijano analizując wpływ właściwości składników układu oraz warunków prowadzenia procesu na jego efektywność i szybkość. Rozpoczęto również badania nad kinetyką adsorpcji i desorpcji; znalezione zostały korelacje pomiędzy połówkowymi czasami adsorpcji a rozmiarami porów. Połówkowy czas adsorpcji (czas do osiągnięcia połowy adsorpcji równowagowej) można wyznaczyć doświadczalnie bez dodatkowych założeń – w odróżnieniu od stałych szybkości, różnie definiowanych i wyznaczanych w ramach konkretnego modelu procesu. Pozwala to analizować układy wykazujące nieidealności energetyczne i strukturalne lub też wykazujące cechy na pograniczu różnych modeli bez konieczności stosowania założeń upraszczających.

Oceniając efektywność procesów adsorpcyjnych uwzględniano również wpływ właściwości roztworu (rozpuszczalnik, pH, siła jonowa) oraz temperatury. Czynniki te silnie wpływają np. na ładunek powierzchniowy węgla oraz stopień dysocjacji adsorbentu o charakterze słabego elektrolitu, a tym samym na oddziaływanie adsorbent – adsorbent i adsorbent – adsorbent, a więc przebieg procesu adsorpcji. Zmiany temperatury procesu adsorpcji prowadzą do zmiany mobilności cząsteczek adsorbentu z fazy objętościowej roztworu do powierzchni adsorbentu, zmiany szybkości dyfuzji wewnątrzcząsteczkowej, zmiany rozpuszczalności, zmiany energii oscylacji cząsteczek adsorbentu. Analizując doświadczalne izotermy adsorpcji obserwujemy sumaryczny efekt wynikający z nakładania się powyższych efektów [35, 36].

Badania nad wpływem struktury adsorbentu i warunków prowadzenia procesu adsorpcyjnego na kinetykę adsorpcji aromatycznych związków organicznych na adsorbentach węglowych prowadziła dr Małgorzata Wasilewska w ramach wykonywania pracy doktorskiej pod kierunkiem prof. Anny Deryło-Marczewskiej („Badanie kinetyki adsorpcji aromatycznych związków organicznych na adsorbentach węglowych – wpływ struktury adsorbentu i warunków procesu”, 2021). Szczegółowo przebadano wpływ struktury adsorbentu (podstawniki i ich położenie, charakter chemiczny, wielkość cząsteczek), wpływ pH, wpływ stężenia początkowego adsorbentu, wpływ stosunku ilości adsorbentu i adsorbentu, wpływ mieszania, wpływ temperatury i wpływ obecności substancji towarzyszących na kinetykę adsorpcji wybranych związków aromatycznych. Bardzo istotne wyniki uzyskano badając oddziaływanie w układzie węgiel aktywny – 2, 3, 4-nitrofenole wykorzystując jako komplementarne techniki pomiarowe analizę termiczną i spektroskopię fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS) [37].

Tematem kolejnej pracy doktorskiej, wykonanej pod kierunkiem prof. Anny Deryło-Marczewskiej, przez dr Agnieszkę Chrzanowską była „Adsorpcja białek na powierzchni mezoporowatej krzemionki: analiza fizykochemiczna, strukturalna i morfologiczna biokompozytu” (2022). Celem pracy była analiza procesu adsorpcji wybranych białek: surowicza albumina wołowa (BSA), owoalbumina białka jaja kurzego (OVA) oraz lizozymu wyizolowanego z białka jaja kurzego (LYS) na uporządkowanych nanoporowatych krzemionkach typu piana mezokomórkowa MCF oraz charakterystyka strukturalno-powierzchniowa biokompozytu białko/porowaty nośnik. Wybór tej tematyki był związany ze znaczeniem procesu immobilizacji enzymów na różnych powierzchniach nośników stałych pod kątem uzyskania modelowych układów biologicznych oraz nowych biofunkcjonalnych kompozytów medycznych. Otrzymane materiały MCF oraz układy białko/MCF przeanalizowano za pomocą różnych metod badawczych dla określenia ich parametrów teksturalnych i strukturalnych (niskotemperaturowa adsorpcja/desorpcja azotu, XRD, TEM, SEM); morfologii cząstek (AFM, TEM,

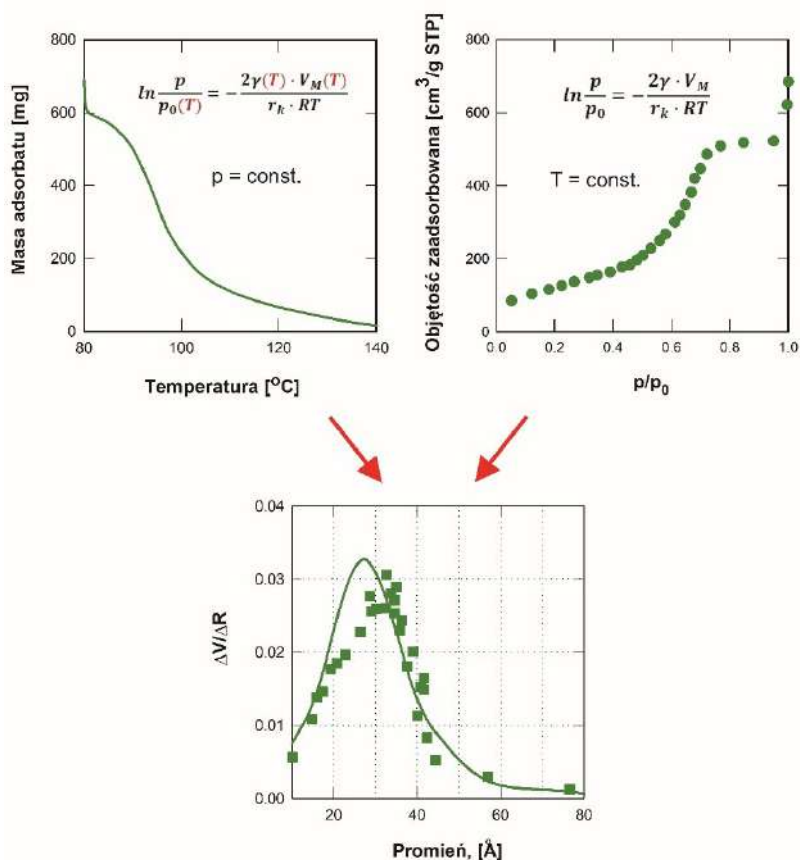
SEM, OP); wizualizacji i odwzorowania struktur powierzchniowych w układzie 2D i 3D (mikrografie, profilogramy, histogramy AFM i OP); analizy powierzchniowej i objętościowej (miareczkowanie potencjometryczne, analiza elementarna, badania XPS, TEM/EDX, SEM/EDS); potwierdzenia wiązań chemicznych i grup funkcyjnych (badania XPS, UV-Vis DRS, ATR FT-IR); określenia stabilności termicznej badanych układów adsorpcyjnych (badania termooanalityczne TG/DTG/DSC sprzężone z MS i FTIR) [38, 39].

1.3. METODY CHARAKTERYZOWANIA POROWATOŚCI MATERIAŁÓW

W końcówce lat dziewięćdziesiątych XX wieku w zespole prof. Goworka podjęto prace nad opracowaniem nowych, oryginalnych metod określania porowatości ciał stałych w zakresie mikro-, mezo- i makroporów. W latach 1990–2002 członkowie zespołu wzięli udział w serii konferencji naukowych z cyklu COPS (Characterization of Porous Solids) odbywających się w renomowanych ośrodkach europejskich, wiodących w badaniach nad strukturalną charakterystyką ciał stałych. Aktywny udział w tych konferencjach, możliwość prezentowania własnych osiągnięć oraz ich konfrontacja z poglądami specjalistów klasy światowej w dziedzinie porowatości sprawiły, że badania nad porowatością ciał stałych stały się wiodące w pracach prowadzonych w Zakładzie Adsorpcji. Świadomość ograniczeń metod stosowanych powszechnie tj. porozymetrii adsorpcyjnej, porozymetrii rtęciowej i termorozymetrii pozwoliła na sformułowanie nowych hipotez i opracowanie alternatywnych metod badawczych. Pierwsza z udanych prób w tym zakresie polegała na wykorzystaniu do określenia wymiaru i objętości porów na podstawie izobar desorpcji cieczy i interpretacji danych izobarycznych w oparciu o równanie Kelvina. Równanie Kelvina zastosowano w unikalny sposób biorąc pod uwagę zmienność temperatury, a w związku z tym również temperaturowe zmiany napięcia powierzchniowego i gęstości cieczy w trakcie pomiaru izobary pod ciśnieniem atmosferycznym. Zaprezentowano w ten sposób pierwsze, nieznane dotąd w literaturze, podejście umożliwiające obliczenie krzywych rozkładu objętości porów w sposób alternatywny do metod adsorpcyjnych, wykorzystujących dane izotermiczne adsorpcji lub desorpcji gazów. Porównanie izobary i izotermy dla tego samego sorbentu i dwie formy równania Kelvina stosowanego do określenia rozmiarów porów pokazuje Rys. 4.

Wyniki uzyskane obydwoma metodami są bardzo podobne, a metodyka pomiaru w przypadku termicznej desorpcji jest o wiele prostsza. Zaproponowana metoda badania porowatości na podstawie izobar desorpcji cieczy wzbudziła duże zainteresowanie ośrodków badawczych na całym świecie. Napłynęło wiele zapytań o szczegóły praktyczne dotyczące wykorzystania metody, również od firm produkujących porozymetry. Pojawiła się też możliwość sprawdzenia i zaprezentowania walorów metody dla modelowych materiałów krzemionkowych

typu MCM-41, dzięki dostarczeniu w 1995 roku odpowiednich próbek przez prof. Sridhara Komarnenię z Pennsylvania State University (edytora Journal of Porous Materials), a więc w okresie intensywnego wzrostu zainteresowania materiałami krzemionkowymi nowej generacji. Synteza tych materiałów polegała na zastosowaniu organicznej matrycy porotwórczej w postaci micel surfaktantu. Warto zaznaczyć, że pierwszy opis syntezy krzemionki MCM-41 datowany jest na rok 1992 [40]. Zestawienie wyników uzyskanych w warunkach izobarycznych i izotermicznych (standardowa metoda adsorpcji azotu w -196°C) dla testowanych materiałów krzemionkowych wypadło nadspodziewanie dobrze [41, 42]. Potwierdziło to przydatność metody i możliwość wykorzystania izobar desorpcji cieczy do analizy porowatości ciał stałych [43-46].



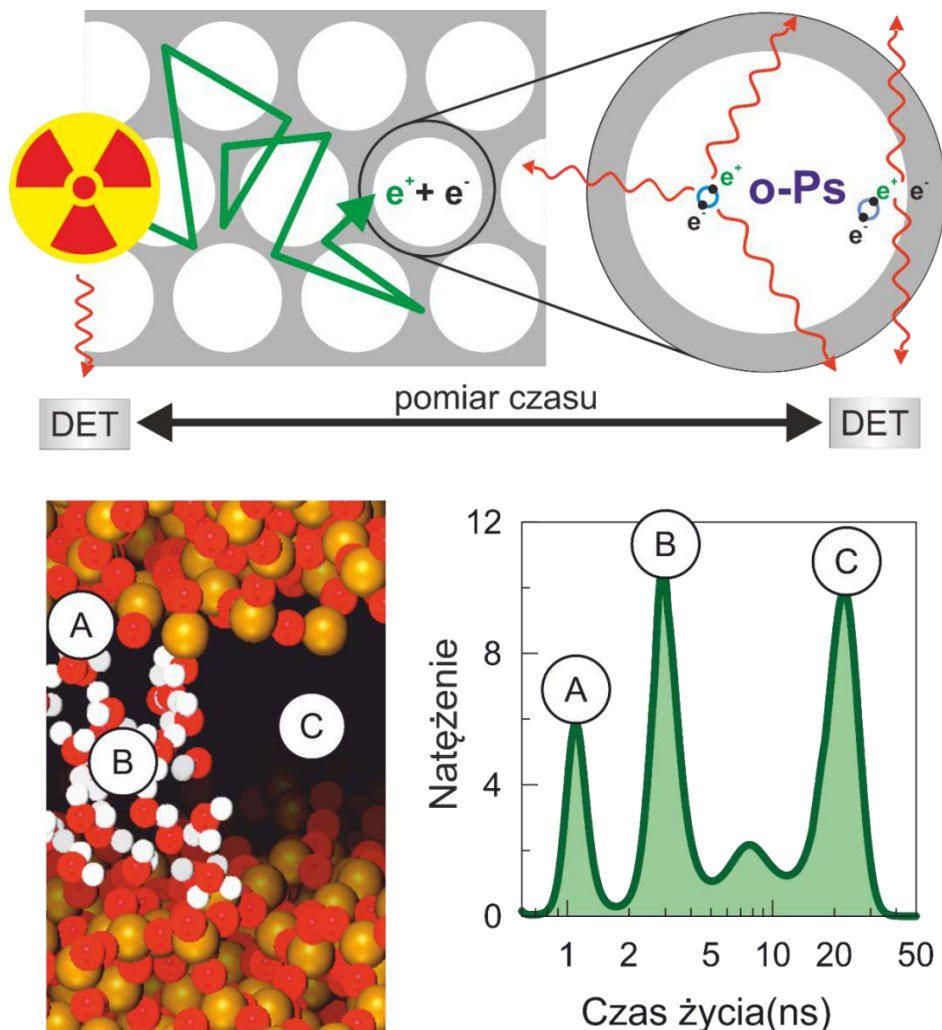
Rysunek 4. Izobara i izoterma desorpcji cieczy dla mezoporowatego żelu krzemionkowego Si-60, równanie Kelvina i uzyskana przy jego pomocy krzywa różniczkowa przedstawiająca rozkład objętości porów względem promienia.

Figure 4. Isobar and isotherm of liquid desorption from mesoporous silica gel Si-60, the Kelvin equation and the differential curve obtained with its help, representing the distribution of pore volume as a function of pore radius PSD.

Całościowe podsumowanie wszystkich aspektów eksperymentu, wykorzystującego parowanie cieczy nad porowatym ciałem stałym w badaniach porowatości, zostało przedstawione niedawno w obszernej publikacji powstałej we współpracy z prof. V. Gun'ko i wsp. z Instytutu Chemii Powierzchni Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie [47]. Badania nad termodesorpcją cieczy z porowatych ośrodków miały wsparcie Komitetu Badań Naukowych w postaci 3 letniego grantu. Zagadnienia związane z termiczną desorpcją cieczy dla całej gamy materiałów o charakterze modelowym, w tym porowatych polimerów, były szczegółowo dyskutowane w pracy doktorskiej dra Wojciecha Stefaniaka obronionej w 1994 roku. Zainteresowanie metodą było niezwykle duże. Dowodziły tego liczne prośby od redakcji o zamieszczenie artykułu na stosowny temat w czasopismach o częściowo reklamowym charakterze, prezentujących aktualne najważniejsze osiągnięcia analityczne, a więc wielkonakładowych czasopismach o zasięgu światowym [48-50]. Zastosowanie metody izobarycznej do charakteryzacji strukturalnej materiałów węglowych zostało nagrodzone podczas konferencji międzynarodowej – Second International Conference on Carbon Black w Mulhouse (Miluza) we Francji w 1993 roku.

Równie ciekawe osiągnięcie w zakresie badań nad porowatością ciał stałych wiąże się z wykorzystaniem zjawiska anihilacji pozytonów do detekcji wolnych objętości w ciałach stałych. Badania w tym kierunku były prowadzone w zespole prof. Goworka od 1998 roku, w ścisłej współpracy z Zakładem Fizyki Jądrowej Instytutu Fizyki UMCS, specjalizującym się w badaniach zjawiska anihilacji pozytonów. Prace były prowadzone początkowo we współpracy z prof. Tomaszem Goworkiem i dr Janem Wawryszczukiem, a jednocześnie przez wiele lat, aż do dziś, z prof. Radosławem Zaleskim. W ciągu wielu lat wspólnych badań rozwinięta została znacząco nowa metoda, określana mianem – porozymetrii pozytonowej lub porozymetrii czasu życia pozytonów. Metoda jest przydatna w badaniach wolnych przestrzeni, otwartych i zamkniętych, w zakresie ich rozmiarów od ułamków nanometra do kilkudziesięciu nanometrów. Uniwersalność metoda ta zawdzięcza opracowaniu przez prof. T. Goworka w końcówce lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku tzw. modelu ETE (Extended Tao-Eldrup model) [51], opisującego w nowatorski sposób sam proces anihilacji. Opracowanie nowego modelu pozwoliło na rozszerzenie zakresu detekcji wolnych objętości (porów w ciałach stałych) i cieczach, aż do rozmiarów kilkudziesięciu nanometrów, a więc w zakresie obejmującym standardowo zdefiniowane mikro- i mezopory. Częstką penetrującą system porów jest w omawianej metodzie orto-pozyt, o-Ps (para elektron – pozyton o zgodnych spinach), a więc cząstka bardzo mała. Dzięki temu możliwe jest badanie przy jej pomocy, poprzez pomiar czasu życia pozytu techniką PALS (Positronium Annihilation Lifetime Spectroscopy), również bardzo małych, wolnych od elektronów, przestrzeni. Ideę metody i metodykę badań techniką PALS

ilustruje schematycznie Rys. 5.



Rysunek 5 Spektroskopia czasu życia anihilacji pozytonów (PALS), przykład badań adsorpcji dla wody w krzemionce SBA-3: A. cieczz-ciało stałe (przestrzeń międzyfazowa), B. ciecz, C. mezopory. Czas życia orto-pozytumu (o-Ps) zależy od rozmiaru wolnej objętości, co pozwala zidentyfikować miejsce anihilacji (dzięki uprzejmości prof. Radosława Zaleskiego).

Figure 5. Positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS), example of adsorption studies for water in SBA-3 silica: A. liquid-solid (interfacial space), B. liquid, C. mesopores. The lifetime of ortho-positronium (o-Ps) depends on the size of the free volume, which allows identification of the site of annihilation (courtesy of Prof. Radosław Zaleski).

Porozymetria pozytonowa jest skutecznym narzędziem w badaniach bardzo niejednorodnych geometrycznie ciał stałych. Jest też bardzo przydatna do detekcji wolnych objętości tworzących się in situ w czasie procesu sorpcji, kondensacji i podczas wszelkich przemian fazowych w układach wielofazowych [52-55]. Bada-

nia nad optymalizacją metody anihilacyjnej były wspierane finansowo przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu przyznanego w 2012 roku.

Warto dodatkowo podkreślić, że materiały MCM-41 były niejednokrotnie wykorzystywane w zespole prof. Jacka Goworka na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat jako sorbenty oraz nośniki cząstek o różnej morfologii zbudowanych z metali i tlenków metali pod kątem zastosowania w katalizie heterogenicznej. Struktura krzemionki MCM-41 pozwoliła m. in. na uzyskanie kompozytu z tlenkiem żelaza w postaci nici wykazującego specyficzne właściwości magnetyczne (współpraca z dr Zbigniewem Surowcem, Markiem Wiertlem, Janem Sarzyńskim i Mieczysławem Budzyńskim z Instytutu Fizyki UMCS) [56-58]. Materiały typu MCM-41 były też wykorzystane jako nośniki cząstek złota w celu uzyskania wysokoaktywnych katalizatorów (współpraca z prof. Wojciechem Gacem z Katedry Technologii Chemicznej Instytutu Chemii UMCS).

1.4. SYNTEZY MATERIAŁÓW

W pierwszej dekadzie XX wieku również w zespole prof. Jacka Goworka przeprowadzone zostały bardzo ciekawe badania nad mechanizmem syntezy materiałów z wykorzystaniem matrycy porotwórczej w obecności elektrolitów jak i liczne próby funkcjonalizacji powierzchni regularnych krzemionek typu MCM-41. Uzyskane materiały kompozytowe charakteryzowały się wysokim stopniem uporządkowania struktury porów, jak i wysokim stężeniem wprowadzonych powierzchniowo grup funkcyjnych. Otrzymano szereg mono- i bifunkcyjnych materiałów krzemionkowych zawierających na powierzchni grupy tiomocznikowe lub połączenie ugrupowań tiomocznikowych z grupami funkcyjnymi zawierającymi azot, głównie w postaci amin o różnej rzędowości. Materiały o zmodyfikowanej w powyższy sposób powierzchni są bardzo efektywnymi i selektywnymi sorbentami w stosunku do jonów metali ciężkich jak i wielu organicznych substancji wykazujących aktywność biologiczną. Otrzymane materiały wykazywały dużo lepsze charakterystyki w porównaniu z materiałami prezentowanymi w literaturze dotyczącej tematu. Prace prowadzone były głównie we współpracy z Jurijem Zubem i Natalią Jaroschenko z Instytutu Chemii Powierzchni oraz Instytutu Sorpcji i Problemów Endoekologii Ukrainkiej Akademii Nauk w Kijowie [59].

Różnorodne wykorzystanie krzemionki MCM-41 w badaniach prowadzonych w zespole prof. Jacka Goworka wzbudziło zrozumiałe zainteresowanie preparatyką tych materiałów, w szczególności jednym z najważniejszych etapów ich syntezy, polegającym na usuwaniu matrycy porotwórczej. W zespole prowadzono szeroko zakrojone badania w tym zakresie. Tej tematyce badawczej poświęcona była w końcówce pierwszej dekady XXI wieku praca doktorska dr hab. Agnieszki Kierys, obroniona w styczniu 2010 roku [60, 61].

Zupełnie unikatowy charakter miały prace prowadzone przez kilka jednostek organizacyjnych Wydziału Chemii, w tym Zakład Adsorpcji, nad chemiczną charakterystyką i właściwościami strukturalnymi pyłu księżycowego – regolitu. Regolit został udostępniony Wydziałowi Chemii przez dra Garego Lofgrena z NASA w Houston, za pośrednictwem dr Ericha Robensa z Uniwersytetu Johana Gutenberga w Mainz. Kontakty naukowe dra E. Robensa z naszym Wydziałem trwały wiele lat i były bardzo owocne. W początkowym okresie dr E. Robens współpracował z prof. Piotrem Staszczukiem w zakresie termogravimetrii. Częste wizyty na Wydziale Chemii zaowocowały propozycją ze strony dra E. Robensa organizacji przez nasz Wydział cyklu międzynarodowych, prestiżowych konferencji o charakterze analitycznym – Vacuum Microbalance and Thermo-analytical Techniques, VMTTC. Dr E. Robens był więc nie tylko dostawcą próbek gruntu księżycowego, ale przede wszystkim cennym konsultantem w sprawach szeroko pojętej analizy termicznej. Był jednym z bardziej znanych specjalistów na świecie w zakresie historii analizy termicznej, aparatury służącej analizie termicznej oraz interpretacji danych uzyskanych techniką kalorymetrii i termogravimetrii. Warto zaznaczyć, że w uznaniu zasług na polu współpracy z Wydziałem Chemii UMCS dr Erich Robens został uhonorowany tytułem profesora honorowego Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej. Badania pyłu księżycowego były prowadzone niezależnie w kilku jednostkach organizacyjnych Wydziału Chemii UMCS, specjalizujących się w analizie elementarnej i strukturalnej ciał stałych z wykorzystaniem najnowocześniejszej aparatury pomiarowej, a szczególnie z udziałem aparatury zgromadzonej w Laboratorium Analitycznym Wydziału. W Laboratorium Analitycznym pracami kierował dr Ewaryst Mendyk. Próbkę regolitu pochodziły z misji 11, 12 i 16 programu Apollo, które miały miejsce w latach 1969 i 1972. Wyniki badań zostały opublikowane w serii artykułów naukowych w czasopismach polskich i zagranicznych, jak i zaprezentowane na kilku konferencjach międzynarodowych.

W pierwszej dekadzie XX wieku w zespole prof. Jacka Goworka zainicjowano szereg nowych przedsięwzięć badawczych, z których warto wymienić przede wszystkim te związane z preparatyką nowych materiałów oraz badania integralnie związane z tym zagadnieniem, dotyczące mechanizmu kondensacji kwasu krzemowego w obecności osnowy polimerowej. W 2010 roku rozpoczęto prace nad preparatyką materiałów kompozytowych metodą pęcznienia polimeru w prekursorze krzemionki w postaci TEOS, a następnie przemianie TEOS wewnątrz ziaren polimeru w żel krzemionkowy. Wspomniana procedura pozwoliła otrzymać całą gamę kompozytów o różnej proporcji polimer/krzemionka i pożądanej porowatości. Wyniki badań nad tego typu kompozytami stanowiły treść dwóch prac doktorskich wykonanych w Zakładzie Adsorpcji przez dra Marka Dziadosza i dr Patrycję Krasucką. Dalsze rozwinięcie tej tematyki i udane próby wykorzystania kompozy-

tów polimerowo krzemionkowych w układach kontrolowanego uwalniania leków przedstawione zostały w rozprawie habilitacyjnej dr hab. Agnieszki Kierys. Prace z tego zakresu budzą od wielu lat duże zainteresowanie badaczy specjalizujących się w optymalizacji terapii farmakologicznej. Przy okazji optymalizacji syntezy wspomnianych wyżej materiałów przeprowadzono obszerną analizę nad mechanizmem kondensacji krzemionki w porach i wewnątrz sieci polimerów. Badania prowadzono we współpracy z dr Istvanem Halaszem, głównym specjalistą w firmie PQ Corporation w Filadelfii. W trakcie prac z użyciem wielu zaawansowanych technik badawczych, w tym wysoko rozdzielczej mikroskopii TEM i SEM, dyfrakcji rentgenowskiej XRD, spektroskopii w podczerwieni, spektroskopii Ramana, magnetycznego rezonansu jądrowego ^{29}Si NMR, spektroskopii PALS, symulacji komputerowych udało się uzyskać szereg istotnych informacji odnośnie kondensacji i hydrolizy prekursora krzemionkowego i subtelnych zmian w szkielecie krzemionkowym w ośrodkach o różnej kwasowości i w środowisku z ograniczeniami przestrzennymi [62,63]. Opisana metoda jest bardzo uniwersalna i pozwala na wykorzystanie różnych prekursorów tlenkowych i uzyskanie kompozytów z komponentem tlenkowym innym niż krzemionkowy np. tytanowym. Warto podkreślić, że kompozyty zawierające TiO_2 wykazują właściwości fotokatalityczne i mogą być otrzymane w formie stabilnych ziaren matrycy polimerowej. Są więc przydatne w wielu procesach technologicznych, a w szczególności do detoksykacji wód i ścieków [64]. W ramach prowadzonych prac uzyskano wiele bardzo atrakcyjnych wyników wzbogacających wiedzę na temat syntezy i właściwości kompozytów polimerowo-tlenkowych. Sama metoda wprowadzania substratu krzemionkowego do struktury usieciowanego polimeru wymusiła w sposób naturalny zainteresowanie się mechanizmem procesu pęcznienia polimerów. W ostatnim dziesięcioleciu w Zakładzie Adsorpcji przeprowadzono w tym kierunku liczne badania obejmujące po raz pierwszy pomiary sił mechanicznych podczas pęcznienia.

Wcześniejsze studia, prowadzone w końcu lat 90 XX wieku dotyczyły preparatyki materiałów polimerowych o modelowanej porowatości i dużej pojemności sorpcyjnej w stosunku do węglowodorów. Przeprowadzone były w tym obszarze liczne syntezy porowatych polimerów fenolowo-formaldehadowych i melaminowo-formaldehadowych. Czynnikiem porotwórczy stanowiły ziarna krzemionki fumed o rozmiarach dziesiątek nanometrów. Pośrednim produktem prowadzonych syntez był więc również kompozyt polimerowo-krzemionkowy. Na końcowym etapie syntezy ziarna szablonu krzemionkowego były usuwane poprzez trawienie alkaliczne. Pozostałość stanowiły ziarna polimeru o porowatości i uziarnieniu pozwalającym na ich wykorzystanie jako wypełnienie kolumn do chromatografii cieczowej. Przeprowadzenie licznych badań preparatywnych w tym zakresie było możliwe dzięki wsparciu finansowemu w ramach grantu uzyskanego

od Komitetu Badań Naukowych (1999-2002) „Synteza, badania fizykochemiczne i zastosowanie w chromatografii cieczowej porowatych polimerów fenolowo-formaldehydowych i melaminowo-formaldehydowych”. Grant realizowany był przez prof. Annę Deryło-Marczewską i prof. Jacka Goworka. Część syntezy prowadzona była we współpracy z dr Wojciechem Zgrajką z Uniwersytetu Medycznego w Lublinie. Otrzymane materiały charakteryzowały się zróżnicowaną strukturą porów i zróżnicowanym składem chemicznym powierzchni. Do analizy właściwości strukturalnych tych adsorbentów zastosowano tzw. metodę α_s , w której wykorzystano jako sorbent odniesienia nieporowaty polimer otrzymany podczas syntezy bez matrycy nieorganicznej. W ramach projektu podjęto również badania nad oceną właściwości sorpcyjnych wybranych materiałów ze względu na ich potencjalne zastosowanie jako specyficznych sorbentów do usuwania zanieczyszczeń z fazy wodnej. Wykazano, że sorpcja pochodnych aromatycznych z fazy wodnej jest silna i zależna zarówno od stopnia porowatości, jak i charakteru chemicznego powierzchni polimeru, co wskazywało na to, że w przypadku stosunkowo dużych cząsteczek badanych pochodnych adsorpcja ma dominujący udział w ogólnym procesie sorpcji. Przebadano możliwość zastosowania otrzymanych polimerów jako wypełnień do chromatografii gazowej i cieczowej dla wybranych mieszanek testowych, uzyskując dobre rozdziały chromatograficzne [65-67].

Wypada w tym miejscu podkreślić, że współpraca z lubelską uczelnią medyczną układała się zawsze wzorowo na przestrzeni ostatnich 30 lat. Przez wiele lat prowadzona była owocna współpraca z zespołami badawczymi Uniwersytetu Medycznego w zakresie analizy chromatograficznej oraz preparatyki układów do kontrolowanego uwalniania leków.

Osiągnięcia w dziedzinie badań nad syntezą materiałów krzemionkowych zaowocowały w roku 2010 zaproszeniem zespołu prof. Jacka Goworka do udziału w VII Europejskim Ramowym projekcie badawczym w obszarze New Industrial Models for Sustainable and Efficient Production in Green Nanotechnology o akronimie ALGNANO koordynowanym przez prof. Nikolai Kuhnerta z Jacobs University w Bremie. Zespół był jednym z 9 członków międzynarodowego konsorcjum. Mimo, że projekt o proponowanym wielomilionowym nakładzie nie uzyskał w konkursie finansowania UE, doświadczenie zdobyte w trakcie przygotowania projektu należy uznać za niezwykle cenne, a propozycję udziału w programie za uznanie osiągnięć w zakresie preparatyki funkcjonalnych materiałów krzemionkowych. Z ciekawszych aspektów zawartych w projekcie warto wymienić przykładowo wykorzystanie naturalnych źródeł krzemionki, głównie w postaci okrzemków hodowanych w ciepłych wodach morskich.

Równie ciekawym doświadczeniem pracowników zespołu była możliwość współpracy z prof. Pawłem Moskałem i Jego zespołem z Wydziału Fizyki, Astrono-

mii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i uczestnictwo w prestiżowym projekcie Jagielloński PET (J-PET) – Jagiellonian – PET Tomography. Współpraca obejmowała preparatykę elementów krzemionkowych dla testów wstępnych udoskonalanego przez Zespół Krakowski tomografu wykorzystującego zjawisko pozytonowej tomografii emisyjnej PET [68]. Technika PET stosowana jest coraz szerzej w diagnostyce medycznej. Od wielu już lat ze strony UMCS w projekcie udział biorą specjaliści z Instytutu Fizyki UMCS – prof. Bożena Jasińska i dr Marek Gorgol.

Obecnie grupa badawcza dawnego Zakładu Adsorpcji licząca jedynie dwoje stałych pracowników w osobach dr hab. Agnieszki Kierys i dra Andrzeja Sienkiewicza, ale uzupełniona doktorantami i magistrantami, kontynuuje wcześniejsze kierunki badań modyfikując je i uzupełniając o nowe idee. Wyniki obecnie prowadzonych prac badawczych są publikowane w dobrych czasopismach. We wszystkich poczynaniach realizujący badania mają na względzie przede wszystkim aspekt aplikacyjny prowadzonych prac. W ostatnich latach osiągnięto wiele ciekawych wyników związanych m. in. z preparatyką tlenków metali o pożądanej morfologii, które mogą być z powodzeniem wykorzystane w katalizie oraz w procesach neutralizacji toksycznych substancji w wodach środowiska naturalnego. Na szczególne wyróżnienie zasługują wyniki prac nad preparatyką tlenku ceru o zmodyfikowanej morfologii, który wykazuje bardzo wysoką pojemność sorpcyjną w stosunku do toksycznych organicznych adsorbatów [69, 70].

Badania nad syntezą, modyfikacją, charakterystyką fizykochemiczną oraz właściwościami adsorpcyjnymi prowadzone były też w zespole prof. Anny Deryło-Marczewskiej. Prace doktorskie nad syntezą i charakteryzowaniem właściwości materiałów krzemionkowych o uporządkowanej strukturze typu MCF (mesocellular foams), uporządkowanych materiałów węglowych oraz MCM-41 domieszko- wanych metalami wykonały Iwona Skrzypek oraz Natalija Popivnyak. Dr Skrzypek przeprowadziła syntezę mezoporowatych krzemionek na bazie różnego typu kopolimerów trójblokowych typu Pluronic. Pozwoliło jej to na otrzymanie materiałów o bardzo zróżnicowanych strukturach w porównaniu do klasycznego SBA-15 syntezowanego przy użyciu Pluronicu P123. Przeprowadziła wpływ zmiany składu mieszaniny reakcyjnej i sposobu prowadzenia syntezy na zróżnicowanie charakterystyk uzyskanych materiałów: wpływ typu i stężenia matrycy polimerowej, ilości TEOS jako źródła krzemionki i TMB jako czynnika powiększającego pory, oraz temperatury i czasu procesu starzenia. Otrzymane adsorbenty charakteryzowały się wysokim stopniem uporządkowania oraz zróżnicowanymi rozmiarami i kształtami porów, od cylindrycznych do butelkowych. Uzyskanie takich modelowych struktur porowatych pozwoliło na opisanie wpływu kształtu i wielkości porów na kinetykę adsorpcji. Celem badań dr Popivnyak było określenie wpływu domieszek metali (mangan, srebro, miedź,

kobalt, żelazo) na strukturalne, powierzchniowe oraz adsorpcyjne właściwości mezoporowatych materiałów krzemionkowych typu MCM-41. Stosowała ona różne metody prowadzenia syntezy: hydrotermalna, wymiany jonowej, impregnacja, różne matryce porotwórcze, surfaktanty jonowe o różnej długości łańcucha. Celem oceny aktywności katalitycznej uzyskanych materiałów podjęto współpracę z prof. dr hab. Wojciechem Gacem z Zakładu Technologii Chemicznej Wydziału Chemii UMCS, który przeprowadził między innymi badania nad możliwością zastosowania tych układów w reakcji niskotemperaturowego utleniania tlenku węgla. Stwierdzono, że aktywność przebadanych katalizatorów zależała od metody preparatyki, składu, warunków obróbki wstępnej, a także warunków prowadzenia reakcji. Badania prowadzone we współpracy z mgr Skrzypek i Popivnyak zaowocowały serią publikacji naukowych [71-73] oraz zakończyły się opracowaniem dwu rozpraw doktorskich: „Synteza i badanie właściwości fizykochemicznych mezoporowatych materiałów o uporządkowanej strukturze” (mgr I. Skrzypek, 2005), „Synteza, badania właściwości i możliwości zastosowania sorbentów krzemionkowych o uporządkowanej strukturze z domieszkami metali” (mgr N. Popivnyak, 2006). Część z tych badań była prowadzona w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Edukacji 3 T09B 114 29 (2006-2008), kierowanego przez dr W. Gaca, „Nanostrukturalne katalizatory niskotemperaturowego utleniania CO i związków organicznych”. Obecnie badania nad nanoukładami domieszkowanymi metalami pod kątem ich ewentualnego wykorzystania w katalizie i procesach sorpcyjnych, szczególnie w odniesieniu do substancji o aktywności biologicznej prowadzone są z dr hab. Małgorzatą Zienkiewicz-Strzałką i dr Magdaleną Błachnio.

Ostatnio badania prowadzone w zespole prof. Anny Deryło-Marczewskiej, m.in. z dr Małgorzatą Zienkiewicz-Strzałką, dr Agnieszką Chrzanowską i dr Dariuszem Sternikiem, zostały rozszerzone o nowe zagadnienia dotyczące przemian fazowych zachodzących w porach. Zagadnienia te były tematem pracy doktorskiej dr Alicji Bosackiej („Badania procesów adsorpcyjnych i przemian fazowych zachodzących w porach materiałów zróżnicowanych strukturalnie i chemicznie”, 2023). Celem rozprawy doktorskiej było zaprojektowanie, synteza/modyfikacja oraz scharakteryzowanie otrzymanych materiałów pod względem właściwości strukturalnych, teksturalnych, morfologicznych i powierzchniowych, a następnie przebadanie wpływu ich właściwości na procesy adsorpcyjne i przemiany fazowe zachodzące w ograniczonych przestrzeniach porów. Duża część badań, wykonanych we współpracy z dr Marią Galaburdą z Instytutu Chemii Powierzchni Ukrainskiej Akademii Nauk w Kijowie, została poświęcona syntezie nowych materiałów do zastosowań środowiskowych, m.in. przy wykorzystaniu surowców naturalnych lub odpadowych: taniny, induliny, pyłu żelazowego. Drugi nurt badań dotyczył procesów topnienia/krzepnięcia w mikro- i mezoporach materiałów wę-

głowych – zależnościami pomiędzy temperaturami przejścia fazowego, a wielkością porów. W pracy doktorskiej zaprezentowano nowe badania nad wpływem właściwości powierzchniowych, ilości grup tlenowych, na zmianę temperatury topnienia/krzepnięcia wody [74].

W latach 2014-2017 na Wydziale Chemii był realizowany międzynarodowy projekt badawczy Nanostructured Biocompatible/Bioactive Materials, NanoBioMat (FP-7-PEOPLE-2013-IRSES) (koordynator: Anna Deryło-Marczewska) w konsorcjum: Wydział Chemii UMCS, University of Brighton, School of Pharmacy and Biomolecular Sciences, National Technical University of Athens, School of Applied Mathematical and Physical Sciences, Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Moldova, Ioffe Physical-Technical Institute of Russian Academy of Sciences, Institute of Macromolecular Compounds of Russian Academy of Sciences, O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NAS of Ukraine. Celem projektu było opracowanie nowych materiałów do zastosowań biomedycznych w oparciu o porowate i nieporowate materiały krzemionkowe, węglowe, kompozytowe, polimerowe, domieszkowane metalami. Badane były między innymi układy do kontrolowanego uwalniania leków, materiały do usuwania zanieczyszczeń i biotoksyn. Wspólnie z grupami z Kijowa i Aten charakteryzowane były różnymi technikami (np. spektroskopia Ramana, XPS, SEM, TEM, FTIR, XRD, TG, XRF, pomiar potencjału dzeta) różne nanomateriały, m.in. nowego typu nanokompozyty cer-cyrkon, tytan-cyrkon na nośnikach krzemionkowych. Potwierdzona badaniami możliwość ukierunkowania syntezy tych materiałów na otrzymanie oczekiwanych struktur o określonych właściwościach powierzchniowych wskazuje na potencjalne możliwości ich wykorzystania np. w katalizie heterogenicznej i innych zastosowaniach. Kolejne badania dotyczyły syntezy, charakteryzowania właściwości powierzchniowych i morfologii materiałów kompozytowych typu nanocząstka/polimer oraz polimerowych nanoukładów zawierających selen pod kątem m.in. zastosowań biomedycznych [75-78].

2. CHROMATOGRAFIA CIECZOWA

Jednym z nurtów badań nad zjawiskami powierzchniowymi, a konkretnie nad adsorpcją z roztworów były studia dotyczące chromatografii cieczowej. Badania te, prowadzone od lat 60 trwają do dzisiaj i są realizowane w kilku kierunkach:

1. badania podstawowe, mające na celu;
 - optymalizację układów chromatograficznych poprzez badanie zależności wartości retencyjnych substancji w chromatografii cieczowej od składu wieloskładnikowych faz ruchomych,
 - powiązanie wartości retencyjnych z wartościami opisującymi procesy zachodzące w układach chromatograficznych,

2. badania nad wpływem sposobu prowadzenia procesu chromatograficznego na sprawność, rozdzielczość i selektywność układów chromatograficznych,
3. badania nad wykorzystaniem chromatografii do przewidywania aktywności biologicznej substancji.

Pierwsze prace dotyczące chromatografii prowadzone były techniką chromatografii planarnej – była to wówczas jedynie dostępna technika w Zakładzie Chemii Fizycznej. Pionierem w tych badaniach był prof. Waksumdzki, prof. Różyło i wsp. (G. Chojnacka, J. Gross). Badania pilotujące dotyczyły separacji różnych grup substancji w układach TLC [79, 80]. Następnie badania koncentrowały się na opisie teoretycznym procesu chromatografii adsorpcyjnej z mieszaną fazą ruchomą oraz optymalizacji procesu chromatograficznego. Prace te dotyczyły analizy wpływu różnych czynników na wartości retencyjne substancji a tym samym na możliwości ich separacji w danych układach chromatograficznych. Badano wpływ:

- rodzaju fazy stacjonarnej na oznaczenie ilościowe w chromatografii [81] oraz parametry retencyjne [81–84],
- składu fazy ruchomej w układach z dwuskładnikową fazą ruchomą na parametry retencyjne, [83, 85–88].

2.1. CHROMATOGRAFIA CIECZOWA - BADANIA PODSTAWOWE

Dla potrzeb optymalizacji układów chromatograficznych zastosowano popularne w końcu lat 70 i 80 XX w. teorie optymalizacji procesu adsorpcyjnej chromatografii ciekowej (Ościka [89,90], Snydera – Soczewińskiego [91] i Jarońca [92]) oraz interpretacji występujących w nich parametrów. Badania nad procesem adsorpcyjnej chromatografii ciekowej stanowił ważny nurt badań w Katedrze Chemii Fizycznej. Dla potrzeb opisu procesu chromatograficznego prof. dr hab. J. Ościk wyprowadził równanie pozwalające, na podstawie wielkości adsorpcyjnych – stałej równowagi adsorpcji, nadmiaru powierzchniowego aktywnych składników fazy ruchomej, stałej równowagi adsorpcji chromatografowanej substancji przewidzieć wartości retencyjne substancji w danym układzie chromatograficznym – R_M (w przypadku chromatografii cienkowarstwowej) $\log k$ – w przypadku chromatografii kolumnowej. Duża liczba publikacji z tego okresu dotyczy wyznaczania parametrów tego równania oraz powiązania wielkości tych parametrów z fizykochemicznymi właściwościami układów chromatograficznych [93–97].

Realizowane badania doprowadziły do:

- wykazania zależności pomiędzy polem powierzchni właściwej żelu krzemionkowego i wielkościami R_M chromatografowanych substancji oraz wielkościami adsorpcyjnymi tj.: stała równowagi adsorpcji oraz nadmiar

powierzchniowy, występujących w termodynamicznej teorii optymalizacji procesu chromatograficznego Ościka [98, 99] – J.K. Różyło – praca habilitacyjna 1976, I. Malinowska – praca doktorska - 1984.

- określania heterogeniczności powierzchni adsorbentu na podstawie badań chromatograficznych oraz teoretycznych zależności pomiędzy danymi chromatograficznymi a składem dwuskładnikowej fazy ruchomej [100,101] H. Kołodziejczyk – praca doktorska 1987.

Kolejnym aspektem prowadzonych badań była optymalizacja układów w gradientowej nieciągłej chromatografii cienkowarstwowej na podstawie danych retencyjnych chromatografii izokratycznej wyprowadzonych w oparciu o zależności matematyczne. Pozwoliły one na podstawie wartości współczynnika zatrzymania R_F z izokratyczną fazą ruchomą przewidzieć wartości R_F w cienkowarstwowej nieciągłej chromatografii gradientowej [102].

Od lat 70 XX w prowadzone były badania, w których chromatografia służyła do analizy procesów adsorpcyjnych. Badania adsorpcyjne przy pomocy chromatografii oparte były o termodynamiczną teorię procesu adsorpcji Ościka [89, 103, 104].

Chromatografia służyła także jako metoda analizy oddziaływań międzycząsteczkowych w układach chromatograficznych z dwu i trójskładnikową fazą ruchomą [105, 106]. Badania te prowadzone były głównie przez dr hab. B. Ościk-Mendyk i stanowiły podstawę jej rozprawy habilitacyjnej w 1993 r. Opierały się na molekularnym modelu mechanizmu procesu chromatograficznego eksponującym wpływ specyficznych oddziaływań międzycząsteczkowych składników układu chromatograficznego i pozwoliły wywnioskować, że:

- w fazie powierzchniowej dominują „pionowe” oddziaływania międzycząsteczkowe zaadsorbowanych cząsteczek z powierzchnią adsorbentu, oddziaływania „poziome” są pomijane
- w fazie objętościowej występują oddziaływania międzycząsteczkowe pomiędzy jej składnikami prowadzące do powstawania dwucząsteczkowych asocjatów pomiędzy cząsteczkami polarnego składnika fazy ruchomej oraz mieszanych asocjatów (solwatów) cząsteczek chromatografowanej substancji z cząsteczkami bardziej polarnego składnika wieloskładnikowej fazy ruchomej [105, 107].

Wymienione specyficzne oddziaływania międzycząsteczkowe opisane są odpowiednimi stałymi równowagi: reakcji wymiany międzyfazowej $K_{S1(2)}$, reakcji tworzenia autoasocjatów L_2 oraz mieszanych asocjatów (solwatów) C . Wyżej wymienione stałe równowagi powiązano prostoliniową zależnością ze współczynnikiem retencji chromatografowanych substancji w danym układzie chromatograficznym. Na podstawie analizy otrzymanych danych w wielu modelo-

wych układach chromatograficznych stwierdzono, że [108]:

- wartość wyrazu wolnego w równaniu związana jest z wielkością adsorpcji badanej substancji na powierzchni adsorbentu
- wartości nachylenia prostoliniowej zależności pozwalają na ocenę dominującego efektu asocjacji cząsteczek fazy ruchomej.

Ponadto stwierdzono, że autoasocjacja cząsteczek bardziej polarnego składnika fazy ruchomej i asocjacja mieszana są procesami konkurującymi.

Autoasocjacja cząsteczek polarnego składnika fazy ruchomej ma dwukrotnie większy wpływ na dane retencyjne niż asocjacja mieszana.

W latach 80 prowadzono prace mające na celu wykazanie przydatności izokratycznej chromatografii cienkowarstwowej z dwuskładnikową fazą ruchomą jako techniki pilotującej do wysokosprawnej chromatografii kolumnowej. Badania przebiegały w dwóch kierunkach. Jednym z nich była analiza korelacji wartości retencyjnych otrzymanych w chromatografii cienkowarstwowej (w komorach nasyconych Stahla ora komorach „sandwich”) – R_M z wartościami retencyjnymi otrzymanymi techniką HPLC - $\log k$. Drugim – badania możliwości zastosowania termodynamicznego opisu układów chromatograficznych z dwuskładnikową fazą ruchomą – parametrów występujących w tej teorii stałej równowagi adsorpcyjnej w układzie adsorbent-dwuskładnikowa faza ruchoma – $K_{1,2}$ oraz parametru $A_{s(1,2)}$ – opisującego oddziaływanie międzycząsteczkowe w fazie objętościowej. Parametry te otrzymywano w analogicznych układach TLC oraz HPLC i na podstawie ich korelacji wykazano przydatność TLC jako techniki pilotującej dla HPLC [109,110] – praca doktorska M. Janicka – 1993 r.

2.2. OPTYMALIZACJA UKŁADÓW CHROMATOGRFICZNYCH Z TRÓJ- I CZTEROSKŁADNIKOWYMI FAZAMI RUCHOMYMI

Badania w tym temacie obejmowały, w przypadku trójskładnikowych faz ruchomych, optymalizację opartą na zależnościach teoretycznych wartości retencyjnych od składu fazy ruchomej w układach NP i RP [93, 110-115] oraz, w przypadku czteroskładnikowych faz ruchomych – optymalizację metodami chemometrycznymi

Czteroskładnikowe fazy ruchome są uważane za najbardziej efektywne układy do separacji składników mieszanin substancji. Każdy z trzech użytych do konstrukcji fazy ruchomej rozpuszczalników powinien należeć do innej grupy wg klasyfikacji rozpuszczalników Snydera - czwarty rozpuszczalnik (w chromatografii adsorpcyjnej n-heksan lub n-heptan, w chromatografii w odwróconym układzie faz - woda) tzw. moderator, jest używany do regulacji mocy fazy ruchomej (o zerowej sile elucyjnej w stosunku do danego typu chromatografii). Teoretyczne metody optymalizacji takich układów są bardzo skomplikowane. Często dla praktyka stos-

wanie teoretycznych modeli do przewidywania danych retencyjnych w wieloskładnikowych układach faz ruchomych wymaga eksperymentalnego wyznaczenia wielu parametrów, przez co stają się kosztowne i czasochłonne. Z uwagi na wiele ilościowych możliwości składu takiej fazy ruchomej, najlepsze do określenia składu fazy ruchomej okazują się metody chemometryczne. Badano możliwości zastosowania takich metod dla czteroskładnikowych faz ruchomych w układzie adsorpcyjnym stosując jako fazę stacjonarną żel krzemionkowy i tlenek glinu. Optymalizację czteroskładnikowych faz ruchomych prowadzono przy pomocy trójkąta optymalizacyjnego Lehrera oraz przy pomocy opracowanej przez Nyiredy'ego i wsp. metody *PRISMA* [116, 117]. W pracach wykazano, że model *PRISMA* może być stosowany do optymalizacji różnorodnych układów chromatograficznych (*NP* - z fazą stacjonarną SiO_2 oraz Al_2O_3 oraz układach *RP* z fazą stacjonarną C-18, C-8). Wykazano, że przy pomocy metody *PRISMA* otrzymuje się zoptymalizowane układy o lepszych parametrach chemometrycznych niż przy pomocy metody Lehrera.

2.3. BADANIA NAD WPLYWEM PROWADZENIA PROCESU CHROMATOGRAFICZNEGO NA SPRAWNOŚĆ, ROZDZIELCZOŚĆ I SELEKTYWNOŚĆ UKŁADÓW CHROMATOGRAFICZNYCH ORAZ NA ODDZIAŁYWANIA W UKŁADZIE CHROMATOGRAFICZNYM

Oprócz badań podstawowych z użyciem metod chromatograficznych prowadzone badania miały również aspekt praktyczny, a mianowicie dotyczyły one poszukiwaniu nowych technik i układów chromatograficznych.

Jednym z nurtów takich badań było zastosowanie chityny jako fazy stacjonarnej w chromatografii cieczerwowej. Chityna jest, po celulozie, najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie biopolimerem. W swojej strukturze jest podobna do celulozy (zamiast merów glukozydowych zbudowana jest z merów glukozoaminowych lub acetylo-glukozoaminowych). Dlatego też podjęto próbę zastosowania chityny jako naturalnej fazy stacjonarnej w chromatografii cienkowarstwowej. Spośród trzech polimorficznych odmian chityny α , β i γ , jedynie forma α , ze względu na swoje właściwości fizyczne (brak efektu pęcznienia w rozpuszczalnikach organicznych oraz roztworach wodnych), może być używana jako faza stacjonarna w chromatografii. Opracowano metodę preparowania warstw chitynowych – w zależności od użytego rozpuszczalnika do sporządzania suspensji.

Wykazano przydatność stosowania chityny jako fazy stacjonarnej w chromatografii różnych grup związków: barwników histologicznych, aminokwasów, fenolu i jego pochodnych [119] oraz jonów nieorganicznych [118–122]. Obecność na jej powierzchni grup aminowych powoduje, że z powierzchnią chityny silnie oddziałują jony metali przejściowych. Wykorzystując tę właściwość chityny, modyfikowano jej powierzchnię jonami Cd^{+2} , Co^{+2} , Zn^{+2} , Ag^{+1} , Cu^{+2} oraz badano zmiany właściwości powierzchniowych tak otrzymywanych sorbentów. Okazało się, że chityna modyfikowana jonami Cu^{+2} może służyć jako faza stacjonarna do rozdzielania izomerów

optycznych aminokwasów [118] – doktorat D. Gwiss-Chomicz 1987 r.

Praktycznym aspektem badań było określenie w jaki sposób rodzaj techniki chromatograficznej wpływa na rozdział składników mieszanin określonych grup związków: flawonoli, alkaloidów, metabolitów nikotyny, antyoksydantów, kwasów fenolowych [123, 124].

Ważnym nurtem badań było określenie wpływu czynników zewnętrznych na retencje i rozdzielenie składników mieszanin tj:

- ciśnienia, z jakim podawana jest faza ruchoma na płytkę chromatograficzną, a w związku z tym szybkość fazy ruchomej w OPLC [125] – A. Kramek – rozprawa doktorska 2004,
- kondycjonowania płytek, użytej techniki chromatograficznej,
- zewnętrznych pól – magnetycznych i elektrostatycznych.

Badania nad wpływem pola elektrostatycznego na proces chromatograficzny metodą elektrochromatografii planarnej – badania prowadzone przez prof. I. Malinowską i wsp.

Lata dziewięćdziesiąte XX w. to gwałtowny rozwój tej metody, głównie w formie elektrochromatografii kapilarnej. Obecność pola elektrostatycznego w chromatografii cieczerwowej powoduje powstanie w układzie chromatograficznym przepływu elektroosmotycznego, co pozwala na wyeliminowanie ciśnienia w układach elektrochromatografii kapilarnej. Szybkość przepływu elektroosmotycznego jest niezależna od rozmiarów ziaren fazy stacjonarnej, co oznacza, że można stosować wypełnienia o mniejszych średnicach ziaren niż w chromatografii wysokociśnieniowej (HPLC). Ponadto, zastąpienie przepływu ciśnieniowego przepływem elektroosmotycznym pozwala na zwiększenie sprawności układów chromatograficznych w stosunku do układów ciśnieniowych. Sukcesy elektrochromatografii kapilarnej skłoniły do podjęcia prób zastosowania pola elektrostatycznego w chromatografii planarnej.

W badaniach skoncentrowano się na zbadaniu w jaki sposób pole elektrostatyczne wpływa na oddziaływania w układzie chromatograficznym a w rezultacie na retencje chromatografowych substancji, selektywność oraz sprawność układów chromatograficznych. Proces elektrochromatografii jest procesem bardziej skomplikowanym niż proces chromatograficzny. Oprócz typowych oddziaływań występujących w układzie chromatograficznym, pod wpływem pola elektrostatycznego mogą występować w układzie elektrochromatograficznym dwa zjawiska, które nie występują w klasycznej chromatografii cieczerwowej - elektroforeza i elektroosmoza. Ponadto pole elektrostatyczne może wpływać na oddziaływania międzycząsteczkowe w układzie chromatograficznym. Wszystkie te czynniki wpływają na retencje chromatografowanych substancji. Elektrochromatografia planarna, w momencie podjęcia badań, była metodą jeszcze bardzo młodą, stosowaną zaledwie w kilku laboratoriach na świecie. Do jej prowadzenia skonstruowano oryginalne zestawy do elektrochromatografii planarnej. Dlatego też ważny był opis zjawisk zachodzących w układzie chromatograficznym podczas rozwijania chromatogramu w polu elektrostatycznym.

Pierwsza praca z naszego ośrodka, która ukazała się w czasopiśmie o obiegu światowym [125] była piątą pracą dotyczącą elektrochromatografii planarnej na świetle. Prowadzone badania wydają się wypełniać pewną lukę, jaka istnieje w doniesieniach z dziedziny elektrochromatografii [126–130].

Ze względu na specyfikę metody elektrochromatografii planarnej stosując pole elektrostatyczne o odpowiednio skierowanych liniach sił, można wyeliminować w układzie przepływ elektroosmotyczny w układzie chromatograficznym. Nie jest to możliwe w elektrochromatografii kolumnowej lub kapilarnej. Badania takie mają charakter badań podstawowych. Istotnym problemem jest określenie w jaki sposób pole elektrostatyczne wpływa na oddziaływania międzycząsteczkowe w układzie chromatograficznym. Często wpływ pola na retencję substancji, sprawność układów chromatograficznych jest przypisywany jedynie kinetyce migracji fazy ruchomej - różnic pomiędzy przepływem laminarnym i elektroosmotycznym. Wynikiem badań nad wpływem pola elektrostatycznego na poszczególne składniki układu chromatograficznego, było wykazanie że pole elektrostatyczne wpływa na:

- właściwości powierzchni fazy stacjonarnej [126],
- retencję i separację chromatografowanych substancji [131]
- kształt plamek (pików) substancji na płytce chromatograficznej [130],
- oddziaływania międzycząsteczkowe w układzie chromatograficznym [129, 132].

Wpływ pola elektrostatycznego na właściwości powierzchni faz stacjonarnych

Zbadano wpływ pola elektrostatycznego na powierzchnię 6 popularnych w chromatografii faz stacjonarnych - adsorbentów (żelu krzemionkowego i tlenku glinu), faz stosowanych w chromatografii RP (fazy RP-18 i silanizowanego żelu krzemionkowego) oraz stacjonarnych faz polimerowych - celulozy i poliamidu. Zastosowanie metody *thin layer wicking* pozwoliło na stwierdzenie, że pole elektrostatyczne wpływa na składowe swobodnej energii powierzchniowej - dyspersyjnej i kwasowo-zasadowej (w ujęciu Lewisa). Na przykładzie układów chromatograficznych, w których występują głównie oddziaływania dyspersyjne, wykazano, że istnieje zależność pomiędzy zmianą składowej dyspersyjnej swobodnej energii powierzchniowej i retencją chromatografowanych substancji. W układach, w których oprócz oddziaływań dyspersyjnych, występują również oddziaływania kwasowo-zasadowe nie stwierdzono zależności pomiędzy zmianami składowej apolarniej swobodnej energii powierzchniowej a retencją chromatografowanych substancji w polu elektrostatycznym. Wpływ pola elektrostatycznego na właściwości powierzchni adsorbentów udokumentowano również poprzez wyznaczenie wartości potencjału dzeta żelu krzemionkowego i tlenku glinu w układach z wodą i metanolem. Przeprowadzono pomiar potencjału dzeta dla układów, na które nie działało pole elektrostatyczne oraz dla układów, w których odpowiednio przygotowana suspensja SiO_2 i Al_2O_3 poddawana była działaniu pola elektrostatycznego o natężeniu 12 kV/cm przez okres 10 i 20 min. Następnie po wyłączeniu pola elektrostatycznego w równych odstępach czasu mierzono potencjał dzeta układu. Oka-

zało się, że potencjał dzeta takich układów różnił się od potencjału dzeta układów, na które pole elektrostatyczne nie działało. Zależał on zarówno od rodzaju cieczy jak i od czasu działania pola elektrostatycznego na układ. Zmiany potencjału dzeta badanych układów po wyłączeniu pola elektrostatycznego mają charakter oscylacyjny. Wpływ pola elektrostatycznego na właściwości powierzchni adsorbentów potwierdziły również dane chromatograficzne. Płytki pokryte warstwą żelu krzemionkowego lub tlenku glinu umieszczano w polu elektrostatycznym o natężeniu 10 kV/cm, następnie już bez pola rozwijano chromatogram. Retencja substancji na warstwach, na które działało pole elektrostatyczne różniła się od retencji na warstwach, na które pole nie działało [127, 128, 133].

Wpływ pola elektrostatycznego na migrację i rozdział chromatografowanych substancji.

Ze względu na to, że pole elektrostatyczne wpływa na właściwości powierzchniowe faz stacjonarnych dlatego też może wpływać na retencję oraz rozdzielanie chromatografowanych substancji. Jeżeli w układzie przeważają siły dyspersyjne ten wpływ jest dobrze widoczny. W układach, w których występują silne specyficzne oddziaływania międzycząsteczkowe również zaobserwowano wpływ pola elektrostatycznego na migrację i rozdział mieszanin substancji. W układach, w których obok oddziaływań dyspersyjnych występują niewielkie specyficzne oddziaływania wpływ pola elektrostatycznego zarówno na separację jak i migrację substancji jest niewielki [125].

Wpływ pola elektrostatycznego na kształt plamek (pików) chromatografowanych substancji.

Zaobserwowano również zarówno w układach adsorpcyjnych jak i podziałowych wpływ pola elektrostatycznego na kształt plamek chromatografowanych substancji. Pole elektrostatyczne wpływa na kształt pików chromatografowanych substancji. Dla wielu substancji pole powierzchni plamki, jej szerokość jest inna w polu elektrostatycznym i bez pola [128].

Wpływ pola elektrostatycznego na oddziaływania w układzie chromatograficznym.

Wpływ pola elektrostatycznego na oddziaływania międzycząsteczkowe w układzie chromatograficznym wykazano przy pomocy teorii optymalizacji dla adsorpcyjnych układów chromatograficznych z dwuskładnikową fazą ruchomą (teorii Ościka, Snydera - Soczewińskiego oraz na podstawie równania Soczewińskiego-Wachtmeistera). Badając zmiany wartości parametrów tych teorii otrzymanych w układach bez pola i rozwijanych w polu elektrostatycznym stwierdzono, że pole elektrostatyczne wpływa na: wartość stałej równowagi adsorpcyjnej układu, oddziaływania w fazie objętościowej układu chromatograficznego oraz na powierzchnię siedzenia cząsteczek chromatografowanych substancji [128,130]. Wspomniane badania prowadzone były w ramach dwuletniego grantu KBN 2000/2002 nr 3 T09A 053 18 i były podstawą rozprawy habilitacyjnej dr. I. Malinowskiej (2001) oraz rozprawy doktorskiej mgr. K. Niezabitońskiej (2015).

Opisane badania pozwoliły na lepsze poznanie zjawisk zachodzących w układach chromatograficznych w polu elektrostatycznym i przez to ułatwiły stosowanie tej metody w celach analitycznych.

Badania nad wpływem pola magnetycznego na proces chromatograficzny - metoda elektrochromatografii planarnej

Następnym, nowym podjętym tematem badawczym była **analiza wpływu pola magnetycznego** na retencję substancji oraz sprawność i rozdzielczość układów chromatograficznych (prof. I. Malinowska i wsp.). Ta tematyka była tematyką nowatorską. W prowadzonych pracach podjęto próbę odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób pole magnetyczne może wpływać na właściwości poszczególnych składników układu chromatograficznego – fazy stacjonarnej, fazy ruchomej oraz chromatografowanych substancji. Wpływ pola magnetycznego na chociaż jeden element układu chromatograficznego może spowodować zmianę oddziaływań pomiędzy poszczególnymi składnikami układu a tym samym zmianę retencji substancji. To z kolei może pociągnąć za sobą zmianę rozdziału tj. selektywności czy też sprawności układu chromatograficznego.

W celu sprawdzenia jak pole magnetyczne wpływa na właściwości fazy stacjonarnej postanowiono zbadać składowe swobodnej energii powierzchniowej żelu krzemionkowego w polu magnetycznym. Jako metodę badawczą wybrano metodę *thin-layer wicking* ze względu na to, że metoda ta jest jednym z najnowszych podejść do problemów swobodnej energii powierzchniowej. Ponadto odznacza się dużym podobieństwem w przeprowadzaniu eksperymentu omawianej metody z eksperymentem chromatografii planarnej – w badaniach pomiary chromatograficzne oraz pomiary do metody *thin layer wicking* wykonywano w tych samych komorach, na takich samych płytkach chromatograficznych. Prof. Malinowska w swoich pracach wykazała wpływ pola magnetycznego na właściwości fazy ruchomej. Praktyczny aspekt wpływu pola magnetycznego na retencję i rozdział badanych substancji wykazano porównując rozdział alkaloidów III i IV rzędowych z *Chelidonium majus* L. w takich samych układach chromatograficznych rozwijanych w zewnętrznym polu magnetycznym i bez pola. W polu magnetycznym zaobserwowano inną retencję alkaloidów i lepszy ich rozdział [132] niż bez pola, inne chromatogramy ekstraktów roślinnych [133] oraz związków aktywnych biologicznie [134]. Zbadano również, czy natężenie pola magnetycznego oraz kierunek wektora indukcji wpływa na retencję substancji. Takie badania można prowadzić umieszczając komorę chromatograficzną wewnątrz elektromagnesu nadprzewodnikowego. Zbadano retencję wybranych węglowodorów wielopierścieniowych w polu magnetycznym o indukcji od 0.4 do 3.5 T, w którym wektor indukcji skierowany był równoległe do kierunku migracji fazy ruchomej. Okazało się, że retencja badanych *WVA* zmienia się wraz ze zmianą wartości wektora indukcji pola magnetycznego. Badanie wpływu pola magnetycznego na retencję analizowanych substancji w układach *RP*, w układach chromatograficznych z dodatkiem surfaktanta, dla różnych grup związków organicznych wskazują, że pole magnetyczne może być czynnikiem wpływającym na retencję oraz separację substancji.

Badania nad wpływem pola magnetycznego na retencje związków były prowadzone we współpracy ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja) - Laboratorium Fizyki Wysokich Energii. Wynikiem wspomnianej współpracy była realizacja międzynarodowych grantów w latach 2007-2014 (grant **02-0-1065-2007/2014** *Development of the JINR Basic Facility for Generation of Intense Heavy Ion and Polarized Nuclear Beams Aimed at Searching for the Mixed Phase of Nuclear Matter and Investigation of Polarization Phenomena at the Collision Energies to $(S_{NN}^{1/2})$ up to = 11 GeV ZIBJ Dubna (Rosja)*), seria publikacji [132-136] oraz wiele prezentacji na konferencjach krajowych i zagranicznych. Zebrany materiał doświadczalny był podstawą rozprawy doktorskiej M. Studzińskiego (2010).

Badania naukowe były prowadzone również we współpracy z wymienionymi poniżej ośrodkami zagranicznymi i krajowymi:

Z *prof. D.S. Gaibakjanem* z Uniwersytetu w Erewaniu - badania nad zastosowaniem chromatografii cienkowarstwowej do separacji i oznaczania ilościowego jonów nieorganicznych (Re, Mo, V, Au, Se, Te) na żelu krzemionkowym i tlenku glinu. Prace te wykazały przydatność metody TLC do wykrywania obecności badanych jonów w próbce, ich identyfikacji oraz oznaczeń ilościowych. Udowodniono również, że TLC może stać się metodą specyficzną, pozwalającą na określenie w jakiej formie występuje dany jon w badanej fazie ruchomej (szczególną uwagę zwracano na *pH* fazy ruchomej). Podjęty problem jest ważny w przypadku metali występujących na wielu stopniach utlenienia w postaci jonów prostych lub złożonych [137].

Z *prof. V.G. Berezkinem* z Rosyjskiej Akademii Nauk (Moskwa, Rosja) – współpraca dotyczyła m. in. opracowania nowych metod aplikacji próbek na cienkie warstwy sorbentu, a także wysokociśnieniowej chromatografii planarnej. W ramach tej części badań analizowano rolę fazy gazowej na szybkość migracji fazy ruchomej, parametry: sprawność i rozdzielczość układów chromatografii planarnej [138].

Z *prof. Erno Tyihakiem* z Węgierskiej Akademii Nauk – prace polegały na wyjaśnieniu wpływu formaldehydu na aktywność biologiczną wybranych związków [139].

Z *prof. Nada Perisic-Janjic* z Uniwersytetu w Nowym Sadzie – Serbia – prace związane były z zastosowaniem metod chromatograficznych do określania lipofilowości związków [140].

Wiele prac powstało także we współpracy z:

- Wydziałem Farmacji Lubelskiej Akademii Medycznej,
- Wydziałem Chemii Akademii Rolniczej w Lublinie,
- Wydziałem Farmaceutycznym z Oddziałem Analityki Medycznej Gdańskiej Akademii Medycznej.

2.4 ZASTOSOWANIE CHROMATOGRAFII CIECZOWEJ W BADANIACH BIOMEDYCZNYCH

W drugiej połowie lat 90 zaczęto prowadzić badania nad zastosowaniem chromatografii cieczowej w badaniach biomedycznych. Badania te koncentrowały się na określaniu aktywności biologicznej substancji przy pomocy metod chromatografi-

cznych przy wykorzystaniu:

- biomimetycznych układów chromatograficznych do określania deskryptorów aktywności biologicznej substancji,
- wykorzystaniu różnych podejść teoretycznych oraz metod QSAR i QRAR do określania deskryptorów aktywności biologicznej substancji
- wykorzystaniu zaawansowanych metod statystycznych do opracowania otrzymanych wyników.

Zastosowanie metod chromatograficznych do określania deskryptorów aktywności biologicznej substancji

Badania nad aktywnością biologiczną i farmakologiczną substancji dotyczyły możliwości zastosowania układów chromatograficznych imitujących układy biologiczne do określenia właściwości lipofilowych substancji oraz wyznaczenia, na podstawie danych retencyjnych, wielu deskryptorów aktywności biologicznej substancji.

Pierwsze prace z tej tematyki powstały na przełomie XX i XXI w. Dotyczyły one głównie wyznaczania lipofilowości różnych grup substancji przy użyciu metod chromatograficznych oraz różnych modeli teoretycznych. Badania były prowadzone zarówno dla związków o potwierdzonej aktywności biologicznej oraz dla nowo syntetyzowanych związków [141].

Następnie badania rozszerzono na nowe układy chromatograficzne, w których faza stacjonarna imitowała błonę biologiczną (oprócz fazy *RP C-18*, badania prowadzono w układach z fazami stacjonarnymi *IAM*, cholesterolowymi) oraz w układach chromatografii micelarnej, w której zarówno micelle w fazie ruchomej jak i faza stacjonarna *C-18* imitują błony biologiczne [142–145].

Chromatografia micelarna to chromatografia dobrze pasująca do ogólnie obowiązującego trendu tzw. zielonej chemii. Jest ona metodą chromatograficzną umożliwiającą wyznaczanie równowag w układzie micelarnym (pomiędzy analitem i fazą stacjonarną oraz analitem i micelą na podstawie równania Foleya) dzięki czemu można wyznaczyć wiele deskryptorów aktywności biologicznej związków. Ponadto również dane retencyjne substancji otrzymane w układach *MLC* służyły do wyznaczania wielkości wielu deskryptorów aktywności biologicznej związków (metoda *QRAR*). Uzyskane wyniki porównano z wynikami otrzymanymi na podstawie analizy *QSAR* oraz metodami półempirycznymi. Przy pomocy metod statystycznych (głównie analizy wieloparametrowej) porównano wyniki otrzymane analizowanymi metodami. Badania prowadzono w układach *MLC* z surfaktantami anionowymi i kationowymi oraz w układach z surfaktantem *BRIJ-35*, którego micelle są uważane za jeden z najlepszych modeli błon komórkowych (z tego względu ten wariant metody *MLC* został nazwany biopodziałową chromatografią micelarną - *BMC*). Otrzymane wielkości deskryptorów aktywności biologicznej związków porównano z wynikami otrzymanymi w układach faz odwróconych (*RP-LC*) na fazach stacjonarnych imitujących błony biologiczne – fazy *C-18* oraz *IAM*. Wykazano wysokie korelacje pomiędzy otrzymanymi wartościami deskryptorów lipofilowości substancji w układzie *BMC* oraz *RP-IAM* (fazy stacjonarne

IAM – to fazy będące monowarstwą fosfolipidową) [146]. Badania te pozwoliły na wskazanie alternatywnego do układu *RP-IAM* układu chromatograficznego do wyznaczania lipilowości substancji. Dzięki temu obniża się koszt analizy oraz redukuje zużycie rozpuszczalników organicznych. Przy pomocy chromatografii micelarniej wyznaczono parametry farmakokinetyczne potencjalnych leków przeciwnowotworowych. Prowadzone badania wpisują się w trend badań *in vitro* i *in silico* nad nowymi oraz już poznanymi związkami o aktywności biologicznej i farmakologicznej. Badania te były podstawa pracy doktorskiej mgr. K. Stępnik (2015).

Prowadzone studia nad zastosowaniem różnych metod chromatograficznych rozszerzono o modelowanie różnych deskryptorów aktywności biologicznej substancji, w których oprócz metod chromatograficznych zastosowano modele QSAR, QRAR oraz metody statystyczne. W ten sposób określano barierę krew-mózg potencjalnych leków heterocyklicznych przy użyciu różnych metod chromatograficznych [147, 148]. Badano korelacje otrzymanych deskryptorów aktywności biologicznej na bazie różnych metod chromatograficznych z właściwościami cząsteczkowymi badanych substancji oraz przy pomocy różnych algorytmów *in silico*: triazonów [149] triazoli [144], pochodnych triazyny [137] aktywności antyproliferacyjnej nowych klas związków [150].

Realizowano również prace nad zastosowaniem chromatografii micelarniej do oznaczania stężenia wolnej formy leku w osoczu krwi. Chromatografia micelarna ze względu na zdolność solubilizacji białek w micelach może być stosowana jako metoda *DSI* [151,152]. Zebranie danych chromatograficznych opisujących lipofilowość związków oraz ich deskryptorów aktywności biologicznej ma duże znaczenie zarówno naukowe jak i praktyczne. Naukowe – bo pozwala na podstawie prostej metody badawczej, przy minimalnym zużyciu analizowanych związków określić ich właściwości lipofilowe. Korelacje chromatograficznych parametrów lipofilowości ze współczynnikami podziałowymi $\log P$ obliczonymi na podstawie struktur cząsteczkowych badanych związków pozwalają na określenie skuteczności metod badawczych *in silico*. Praktyczne – bo pozwala na omijanie kosztownych i nie zawsze dokładnych badań wyznaczania $\log P$ w układzie n-oktanol/woda oraz redukuje badania prowadzone *in vitro* [146, 153].

Prowadzone badania nad zastosowaniem różnych metod chromatograficznych rozszerzono o modelowanie różnych deskryptorów aktywności biologicznej substancji, w których oprócz metod chromatograficznych zastosowano modele QSAR, QRAR oraz metody statystyczne. W ten sposób określano lipofilowość [145] barierę krew-mózg potencjalnych leków heterocyklicznych przy użyciu różnych metod chromatograficznych [147, 148].

Zastosowanie metod obliczeniowych i chromatograficznych układów biomimetycznych w oznaczaniu aktywności farmakologicznej związków chemicznych różnego pochodzenia w obrębie OUN

Badania polegały na poszukiwaniu nietoksycznych związków pochodzenia roślinnego (z grupy triterpenów, saponin, alkaloidów) o potencjalnym działaniu neuroprotektynym w tym antyamnezyjnym czy prokognitywnym, które potencjalnie są

skuteczne w terapii chorób neurodegeneracyjnych związanych z upośledzeniem funkcji poznawczych, w tym choroby Alzheimera oraz wyznaczaniu ich parametrów farmakokinetycznych. Wykazano, że można połączyć ścieżki metodologiczne łączące metody obliczeniowe – *in silico* z badaniami *post mortem*. Na tej postawie zaproponowano wyznaczenie wartości parametru dystrybucji substancji w obszarze krew-mózg – $\log BB$, iloczynu przepuszczalności substancji przez barierę krew -0 mózg ($\log PS$), szybkości równoważenia mózg-osocze- $\log PS_{Fb}$, frakcji niezwiązanej z białkami osocza – F_u , frakcji niezwiązanej w tkance mózgowej – F_b [154, 155]. Badania te były podstawą pracy habilitacyjnej dr K. Stępnik (2024)

Zastosowanie metod chromatograficznych w badaniu właściwości związków kompleksowych oraz ich lipofilowości.

Kolejnym realizowanym tematem badawczym w ramach zastosowania chromatografii w badaniach biomedycznych było wykorzystanie metod chromatograficznych do analizy oddziaływania związków kompleksowych z powierzchniami różnego typu oraz wyznaczania deskryptorów aktywności biologicznej tych związków. Metale a właściwie ich kationy, pełnią ważne funkcje w metabolizmie organizmów, dlatego też do prawidłowego przebiegu procesów życiowych jest wymagana odpowiednia ich ilość w komórkach. Nie zawsze dieta zapewnia dostarczenie do organizmu odpowiedniej ilości jonów metali. Również organizmy w różnych stanach patologicznych nie są zdolne do ich prawidłowego przyswajania. Dlatego też do prawidłowego funkcjonowania organizmu, konieczne jest dostarczanie jonów metali w postaci suplementów diety. Problem polega na tym, że jony metali w postaci prostych związków nieorganicznych są słabo przyswajalne, a częste ich zażywanie skutkuje problemami związanymi z układem pokarmowym. Obecnie jony metali podawane są w lepiej przyswajalnej formie - chelatów. Nowa generacja takich leków zawiera w swojej cząsteczce aminokwasy – najlepiej aby to były aminokwasy endogenne – zachodzi wówczas podwójna suplementacja substancji potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Związki kompleksowe są szeroko stosowane w wielu dziedzinach. Niezależnie od ich przeznaczenia należy zbadać ich możliwości przenikania przez bariery biologiczne ze względu na możliwy kontakt z człowiekiem. Przy pomocy metod chromatograficznych można określić szereg wielkości, które są deskryptorami biodostępności i aktywności biologicznej tych związków.

Oprócz dostarczania jonów biometali w formie kompleksowej, wiele leków podawanych jest w formie kompleksów, w których substancja czynna pełni rolę ligandu. Istnieją udokumentowane badania, że wiele leków w formie kompleksów jest lepiej przyswajalnych oraz, że są one mniej szkodliwe dla układu pokarmowego pacjenta. Dlatego też trwają prace nad związaniem cząsteczek leków z biopierwiastkami w związki kompleksowe. Przy badaniu takich kompleksów duże znaczenie mają metody chromatograficzne z trzech powodów:

1. Pomiar chromatograficzny pozwala na porównanie deskryptorów aktywności biologicznej ligandów i utworzonych z nich kompleksów a więc

określenie wpływu kompleksowania związku aktywnego biologicznie na jego aktywność biologiczną.

Obecnie istnieje wiele algorytmów matematycznych, dzięki którym wstępnie można określić wiele deskryptorów aktywności biologicznej substancji. Jednakże nie ma opracowanych takich algorytmów w stosunku do związków kompleksowych – określenie deskryptorów aktywności biologicznej jest możliwe jedynie na drodze eksperymentalnej.

Wykazano, że rodzaj jonu centralnego kompleksów jedno i dwurdzeniowych ma wpływ na retencję substancji oraz na jej lipofilowość. Takich zależności nie wykazano dla kompleksów trójrdzeniowych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że rodzaj użytego jonu centralnego ma wpływ na lipofilowość związku a tym samym na jego aktywność biologiczną [156].

2. Badanie, w jakiej formie występuje dany związek kompleksowy w roztworach o różnym pH (co ma duże znaczenia w przewidywaniu aktywności biologicznej takich związków).

Ze względu na małą ruchliwość jonów kompleksowych określenie formy występowania jonów w roztworach o różnym pH jest niemożliwe poprzez pomiary przewodnictwa roztworu. Określenie formy występowania związku kompleksowego jest możliwe przy zastosowaniu metody *RP-LC* poprzez określenie współczynnika retencji substancji w fazach ruchomych o różnym pH . Jednakże dane uzyskane na podstawie analizy współczynników retencji w fazach ruchomych o różnym pH w układach *RP-LC* dają nam informacje jedynie o zmianie polarności kompleksu. Ładunek kompleksu można określić w analogicznych do układów kolumnowych układach chromatograficznych przy pomocy elektrochromatografii planarnej prowadzonej na suchych warstwach sorbentu. W tym przypadku proces chromatograficzny jest prowadzony w polu elektrostatycznym, którego linie są równoległe do kierunku migracji fazy ruchomej. Chromatogram cienkowarstwowy jest rozwijany z dwóch stron – od anody do katody i od katody do anody. Jeśli związek występuje w formie niezjonizowanej retencja substancji w obu stronach – anodowej i katodowej jest taka sama, jeśli w formie jonu – na skutek migracji elektroforetycznej jonu obserwuje się różnice w retencji substancji w stronie anodowej i katodowej.

3. Badanie wpływu pola magnetycznego na lipofilowość substancji.

Badania te związane są z zastosowaniem pól magnetycznych w terapiach, szczególnie tych polegających na ogniskowaniu leków w obszarach zmienionych chorobowo. W takiej terapii lek w postaci kompleksu o właściwościach paramagnetycznych lub zaadsorbowany na nanocząstkach magnetycznych kierowany jest w obszar chorej tkanki. To w polu magnetycznym następuje uwalnianie się leku oraz jego absorpcja. Dlatego też ważne jest określenie czy pole magnetyczne wpływa na przenikalność przez błony ko-

órkowe, wiązanie leku z białkami osocza itp. Badania takie mogą być prowadzone przy zastosowaniu magnetochromatografii. Zastosowanie silnych pól magnetycznych – porównywalnych do pól stosowanych w terapiach, jest stosunkowo proste przy zastosowaniu techniki *TLC* (brak układów elektronicznych, a więc nie ma konieczności silnego ekranowania takich pól). Wykazano, że pole magnetyczne ma wpływ na lipofilowość substancji – zarówno kompleksów jak i związków nieskompleksowanych [133, 157].

UWAGI KOŃCOWE

Opisane studia chromatograficzne wywodzą się z ogólnego nurtu badań nad zjawiskami powierzchniowymi, który stanowi wiodący temat badawczy w Katedrze Chemii Fizycznej. Badania, których podstawą były zjawiska powierzchniowe były prowadzone w wielu kierunkach. Ich inicjatorem, oraz mentorem był prof. A. Waksmundzki. Prof. Waksmundzki zasugerował na początku lat sześćdziesiątych dr J.K. Różyło, zajęcie się chromatografią cieczową. Jedyń w tych czasach dostępną techniką chromatograficzną była chromatografia cienkowsarstwowa (nie licząc bibułowej). Pierwsze badania z użyciem tej techniki miały charakter typowo eksperymentalny i dotyczyły możliwości separacji substancji w określonych układach oraz określenia zależności parametrów retencji od składu mieszanych faz ruchomych. Następnym etapem było wprowadzenie rozważań teoretycznych, które miały na celu opis procesu determinującego migrację substancji w układach chromatograficznych. Chromatografia w tych badaniach zyskała, oprócz aspektu praktycznego znaczenie jako metoda. Przy jej użyciu można określić wartości określonych wielkości fizykochemicznych, odgrywających istotną rolę w procesie rozdziału chromatograficznego, uwzględniających m.in. parametry sorpcji składników fazy ciekłej, oddziaływania międzycząsteczkowe w tej fazie oraz heterogeniczność energetyczną powierzchni fazy stacjonarnej. Badania te pozwoliły na rozszerzenie wiedzy na temat mechanizmu separacji substancji w chromatografii w normalnym i odwróconym układzie faz. Miały też znaczenie praktyczne, ponieważ służyły do optymalizacji procesu chromatograficznego pozwalając jednocześnie na zastosowanie chromatografii cienkowsarstwowej jako metody pilotującej dla wysokosprawnej chromatografii cieczowej.

Rozwinięcie nowych metod chromatograficznych, w tym metod elektro i magneto-chromatografii pozwala na określenie wpływu takich czynników zewnętrznych jak pole elektrostatyczne i magnetyczne na aktywność farmakologiczną substancji.

Badania prowadzone w różnych układach chromatograficznych i porównanie ich wyników z wielkościami uzyskanymi w sposób konwencjonalny pozwalają na rozszerzenie naszej wiedzy na temat przenikalności danych związków przez membrany biologiczne. Prowadzone studia, wpisują się tym samym w wiodący nurt badań Lubel-

skiej Szkoły Chromatograficznej.

Rozważania nad procesami adsorpcji oraz otrzymywaniem i charakteryzowaniem materiałów do specjalnych zastosowań są systematycznie rozwijane oraz poszerzane o nowe zagadnienia. Najnowszym nurtem badań prowadzonych w powstałej po reformie z 2019 r., nowej Katedrze Chemii Fizycznej, są zagadnienia dotyczące właściwości układów koloidalnych, ze szczególnym uwzględnieniem stabilności zdyspergowanych suspensji ciał stałych w roztworach polielektrolitów [158]. Badania te koncentrują się na określeniu właściwości stabilizacyjno-flokulacyjnych układów.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] M. Jaroniec, A. Deryło, *Chem. Eng. Sci.*, 1981, **36**, 1017.
- [2] M. Jaroniec, A. Deryło, *J. Coll. Int. Sci.*, 1981, **84**, 191.
- [3] M. Jaroniec, J. Ościk, A. Deryło, *Acta Chim. Acad. Sci. Hung.*, 1981, **106**, 257.
- [4] A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, J. Ościk, A. W. Marczewski, *Chem. Engng. Sci.*, 1985, **40**, 917.
- [5] A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, J. Ościk, A. W. Marczewski, R Kusak, *Chem. Engng. Sci.*, 1987, **42**, 2143.
- [6] A. Świątkowski, A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, S. Biniak, *J. Coll. Interf. Sci.*, 1999, **218**, 480.
- [7] A. Świątkowski, A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, S. Błażewicz, *Appl. Surf. Sci.*, 2004, **236**, 313.
- [8] J. Goworek, *J. Coll. Interf. Sci.*, 1991, **144**, 521.
- [9] P. Bräuer, M. Heuchel, *Chemical Thermodynamics*, w monografii „Chemistry for 21st Century” pod red. T. M. Letchera, IUPAC, Blackwell Science, 1999, s. 63-75);
- [10] G. Kalies, P. Bräuer, U. Messow, *J. Colloid Interf. Sci.*, 1999, **214**, 344.
- [11] A. Brandt, M. Bülow, A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, J. Schmeißer, W. Schöps, B. Unger, *Adsorption*, 2007, **13**, 267.
- [12] A.W. Marczewski, M. Jaroniec, *Monatsh. Chem.*, 1983, **114**, 711.
- [13] A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, D. Gelbin, A. Seidel, *Chem. Scripta*, 1984, **24**, 239.
- [14] A. W. Marczewski, A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, 1988, **84**, 2951.
- [15] A. Deryło-Marczewska, *Langmuir*, 1993, **9**, 2344.
- [16] A. W. Marczewski, A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, *Chem. Engng. Sci.*, 1990, **45**, 143.
- [17] A. W. Marczewski, A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, *J. Coll. Int. Sci.*, 1986, **109**, 310.
- [18] A. W. Marczewski, M. Jaroniec, A. Deryło-Marczewska, *Mat. Chem. Phys.*, 1986, **14**, 141.
- [19] A. W. Marczewski, A. Deryło-Marczewska, M. Jaroniec, *Chem. Scripta*, 1988, **28**, 173.
- [20] A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, A. Świątkowski, B. Buczek, *Carbon*, 2004, **42**, 301.
- [21] A. Deryło-Marczewska, A. Świątkowski, H. Grajek, S. Biniak, Z. Witkiewicz, *Ads. Sci. Technol.*, 2005, **23**, 867.
- [22] A. Deryło-Marczewska, Świątkowski, B. Buczek, S. Biniak, *Fuel*, 2006, **85**, 410.
- [23] A. Deryło-Marczewska, A. Świątkowski, S. Biniak, M. Walczyk, *Coll. Surf. A*, 2008, **327**, 1.
- [24] A. Deryło-Marczewska, B. Buczek, A. Świątkowski, *Appl. Surf. Sci.*, 2011, **257**, 9466.
- [25] A. Deryło-Marczewska, M. Błachnio, A.W. Marczewski, A. Świątkowski, B. Buczek, *Chem. Engng. J.*, 2017, **308**, 408.
- [26] A. Deryło-Marczewska, A.W. Marczewski, Sz. Winter, D. Sternik, *Appl. Surf. Sci.*, 2010, **256**, 5164.
- [27] A.W. Marczewski, *Appl. Surf. Sci.*, 2007, **253**, 5818.
- [28] A.W. Marczewski, *Langmuir*, 2010, **26**, 15229.
- [29] A. Deryło-Marczewska, *Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Hubickiego, UMCS 2010 (ISBN 978-83-227-3050-8), str. 605.
- [30] A. Deryło-Marczewska, A. W. Marczewski, *Langmuir*, 1999, **15**, 3981.

- [31] A. Deryło-Marczewska, M. Błachnio, A.W. Marczewski, A. Świątkowski, B. Tarasiuk, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2010, **101**, 785.
- [32] M. Błachnio, T.M. Budnyak, A. Deryło-Marczewska, A.W. Marczewski, V.A. Tertykh, *Langmuir*, 2018, **34**, 2258.
- [33] M. Błachnio, A. Deryło-Marczewska, A.W. Marczewski, M. Sęczkowska, *Chemosphere*, 2019, **214**, 349.
- [34] A. Bosacka, M. Zienkiewicz-Strzałka, A. Deryło-Marczewska, A. Chrzanowska, M. Wasilewska, D. Sternik, *Coll. Surf. A*, 2022, **647**, 129130.
- [35] A. Deryło-Marczewska, A. Chrzanowska, A.W. Marczewski, *Mic. Mes. Mater.*, 2020, **293**, 109769.
- [36] A.W. Marczewski, M. Sęczkowska, A. Deryło-Marczewska, M. Błachnio, *Adsorption*, 2016, **22**, 777.
- [37] M. Wasilewska, A.W. Marczewski, A. Deryło-Marczewska, D. Sternik, *J. Env. Chem. Engng.*, 2021, **9**, 105459.
- [38] A. Chrzanowska, A. Deryło-Marczewska, *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, **139**, 531.
- [39] A. Chrzanowska, A. Deryło-Marczewska, P. Borowski, *Appl. Surf. Sci.* 2020, **525**, 146512.
- [40] C. T. Kresge, M.E. Leonowicz, W. J. Roth, J.C. Vartuli, J.S. Beck, *Nature*, 1992, **359**, 710.
- [41] S. Komarneni, V. C. Menon, R. Pidugu, J. Goworek, W. Stefaniak, *J. Porous Mater.*, 1996, **3**, 115.
- [42] J. Goworek, W. Stefaniak, *J. Porous Mater.*, 1996, **3**, 121.
- [43] J. Goworek, W. Stefaniak, *Coll. Surf. A*, 1998, **134**, 343.
- [44] J. Goworek, W. Stefaniak, W. Zgrajka, *Mater. Chem. Phys.*, 1999, **59**, 149.
- [45] W. Stefaniak, J. Goworek, B. Biliński, *Coll. Surf. A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2003, **214**, 231.
- [46] J. Goworek, W. Stefaniak, *Colloids and Surfaces A*, 1994, **82**, 71.
- [47] V. M. Gun'ko, O.V. Goncharuk, J. Goworek, *Coll. Surf. A*, 2015, **474**, 52.
- [48] J. Goworek, *American Laboratory*, May, 1998, 58.
- [49] J. Goworek, W. Stefaniak, *Instrumentation Science and Technology*, 1997, **25**, 91.
- [50] J. Goworek, W. Stefaniak, *Instrumentation Science and Technology*, 1997, **25**, 97.
- [51] T. Goworek, K. Ciesielski, B. Jasińska, J. Wawryszczuk, *Chem. Phys. Lett*, 1997, **272**, 91.
- [52] R. Zaleski, W. Stefaniak, M. Maciejewska, J. Goworek, *J. Coll. Interf. Sci.*, 2010, **343**, 134.
- [53] A. Kierys, R. Zaleski, M. Grochowicz, J. Goworek, *Coll. Polym. Sci*, 2011, **289**, 751.
- [54] P. Krasucka, R. Zaleski, K. Skrzypiec, J. Goworek, *Mic. Mes. Mater.*, 2017, **237**, 210.
- [55] J. Goworek, W. Stefaniak, R. zaleski, *Polymer Testing*, 2019, **79**, 105990.
- [56] Z. Surowiec, J. Goworek, J. Ryczkowski, M. Budzyński, M. Wiertel, J. Sarzyński, *Nukleonika* 2007, **52**, 33.
- [57] Z. Surowiec, B. Bierska-Piech, M. Wiertel, M. Budzyński, J. Goworek, *Acta Phys. Polon. A*, 2008, **114**, 1605.
- [58] Z. Surowiec, M. Wiertel, M. Budzyński, J. Sarzyński, J. Goworek, *J. Non-Crystalline Solids*, 2008, **354**, 4271.
- [59] N. A. Yaroshenko, S. I. Trofimenko, Ya. Goworek, Yu. L. Zub, *Russ. J. Phys. Chem.*, 2010, **84**, 1406.
- [60] A. Kierys, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2014, **6**, 14369.
- [61] J. Goworek, A. Kierys, W. Gac, A. Borówka, R. Kusak, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2009, **96**, 375.
- [62] I. Halasz, A. Kierys, J. Goworek, H. Liu, R. E. Patterson, *J. Phys. Chem. C*, 2011, **115**, 24788.
- [63] R. Zaleski, A. Kierys, M. Dziadosz, J. Goworek, I. Halasz, *RSC Adv.*, 2012, **2**, 3729.
- [64] A. Kierys, R. Zaleski, W. Buda, s. Pikus, M. Dziadosz, J. Goworek, *Coll. Polym. Sci.*, 2012, **291**, 1463.
- [65] A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, W. Zgrajka, *Langmuir*, 2001, **17**, 6518.
- [66] A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, R. Kusak, W. Zgrajka, *Appl. Surf. Sci.*, 2002, **195**, 117.
- [67] A. Deryło-Marczewska, J. Goworek, S. Pikus, E. Kobylas, W. Zgrajka, *Langmuir*, 2002, **18**, 7538.
- [68] P. Moskał, A. Gajos, M. Mohammed, J. Chhokar, N. Chung, C. Curceanu, E. Czerwiński, M. Dadgar, K. Dułski, M. Gorgol, J. Goworek, B.C. Hiesmayr, B. Jasińska, K. Kacprzak, Ł. Kapłon, H. Karimi, D. Kisieleska, K. Klimaszewski, G. Korcył, P. Kowalski, N. Krawczyk, W. Krzemień, T. Kozik, E. Kubicz, S. Niedźwiecki, S. Parzych, M. Pawlik-Niedźwiecka, L. Raczynski, J. Raj, S. Sharma, S.

- Choudhary, R. Y. Shopa, A. Sienkiewicz, M. Silarski, M. Skurzok, E. Ł. Stępień, F. Tayefi, W. Wiślicki, *Nature Commun.*, 2021, **12**, 5658.
- [69] A. Sienkiewicz, A. Kierys, J. Goworek, *J. Disp. Sci. Technol.*, 2019, **40**, 1396.
- [70] J. Lupa, K. Morlo, R. Dobrowoński, P. Legutko, A. Sienkiewicz, A. Kierys, *Chem. Engng. J.*, 2023, **474**, 145750.
- [71] A. Deryło-Marczewska, A.W. Marczewski, I. Skrzypek, S. Pikus, M. Kozak, *Appl. Surf. Sci.*, 2005, **252**, 625.
- [72] A. Deryło-Marczewska, A.W. Marczewski, I. Skrzypek, S. Pikus, M. Kozak, *Appl. Surf. Sci.*, 2008, **255**, 2851
- [73] W. Gac, A. Deryło-Marczewska, S. Pasieczna-Patkowska, N. Popivnyak, G. Żukociński, *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 2007, **268**, 15.
- [74] A. Bosacka, M. Zienkiewicz-Strzałka, A. Deryło-Marczewska, M. Śliwińska-Bartkowiak, A. Sterczyńska, D. Sternik, K. Rotnicki, *Mic. Mes. Mater.*, 2023, **351**, 112477.
- [75] P. Klonos, I.Ya. Sulym, K. Kyriakos, I. Vangelidis, S. Zidropoulos, D. Stenik, M.V. Borysenko, A. Kyritsis, A. Deryło-Marczewska, V.M. Gun'ko, P. Pissis, *Polymer*, 2015, **68**, 158.
- [76] I. Protsak, V. Tertykh, E. Pakhlov, A. Deryło-Marczewska, *Prog. Org. Coat.*, 2017, **106**, 163.
- [77] V.M. Gun'ko, E.M. Pakhlov, O.V. Goncharuk, L.S. Andriyko, Yu.M. Nychiporuk, D.Yu. Balakin, D. Sternik, A. Deryło-Marczewska, *J. Coll. Int. Sci.*, 2018, **529**, 273.
- [78] R. Kozakevych, A. Korobeinyk, Y. Bolbukh, V. Tertykh, L. Mikhalovska, M. Zienkiewicz-Strzałka, A. Deryło-Marczewska, *Appl. Nanosci.*, 2019, **9**(5), 801.
- [79] A. Waksmundzki, J.K. Różyło, A. Ścisłowicz, *Journal of Chromatography A* 1970, **46**, 204.
- [80] B. Ościk-Mendyk, M. Janicka, L. Kwietniewski, *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC* 2001, **14**(1) 256.
- [81] A. Waksmundzki, J. Różyło, *J. Chromatogr* 1973, **78**, 55.
- [82] J. Różyło, H. Kołodziejczyk, I. Malinowska, *Chem. Anal.* 1984, **29**, 555.
- [83] J. Różyło, *J. Chromatogr.*, 1976, **116**, 117.
- [84] J. Różyło, *J. Chromatogr.*, 1974, **93**, 177.
- [85] J. Różyło, *Chromatographia*, 1975, **83**, 90.
- [86] J. Różyło, G. Chojnacka, H. Kołodziejczyk, *Journal of High Resolution Chromatography & Chromatography Communications*, 1982, **5**, 139.
- [87] L. Kwietniewski, M. Janicka, J.K. Różyło, *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC*, 1998, **113**, 50.
- [88] J.K. Różyło, M. Janicka, A. Żabinska, A. Niewiadomy, *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC* 1998, **11**, 433.
- [89] Ościk J, *Przemysł Chemiczny*, 1965, **44**.
- [90] M. Janicka, J. Różyło, *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC*, 1993, **6**, 362.
- [91] B. Ościk-Mendyk, M. Borowko, *Chromatographia* 2002, **55**, 491.
- [92] M. Jaroniec, J. Ościk, *Journal of High Resolution Chromatography & Chromatography Communications* 1982, **5**, 3.
- [93] J. Ościk, M. Jaroniec, I. Malinowska, *J. Liq. Chromatogr.* 1983, **6**, 81.
- [94] M. Borówko, B. Ościk-Mendyk, *Adsorpt.-J. Int. Adsorpt. Soc.* 2010, **16**, 397.
- [95] J. Różyło, G. Chojnacka, I. Malinowska, *Chromatographia*, 1980, **13**, 215.
- [96] J. Różyło, J. Gross, G. Chojnacka, I. Malinowska, *J. Liq. Chromatogr.* 1980, **3**, 921.
- [97] J. Różyło, I. Malinowska, *Chem. Anal.* 1982, **27**, 469.
- [98] J. Różyło, I. Malinowska, M. Ponieważ, *J. Liq. Chromatogr.* 1983, **6**, 2665.
- [99] J. Różyło, I. Malinowska, M. Ponieważ, *J. Liq. Chromatogr.* 1984, **7**, 2697.
- [100] B. Ościk-Mendyk, M. Jaroniec, J. Różyło, *Chem. Anal.* 1984, **29**, 29.
- [101] M. Jaroniec, J. Różyło, W. Gołkiewicz, *J. Chromatogr.* 1979, **178**, 27.
- [102] J. K. Różyło, I. Malinowska, H. Kołodziejczyk *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC* 1998, **1**, 235.
- [103] G. Chojnacka, J. Ościk, J. Różyło, *Chromatographia*, 1980, **13**, 109.
- [104] J. Ościk, J. J. Różyło, B. Ościk -Mendyk, M. Jaroniec, *Chromatographia*, 1981, **14**, 95.
- [105] B. Ościk-Mendyk, J.K. J. Różyło, *J. Liq. Chromatogr., Relat. Technol.* 2000, **23**, 2487.
- [106] G. Chojnacka, J. Ościk, R. Kusak, *J. Liq. Chromatogr.*, 1987, **10**, 3547.

- [107] B. Ościk-Mendyk, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2001, **14**, 178.
- [108] J. K. Różyło, I. Malinowska, M. Ponieważ, Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie, 1984, **318**, 307.
- [109] J. K. Różyło, M. Janicka, J. Liq. Chromatogr., 1991, **14**, 3197.
- [110] M. Borówko, B. Ościk-Mendyk, P. Borówko, J. Phys. Chem., B 2005, **109**, 21056.
- [111] M. Borówko, B. Ościk-Mendyk, J. Chromatogr., Sci. 2005, **43**, 126.
- [112] M. Borówko, B. Ościk-Mendyk, Adv. Colloid Interface Sci., 2005, **118**, 113.
- [113] M. Borówko, B. Ościk-Mendyk, Chromatographia 2004, **60**, 51.
- [114] L. Kwietniewski, M. Janicka, J.K. J. Różyło, Chromatographia, 2000, **52**, 559.
- [115] J. Ościk, J. J. Różyło, J. Gross, I. Malinowska, G. Chojnacka, Chromatographia 1982, **15**, 25.
- [116] I. Malinowska, J. J. Różyło, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 1993, **6**, 452.
- [117] I. Malinowska, J. K. J. Różyło, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC 1997, **10**, 411.
- [118] I. Malinowska, J. K. Różyło, A. Jamrozek-Manko, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC 2000, **13**, 37.
- [119] J. K. Różyło, I. Malinowska, D. Gwiss-Chomicz J. Liq. Chromatogr., 1986, **9** (16) 3447.
- [120] J. K. Różyło, D. Gwiss-Chomicz, I. Malinowska JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 1988, **1**, 235.
- [121] I. Malinowska, J. K. Różyło, Biomed. Chromatogr. 1997, **11**, 272.
- [122] M. Krauze-Baranowska, I. Malinowska, D. Glod, M. Majdan, A. Wilczańska, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2009, **22**, 385.
- [123] I. Malinowska, M. Studziński, K. Niezabitowska, M. Gadzikowska, Chromatographia, 2013, **76**, 1327.
- [124] I. Malinowska, M. Gadzikowska, M. Waksmundzka-Hajnos, A. Kramek, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2005, **18**, 176.
- [125] I. Malinowska, Różyło J.K. JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 1998, **11** (6), 411.
- [126] I. Malinowska, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 1999, **12** (6), 408.
- [127] I. Malinowska, Chem. Environ. Res., 2000, **9** (3&4), 264.
- [128] I. Malinowska, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2001, **11**, 204.
- [129] I. Malinowska, Reversed phase Thin-Layer Chromatography under the Influence of Electric Field, 2001, **10**, 237.
- [130] I. Malinowska, Proceedings of the Georgian Academy of Sciences 2002, **28**, 148.
- [131] I. Malinowska, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2000, **13** (1), 4.
- [132] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2014, **27** (5), 340.
- [133] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski, JPC - Journal of Planar Chromatography – Mod. TLC 2017, **30** (2).
- [134] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski, M. Gadzikowska, Chromatographia, 2017, **80** (6), 923.
- [135] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski, JPC - Journal of Planar Chromatography – Mod. TLC, 2008, **21** (5), 379.
- [136] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski, J. Sep. Sci., 2011, **34** (15), 1978.
- [137] D. Gaibakian, J.K. Różyło, M. Janicka, J. Liq. Chromatogr. 1985, **8** (16) 2969.
- [138] V. G Berezkin, R. G. Mardanov, A. A. Moiseev, I. Malinowska, J. K. Różyło JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC 2002, **15** (5) 377.
- [139] M. Janicka, E. Tyihak, A. M. Moricz, B. Ościk-Mendyk, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2008, **21** (3) 161.
- [140] M. Janicka, N. U. Perisic-Janic, J. K. Różyło, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2004, **17** (6), 468.
- [141] M. Janicka, JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC, 2007, **20**, 267.
- [142] M. Janicka, K. Sępnik, A. Pachuta-Stec, Chromatographia 2012, **75** (9-10) 449.
- [143] M. Janicka, M. Sztanke, K. Sztanke, J. Chromatogr. A 2013, **1318**, 92.
- [144] M. Janicka, A. Pachuta-Stec, J. Sep. Sci. 2014 **37** (12) 1419.
- [145] M. Janicka, A. Mycka, M. Sztanke, K. Sztanke, Int. J. Mol. Sci. 2021, **22**, 4257.
- [146] K. E. Sępnik, I. Malinowska, Journal of Chromatography A, 2013, **1286**, 127.
- [147] M. Janicka, M. Sztanke, K. Sztanke, Molecules 2024, **29**, 287.

- [148] M. Janicka, A. Śliwińska, M. Sztanke, K. Sztanke, *Int. J. Mol. Sci.* 2022, **23**, 15887.
- [149] M. Sztanke, T. Tuzimski, M. Janicka, K. Sztanke, *Eur. J. Pharm. Sci.* 2015, **68**, 114.
- [150] M. Sztanke, J. Rzymowska, M. Janicka, K. Sztanke, *Arab. J. Chem.* 2019, **12**, 5302.
- [151] K. E. Stępnik, I. Malinowska, *Talanta*, 2016, **153**, 1.
- [152] K. E. Stępnik, I. Malinowska, *Talanta*, 2017, **162**, 241.
- [153] K. E. Stępnik, I. Malinowska, *Biomedical Chromatography* 2017, **31**(4).
- [154] K. Stępnik, W. Kukuła-Koch, W. Płaziński, M. Rybicka, K. Gawęł *Pharmaceuticals* 2023, **16** (9).
- [155] I. Malinowska, A. Wronka, W. Ferenc, *Biomedical Chromatography*, 2017, **31** (5).
- [156] A. Wronka, I. Malinowska, W. Ferenc, B. Cristovao, *Chromatographia*, 2014, **77** (15-17), 1103.
- [157] I. Malinowska, M. Studziński, H. Malinowski, *JPC-J. Planar Chromatogr.-Mod. TLC* 2018, **31** (1), 48.
- [158] E. Godek, U. Maciołek, M. Kosińska-Pezda, Ł. Byczyński, A. Nowicka, E. Grządka, *Chemistry-European Journal*, 2024, **30**, e202303404.

Praca wpłynęła do Redakcji 23 lipca 2024 r.

ZJAWISKA MIĘDZYFAZOWE – 80 LAT BADAŃ. CZEŚĆ II - MAKROSKOPOWE I MIKROSKOPOWE WŁAŚCIWOŚCI GRANIC FAZ

INTERFACIAL PHENOMENA – 80 YEARS OF STUDIES. PART II. MACROSCOPIC AND MICROSCOPIC PROPERTIES OF INTERFACE

**Lucyna Hołysz*, Anna Zdziennicka,
Agnieszka Ewa Wiącek, Małgorzata Jurak,
Emil Chibowski, Bronisław Jańczuk**

*Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
e-mail: lucyna.holysz@mail.umcs.pl

Abstract

Katedra Zjawisk Międzyfazowych – Rys historyczny

Wprowadzenie

1. Procesy wzbogacania
 - 1.1. Flotacja minerałów
 - 1.2. Separacja pianowa metali i związków powierzchniowo czynnych
2. Swobodna energia powierzchniowa
 - 2.1. Wyznaczanie swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych
 - 2.2. Wpływ modyfikacji powierzchni ciał stałych na ich właściwości i swobodną energię powierzchniową
3. Roztwory i układy zdyspergowane
 - 3.1. Wpływ pola magnetycznego na właściwości układów zdyspergowanych
 - 3.2. Stabilność układów zdyspergowanych – emulsje i suspensje
4. Układy biologiczne i biomateriały
5. Związki powierzchniowo czynne
6. Układy biomimetyczne

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Lucyna Hołysz jest absolwentką Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. UMCS w Lublinie. Tutaj uzyskała tytuł zawodowy magistra (1976), stopień doktora (1985), doktora habilitowanego (1998) oraz tytuł profesora (2009). W latach 2012–2019 pełniła funkcję kierownika Katedry Chemii Fizycznej, Wydziału Chemii UMCS. Zainteresowania naukowe: zjawiska międzyfazowe: procesy zwilżania, swobodna energia powierzchniowa ciał stałych i metody jej wyznaczania, modyfikacja powierzchni ciał stałych w aspekcie użytkowym, modelowe układy biomimetyczne, właściwości układów zdyspergowanych i ich stabilności, wpływ pola magnetycznego na właściwości wody, roztworów i układów zdyspergowanych.



<https://orcid.org/0000-0001-6479-0919>

Prof. dr hab. Anna Zdziennicka w roku 1988 ukończyła studia na Wydziale Mat.-Fiz.-Chem. UMCS. Stopień doktora uzyskała w 1996 roku, doktora habilitowanego w 2011 roku, a w 2017 roku tytuł profesora. Była kierownikiem Studiów Doktoranckich (2016–2023) oraz Międzynarodowych Studiów Doktoranckich na Wydziale Chemii (2018–2023), a od 2014 roku kieruje Zakładem Zjawisk Międzyfazowych przemianowanym w Katedrę. Jej badania dotyczą zjawisk międzyfazowych, tj. swobodna energia powierzchniowa i jej składowe, adsorpcja, objętościowe, powierzchniowe i zwilżające właściwości surfaktantów i biosurfaktantów oraz ich wieloskładnikowych mieszanin.



<https://orcid.org/0000-0002-7450-8507>

Dr hab. Agnieszka Ewa Wiącek, prof. UMCS (stopień dr 2000 r., dr hab. 2013 r., prof. uczelni 2018 r.). Autor/współautor blisko 100 prac naukowych/monografii i prawie 200 doniesień konferencyjnych. W 2022 r. w rankingu Elsevier wśród kilkunastu najczęściej cytowanych naukowców UMCS. Tematyka badawcza: zjawiska międzyfazowe, stabilność układów zdyspergowanych, proces zwilżania, swobodna energia powierzchniowa, właściwości związków biologicznie czynnych i ich zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmacji i implantologii.



<https://orcid.org/0000-0002-7425-9694>

Dr hab. Małgorzata Jurak, prof. UMCS ukończyła studia magisterskie na Wydziale Chemii UMCS w 2004 roku. Pracę doktorską obroniła w 2009 roku, a stopień doktora habilitowanego uzyskała w 2019 roku w dyscyplinie nauki chemiczne. Jej dorobek naukowy obejmuje blisko 80 publikacji i ponad 180 doniesień konferencyjnych. Zainteresowania naukowe skupiają się wokół układów biomimetycznych na różnych granicach faz. Badania są ukierunkowane na określenie oddziaływań międzycząsteczkowych, stabilności, zwilżalności i swobodnej energii powierzchniowej, a także struktury filmów jedno- i wieloskładnikowych w aspekcie ich zastosowań biomedycznych.



<https://orcid.org/0000-0002-5365-7677>

Prof. dr hab. Emil Chibowski w 1967 roku ukończył studia chemiczne na Wydziale Mat.-Fiz.-Chem. UMCS. W 1973 roku uzyskał stopień doktora, w 1981 roku doktora habilitowanego, a w 1989 roku tytuł profesora. Był wice-dyrektorem Instytutu Chemii (1987–2012) oraz kierownikiem Zakładu Chemii Fizycznej przemianowanej na Katedrę Chemii Fizycznej (1993–2012). Jego badania koncentrowały się na zagadnieniach dotyczących zjawisk międzyfazowych, tj. zjawiska elektrokinetyczne, flotacja minerałów, zwilżanie i kąt zwilżania, swobodna energia powierzchniowa, właściwości powierzchniowe warstewek związków biologicznie czynnych, wpływ pola elektromagnetycznego i magnetycznego na układy koloidalne i właściwości wody.



<https://orcid.org/0000-0003-4298-4696>

Prof. dr hab. Bronisław Jańczuk ukończył studia na Wydziale Mat.-Fiz.-Chem. UMCS w 1967 roku. Stopień doktora uzyskał w 1973 roku, doktora habilitowanego w 1985 roku, a w 1991 roku tytuł profesora. W latach 1992–1994 oraz w roku 1996 przebywał na Uniwersytecie Extremadura w Badajoz (Hiszpania), w latach 2001–2014 był kierownikiem Zakładu Zjawisk Międzyfazowych. Jego badania koncentrowały się na zagadnieniach dotyczących zjawisk międzyfazowych, takich jak swobodna energia powierzchniowa, flotacja, adsorpcja, zwilżalność i adhezja w różnych układach obejmujących takie ciała stałe jak minerały, polimery, minerały ilaste, gleba oraz właściwości adsorpcyjne, agregacyjne i zwilżające surfaktantów i ich wieloskładnikowych mieszanin.



<https://orcid.org/0000-0002-8852-4495>

ABSTRACT

The paper describes the course of research on surface and interfacial phenomena as well as the obtained results, which were initiated by Professor Andrzej Waksmundzki in 1945 in the Department of Physical Chemistry and Electrochemistry organized by him at Maria Curie-Skłodowska University. It has been developed over the years and is still being developed today. The Research Group of Interfacial Phenomena and Flotation was established in the Department, which was at that time headed by doc. Jerzy Szczypa. Then, in 1997 the Department of Interfacial Phenomena was established and currently, because of the reorganization of UMCS it functions as the Department of Interfacial Phenomena at the Institute of Chemical Sciences. Initially, the Group Research was focused on the problems of mineral enrichment using the flotation and foam separation methods. This also involved the research on the wettability of various solids, their surface free energy and methods of its determination, both theoretically and experimentally by measuring contact angles. The research on the electric double layer and electrokinetic phenomena was also carried out. There were applied also gas chromatography and adsorption methods, as well as modern equipment for examining surface properties of solids and liquids. Over the years, the scope of research on these phenomena has expanded to include superhydrophobic surfaces, the use of plasma for solid surface modification, investigations on layers of biologically active substances on various substrates, and biopolymer films in terms of their biocompatibility and use in pharmacy and medicine. The stability of dispersed systems and emulsions, as well as the influence of external fields (electric and magnetic) on the stability of dispersed systems in terms of the scale deposition were studied. In parallel, extensive research was carried out on the adsorption, aggregation and wetting properties of different surfactants, sugar surfactants, biosurfactants, their multi-component mixtures and those with organic additives such as short-chain alcohols, which being developed. The details of the research and its published results can be found in the extensive bibliography attached to the paper.

Keywords: flotation, adsorption, electrokinetic phenomena, surfactants, wettability, surface free energy, suspensions, emulsions, electric and magnetic fields, stability of dispersed systems, biopolymers, biomineralization, superhydrophobic surfaces, biomimetic systems.

Słowa kluczowe: flotacja, adsorpcja, zjawiska elektrokinetyczne, surfaktanty, zwilżalność, swobodna energia powierzchniowa, suspensje, emulsje, pole elektryczne i magnetyczne, stabilność układów zdyspergowanych, biopolimery, biomineralizacja, powierzchnie superhydrofobowe, układy biomimetyczne.

KATEDRA ZJAWISK MIĘDZYFAZOWYCH – RYS HISTORYCZNY

Zakład Zjawisk Międzyfazowych (od 2019 roku Katedra Zjawisk Międzyfazowych) powstał w 1997 r. Jego historia wiąże się nierozzerwalnie z historią Katedry Chemii Fizycznej, która została utworzona w Sekcji Chemii na Wydziale Przyrodniczym Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w październiku 1945 roku. Katedrą Chemii Fizycznej i Elektrochemii przemianowaną w 1970 r. w Zakład Chemii Fizycznej przez 35 lat kierował profesor Andrzej Waksmundzki. Jego następcą był profesor Jarosław Ościk, który przechodząc na emeryturę w 1993 r. powierzył kierowanie Zakładem Chemii Fizycznej profesorowi Emilowi Chibowskiemu.

Działalność naukową pracownicy Katedry rozpoczęli od zagadnień związanych z elektrochemią, rozwijając równoległe zainteresowania chromatografią, adsorpcją i teorią roztworów. Jednocześnie rozwijały się badania dotyczące zjawisk międzyfazowych pod kątem wzbogacania rud i minerałów ze szczególnym uwzględnieniem flotacji.

Szeroki wachlarz badań prowadzonych w zespołach naukowych zainicjował powstanie nowych jednostek organizacyjnych. W 1997 roku Zakład Chemii Fizycznej został przekształcony w Katedrę Chemii Fizycznej, w skład której wchodziły trzy zakłady: Zakład Zjawisk Międzyfazowych, Zakład Adsorpcji i Chromatografii Planarnej oraz Zakład Fizykochemii Powierzchni Ciała Stałego.

W latach 1997–2012 Katedrą Chemii Fizycznej jako jednostką dydaktyczną kierował prof. dr hab. Emil Chibowski, z roczną przerwą w roku akademickim 2000/2001, gdy funkcję Kierownika Katedry pełnił prof. dr hab. Bronisław Jańczuk. W latach 2013–2019 Katedrą kierowała prof. dr hab. Lucyna Hołysz.

Kierownikami Zakładu Zjawisk Międzyfazowych byli:

- Prof. dr hab. Wiesław Wójcik (1997–2001)
- Prof. dr hab. Bronisław Jańczuk (2001–2014)
- Prof. dr hab. Anna Zdziennicka (2014–2019)

W październiku 2019 roku Zakład Zjawisk Międzyfazowych został przekształcony w samodzielną jednostkę pod nazwą Katedra Zjawisk Międzyfazowych. Kierownikiem Katedry od 2019 roku jest prof. dr hab. Anna Zdziennicka.

Pracownicy Katedry:

Prof. dr hab. Lucyna Hołysz

Dr hab. Małgorzata Jurak, prof. UMCS

Dr hab. Joanna Krawczyk

Dr hab. Aleksandra Szcześ, prof. UMCS

Dr hab. Katarzyna Szymczyk, prof. UMCS

Dr hab. Agnieszka Ewa Wiącek, prof. UMCS

Dr hab. Konrad Terpiłowski, prof. UMCS

Prof. dr hab. Anna Zdziennicka

Wolontariusze:

Prof. dr hab. Emil Chibowski

Prof. dr hab. Bronisław Jańczuk

WPROWADZENIE

Szereg różnych zjawisk fizycznych i chemicznych występuje na powierzchni kontaktujących się faz. Zjawiska fizykochemiczne są bardzo powszechne, a ich znaczenie jest interdyscyplinarne. Obejmują one takie dziedziny, jak: fizyka, chemia, biologia, farmacja, medycyna, nauki rolnicze i ekologia. Wiele procesów fizycznych, chemicznych i biochemicznych, np. rozpraszanie światła, adsorpcja, zwilżanie, efekt fotoelektryczny, heterogeniczna kataliza reakcji chemicznych oraz różne procesy w organizmach żywych zachodzą na granicy faz. Również w różnych gałęziach przemysłu (przemysł kosmetyczny, spożywczy, farmaceutyczny, wydobywczy) oraz zjawiskach występujących naturalnie w przyrodzie mają miejsce procesy przebiegające na granicach dwu lub czasem więcej faz.

Prace naukowe dotyczące fizykochemii zjawisk międzyfazowych zapoczątkowane w Zespole Flotacji Katedry Chemii Fizycznej i kontynuowane do chwili obecnej dotyczą szeregu różnorodnych zagadnień związanych z flotacją minerałów, zjawiskami elektrokinetycznymi, zwilżalnością i adhezją, swobodną energią powierzchniową, stabilnością układów zdyspergowanych i trwałością emulsji, wpływem zewnętrznego pola (elektrycznego i magnetycznego) na stabilność układów zdyspergowanych, właściwościami powierzchniowymi i objętościowymi wody oraz właściwościami adsorpcyjnymi i agregacyjnymi roztworów surfaktantów, biosurfaktantów i ich wieloskładnikowych mieszanin, strukturą i właściwościami warstewek lipidowych. Prowadzone są również badania, które dotyczą powierzchni superhydrofobowych, ich otrzymywania i charakterystyki.

1. PROCESY WZBOGACANIA

1.1. FLOTACJA MINERAŁÓW

Nurt badań dotyczących zjawisk międzyfazowych został zapoczątkowany w Zakładzie Chemii Fizycznej, którego kierownikiem był profesor Andrzej Waksmundzki, pod kątem wzbogacania rud i minerałów z wykorzystaniem tzw. „metod mokrych”. Pierwsze badania prowadzone przez Wójcika i Chibowskiego [1–3] w Zespole Flotacji, kierowanym przez ówczesnego docenta Jerzego Szczypę, koncentrowały się wokół problemów wzbogacania minerałów, szczególnie metodą flotacji i dotyczyły przede wszystkim wzbogacania rudy siarki wydobywanej w tym czasie metodą odkrywkową w okolicach Tarnobrzega, jak również węgla kamiennego i innych minerałów. Rezultatem badań nad wykorzystaniem cieczy apolarnych jako emulgatorów/kolektorów we flotacji minerałów hydrofobowych było opracowanie nowej metody wzbogacania siarki, tj. emulsyjnej flotacji siarki, która po próbach w skali technicznej i przemysłowej została wdrożona do praktyki przemysłowej [4]. Prowadzone były również badania o bardziej utylitarnym charakterze, których

celem było wykorzystanie wód złożowych do procesu flotacji siarki oraz możliwości zastosowania zamkniętego obiegu wody [5].

Równolegle Jańczuk prowadził badania wzbogacania minerałów metodą flotacji pianowej, ze szczególnym uwzględnieniem siarki [6–8]. Dotyczyły one mechanizmu mineralizacji pęcherzyków powietrza i obejmowały ich adhezję do powierzchni siarki, węgla i wapienia, zwilżalności minerałów, grubości trwałej otoczki olejowej na kuleczkach siarki i otoczki wodnej na pęcherzykach gazu oraz wynoszenia w otoczkach wodnych przez pęcherzyki powietrza drobnych ziaren skały płonnej (wapienia). Badania te wykazały ilościową zależność pomiędzy efektywnością flotacji rudy siarkowej a trwałością agregatów siarka-pęcherzyk powietrza. Jańczuk za pomocą specjalnie skonstruowanej aparatury mierzył siłę potrzebną do oderwania pęcherzyka powietrza od ziarna siarki i wykazał, że skład apolarnego kolektora jest ważny, ponieważ przy jego odpowiednim składzie obserwuje się synergetyczne działanie mieszaniny cieczy apolarnych (węglowodorów alifatycznych) na proces flotacji.

Z punktu widzenia praktyki flotacyjnej ważnym problemem było powiązanie swobodnej energii powierzchniowej minerałów z trwałością układu minerał-pęcherzyk powietrza-ciecz. Dało to możliwość przewidywania i określania efektywności tego procesu, dlatego Jańczuk [9–11] zajął się problem adhezji pęcherzyków powietrza do powierzchni minerałów w wodzie. Analizując wielkość sił działających na pęcherzyk powietrza kontaktowany z powierzchnią ciała stałego w cieczy, których stan równowagi opisuje równanie Frumkina, Kabanowa i Warka, wyprowadził zależność siły odrywania (pęcherzyka powietrza od powierzchni ciała stałego) od napięcia powierzchniowego wody, kąta zwilżania, wielkości płaszczyzny kontaktu i pęcherzyka powietrza. Z kolei wyrażając kąt zwilżania poprzez równanie Younga, Girifalco, Gooda i Fowkesa określił zależność siły odrywania od składowej dyspersyjnej i niedyspersyjnej swobodnej energii powierzchniowej ciała stałego i wody oraz ciśnienia filmu wody pod pęcherzykiem powietrza. Wyprowadzone zależności zostały zweryfikowane eksperymentalnie dla siarki, grafitu, teflonu i kwarcu.

Kontynuując badania nad trwałością układu minerał-pęcherzyk powietrza i zwilżalnością różnego typu minerałów (marmur, celestyn, węgiel kamienny) w obecności niejonowych apolarnych i polarnych oraz jonowych substancji organicznych Jańczuk potwierdził słuszność wyprowadzonych równań oraz ich użyteczność do przewidywania procesu adhezji i zwilżania [12–14].

Chibowski [15–18] rozszerzył swoje badania o zagadnienia związane z podwójną warstwą elektryczną i zjawiskami elektrokinetycznymi, ponieważ powierzchnia ciała stałego zwykle posiada pewien ładunek elektryczny. Charakter podwójnej warstwy elektrycznej zależy od rodzaju powierzchni ciała stałego oraz właściwości i składu fazy ciekłej, dlatego też pomiary elektrochemiczne są często

stosowane do badań właściwości międzyfazowych układów mineralnych. Podjęto więc badania mające na celu określenie możliwości zastosowania pomiarów elektrokinetycznych do określenia zmian energetycznych granicy faz ciało stałe-woda pod wpływem cieczy organicznych naniesionych na powierzchnię ciała stałego. Dotyczyły one ciał stałych, których właściwości powierzchniowe sugerowały możliwość powiązania zmian potencjału dzeta i swobodnej energii powierzchniowej, a z drugiej strony miały znaczenie praktyczne jako minerały użyteczne [19, 20].

Badania te kontynuowała Hołysz [21–26], która podjęła również próby ilościowej weryfikacji zmian swobodnej energii powierzchniowej, pracy rozptywania i pracy adhezji wody ze zmianami flotowalności dla szeregu minerałów, co pozwoliło wyznaczyć termodynamiczny parametr zajścia procesu flotacji. Decydujące znaczenie dla efektywności tego procesu ma obniżenie oddziaływań minerału z wodą, czyli zhydrofobizowanie jego powierzchni przy użyciu kolektora, co powoduje obniżenie pracy adhezji wody. Efektywne działanie kolektora związane jest z drastyczną redukcją oddziaływań polarnych, już przy małym selektywnym pokryciu powierzchni minerału. Te badania składowych swobodnej energii powierzchniowej i jej zmian na skutek adsorpcji kolektorów pozwoliły określić liczbowo zmiany oddziaływań apolarnych i polarnych w układzie minerał-woda. W konsekwencji można było przewidzieć możliwość efektywnego zajścia procesu flotacji, który w istocie polega na zamianie granicy faz minerał-ciecz na granicę faz minerał-gaz i wynikającego stąd obniżenia pracy adhezji minerał-ciecz (woda) [27].

1.2. SEPARACJA PIANOWA METALI I ZWIĄZKÓW POWIERZCHNIOWO CZYNNYCH

Wyczerpywanie się bogatych złóż rud wielu metali i konieczność ługowania złóż ubogich nienadających się do przeróbki znanymi metodami otworzyło drogę do technologii hydrometalurgicznych, w których procesy rozdzielania i koncentrowania składników roztworów odgrywają podstawową rolę. Trudnością w wykorzystaniu roztworów przemysłowych i ścieków jest ich rozcieńczenie i z reguły duża objętość roztworu. Dla takich układów nabierają znaczenia fizykochemiczne metody rozdziału, takie jak ekstrakcja, wymiana jonowa, frakcjonowanie pianowe oraz flotacja jonów i osadów, czyli separacja pianowa. W 1968 roku badania separacji pianowej jonów zostały podjęte przez Jurkiewicza z inspiracji profesora Waksmundzkiego. Jurkiewicz [28–32] przeprowadził szereg badań dotyczących wpływu różnych czynników na efektywność separacji pianowej wielu metali i związków powierzchniowo czynnych w celu wyjaśnienia mechanizmu tego procesu. Badania te miały na celu powiązanie efektywności separacji ze zjawiskami fizykochemicznymi procesu tj. potencjałem międzyfazowym gaz-roztwór, napię-

ciem powierzchniowym roztworu, potencjałem elektrokinetycznym wodorotlenku, adsorpcją jonów nieorganicznych i kolektora na wodorotlenku, stałą dielektryczną ośrodka, hydratacją pęcherzyków gazu, rozpuszczalnością sublatów w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych oraz powiązanie efektywności separacji ze stopniem skompleksowania metalu przy rosnącym stężeniu ligandu, przebiegiem hydrolizy metalu i powinowactwem anionu do kolektora. Badania te oprócz aspektu poznawczego wskazały na możliwość optymalizacji i praktycznego wykorzystania separacji pianowej.

2. SWOBODNA ENERGIA POWIERZCHNIOWA

Na podstawie opublikowanych prac można stwierdzić, że od drugiej połowy XX-wieku nastąpił intensywny wzrost zainteresowania zjawiskami międzyfazowymi. Wpłynęło to na podjęcie w Katedrze i późniejszym Zakładzie Chemii Fizycznej badań dotyczących między innymi zwilżalności ciał stałych, ich swobodnej energii powierzchniowej i metod jej wyznaczania. Przeprowadzono szereg badań związanych z problemami teoretycznego opisu i eksperymentalnego wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych i międzyfazowej ciało stałe-ciecz oraz wpływu modyfikacji powierzchni na jej zmiany. Pomimo, że swobodna energia powierzchniowa wynikająca z różnego rodzaju oddziaływań międzycząsteczkowych, odgrywa istotną rolę w wielu procesach, takich jak flotacyjne wzbogacanie minerałów, zwilżanie, mycie i czyszczenie, chemiczna ochrona roślin, klejenie oraz otrzymywanie powłok antykorozyjnych, zawiesin i emulsji farmaceutycznych, kosmetycznych i spożywczych nadal istnieje szereg problemów związanych z jej termodynamicznym opisem i eksperymentalnym wyznaczaniem. Od lat podejmowano liczne próby ilościowego opisu swobodnej energii powierzchniowej w różnych układach stosując różne koncepcje do wyrażania oddziaływań międzyfazowych oraz jej eksperymentalnego wyznaczania. Zazwyczaj metody wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej są metodami pośrednimi, zwykle opartymi na równaniu Younga i pomiarach kątów zwilżania, co jest bezpośrednio związane z łatwością przeprowadzania pomiarów oraz stosunkowo wysoką powtarzalnością i dokładnością uzyskiwanych wyników. Z drugiej strony istotne problemy występują przy wyznaczeniu swobodnej energii międzyfazowej ciało stałe-ciecz w funkcji swobodnej energii powierzchniowej ciała stałego i cieczy.

W literaturze można spotkać dwa podejścia do opisu oddziaływań międzyfazowych. Pierwsze oparte jest na założeniu, że swobodna energia powierzchniowa cieczy i ciała stałego, jest addytywna i wynika z różnego rodzaju oddziaływań międzycząsteczkowych w zależności od ich natury [33, 34]. Drugie zakłada, że swobodna energia powierzchniowa jest niepodzielna a energia między-

fazowa jest funkcją całkowitej swobodnej energii powierzchniowej kontaktujących się faz [35, 36].

Z tego względu zespół Jańczuka [37–39] podjął badania mające na celu ustalenie użyteczności poszczególnych podejść do swobodnej energii międzyfazowej w równaniu Younga, stosowanym do wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej różnego rodzaju ciał stałych, poprzez pomiary kąta zwilżania w układzie ciało stałe-kropla cieczy-powietrze. Badania te w pierwszej kolejności wymagały weryfikacji wynikających z różnego rodzaju oddziaływań międzycząsteczkowych wartości składowych napięcia powierzchniowego cieczy stosowanych w tych badaniach. Wykazały one, że składowe napięcia powierzchniowego cieczy zależą w pewnym stopniu od układu użytego do ich wyznaczenia. Stwierdzono również, że niezależnie od rodzaju teoretycznego podejścia do swobodnej energii międzyfazowej ciało stałe-ciecz lub ciecz-ciecz otrzymuje się podobne wartości swobodnej energii powierzchniowej badanych ciał stałych, jeśli konsekwentnie zastosuje się wielkości napięcia powierzchniowego i jego składowych wyznaczone na podstawie tego samego modelu. W badaniach tych zastosowano ciała stałe, których swobodna energia powierzchniowa była w zakresie od 20 do 40 mJ/m² i w przeważającej części wynikała z oddziaływań międzycząsteczkowych Lifshitz-van der Waalsa. Prowadzone badania zostały rozszerzone o zastosowanie istniejących podejść do swobodnej energii międzyfazowej do wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych, których energia wynika nie tylko z apolarnych, ale także z polarnych oddziaływań międzycząsteczkowych. Objęły one kwarc, szkło, chalkozyn, galenę, chalkopiryt, kaolinit, montmorylonit, krzemionkę oraz różnego rodzaju gleby i wykazały, że dla polarnych ciał stałych o wysokiej energii powierzchniowej, w przeciwieństwie do apolarnych, nie ma zgodności między wartościami tej energii uzyskanymi poprzez zastosowanie różnych podejść do swobodnej energii międzyfazowej [40–45]. W przypadku wykorzystania podejścia Neumana i wsp. [35, 36], z kątów zwilżania dla różnych cieczy nie otrzymano zbliżonych wartości swobodnej energii powierzchniowej polarnych ciał stałych, co prawdopodobnie wynikało z braku funkcyjnej zależności między parametrem oddziaływań międzycząsteczkowych a napięciem międzyfazowym ciało stałe-ciecz.

W dalszej kolejności zespół Jańczuka zajął się wiarygodnością i zakresem stosowalności podejścia van Ossa i wsp. [46, 47] do swobodnej energii międzyfazowej. Na podstawie tych badań stwierdzono, że model ten daje najwięcej interesujących informacji dotyczących swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych. Wykazano również, że zaproponowane przez van Ossa równanie jest bardzo czułe na wartości składowych i parametrów napięcia powierzchniowego modelowych cieczy stosowanych do pomiarów kąta zwilżania i dlatego wyznaczone na ich podstawie wartości składowych swobodnej energii powierz-

chniowej ciał stałych oraz międzyfazowej ciał stałe-ciecz powinny być traktowane z wielką ostrożnością. W rozważaniach należy zwrócić uwagę na: 1) stosunek parametrów napięcia powierzchniowego modelowych cieczy, 2) wartości składowej Lifshitz-van der Waalsa oraz parametrów elektrono-akceptorowego i elektrono-donorowego składowej kwasowo-zasadowej napięcia powierzchniowego cieczy stosowanych do pomiarów kąta zwilżania, 3) wybór odpowiedniej skali dla parametrów elektrono-akceptorowego i elektrono-donorowego dla wody lub innej cieczy odniesienia i 4) warunki pomiaru kąta zwilżania.

W toku dalszych badań równanie van Ossa i wsp. [46, 47] zastosowano do układów obejmujących minerały użyteczne poddawane flotacyjnemu wzbogacaniu. Ich celem było wyjaśnienie wpływu kolektorów typowych dla danych minerałów (chalkozyn, chalkopiryt, galena) na trwałość agregatów ziarno-pęcherzyk powietrza. Wykazały one między innymi, że film ksantogenianu etylu na powierzchni utlenionej galeny i chalkozynu zwiększa możliwość przyczepienia się do ich ziaren pęcherzyków powietrza [48]. Powodem tego jest zmniejszenie udziału polarnych oddziaływań międzycząsteczkowych do swobodnej energii powierzchniowej utlenionych powierzchni chalkozynu i galeny, jednakże nieutleniona postać ich powierzchni posiada lepsze warunki w obecności ksantogenianu etylu do utworzenia trwałego agregatu ziarno-pęcherzyk powietrza.

Badania dotyczące zwilżalności i wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych zostały rozszerzone przez Białopiotrowicza [49–51] do układów obejmujących filmy utworzone z substancji pochodzenia naturalnego mające duże znaczenie dla przemysłu spożywczego, w którym są używane jako osłonki wędlin, zabezpieczenie owoców i warzyw przed wysychaniem. Badania te oparte na pomiarach kąta zwilżania skoncentrowały się na filmach skrobiowych, skrobiowo-białkowych i ekstrudów skrobiowo-białkowych. Miały one na celu poznanie właściwości tych filmów i zbadanie wpływu stężenia roztworu, z którego dokonano adsorpcji na kąt zwilżania oraz wyznaczenie składowej Lifshitz-van der Waalsa i parametrów kwasowo-donorowego i kwasowo-akceptorowego utworzonego filmu adsorpcyjnego. Sprawdzono również funkcjonowanie teorii van Ossa-Gooda-Chaudhury'ego stosując układy trzech różnych cieczy do wyznaczania wspomnianych parametrów. Wyniki prowadzonych badań wykazały między innymi, że w przypadku filmów białkowych istnieje zależność kąta zwilżania od stężenia roztworów, przy których osiąga się mniej niż monomolekularne pokrycie powierzchni oraz że filmy skrobiowe mają strukturę globularną utworzoną przez niecałkowicie roztworzone granule skrobiowe. Wykazały one także, że dla badanych filmów skrobiowych istnieje liniowa zależność między kątem zwilżania, składową Lifshitz-van der Waalsa i parametrami elektrono-akceptorowymi i elektrono-donorowymi a zawartością skrobi w żelu oraz że dla filmów skrobiowych i białkowych układy trzech cieczy obejmujące wodę dawały wyniki składowej Lifshitz-van der

Waalsa i parametrów kwasowo-zasadowych różne od tych otrzymanych z układów nie zawierających wody.

2.1. WYZNACZANIE SWOBODNEJ ENERGII POWIERZCHNIOWEJ CIAŁ STAŁYCH

Badania wyznaczenia swobodnej energii powierzchniowej przyczyniły się do opracowania szeregu metod jej wyznaczenia dla różnych ciał stałych, zarówno na płaskiej powierzchni, jak i w postaci proszku. Pierwszą próbę podjął w latach 70-tych XX wieku Chibowski [52, 53], który powiązał efekty elektrokinetyczne, a szczególnie potencjał elektrokinetyczny ze zmianami swobodnej energii międzyfazowej (powierzchniowej). Eksperymentalne zależności potencjału dzeta w funkcji objętości cieczy apolarnej (*n*-heptan) i polarnej (*n*-heksanol) wykorzystano do wyznaczenia ciśnienia filmu π adsorbentu z następującego równania:

$$\pi = \frac{RT}{V_o A} \int_{\zeta_o}^{\zeta} v d(\ln \zeta) \quad (1)$$

gdzie: R – stała gazowa, T – temperatura, V_o – objętość molowa adsorbentu, A – powierzchnia zajmowana przez cząsteczkę adsorbentu, v – objętość filmu, ζ_o – potencjał dzeta czystej próbki, ζ – potencjał dzeta próbki pokrytej filmem adsorbentu.

Przebiegi występujące na krzywych obrazujących wyznaczone wartości ciśnienia filmu w funkcji liczby statystycznych monowarstw adsorbentu przypisano zmianom swobodnej energii powierzchniowej ciała stałego równej pracy odpowiedniego procesu zwilżania. Chibowski i Hołysz [22, 23, 25, 54–56] przeprowadzili szereg badań wyznaczenia swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych i jej składowych, m. in. w powiązaniu z flotowalnością minerału i jego potencjałem elektrokinetycznym w roztworze.

Profesor Jan Leja z Uniwersytetu Kolumbii Brytyjskiej w Vancouver będąc członkiem Advisory Board Journal of Colloid Interface Science w 1981 roku napisał „Modyfikacja równania Gibbsa polegająca na zastąpieniu parametru $d \ln p$ przez odpowiednik potencjału dzeta wydaje się być niezwykle trafną , a ogromną zaletą jest umożliwienie badań tych systemów koloidalnych, gdzie inne parametry powierzchniowe są trudne do wyznaczenia lub całkowicie niemierzalne”. Podejście to zostało także opisane w książce Prof. Roberta J. Huntera, „Zeta Potential in Colloid Science” Academic Press, 1981, str. 252–54.

Biliński i Wójcik [57, 58] zaproponowali wykorzystanie danych adsorpcyjnych uzyskanych metodą chromatografii gazowej do eksperymentalnego wyznaczenia ciśnienia filmu wybranych adsorbatów w oparciu o równanie izotermi adsorpcji Gibbsa:

$$\pi = RT \int_0^p a d(\ln p) \quad (2)$$

gdzie: a – ilość zaadsorbowanego adsorbentu (mol/m^2), p – ciśnienie równowagowe adsorbentu.

Stanowiło to podstawę do obliczenia składowych swobodnej energii powierzchniowej. Badania te pozwoliły na skorelowanie zmian swobodnej energii powierzchniowej minerałów w wyniku adsorpcji kolektorów i połączenie z ich flotowalnością [58–60] oraz wpływu modyfikacji powierzchni na właściwości powierzchniowe szkieł o kontrolowanej porowatości – materiałów o dużym znaczeniu jako nośniki i adsorbenty [61–64].

Jak już wspomniano, do wyznaczania składowych swobodnej energii powierzchniowej wykorzystuje się metodę opartą na pomiarze kątów zwilżania cieczy i równaniu Younga. Do stosowania tej metody konieczne jest otrzymanie płaskiej powierzchni badanego minerału czy innego ciała stałego, co jest często niemożliwe (np. gleby), dlatego pomiary kątów zwilżania cieczy przeprowadza się na pastylkach wykonanych ze sprasowanych proszków. Pomimo stosowania wysokich ciśnień pastylki nadal są porowate i kropelki cieczy częściowo w nie wsiąkają, co wpływa na zmierzone wartości kąta zwilżania. Problemy związane z pomiarami kątów zwilżania na pastylkach przyczyniły się do teoretycznego i eksperymentalnego opracowania przez Chibowskiego i Hołysz nowej metody wyznaczania składowych swobodnej energii powierzchniowej sproszkowanych ciał stałych poprzez pomiary szybkości penetracji cieczy próbnych w cienką warstwę sproszkowanego ciała stałego osadzonego na podłożu (metoda „thin layer wicking” – TLW) [65–67] lub w porowate wypełnienie wąskiej, szklanej rurki (metoda “thin column wicking” – TCW) [68], w oparciu o zmodyfikowane równanie Washburna:

$$x^2 = \frac{R t}{2\eta} \Delta G \quad (3)$$

gdzie: x – odległość przemieszczenia się cieczy w czasie t , R – efektywny promień kapilar międzyziarnowych, które powstają w porowatej warstwie lub kolumie sproszkowanego ciała stałego, η – lepkość cieczy, ΔG – zmiana swobodnej energii (entalpii) towarzyszącej zastąpieniu jednostkowej powierzchni granicy faz ciało stałe-gaz, granicą faz ciało stałe-ciecz, w czasie przemieszczania się cieczy (zwilżania) w porowatej warstwie.

Hołysz [68, 69] przeprowadziła eksperymentalną weryfikację zaproponowanych teoretycznych modeli penetracji cieczy o różnej polarności w zależności od grubości porowatej warstwy żelu krzemionkowego i rodzaju podłoża, na którym znajdował się adsorbent. Metodę TLW zaadoptowano do wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej włókien naturalnych i sztucznych, gdzie porowatą warstwę proszku zastąpiono paskiem materiału z badanego włókna, co pozwoliło lepiej określić zwilżalność, mechanizm i trwałość barwienia włókna leacrylowego podczas adsorpcji zasadowego barwnika [70]. Tę metodę wykorzystano również do określenia zmian zwilżalności skały osadowej opoki (używanej w budownictwie na Wyżynie Lubelskiej), po jej hydrofobizacji w wyniku adsorpcji surfaktantu lub impregnacji za pomocą PMMA (polimetakrylan metylu) [71] oraz do porównania wła-

ściwości powierzchniowych hydroksyapatytu: syntetycznego i naturalnego pochodzącego z kości świń [72].

O zainteresowaniu wykorzystania metody TLW do wyznaczania składowych i swobodnej energii sproszkowanych ciał stałych świadczą liczne cytowania publikacji [65] (187 cytowań) i pracy [67] (96 cytowań) (dane z 04.06.2024) oraz artykuły naukowe innych autorów [73–77].

W 2002 roku Chibowski [78, 79] zainteresował się problemem interpretacji histerezy kąta zwilżania. W efekcie zaproponował nowe teoretyczne podejście i równanie do wyznaczania całkowitej swobodnej energii powierzchniowej ciała stałego na podstawie wstępującego i cofającego kąta zwilżania cieczy (histerezy kąta zwilżania) oraz napięcia powierzchniowego cieczy:

$$\gamma_S = \frac{\gamma_L(1+\cos\theta_a)^2}{2+\cos\theta_r+\cos\theta_a} \quad (4)$$

gdzie: γ_S – swobodna energia powierzchniowa ciała stałego, θ_a – wstępujący kąt zwilżania, θ_r – cofający kąt zwilżania, γ_L – swobodna energia powierzchniowa (napięcie powierzchniowe cieczy).

Zjawisko histerezy kąta zwilżania było przypisywane wyłącznie nierównościom powierzchni lub jej energetycznej (chemicznej) niejednorodności, natomiast Chibowski [80] uwzględnił obecność filmu cieczy wokół kropelki po zmniejszeniu jej objętości. W celu weryfikacji użyteczności podejścia opartego na histerezie kąta zwilżania (ang. Contact Angle Hysteresis – CAH) przeprowadzono wiele pomiarów wstępujących i cofających kątów zwilżania cieczy apolarnych i polarnych metodą osadzonej kropli oraz nachylonej płytki w celu wyznaczania całkowitej swobodnej energii powierzchniowej różnych ciał stałych (szkło, mika, różnego rodzaju polimery, siarka krystalizowana przy różnych powierzchniach, warstewki superhydrofobowe, warstewki DPPC na wybranych podłożach) [81–85]. Dla potwierdzenia poprawności uzyskanych wartości swobodnej energii powierzchniowej ciał stałych wyznaczono również składowe i całkowitą swobodną energię powierzchniową wykorzystując inne modele do opisu oddziaływań międzyfazowych, tj. podejście Owensa i Wendta [86] oraz podejście kwasowo-zasadowe van Ossa i innych [46, 87]. Takie badania przeprowadzono m. in. dla powierzchni metalicznych i emalii, szkła i polimetakrylanu metylu (PMMA) [88], warstewek lipidów błonowych naniesionych na różne podłoża [81, 89–91], polimerów modyfikowanych plazmą niskotemperaturową [85].

Na podstawie tych badań stwierdzono, że wartości całkowitej swobodnej energii powierzchniowej obliczone z różnych podejść do opisu oddziaływań międzyfazowych są zbliżone, niemniej jednak wartości tej energii są pozorne (z ang. *apparent*), ponieważ zależą od rodzaju cieczy stosowanych do jej wyznaczenia. Mimo tego, wartości swobodnej energii powierzchniowej, a szczególnie jej zmiany, dostarczają ważnych informacji o stanie energetycznym oryginalnych powierzchni ciała stałego oraz modyfi-

kowanych w różny sposób.

2.2. WPŁYW MODYFIKACJI POWIERZCHI CIAŁ STAŁYCH NA ICH WŁAŚCIWOŚCI I SWOBODNĄ ENERGIĘ POWIERZCHNIOWĄ

Po badaniach naturalnych powierzchni, na których kąt zwilżania wody wynosi powyżej 150° , tzw. powierzchnie superhydrofobowe, rozwinęły się intensywne prace w celu otrzymania analogicznych powierzchni syntetycznych, które ze względu na swoje właściwości mogłyby być szeroko wykorzystane, np. jako samooczyszczające się elementy aparatów używanych w laboratoriach, zabezpieczenia przed oblodzeniem i przyleganiem śniegu (okna, przednie szyby samolotów i samochodów). Otrzymywane obecnie powierzchnie superhydrofobowe nie są doskonałe i wykazują wady, dlatego prowadzone są badania nad optymalizacją ich wytwarzania. Istnieje szereg metod ich preparacji, m. in. metodą chemicznej modyfikacji powierzchni. Chibowski i wsp. w 2006 roku [82] podjęli próby opracowania efektywnej metodyki otrzymywania warstewek superhydrofobowych. Wykazano, że takie powierzchnie można otrzymać na przykład przez naniesienie warstewki kleju PMMA (roztwór PMMA w chloroformie) z cząstkami polipropylenu na płytce szklanej. Na warstewce PMMA-cząstki PP o szorstkości nano- i mikrometrów wstępujący kąt zwilżania wody wynosi ponad 140° , a jej swobodna energia powierzchniowa tylko ok. 5 mJ/m^2 . Dla porównania powierzchnia hydrofobowego teflonu posiada energię około $18\text{--}20 \text{ mJ/m}^2$. Stwierdzono, że istotny wzrost hydrofobowości teflonu można uzyskać przez wzrost jego szorstkości, w tym przypadku przez obróbkę papierem ściernym o różnej jego granulacji. W ten sposób uzyskano powierzchnię, na której wstępujący kąt zwilżania wody wynosi 135° . Swobodna energia takiej powierzchni obliczona z histerezy kąta zwilżania wynosi 10 mJ/m^2 , a więc jest prawie dwukrotnie mniejsza niż gładkiej powierzchni PTFE [92].

W dobie rozwoju technologii, zarówno w inżynierii materiałowej jak i w biomedycynie, często wymagane jest polepszenie właściwości użytkowych materiałów. Dynamiczny rozwój metod i technik badania powierzchni ciał stałych wpłynął na technologię ich produkcji, a przede wszystkim na modyfikację powierzchni poprzez formowanie jej struktury i zmianę właściwości warstw wierzchnich. W ten sposób bez zmiany charakteru fazy objętościowej można otrzymać nowe właściwości użytkowe produktu.

Szkło jest materiałem, który przed trafieniem do użytkownika już w hucie i po jej opuszczeniu przechodzi wiele etapów pośrednich. Celem ich jest nadanie wyrobom szklanym określonych cech, ściśle dostosowanych do roli jakie będą pełnić. Przeprowadzane modyfikacje mają na celu podniesienie jakości szkła, zwiększenie jego wytrzymałości mechanicznej, a także poprawę właściwości optycznych i powierzchniowych, głównie poprzez wytworzenie i/lub naniesienie

powłok funkcyjnych na jego powierzchnię. W latach 2012–2016 Hołysz w ramach współpracy z firmą D.A. Glass w Rzeszowie i doktorantem [93] prowadziła kompleksowe badania właściwości szkła płaskiego typu float modyfikowanego komercyjnie oraz w Zakładzie Zjawisk Międzyfazowych. Celem ich było określenie zmian parametrów związanych z przepuszczalnością światła (właściwości optyczne), topografią, zwilżalnością i zmianami energetycznymi powierzchni (właściwości powierzchniowe). Badania obejmowały różnego rodzaju szkła: zwykłe i niskożelazowe, modyfikowane powierzchniowo: antyrefleksyjne, dyfuzyjne rozpraszające i z powłokami hydrofobowymi. W przypadku szkieł niskożelazowych typu float, wykorzystywanych jako elementy w panelach solarnych podjęto próby zabezpieczenia antyrefleksyjnej powierzchni tego szkła przez wytworzenie warstwy amorficznej krzemionki, powłoki hydrofobowej z politetrafluoroetylenem (PTFE) oraz powłoki kompozytowej organicznie-nieorganicznej z SiO_2 i PTFE o właściwościach „samoczyszczących”. Należy podkreślić aplikacyjny charakter badań różnego rodzaju szkła umożliwiający między innymi odpowiednie jego dobranie pod kątem pokrycia obiektów szklarniowych do konkretnych upraw oraz lokalizacji geograficznej.

Od lat 60-tych XX wieku obserwuje się gwałtowne zwiększenie produkcji i zużycie polimerów ze względu na właściwości (ciężar właściwy, odporność na działanie czynników chemicznych, łatwość obróbki, niska cena) lub masową produkcję elementów o różnym kształcie. Mimo, że materiały polimerowe charakteryzują się wieloma użytecznymi właściwościami powierzchniowymi, to jednak zdarza się, że nie posiadają odpowiednich powierzchni niezbędnych do określonego zastosowania technologicznego. W związku z tym konieczna jest obróbka i modyfikacja ich powierzchni w celu zmiany właściwości hydrofilowo-hydrofobowych, biokompatybilności, twardości, szorstkości, przewodności i innych parametrów. Hołysz i wsp. [85, 94] przeprowadzili badania dotyczące wykorzystania plazmy niskotemperaturowej generowanej w różnych gazach i w różnym czasie do modyfikacji wybranych polimerów o różnych właściwościach powierzchniowych w celu poprawy ich właściwości użytkowych i technologicznych (zwilżalność, swobodna energia powierzchniowa, adhezja). Traktowanie powierzchni polimerowych różnego rodzaju plazmami prowadzi do wzrostu polarności, a przez to do lepszej zwilżalności powierzchni i poprawy adhezji. W konsekwencji umożliwia to tworzenie trwalszych połączeń z innymi polimerami lub metalami. Mając na uwadze aspekt praktyczny, można wnioskować, że dla większości badanych polimerów do uzyskania zadowalającej adhezji wystarczy ich modyfikacja plazmą w czasie 30 lub 60 s.

Kontynuując badania nad wykorzystaniem plazmy niskotemperaturowej Terpiłowski [95] zaproponował jej użycie do modyfikacji szkła w celu preparacji warstewek o właściwościach hydrofobowych i superhydrofobowych i polepszenia

adhezji warstewek polimerowych (polistyrenu PS i PMMA) z dodatkiem silanizowanej w różnym stopniu krzemionki. W ten sposób otrzymano powierzchnie, na których wstępujące kąty zwilżania wynoszą odpowiednio 150° i 155° , co koresponduje z niską wartością swobodnej energii powierzchniowej nieprzekraczającą $2,5 \text{ mJ/m}^2$. Dla tego typu warstewek zaobserwowano nierówności w skali mikro i nano, czego potwierdzeniem są otrzymane wartości parametrów szorstkości charakterystyczne dla powierzchni superhydrofobowych.

Kolejne badania Terpiłowskiego z doktorantem [96–99] obejmowały modyfikację szkła w wyniku jego modyfikacji heksametylodisilazaniem wspomaganą aktywacją podłoża plazmą niskotemperaturową, co polepsza proces hydrofobizacji. Powłoki polisiloksanowe bez i z wypełniaczami w postaci mikro- i nanocząstek lub nanorurek węglowych, z zastosowaniem tetraktoksylanu jako prekursora, uzyskiwano szybką i wygodną metodą zol-żel połączoną z techniką powlekania zanurzeniowego. Dobór odpowiedniego wypełniacza pozwolił na uzyskanie powłok o właściwościach superhydrofobowych, na których kąt zwilżania osiągnął wartość 140° . Ponadto wykazano, że możliwe jest wytworzenie powierzchni superhydrofobowej o właściwościach samooczyszczających tylko przy użyciu techniki aktywacji plazmowej, modyfikując powierzchnię polimeru POM plazmą wytworzoną z heksafluorku siarki [100].

Plazma nietermiczna jest uważana za idealną technologię do obróbki materiałów wrażliwych na ciepło. Niemniej jednak, podczas pracy z biopolimerami, zwłaszcza żelowymi, występują znaczne ograniczenia bowiem hydrożele ulegają zniszczeniu. Zaproponowano więc zupełnie nową pośrednią metodę, tzw. obróbkę plazmową, która pozwala na wstępną obróbkę biomateriałów żelowych za pomocą aktywowanych plazmą podłoży [101–104]. Do oceny zmian właściwości warstewek żelowych naniesionych na aktywowane plazmą powietrzną i argonową płytki poli(tereftalanu etylenu) – PET i szkła wykorzystano kąty zwilżania, swobodną energię powierzchniową, badania topografii, mikroskopię konfokalną, analizę składu chemicznego powierzchni i badania reologiczne. Wykazano, że żele otrzymane metodą pośrednią wykazują lepsze właściwości mechaniczne. Efektem wstępnej obróbki plazmowej żeli jest nadanie im powierzchniom bardziej hydrofilowego charakteru, co skutkuje wzrostem szorstkości i swobodnej energii powierzchniowej, ponieważ wszystkie poddane obróbce żele poprawiły swoje właściwości reologiczne pod względem sztywności.

3. ROZTWORY I UKŁADY ZDYSPERGOWANE

3.1. WPLYW POLA ELEKTRYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO NA WŁAŚCIWOŚCI UKŁADÓW ZDYSPERGOWANYCH

Kolejny nurt badań prowadzonych przez Chibowskiego, Hołysz i Szczeń dotyczyć wykorzystania zewnętrznych pól, takich jak pole elektryczne o częstotliwości radiowej i pole magnetyczne, na właściwości układów zdyspergowanych. Badania te podjęto w aspekcie wykorzystania tzw. niechemicznych metod oczyszczania wody i zapobieganiu tworzenia kamienia kotłowego w instalacjach pracujących w podwyższonych temperaturach. Początkowo dotyczyły one określenia wpływu zewnętrznego pola elektrycznego o częstotliwości radiowej RF (44 MHz) na właściwości powierzchniowe węgla wapnia, tlenku cynku, tlenku tytanu, tlenku glinu, tlenku krzemu i ich suspensji [105–108]. Badania te potwierdziły występowanie tzw. *memory effect* oraz pozwoliły na sformułowanie hipotezy, że działanie pola RF związane jest ze zmianami w podwójnej warstwie elektrycznej i strukturze krystalicznej strącanego węgla wapnia. Odpowiedni dobór amplitudy pola i czasu działania zmniejsza adhezję osadu [105].

Dalsze badania dotyczyły określenia wpływu stałego pola magnetycznego (PM) na właściwości układów zdyspergowanych, a przede wszystkim na proces wytrącania i osadzania węgla wapnia. Obejmowały one określenie szeregu parametrów takich jak natężenie PM, temperatura, skład jonowy (jony domieszkowe) i siła jonowa wody, pH, potencjał dzeta, obecność związków powierzchniowo aktywnych, które posiadają największe znaczenie dla stabilności, wielkości wytrączanych cząstek, agregacji, struktury krystalicznej i adhezji cząstek do powierzchni ciała stałego [109–114]. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że stałe pole magnetyczne o indukcji 0,1–0,5 T, działające na roztwory CaCl_2 i Na_2CO_3 , powoduje zmiany szybkości zarodkowania i narastania kryształów CaCO_3 , form krystalicznych (zwiększenie ilości aragonitu) oraz adhezji do podłoża. Efekt działania PM można również zaobserwować na fotografiach kryształów CaCO_3 . We wszystkich układach pole magnetyczne powodowało zmniejszenie liczby osadzonych kryształów. Wielkość zmian zależy od natężenia PM, czasu jego działania i temperatury. Analiza statystyczna kryształów CaCO_3 trwale osadzonych na podłożu stałym wykazała, że ich ilość i wielkość zależy też od rodzaju podłoża i temperatury procesu. Wnioskowano, że PM przede wszystkim wpływa na szybkość zarodkowania oraz wzrost kryształów węgla wapnia wynikający ze zmian w strukturze warstewki hydratacyjnej wokół jonów Ca^{2+} i CO_3^{2-} , co potwierdziły również badania zmian napięcia powierzchniowego i przewodności elektrycznej roztworów poddanych działaniu PM. Z przeprowadzonych badań jednoznacznie wynika, że pole magnetyczne

wpływa na zmiany szeregu parametrów, które występują w układach rzeczywistych powodując w sprzyjających warunkach (szybkość przepływu, temperatura, skład jonowy wody) pożądany efekt obniżenia ilości kamienia kotłowego trwale przylegającego do rur i zbiorników.

W celu lepszego poznania mechanizmu działania pola magnetycznego na właściwości układów zdyspergowanych przeprowadzono badania uzupełniające, które dotyczyły wpływu pola magnetycznego na właściwości roztworów prostych elektrolitów (pomiar przewodności właściwej) i odparowanie wody z ich roztworów, z których wynika, że pole magnetyczne powoduje zmiany tych parametrów [114, 115]. Występuje liniowa zależność zmian przewodności właściwej roztworów ($\Delta\kappa$) w wyniku działania pola magnetycznego na roztwory elektrolitów w warunkach statycznych w funkcji wielkości funkcji termodynamicznych związanych z procesem hydratacji jonów, tj. entropii hydratacji (ΔhydrS^*) i swobodnej entalpii (ΔhydrG^*) [114]. Zmiany te zależą od rodzaju jonów obecnych w roztworze (jony „budujące” i „niszczące” strukturę warstewki hydratacyjnej wokół jonu) i są proporcjonalne do grubości warstewki hydratacyjnej wokół jonów, co sugeruje, że pole magnetyczne powoduje zmiany w strukturze takich warstewek [115].

Mając na uwadze coraz większe zainteresowanie materiałami ceramicznymi opartymi na fosforanie (V) wapnia oraz jego znaczenie w układach biologicznych. Szczeń [116] kontynuowała badania wpływu pola magnetycznego na kinetykę wytrącania i sedymentacji tego związku, właściwości otrzymanych osadów oraz ich adhezję do modelowej powierzchni szkła. Bez wątplenia pole magnetyczne powoduje zmiany właściwości suspensji fosforanu wapnia, takich jak szybkość zarodkowania i narastania kryształów, pH suspensji i potencjału elektrokinetycznego, jednak nie wpływa na zmiany jego form krystalicznych, co potwierdziła analiza XRD. W celu zwiększenia odporności na korozję implantów lub narzędzi chirurgicznych w środowisku ustrojowym, pokrywa się je fosforanem wapnia, który jest kompatybilny z tkankami. Badano również wpływ pola magnetycznego i węglanu wapnia na właściwości wytrącanego *in situ* fosforanu wapnia. Mając na uwadze aspekt praktyczny stwierdzono, że pole magnetyczne wpływa na uporządkowanie mikrostruktury depozytu fosforanowego osadzonego na matrycy węglanu wapnia oraz powstanie grubszych i bardziej jednorodnych warstewek.

3.2. WPŁYW POLA MAGNETYCZNEGO NA WŁAŚCIWOŚCI WODY I ROZTWORÓW

Nadal dużym zainteresowaniem cieszą się badania efektów działania pola magnetycznego na różne układy. Świadczy o tym fakt licznego cytowania przeglądowej pracy Chibowskiego i Szczeń z 2018 roku dotyczącej „magnetycznej obróbki” wody [117]. W kolejnych latach kontynuowali oni badania weryfikacji mechanizmów wpływu pola magnetycznego na wodę i wodne roztwory wybranych

elektrolitów i surfaktantów w aspekcie osadzania się węgla wapnia w instalacjach grzewczych [118–122]. Zbadano wpływ pola magnetycznego w warunkach kinetycznych i statycznych na szybkość parowania wody i zmianę jej napięcia powierzchniowego. Określono jego wpływ na entalpię parowania i pojemność cieplną wody. Zweryfikowano wpływ PM na zmiany lepkości, pH, przewodność elektryczną i strukturę wody. Wykazano, że pole PM przyspiesza parowanie wody z roztworów surfaktantów oraz obniża ich napięcie powierzchniowe, a większe zmiany występują dla kationowego surfaktantu. Ponadto, woda traktowana polem magnetycznym szybciej zwilża warstwę sproszkowanego ciała stałego osadzonego na podłożu stałym, co świadczy, że przy pomocy pola magnetycznego można wpływać na zwilżalność powierzchni ciała stałego. Hołysz [123] prowadziła również badania wpływu stałego pola magnetycznego na adsorpcję jonowych surfaktantów na powierzchni szklanych płytek przed i po ich modyfikacji plazmą niskotemperaturową oraz zwilżalność i swobodną energię powierzchniową uzyskanych warstewek surfaktantów. Zmierzone kąty zwilżania wody oraz obliczone wartości pracy rozplywania wyraźnie pokazały, że PM wpływa na strukturę warstw zaadsorbowanego surfaktantu, co zostało również potwierdzone obrazami ich morfologii.

4. STABILNOŚĆ UKŁADÓW ZDYSPERGOWANYCH – EMULSJE I SUSPENSJE

Większość układów zdyspergowanych, obejmujących emulsje i suspensje, wykazuje niezbyt dużą trwałość nawet wtedy, gdy posiadają wysoki stopień rozdrobnienia. Cząstki zawiesiny czy krople mają tendencję do łączenia się w większe agregaty lub krople, które sedymentują lub wypływają na powierzchnię. Stabilność układów zdyspergowanych zapewnia istnienie odpowiedniej bariery energetycznej pomiędzy cząstkami (kroplami), która uniemożliwia im wzajemne przyciąganie siłami van der Waalsa. Jednym z mechanizmów stabilizacji układów zdyspergowanych jest elektrostatyczne odpychanie, generowane w wyniku wzajemnego odpychania się podwójnych warstw elektrycznych, jeśli są obecne wokół cząstek. Ten rodzaj stabilizacji posiada jednak ograniczenia w praktycznym wykorzystaniu, ponieważ obecność elektrolitu wpływa na kompresję grubości podwójnej warstwy elektrycznej ze wzrostem jego stężenia. W związku z tym do stabilizacji układów zdyspergowanych wykorzystuje się związki powierzchniowo czynne, syntetyczne i naturalne oraz polimery. Stale rosnące zapotrzebowanie na skuteczne stabilizatory (emulgatory) bądź flokulanty w licznych procesach technologicznych oraz ekologicznych sprawiają, że badania stabilizacji emulsji i suspensji z wykorzystaniem stabilizatorów naturalnych mają nie tylko znaczenie poznawcze, ale również aplikacyjne.

Chibowski i Wiącek [124–126] w latach 1997–2000 przeprowadzili szereg badań dotyczących stabilności emulsji typu olej/woda (*n*-tetradekan/woda) z dodatkiem *n*-alkoholu jako emulgatora oraz szeregu stabilizatorów pochodzenia naturalnego: stabilizatorów białkowych (lizozym, α -kazeina i BSA) oraz niejonowych surfaktantów z ugrupowaniem cukrowym. Stosując metodę dynamicznego rozpraszania światła (wyznaczenie rozkładu i wielkości kropelek, potencjału elektrokinetycznego), pomiary napięcia powierzchniowego i międzyfazowego, pomiary reologiczne oraz wielkości i rozkładu kropelek przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego, wykazali, że najlepsze właściwości stabilizujące wykazuje α -kazeina, natomiast spośród surfaktantów cukrowych surfaktant o najdłuższym łańcuchu C₁₈-DLA.

Kolejne prace Chibowskiego i wsp. [127, 128] dotyczyły określenia wpływu roztworów elektrolitów i surfaktantów na właściwości elektrokinetyczne parafiny, co pozwoliło na wykazanie roli dipoli wody i/lub OH⁻ i ich wpływu na potencjał elektrokinetyczny na granicy faz hydrofobowe ciało stałe/woda(roztwór) oraz parafina/kationowy surfaktant przy niskim jego stężeniu (10⁻⁶ M) w pH = 4.

W latach 2007–2014 kontynuowano badania układów zdyspergowanych (emulsji i suspensji) w obecności naturalnych stabilizatorów – biosurfaktantów: różnych fosfolipidów przed i po ich modyfikacji enzymami. Ukazało się szereg prac Wiącek i innych [129–136] dotyczących właściwości międzyfazowych i oddziaływań zachodzących w układach zdyspergowanych pod wpływem różnych czynników wpływających na stabilność takich układów i efektywność biosurfaktantów (pH, dodatek soli, temperatura, obecność enzymu). Uzyskane wyniki dla wielu różnorodnych układów dyspersyjnych i warstewek lipidowych osadzonych na podłożu stałym dostarczyły ważnych informacji o właściwościach takich warstewek na różnych granicach faz oraz ich zmian pod wpływem enzymów. W literaturze przedmiotu mało było danych dotyczących pomiarów elektrokinetycznych takich układów, a tym bardziej zwilżalności i swobodnej energii powierzchniowej.

5. UKŁADY BIOLOGICZNE I BIOMATERIAŁY

Biomateriały naturalne i syntetyczne odgrywają dziś integralną rolę w medycynie przywracając funkcje i ułatwiając leczenie osób po urazach lub chorobach: do wspierania, wzmacniania lub zastępowania uszkodzonej tkanki lub funkcji biologicznej. Do biomateriałów zaliczane są minerały wapniowe (węglan i fosforan wapnia) ze względu na ich właściwości mechaniczne, optyczne i strukturę oraz obecność w tkankach twardych w organizmie. Szczeń [137–142] w latach 2005–2015 badała rolę syntetycznych i naturalnych surfaktantów (fosfolipidów) na zarodkowanie i wzrost kryształów węglanu i fosforanu wapnia, jako ważnych materiałów w procesach biomineralizacji i regeneracji tkanki kostnej oraz w biomimetyce, np. w implantologii, protetyce czy inżynierii materiałowej.

Badania te, pozwoliły na zrozumienie wpływu tych związków organicznych na tworzenie kryształów nieorganicznych i ich morfologię, gdy istnieje molekularna komplementarność na granicy faz kryształ-matryca organiczna oraz wpływu defektów błony lipidowej spowodowanej procesami zapalnymi na proces biomineralizacji, co jest istotne przy opracowaniu nowego typu nanomateriałów.

W ostatnich latach w badaniach bardzo widoczny jest trend mający na celu zastosowanie zasad „zielonej chemii” oraz „zrównoważonego rozwoju”. Zgodnie z nim Szcześ i wsp. [143–147] prowadzili badania nad otrzymaniem fosforanów wapnia. Jako źródło wapnia wykorzystali powszechnie występujący odpad rolniczy w postaci skorupki jaj ptasich. Zaproponowana przez nich metoda syntezy zakładała stosowanie jak najmniejszego wkładu energetycznego. W jej wyniku otrzymano dwu i wielofazowe fosforany wapnia o potencjalnym zastosowaniu jako dodatki do produktów do higieny jamy ustnej wspomagających proces remineralizacji szkliwa [146, 146], a także jako adsorbentów do usuwania metali ciężkich z wód [144, 146, 147].

Ze względu na znaczne zanieczyszczenie środowiska m.in. metalami ciężkimi oraz węglowodorami aromatycznymi w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem mikroorganizmów do oczyszczania wód. Dużym zainteresowaniem cieszą się polisacharydy produkowane przez różne szczepy bakterii, np. bakterii kwasu mlekowego. Jednak ze względu na brak odpowiednich technologii pozyskiwane w ten sposób polisacharydy nie są w pełni wykorzystywane. Wśród bakterii gram dodatnich szczepy *Rhodococcus* są najczęściej badane w odniesieniu do ich zdolności do rozkładu węglowodorów aromatycznych zanieczyszczających środowisko. Przy zastosowaniu odpowiednich warunków szczepy te mogą również wydzielać polisacharydy o potencjalnym zastosowaniu jako flokulanty oraz biosorbenty umożliwiające usuwanie metali ciężkich, a także jako matryce pozwalające kontrolować proces mineralizacji.

Szcześ i wsp. [148–152] skoncentrowali się na opracowaniu metody pozyskiwania polisacharydów ze szczepu bakterii *Rhodococcus* oraz na badaniach właściwości otrzymanego biopolimeru i czynników wpływających na ich właściwości flokulacyjne i sorpcyjne oraz wykorzystanie otrzymanych związków wielkocząsteczkowych do kontrolowania procesu biomineralizacji. Wykazano m. in., że rozpuszczalne w wodzie frakcje egzopolimeru wytwarzanego przez szczep bakterii *Rhodococcus rhodochrous* i *Rhodococcus opacus* wykazują aktywność flokulacyjną zależącą od rodzaju jonów, na co mają wpływ obecne w ich budowie anionowe grupy funkcyjne. Na podstawie pomiarów potencjału dzeta oraz obecności grup karboksylowych, hydroksylowych, acetylowych i karboksylanowych w budowie egzopolimeru zaproponowano neutralizację ładunku i mechanizm pomostowy jako mechanizm opisujący interakcję proteoglikanów z cząsteczkami kaolinu w obecności jonów dwuwartościowych. Ponadto stwierdzono [150],

że otrzymane substancje zewnątrzkomórkowe zawierające głównie polisacharydy wytwarzane przez szczepy bakterii *Rhodococcus* wykazują bardzo wysokie powinowactwo adsorpcyjne do jonów metali ciężkich: Pb(II), Cd(II), Co(II), Ni(II), Cr(VI) i po odpowiednim doborze warunków adsorpcji mogą być z powodzeniem stosowane do ich usuwania z zanieczyszczonych wód. Istotną zaletą badanych biopolimerów okazało się szybkie tempo adsorpcji badanych jonów metali ciężkich, co pozwala na ich potencjalne zastosowanie w układach przepływowych stosowanych do oczyszczania ścieków.

Zewnątrzkomórkową substancję polimerową (EPS) wyekstrahowaną ze szczepu bakterii *Rhodococcus opacus* użyto również jako matrycę do wytrącania węglanu wapnia z roztworów CaCl_2 i Na_2CO_3 [153]. Stwierdzono, że forma wytrąconego węglanu wapnia i rozmiar kryształów zależą od rodzaju frakcji egzopolimeru. Frakcja rozpuszczalna w wodzie sprzyja rozpuszczaniu waterytu i wzrostowi kalcytu, podczas gdy całkowity EPS stabilizuje wateryt, a efekt ten jest silniejszy przy zasadowym pH. Wydaje się, że jest to spowodowane różną zawartością grup funkcyjnych w badanych frakcjach egzopolimeru.

6. ZWIĄZKI POWIERZCHNIOWO CZYNNE

Związki powierzchniowo czynne (surfaktanty) dzięki amfifilowej budowie cząsteczki składającej się z części hydrofobowej i hydrofilowej charakteryzują się tendencją do adsorpcji na różnych granicach faz i tworzenia agregatów koloidalnych rozmiarów (micel) przy stężeniu zwanym krytycznym stężeniem micelizacji (CMC). Dzięki temu znajdują one coraz większe zastosowanie w wielu gałęziach przemysłowych, ochronie środowiska, rolnictwie i życiu codziennym. Związki te są ważnymi składnikami szerokiej gamy produktów, takich jak np. farby, kosmetyki, produkty spożywcze, środki ochrony roślin, detergenty, kleje czy leki. Badania dotyczące surfaktantów zostały zapoczątkowane przez Jańczuka i początkowo związane były z hydratacją pęcherzyków powietrza w roztworach wodnych surfaktantów.

W 1992 roku ukazała się pionierska praca van Ossa i Constanzo [154], której autorzy rozpatrują swobodną energię powierzchniową surfaktantów oddzielnie dla części hydrofobowej i hydrofilowej. Praca ta zainspirowała Jańczuka do podjęcia badań mających na celu wykazanie, że równanie van Ossa i wsp. [46, 47] można zastosować do przewidywania zdolności surfaktantów do adsorpcji na różnych granicach faz i tworzenia micel. W toku prowadzonych badań Jańczuk i wsp. [155] opracowali metodę tworzenia warstw surfaktantów pozwalającą na określenie składowych i parametrów swobodnej energii powierzchniowej ich części hydrofilowej oraz dobrali odpowiednie ciecze (dijodometan, formamid, gliceryna i glikol etylenowy) do pomiarów kątów zwilżania na warstwach surfaktantów osadzonych

na szkłe i politetrafluoroetylenie (PTFE). Zastosowanie wyznaczonych w ten sposób składowych i parametrów napięcia powierzchniowego części hydrofilowej surfaktantów oraz założenie, że napięcie powierzchniowe ich części hydrofobowej odpowiada napięciu powierzchniowemu węglowodoru, którego rodnik stanowi tę część cząsteczki surfaktantu, pozwoliło na przeprowadzenie korelacji między swobodną energią powierzchniową części hydrofobowej i hydrofilowej surfaktantu, a jego zdolnością do adsorpcji i micelizacji. Okazało się również, że istnieje ścisła zależność między swobodną energią międzyfazową woda-grupa hydrofobowa i woda-grupa hydrofilowa surfaktantów a ich standardową swobodną energią micelizacji i adsorpcji zachodzącej na granicy faz woda-powietrze i woda-olej, co daje możliwość przewidywania zarówno wielkości adsorpcji na granicy faz woda-powietrze jak również CMC [156].

Surfaktanty, nie tylko obniżają napięcie powierzchniowe roztworu, ale mogą także modyfikować lub nie napięcie międzyfazowe ciało stałe-roztwór, co może poprawić lub pogorszyć zwilżalność ciała stałego oraz prowadzić do całkowitego rozplywania się roztworu po jego powierzchni. Proces zwilżania zależy zarówno od właściwości powierzchniowych ciała stałego, jak i od rodzaju surfaktantu obecnego w cieczy zwilżającej. Jego poznanie jest bardzo ważne, ponieważ użyteczność wielu produktów takich jak farby, detergenty czy kosmetyki zależy od ich efektywnego rozplywania się po danej powierzchni. Biorąc to pod uwagę Jańczuk i wsp. [157] rozpoczęli badania dotyczące korelacji między zwilżalnością ciał stałych, a zmianami napięcia powierzchniowego wody i międzyfazowego ciała stałe-ciecz pod wpływem surfaktantów. Szczególnym osiągnięciem tych badań było pokazanie, że zwilżalność niektórych ciał stałych przez wodne roztwory surfaktantów można przewidzieć na podstawie zmodyfikowanego równania von Szyszkowskiego oraz równania Younga. Natomiast ciśnienie powierzchniowe roztworów mieszanin substancji powierzchniowo czynnych, można przewidzieć z zadawalającą dokładnością za pomocą zmodyfikowanego równania Joosa oraz w oparciu o równanie stanu Fainermana i Millera, które wyprowadzono dla idealnej mieszaniny dwu surfaktantów [157,158].

Równoległe do badań dotyczących właściwości zwilżających surfaktantów zespół kierowany przez Jańczuka prowadził badania właściwości adsorpcyjnych i agregacyjnych syntetycznych węglowodorowych surfaktantów niejonowych, kationowych i anionowych mających szerokie zastosowanie praktyczne [159, 160]. Badania te zostały oparte na pomiarach napięcia powierzchniowego, gęstości, lepkości oraz dynamicznego rozpraszania światła. Wykazały one, że zmiany napięcia powierzchniowego wodnych roztworów surfaktantów w funkcji stężenia można opisać funkcją eksponentjalną pierwszego lub drugiego rzędu, co umożliwia obliczenie stężenia i aktywności surfaktantów w warstwie powierzchniowej. Okazało się także, że standardową swobodną energią adsorpcji surfaktantów prost-

łańcuchowych na granicy faz woda-powietrze można z powodzeniem określić na podstawie napięcia powierzchniowego węglowodoru stanowiącego grupę hydrofobową danego surfaktantu, napięcia międzyfazowego węglowodór-woda oraz płaszczyzny kontaktu węglowodoru z innymi cząsteczkami. W oparciu o przeprowadzone badania wyznaczono stałe w równaniu Klevensa przedstawiającym liniową zależność $\log CMC$ od liczby atomów węgla w łańcuchu hydrofobowym prostołańcuchowych surfaktantów anionowych i kationowych oraz wykazano, że równanie to jest także spełnione w przypadku alkoholi krótkołańcuchowych.

Nie zawsze zastosowanie pojedynczych surfaktantów pozwala na odpowiednią redukcję napięcia powierzchniowego wody i osiągnięcie warunków optymalnych w danym procesie z tego powodu w praktyce mają zastosowanie wieloskładnikowe roztwory surfaktantów. Biorąc to pod uwagę Jańczuk i wsp. [161–163] skierowali swoje zainteresowania również na dwu i trójskładnikowe mieszaniny surfaktantów. W wyniku prowadzonych badań ustalono skład mieszanej warstwy adsorpcyjnej na granicy faz woda-powietrze, porównano go ze z danymi określonymi na podstawie teorii roztworów rzeczywistych, określono warunki, dla których obserwuje się niezależną adsorpcję oraz określono wzajemny wpływ surfaktantów na ich adsorpcję. W oparciu o pomiary napięcia powierzchniowego wodnych roztworów trójskładnikowej mieszanki surfaktantów obejmującej CTAB, Triton X-100 i Triton X-114 zmodyfikowano równanie Joosa, pozwalające na opisanie zmian napięcia powierzchniowego wodnych roztworów dwuskładnikowej mieszanki, do opisu zmian tego napięcia wodnych roztworów trójskładnikowej mieszanki surfaktantów [164]. Wykazano także, że przy odpowiednim składzie mieszanin występuje efekt synergetyczny nawet jeśli surfaktanty występujące w mieszaninie są anionowe lub kationowe, o ile różnią się znacznie długością łańcucha hydrofobowego [164, 165].

Pomiary kąta zwilżania wodnych roztworów surfaktantów i ich mieszanin na powierzchni PTFE, PMMA, nylonu 6, szkła i kwarcu pozwoliły na ustalenie relacji między adsorpcją surfaktantów na granicy faz ciało stałe-roztwór i roztwór-powietrze. W przypadku hydrofobowego PTFE adsorpcja surfaktantów na granicy faz PTFE-roztwór jest porównywalna do granicy faz roztwór-powietrze, natomiast na granicy faz PMMA-roztwór i nylon 6-roztwór jest mniejsza. Różnice w adsorpcji zostały wyjaśnione w oparciu o adhezję poszczególnych składników roztworu do powierzchni danego ciała stałego oraz orientację ich cząsteczek na granicy faz ciało stałe-woda i woda-powietrze. Na podstawie adsorpcji surfaktantów na granicy faz ciało stałe-roztwór i roztwór-powietrze oraz adhezji wody i surfaktantów do powierzchni ciała stałego obliczonej przy uwzględnieniu składowych i parametrów napięcia powierzchniowego ciał stałych, wody i surfaktantów wyjaśniono różnice między krytycznym napięciem powierzchniowym zwilżania poszczególnych ciał stałych a ich napięciem powierzchniowym.

Termodynamiczna analiza procesu adsorpcji na granicy faz ciało stałe-woda pozwoliła na wyprowadzenie dla apolarnych i monopolarnych ciał stałych równania pozwalającego na obliczenie standardowej energii Gibbsa adsorpcji surfaktantów na granicy faz apolarne (monopolarne) ciało stałe-woda na podstawie CMC surfaktantu, kąta zwilżania wody na ciele stałym, kąta zwilżania przy CMC, napięcia powierzchniowego wody oraz roztworu przy CMC. Badania zwilżalności ciał stałych wykazały, że na pozór sprzeczne ze sobą teorie dotyczące napięć międzyfazowych mogą być użyteczne do przewidywania pracy adhezji wodnych roztworów surfaktantów i ich mieszanin do powierzchni ciała stałego [166, 167]. Korzystając z podejścia van Ossa i wsp. [46, 47] oraz Neumanna i wsp. [36, 168] do napięcia międzyfazowego obliczono pracę adhezji wodnych roztworów badanych surfaktantów i ich mieszanin do powierzchni monopolarnych i bipolarnych ciał stałych wartości, której były zbliżone do tych obliczonych z równania Younga-Dupre.

Badania dotyczące klasycznych surfaktantów zostały rozszerzone przez Szymczyk na surfaktanty fluorowęglowe i ich mieszaniny z surfaktantami węglowodorowymi [169–172]. Celem tych badań było określenie zdolności adsorpcyjnej wodnych roztworów surfaktantów fluorowęglowych i ich mieszanin z surfaktantami węglowodorowymi oraz właściwości utworzonych warstw adsorpcyjnych na granicy faz roztwór-powietrze i polimer-roztwór w temperaturze 293K w aspekcie procesu zwilżania polimerów przez te roztwory. Wykazano między innymi, że zarówno skuteczność, jak i efektywność adsorpcji surfaktantów fluorowęglowych na granicy faz wodny roztwór-powietrze jest znacznie większa niż węglowodorowych posiadających w cząsteczce podobną liczbę grup oksyetylenowych. Wynika to z większej różnicy pomiędzy napięciem międzyfazowym woda-fluoroalkan i napięciem powierzchniowym fluoroalkanu, z którego zbudowana jest część hydrofobowa surfaktantu oraz z większej powierzchni kontaktu grup $-CF_2-$ w porównaniu do $-CH_2-$. Stwierdzono, że większa aktywność powierzchniowa badanych surfaktantów fluorowęglowych, w porównaniu do Tritonów, nie odzwierciedla się w procesie zwilżania apolarnego i monopolarnego ciała stałego przez ich wodne roztwory. Wykazano także, że dodatek surfaktantu fluorowęglowego do dwuskładnikowej mieszaniny surfaktantów węglowodorowych powoduje również efekt synergetyczny w redukcji napięcia powierzchniowego wody i w procesie micelizacji.

Właściwości surfaktantów m.in. ich CMC, stopień hydratacji oraz tendencja do adsorpcji na różnych granicach faz mogą być modyfikowane przez różnego typu dodatki organiczne, wśród których szczególne miejsce zajmują alkohole krótkołańcuchowe, które w zależności od stężenia mogą zachowywać się jako ko-surfaktanty lub ko-rozpuszczalniki [173]. Biorąc to pod uwagę Zdziennicka [158, 174–177] podjęła badania dotyczące właściwości adsorpcyjnych, agregacyj-

nych i zwilżających alkoholi krótkołańcuchowych, ich wpływu na zachowanie się pojedynczych surfaktantów oraz ich mieszanin. Badania te dotyczyły zachowania się surfaktantów w fazie objętościowej oraz na granicy faz wodny roztwór-powietrze i wodny roztwór-ciało stałe oraz zwilżania modelowych ciał stałych (PTFE, PMMA, kwarc) w całym zakresie stężenia alkoholi. Uzyskane wyniki wykazały, że alkohole krótkołańcuchowe tworzą agregaty, których wielkość rośnie wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczce alkoholu, natomiast krytyczne stężenie agregacji (CAC) maleje. Powyżej CAC alkoholi nie obserwuje się ani micel surfaktantów ani ich wpływu na napięcie powierzchniowe wody czy kąt zwilżania. Wyniki uzyskane z pomiarów napięcia powierzchniowego wodnych roztworów surfaktantów lub ich mieszanin w obecności alkoholu wykazały, że adsorpcja surfaktantów maleje w funkcji stężenia alkoholu i praktycznie zanika, gdy jego stężenie dąży do jedności. Na podstawie pomiarów kąta zwilżania stwierdzono, że w przypadku hydrofobowych ciał stałych nie można opisać zależności między napięciem adhezyjnym a powierzchniowym badanych roztworów za pomocą jednej prostej w całym zakresie stężenia alkoholi, a można ją podzielić na dwa odcinki odpowiadające zakresowi stężenia roztworów, w którym alkohole występują w postaci monomerycznej i zagregowanej. Natomiast dla monopolarnych i bipolarnych ciał stałych występuje całkowite rozplywanie się roztworu po ich powierzchni w zakresie stężenia alkoholi, w którym występują one w postaci zagregowanej.

W ostatnich latach daje się zauważyć trend mający na celu zmniejszenie ilości stosowanych syntetycznych surfaktantów, zwłaszcza niebiodegradowalnych i toksycznych, i zastąpienia ich nowymi bardziej przyjaznymi dla człowieka i jego środowiska. Poszukiwanie takich surfaktantów skłoniło Zdziennicką do zainteresowania się produkowanymi przez mikroorganizmy biosurfaktantami, a Krawczyk do zajęcia się surfaktantami cukrowymi, które otrzymywane są z surowców odnawialnych. Biosurfaktanty w porównaniu z klasycznymi surfaktantami odznaczają się niższym CMC, większą redukcją napięcia powierzchniowego wody, wykazują większą specyficzność działania nawet w ekstremalnych warunkach, są wysoce biodegradowalne, nietoksyczne oraz biozgodne i kompatybilne środowiskowo. Dodatkowo biosurfaktanty mają działanie antywirusowe, antynowotworowe i zapobiegają tworzeniu biofilmów. Wszystkie te cechy powodują, że biosurfaktanty wchodzi w skład detergentów, środków czyszczących i higieny osobistej, kosmetyków, są stosowane jako dodatki do żywności oraz są wykorzystywane w medycynie i przemyśle farmaceutycznym. Niestety w literaturze brak jest informacji na temat właściwości adsorpcyjnych czy agregacyjnych biosurfaktantów w różnego rodzaju układach, a także korelacji tych właściwości z ich właściwościami zwilżającymi dlatego Zdziennicka i Jańczuk podjęli badania, które skupiły się ramnolipidzie i surfaktynie oraz ich mieszaninach

z etanolem i klasycznymi surfaktantami [178–180]. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie m.in. że wartości granicznej powierzchni zajmowanej przez cząsteczki biosurfaktantu na granicy faz woda-powietrze wyznaczone w oparciu o geometryczne rozmiary części hydrofilowych ich cząsteczek, z uwzględnieniem średniej odległości między nimi, są zgodne z wartościami obliczonymi z równania Joosa [181]. Wykazano również, że istnieje efekt synergetyczny w redukcji napięcia powierzchniowego wody i tworzeniu się mieszanych micel przez mieszanie ramnolipidu i surfaktyny z klasycznym surfaktantem [180, 182], który można udowodnić w oparciu o teorię Hua, Rosena i Rubingha [183] oraz Bergströma i Erikssona [184]. Badania Zdziennickiej i wsp. [185] wykazały także, izotermę napięcia powierzchniowego wodno-etanolowych roztworów mieszanki biosurfaktantów z niejonowym Tritonem X-165 i X-100 przy stężeniu biosurfaktantu lub Tritonu odpowiadającym stężeniu ich indywidualnej nasyconej monowarstwie posiadają maksima. Izotermę tę w zakresie stężenia biosurfaktantu i surfaktantu odpowiadającego nienasyconej monowarstwie na granicy faz woda-powietrze mogą być opisane równaniem Connorsa [186], Fainermanna i Millera [187] oraz funkcją eksponentyjną drugiego rzędu. Okazało się również, że redukcja napięcia powierzchniowego wody pod wpływem biosurfaktantów, surfaktantów i etanolu w zakresie ich stężenia od zera do krytycznego stężenia agregacji wynika z redukcji składowej kwasowo-zasadowej napięcia powierzchniowego wody. W oparciu o pomiary kąta zwilżania na powierzchni PTFE, PMMA i kwarcu Zdziennicka i wsp. [188–190] zaproponowali metodę pozwalającą na przewidywanie wartości kąta zwilżania dla wodnych roztworów mieszanin substancji powierzchniowo czynnych na podstawie izoterm kąta zwilżania i napięcia powierzchniowego poszczególnych składników mieszanki. Określili również kryteria jakie muszą być spełnione przez wodne roztwory mieszanin surfaktantów z dodatkami dla ich całkowitego rozplývania się po powierzchni apolarnych, monopolarnych i bipolarnych ciał stałych oraz wykazali, że dodatnie nachylenie prostoliniowej zależności między napięciem adhezyjnym i powierzchniowym wodnego roztworu mieszanin biosurfaktantów z etanolem lub surfaktantem nie świadczy o ujemnej adsorpcji tych mieszanin na granicach faz PMMA–woda i kwarc–woda.

Surfaktanty cukrowe, podobnie jak biosurfaktanty, charakteryzują się małą uciążliwością dla środowiska naturalnego, wysoką lub wręcz całkowitą biodegradowalnością, a przy tym są w pełni bezpieczne dla człowieka [191, 192], skłoniło to Krawczyk do podjęcia badań nad tymi związkami. Wybrane do badań surfaktanty różniły się rodzajem i stopniem polimeryzacji części polarnej (glukoza, maltoza, sacharoza) oraz długością łańcucha alkilowego stanowiącego część hydrofobową surfaktantu. Na podstawie wyników otrzymanych z pomiarów napięcia powierzchniowego, gęstości, lepkości, intensywności emisji pirenu czy

kąta zwilżania wodnych roztworów badanych surfaktantów cukrowych i modelowych cieczy na powierzchni różnych ciał stałych, i warstewkach surfaktantów cukrowych oraz ich analizy wykazano, że wspomniane wyżej właściwości wynikają bezpośrednio ze struktury cząsteczek surfaktantu, czyli udziału i położenia różnego typu grup funkcyjnych decydujących o jego napięciu powierzchniowym, jak również z oddziaływań pomiędzy cząsteczkami surfaktantów oraz cząsteczkami surfaktantów a powierzchnią ciał stałych przez fazę wodną [193, 194]. Prowadzone badania pozwoliły na wyznaczenie nie tylko napięcia powierzchniowego głowy i ogona surfaktantu [155], ale również udziału poszczególnych oddziaływań międzycząsteczkowych w tym napięciu, co pozwoliło z kolei określić zarówno zależność między napięciem powierzchniowym głowy i ogona surfaktantu, a jego tendencją do micelizacji, jak również właściwości zwilżające surfaktantu i jego adhezję do powierzchni ciał stałych [156]. Wyjaśnienie procesu adsorpcji, agregacji, adhezji i zwilżania wybranych surfaktantów w kontekście właściwości strukturalnych ich cząsteczek wymagało ponadto znajomości objętości grupy hydrofobowej i hydrofilowej badanych surfaktantów oraz powierzchni kontaktu tych grup z przyległym medium. Właściwości te zostały również wyjaśnione w aspekcie oddziaływań pomiędzy cząsteczkami surfaktantów oraz cząsteczkami surfaktantów a powierzchnią ciał stałych przez fazę wodną [156]. Ponadto określono zmiany napięcia powierzchniowego surfaktantów cukrowych podczas ich adsorpcji w odniesieniu do ich orientacji w warstwie powierzchniowej. Zmiany te powiązano następnie z udziałem poszczególnych grup w cząsteczce surfaktantu i w jego napięciu powierzchniowym [193–196]. Na tej podstawie stwierdzono, że istnieje pewna ogólna zależność między mikroskopowymi (związanymi ze strukturą cząsteczek) a makroskopowymi właściwościami surfaktantów (nie tylko cukrowych), pozwalająca na wyjaśnienie i przewidywanie ich właściwości adsorpcyjnych, agregacyjnych i zwilżających.

Wśród wielu zastosowań surfaktantów nie można pominąć ich potencjału w ekstrakcji aktywnych składników pochodzenia roślinnego. Szymczyk i wsp. przeprowadzili między innymi badania dotyczące możliwości zastosowania Tweenu 80 i Tritonu X-114 do solubilizacji kwercetyny i rutyny. Określono zachowanie się flawonoidów w środowisku wodnym oraz alkoholowym, bez i w obecności surfaktantów, a także stan równowagi flawonoidów w roztworach micelarnych, który poddano ścisłej analizie termodynamicznej [197–200].

Przeprowadzono także badania właściwości adsorpcyjnych i objętościowych dwóch surfaktantów niejonowych z grupy Kolliphor: Kolliphoru ELP (ELP) i Kolliphoru RH40 (RH40), a także ich dwuskładnikowych mieszanin o różnym ułamku molowym w środowisku wodnym bez i w obecności naturalnego alkaloidu berberyny (Ber) w szerokim zakresie stężenia surfaktantów i różnych temperaturach. Wykazano m. in., że stężenie berberyny w mieszanych micelach jest większe

niż w fazie objętościowej, co wskazuje, że tendencja Ber do solubilizacji w micellach ELP, RH40 i ELP + RH40 jest większa niż jej tendencja do adsorpcji na granicy faz woda-powietrze [201, 202].

7. UKŁADY BIOMIMETYCZNE

Tematyka związana z układami biologicznymi lipidów i lipaz realizowana w latach 2004–2008 przez Chibowskiego i Jurak była nowo podjętą tematyką badawczą w Zakładzie Zjawisk Międzyfazowych i dotyczyła właściwości fizykochemicznych jedno- i dwuskładnikowych filmów lipidowych osadzonych różnymi technikami na nośniku stałym. Badania ukierunkowano początkowo na określenie ich zwilżalności, swobodnej energii powierzchniowej oraz struktury, a następnie zmian tych wielkości w wyniku modyfikacji enzymatycznej. Początkowo do otrzymywania filmów lipidowych stosowano prostą technikę rozplływania roztworu (ang. *spreading*) i osadzania metodą *spin-coating*. W 2006 roku Zakład Zjawisk Międzyfazowych wzbogacił się o wannę Langmuira-Blodgett, która umożliwiła badania uporządkowanych monowarstw lipidowych, o ściśle zdefiniowanym składzie, na granicy faz ciecz/gaz, oraz ich przeniesienie na podłoże stałe. Zastosowanie subfazy ciekłej zapewniało uzyskanie warunków zbliżonych do naturalnych dla błon. Dzięki temu struktura filmów (monowarstw Langmuira) odzwierciedlała budowę rzeczywistych błon biologicznych. Uzyskano wysoce zorganizowane układy biomimetyczne na cieczy i ciele stałym. Efektem badań było scharakteryzowanie właściwości filmów w zależności od rodzaju lipidów, rodzaju nośnika stałego, techniki osadzania, grubości, a także czasu ich hydrolizy w obecności enzymów. Dało to możliwość kontrolowanego otrzymywania filmów o określonych właściwościach hydrofilowo-hydrofobowych. Te nowatorskie badania układów lipidowych, wówczas niespotykane w dostępnej literaturze, pozwoliły na pełniejszą charakterystykę oddziaływań międzycząsteczkowych na granicach faz z udziałem lipidów, biofizycznego mechanizmu działania lipaz, ze szczególnym uwzględnieniem fosfolipaz oraz kontrolowanego ich użycia jako ‘nano-narzędzi’. Jednocześnie badania umożliwiły lepsze poznanie właściwości powierzchni ciał stałych stosowanych jako nośniki.

W latach 2009–2013 tematyka hydrolizy enzymatycznej uporządkowanych filmów lipidowych została poszerzona o inne układy biomimetyczne w postaci liposomów. Wyniki badań płaskich filmów lipidowych na nośniku stałym, zostały skorelowane z wynikami otrzymanymi dla pęcherzyków liposomowych w dyspersjach. Opisano czynniki determinujące ich połączenie („fuzję”), co może mieć praktyczne zastosowanie m.in. do otrzymywania stabilnych i skutecznych liposomowych nośników substancji czynnych (np. leków, kosmetyków), matryc

dla enzymów, w procesach rozpoznania molekularnego oraz lepszego poznania fizjologii i patologii komórki biologicznej w szerszym rozumieniu. Uzyskane wyniki wskazują, że dzięki wrażliwości fosfolipaz na zmiany struktury błon już w skali nanometrów, można uzyskać kontrolę nad przebiegiem procesu hydrolizy enzymatycznej modyfikując błony pod względem ich składu. Wykonane badania mogą być również pomocne w opracowaniu układu nośnikowego leków opartego na wykorzystaniu zwiększonej aktywności fosfolipaz w chorej tkance (w stanie zapalnym lub w procesie kancerogenezy) [90].

Nowym aspektem w dziedzinie badań oddziaływań między cząsteczkami lipidów okazał się fakt, że błony komórek zwierząt zawierają wyodrębnione domeny zwane tratwami lipidowymi (*lipid rafts*). Stały się one inspiracją do badań oddziaływań fosfolipidów z cholesterolem, a także z przeciwutleniaczami (α -tokoferolem i galusanem laurylu) w układach wieloskładnikowych. Te ostatnie stosowano w aspekcie ochrony błony przed uszkodzeniem oksydacyjnym, a w konsekwencji przed powstawaniem i rozwijaniem się niektórych typów nowotworów. W efekcie opracowano termodynamiczną charakterystykę modelowych membran eukariotycznych zawierających omawiane związki, dzięki kompleksowej analizie właściwości zwilżających i energetycznych oraz struktury uzyskanych układów na stałym nośniku w odniesieniu do upakowania, mieszalności i stabilności monowarstw na subfazie wodnej. Pogłębioną analizę właściwości monowarstw Langmuira umożliwił zakupiony w 2014 roku mikroskop kąta Brewstera (BAM). Część badań została zrealizowana w ramach współpracy polsko-hiszpańskiej [203]. Wyniki doświadczalne pozwoliły na lepsze zrozumienie funkcjonowania błon biologicznych w procesach zachodzących na ich powierzchni lub z nimi związanych, takich jak transport cząsteczek wody, jonów i różnych substancji przez błony.

Badania nad zwilżalnością powierzchni i filmów lipidowych osadzonych na nośniku stałym stanowiły jedno z zadań w projekcie międzynarodowym „*Complex Wetting Phenomena*” (CoWet), nr 607861, z programu - Marie-Curie Action: Initial Training Networks, realizowanym w latach 2014–2017 w Zakładzie Zjawisk Międzyfazowych, w sieci współpracy różnych ośrodków europejskich. W ramach projektu grupy badawcze należące do konsorcjum badały procesy zwilżania i opis skomplikowanych mechanizmów tych procesów na różnych granicach faz w aspekcie wielorakich zastosowań. Zwilżalność jest właściwością powierzchni względem określonych cieczy, wykorzystywaną dość powszechnie w wielu sferach życia człowieka. Podstawowa klasyfikacja substancji na hydrofilowe i hydrofobowe zasadniczo wskazuje na zakres i potencjał aplikacyjny. Względnie prosta procedura pomiarów kąta zwilżania cieczy testowych o różnej polarności oraz wypracowane modele interpretacji wartości kąta zwilżania zapoczątkowane przez Jańczuka [40–45] i Chibowskiego [78, 79], a kontynuowane przez pracowników Katedry

Zjawisk Międzyfazowych pozwalają na ocenę charakteru hydrofilowo-hydrofobowego powierzchni stałych lub filmów na nich osadzonych [45, 50, 81, 85, 88–91, 95, 155, 157, 171]. Chociaż wartości kątów zwilżania zależą od użytej do pomiarów cieczy testowej to dają możliwość określenia pozornego stanu energetycznego powierzchni lub jego zmiany.

Badania Wiącek i wsp. [204] dotyczyły określania właściwości powierzchni filmów biopolimerowych w różnych temperaturach i/lub po modyfikacji plazmą w aspekcie zwilżalności i biokompatybilności, w celu uzyskania zmodyfikowanej powierzchni o pożądanych właściwościach. Badanymi biopolimerami były skrobia natywna oraz skrobia modyfikowana substancjami aktywnymi biologicznie, przykładowo biokompatybilną fosfatydylocholiną (kluczowym składnikiem błon komórkowych) lub przeciwbakteryjnym lizozymem. Na podstawie wstępujących i cofających kątów zwilżania cieczy testowych wyznaczono swobodną energię powierzchniową ciała stałego (żelu), stosując model histerezy kąta zwilżania (CAH) [78, 79]. Zmiany hydrofilowo/hydrofobowego charakteru powierzchni skrobi przed i po modyfikacji, uwidoczniono w wartościach pracy rozpylania. Dla układów hybrydowych badania zwilżalności wykonano w połączeniu ze spektroskopią XPS, FTIR i profilometrią optyczną, uzyskując pełniejszy obraz właściwości morfologicznych i molekularnych powierzchni o dużym stopniu zmienności. Skorelowanie parametrów obróbki wejściowej przyczyniło się do poprawy zwilżalności biopolimeru i zwiększenia zakresu aplikacyjnego takich układów w medycynie, biotechnologii i technologii żywności, szczególnie w obszarze, gdzie wymagane są cienkie filmy o wysokiej homogeniczności.

Kolejne badania realizowane przez Wiącek i Jurak skupiły się wokół innego polisacharydu, chitozanu. Tak duże zainteresowanie badaczy tym właśnie biopolimerem wynika głównie z powszechności jego występowania, podatności na modyfikację oraz szerokiego wachlarza zastosowań. Tematyka związana z wykorzystaniem chitozanu w kontekście wzrostu biokompatybilności biomateriałów i charakteru przeciwbakteryjnego należy do istotnych obszarów działalności tej grupy badawczej i stanowi integralną część trzech obronionych doktoratów. Koncepcja badań uwzględniająca biopolimery wpisuje się w najnowsze trendy eksperymentalne i umożliwia ich realizację w oparciu o komplementarne techniki doświadczalne. Biokompatybilność to dość ogólne pojęcie i nierzadko różnie rozumiane, co szczegółowo opisano w obszernym artykule przeglądowym, który ukazał się w prestiżowym czasopiśmie [205]. Atrakcyjność i aktualność realizowanej tematyki potwierdzają liczne cytowania tej pracy, które pojawiły się w krótkim czasie po jej opublikowaniu.

Materiały które kontaktują się z organizmem żywym powinny charakteryzować się odpowiednimi właściwościami mechanicznymi i wytrzymałością. Jednak w głównej mierze powinny wykazywać wysoką zgodność z przy-

ległymi tkankami (biokompatybilność), krwią i jej składnikami (hemo-kompatybilność). Powinny także wykazywać: znikomą lub żadną trombo-/rako-twórczość, pozytywną odpowiedź na ciało obce, właściwą osteokondukcję, osteoindukcję i mineralizację. W celu zwiększenia właściwości biokompatybilnych, aktualnie wykorzystuje się wiele różnorodnych metod obróbki powierzchni, dzięki którym otrzymuje się materiały polimerowe o pożądanych właściwościach. Natomiast wciąż jednym z największych wyzwań dla naukowców w obszarze medycyny, farmacji i nauk pokrewnych są bez wątpienia mechanizmy napędzające oddziaływanie pomiędzy żywymi komórkami a ciałami obcymi, stąd zaangażowanie grupy badawczej Wiącek i Jurak w tę tematykę.

Atrakcyjną metodą obróbki powierzchni polimerów jest działanie zimną plazmą, które istotnie poprawia ich właściwości bio- i hemokompatybilne nie wpływając znacząco na właściwości objętościowe [85]. W oparciu o badania własne i przegląd literatury zaproponowano ogólną koncepcję wytwarzania biozgodnych materiałów polimerowych, omówiono główne czynniki fizyko-chemiczne i biologiczne determinujące biokompatybilność, a tym samym odpowiedź organizmu żywego na obecność biomateriałów na bazie polimerów. Wśród nich należy wymienić: modyfikację i/lub degradację powierzchni, skład chemiczny (grupy funkcyjne i ładunek), charakter hydrofilowo-hydrofobowy, zwilżalność i swobodną energię powierzchniową, topografię (chropowatość, sztywność), strukturę krystaliczną i amorficzną, nanostrukturę, adhezję i proliferację komórek. Zwrócono szczególną uwagę na wykorzystanie polisacharydów w inżynierii tkankowej, gdzie wskazane są biomateriały o odpowiednich właściwościach mechanicznych i powierzchniowych, które wywołują pozytywną reakcję organizmu. Właściwie dopasowane cechy powierzchni polimeru mogą korzystnie wpłynąć na odbudowanie tkanki, a znajomość procesów indukujących reakcję gospodarza (pacjenta) jest sposobem na wytworzenie w danych warunkach optymalnego implantu.

Wśród polimerów spełniających warunki biokompatybilności, zwłaszcza po odpowiedniej modyfikacji, należy wymienić polieteroeteroketon (PEEK) – materiał polimerowy nowej generacji służący do wypełniania ubytków kości (kości-zastępczy) [85]. W celu zwiększenia jego potencjału aplikacyjnego w nowoczesnych układach dostarczania leków, powierzchnię PEEK aktywowano zimną plazmą, a następnie pokrywano ją wieloskładnikowymi filmami substancji bioaktywnych (przeciwbakteryjnego chitozanu, bioszklę o składzie zbliżonym do osocza ludzkiego, lipidów wchodzących w skład naturalnych błon biologicznych oraz leków tj. cyklosporyny A o działaniu immunosupresyjnym oraz naproksenu o działaniu przeciwbólowym i przeciwzapalnym) [206]. Odpowiedni dobór rodzaju plazmy oraz nanoszonego filmu pozwoliły na kontrolowanie topografii powierzchni polimeru, jej polarności i składu chemicznego prowadząc do zwiększenia biozgod-

ności PEEK przy zachowaniu jego bardzo dobrych właściwości mechanicznych porównywalnych z właściwościami kości ludzkiej. Jednocześnie zmodyfikowana powierzchnia PEEK wykazała właściwości wspomagające proces osteointegracji i kontrolowanego uwalniania leku bezpośrednio w miejscu wszczęcia implantu.

W obszarze medycyny regeneracyjnej i inżynierii tkankowej kolejnym obiektem zainteresowań stał się poli(tereftalan etylenu) (PET), który obok metali oraz ich stopów jest wykorzystywany w rekonstrukcji naczyń krwionośnych i sztucznego serca. Powlekanie PET wieloskładnikowymi filmami chitozanu, fosfolipidów przyjaznych dla otaczających tkanek oraz substancji o właściwościach immunosupresyjnych i przeciwutleniających może prowadzić do wzrostu stopnia hemokompatybilności powierzchni tego polimeru, dodatkowo chroniąc przed stanami zapalnymi wywoływanymi przez drobnoustroje i skutkami ubocznymi terapii farmakologicznych. W tym aspekcie przeprowadzono termodynamiczną analizę oddziaływań w badanych układach wieloskładnikowych na różnych granicach faz (ciecz/gaz i ciało stałe/ciecz/gaz) połączoną z badaniem struktury morfologicznej i cząsteczkowej (BAM, AFM, TOF-SIMS) [207]. Uzupełniające badania filmów na powierzchniach metalicznych zostały wykonane przy użyciu mikrowagi kryształu kwarcu (QCM) oraz woltamperometrii cyklicznej (CV), w ramach współpracy nawiązanej z grupą naukową *Platon* (Uniwersytet w Saragossie, Hiszpania) kierowaną przez profesor Pilar Ceę [208]. Kompleksowa charakterystyka wyników pozwoliła na lepsze poznanie mechanizmów biofizycznych oraz pełniejsze określenie czynników odpowiedzialnych za oddziaływania na poziomie cząsteczkowym, istotnych w projektowaniu nowatorskich zamienników tkanek i/lub układów kontrolowanego uwalniania leków.

Kolejną ścieżką w dziedzinie badań interdyscyplinarnych podjętych przez Wiącek i Jurak, a obejmujących inżynierię tkankową, były prace eksperymentalne zmierzające do opracowania substytutu skóry na bazie chitozanu, kwasu hialuronowego i tlenku tytanu(IV). Wybrano związki nietoksyczne, biokompatybilne i biodegradowalne w organizmie ludzkim. Ze względu na te korzystne cechy stanowiły potencjalne składniki syntetycznego materiału skóropodobnego, do transplantacji tkanek ludzkich, zwłaszcza, że w połączeniu mogą wykazywać działanie synergistyczne. W celu otrzymania stabilnego biomateriału przeprowadzono badania oddziaływań tych składników w dyspersjach. Wykazały one, że chitozan adsorbuje się na powierzchni TiO_2 dzięki oddziaływaniom elektrostatycznym i efektem sterycznym zwiększając stabilność układu [209]. Adsorpcja jest ściśle zależna od pH i może prowadzić do utworzenia trwałego biomateriału TiO_2 -chitozan przy określonym stosunku składników. W kontekście biokompatybilności i właściwości przeciwbakteryjnych zaproponowano badania z wykorzystaniem membran biomimetycznych (monowarstw Langmuira), jak również komórek bakterii *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* [210]. Zdolność

bakteriobójczą układu badawczego interpretowano na podstawie testów zliczania jednostek tworzących kolonie oraz barwienia żywych/martwych komórek bakteryjnych w powiązaniu z pomiarami intensywności fluorescencji, które wykonano we współpracy z pracownikami Katedry Genetyki i Mikrobiologii, Instytutu Nauk Biologicznych UMCS. Charakterystyka wzajemnych oddziaływań poszczególnych komponentów sztucznej skóry i ich mieszanin z modelowymi błonami komórkowymi, jak również, po osadzeniu filmów tych związków na podłożu stałym, z cieczami o różnej polarności, doprowadziła do lepszego zrozumienia procesów zachodzących w organizmie człowieka po bezpośrednim kontakcie biomateriału z tkankami i jego aktywności przeciwbakteryjnej.

Pozostając w obszarze badań związków wykazujących działanie przeciwbakteryjne, dalsze prace skoncentrowano wokół naturalnych peptydów odpornościowych aktywnych względem bakterii *Legionella spp.* [211]. Omawiane bakterie wykształciły mechanizmy pozwalające na namnażanie w makrofagach pęcherzyków płucnych stanowiąc przyczynę poważnych infekcji o różnym stopniu nasilenia. Wobec wzrastającej oporności na antybiotyki, dużym zainteresowaniem cieszy się ludzka katelicydyna LL-37 o szerokim spektrum aktywności bakteriobójczej. W tym kontekście Jurak i współpracownicy podjęli badania oddziaływań peptydu LL-37 z modelowymi błonami fosfolipidów wydzielanych z bakterii *Legionella spp.* Wykorzystano technikę biomimetyczną monowarstw Langmuira sprzężoną z mikroskopem kąta Brewstera i modułem do pomiaru zmian potencjału powierzchniowego. Badania uzupełniono pomiarami czasu życia fluorescencji (FLIM) i transferu energii rezonansu Förstera (FRET) w ramach współpracy z pracownikami Katedry Biofizyki, Instytutu Fizyki UMCS. Wykazano, że zróżnicowany skład fosfolipidów błonowych badanych gatunków bakterii *Legionella* ma znaczący wpływ na aktywność LL-37 i zaproponowano mechanizm oddziaływań błona-peptyd na poziomie cząsteczkowym. Poszerzenie wiedzy w tym zakresie może przyczynić się do opracowania nowych strategii leczniczych, skutecznych względem bakterii chorobotwórczych.

Innym aspektem badań nad układami biologicznymi lipidów było zaproponowane przez Szcześ i wsp. [212–214] określenie roli związków powierzchniowo aktywnych w modyfikacji wybranych właściwości modelowych błon biologicznych. Zbadano możliwość wbudowywania się niewielkich ilości surfaktantów w strukturę takich błon wykorzystując jako układy modelowe monowarstwy Langmuira (monowarstwy lipidowe) oraz liposomy (dwuwarstwy lipidowe). Stosując surfaktanty niejonowe, anionowe i kationowe o różnej długości łańcucha węglowego oraz lipidy o zróżnicowanym stopniu nasycenia łańcuchów acylowych, bez i w obecności cholesterolu wykazano, że powszechnie stosowane detergenty spontanicznie i trwale wbudowują się w strukturę modelowych błon biologicznych. Stwierdzono, że obecność nawet niewielkich ilości niejonowego

surfaktantu Tritonu X-100 zwiększa stopień nieuporządkowania łańcuchów acylowych cząsteczek w monowarstwie lipidowej DPPC powodując wzrost płynności membrany bez wpływu na rozmiar i ładunek powierzchniowy analogicznych dwuwarstw w postaci liposomów. Surfaktanty jonowe o tej samej długości łańcucha hydrofobowego: anionowy SDS i kationowy DTAB wpływają na upłynnienie monowarstwy DPPC efektywnie wbudowując się w jej strukturę, co znacząco zmienia wartość potencjału dzeta pęcherzyków lipidowych przy nieznacznej zmianie ich średnicy. Zaobserwowany efekt wzrastał wraz ze wzrostem długości łańcucha acylowego surfaktantów kationowych o tej samej grupie polarnej wraz wzrostem ich stężenia w układzie. Wpływ SDS na modelowe biomembrany wzrastał w obecności wiązania nienasyconego w cząsteczce lipidu oraz malał wraz z obecnością wiązań nienasyconych w cząsteczce fosfolipidu w obecności DTAB. Uzyskane wyniki wskazują, że zmieniając właściwości biomembran surfaktanty mogą wpływać na funkcjonowanie błon komórkowych. Jednocześnie wskazuje na możliwość optymalizacji procedury modyfikacji powierzchni liposomów i dostosowanie ich właściwości do określonych zastosowań praktycznych, np. jako systemy dostarczania leków.

UWAGI KOŃCOWE

Podsumowując, opisany powyżej w syntetyczny sposób rozwój kierunków badań zjawisk powierzchniowych i międzyfazowych oraz osiągniętych wyników możliwy był dzięki zapoczątkowaniu tej tematyki przez profesora Andrzeja Waksmundzkiego, który w 1945 roku jako młody doktor przybył z Uniwersytetu Jagiellońskiego do tworzącego się Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i któremu powierzono zorganizowanie Katedry Chemii Fizycznej i Elektrochemii. Dzięki Jego inwencji, wiedzy i umiejętności rozwijała się tematyka badawcza i kadra naukowa. Z biegiem lat z Katedry Chemii Fizycznej wyodrębniło się szereg Zakładów naukowych i nowych kierunków badań, których wyniki były publikowane w specjalistycznych czasopismach o światowym obiegu i licznych cytowaniach w literaturze, o czym świadczy lista TOP2% – prestiżowy ranking najbardziej wpływowych ludzi nauki na świecie. W tym rankingu opracowywanym przez analityków z Uniwersytetu Stanforda, wydawnictwa Elsevier oraz firmy analitycznej SciTech Strategies znajduje się 15 naukowców z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, w tym 10 autorów z Wydziału Chemii, których publikacje są najczęściej cytowane.

Oczywiście w tym krótkim opracowaniu nie było możliwe dogłębne zaprezentowanie wszystkich naszych osiągnięć w okresie 80 lat, dlatego bardziej zainteresowanych czytelników odsyłamy do zapoznania się z cytowanymi poniżej publikacjami. Jeszcze raz chcemy podkreślić, że ten rozwój naukowo-badawczy w ogromnej mierze zawdzięczamy naszemu Mistrzowi Profesorowi Andrzejowi Waksmundzkiemu [215].

PIŚMIENICTWO CYTOWANE

- [1] J. Szczyapa, A. Waksmundzki, E. Chibowski, W. Wójcik, *Przem. Chem.* 1969, **48**, 277.
- [2] J. Szczyapa, A. Waksmundzki, E. Chibowski, *Przem. Chem.* 1969, **48**, 405.
- [3] W. Wójcik, A. Waksmundzki, E. Chibowski, H. Czarkowski, *Przem. Chem.* 1973, **52**, 826.
- [4] A. Waksmundzki, W. Wójcik, E. Chibowski, *Przem. Chem.* 1976, **55**, 317.
- [5] W. Wójcik, A. Waksmundzki, E. Chibowski, *Przem. Chem.* 1977, **56**, 83.
- [6] B. Jańczuk, A. Waksmundzki, P. Staszczuk, *Przem. Chem.* 1977, **56**, 153.
- [7] B. Jańczuk, A. Waksmundzki, P. Staszczuk, *Przem. Chem.* 1979, **58**, 104.
- [8] B. Jańczuk, T. Białopiotrowicz, *Przem. Chem.* 1980, **59**, 507.
- [9] B. Jańczuk, *Przem. Chem.* 1984, **63**, 211.
- [10] B. Jańczuk, *J. Colloid Interface Sci.* 1985, **108**, 541.
- [11] B. Jańczuk, T. Białopiotrowicz, E. Chibowski, *Mater. Chem. Phys.* 1987, **16**, 489.
- [12] B. Jańczuk, L. Hołysz, T. Białopiotrowicz, E. Chibowski, *Pol. J. Soil Sci.* 1989, **22**, 39.
- [13] B. Jańczuk, W. Wójcik, T. Białopiotrowicz, *Fuel* 1989, **68**, 917.
- [14] B. Jańczuk, T. Białopiotrowicz, W. Wójcik, *Chem. Eng. J.* 1989, **42**, 57.
- [15] A. Waksmundzki, J. Szczyapa, E. Chibowski, *Roczniki Chemii* 1972, **46**, 2099.
- [16] A. Waksmundzki, E. Chibowski, *Roczniki Chemii* 1972, **47**, 779.
- [17] A. Waksmundzki, E. Chibowski, *Wiadomości Chemiczne* 1974, **28**, 749.
- [18] E. Chibowski, *Roczniki Chemii* 1977, **51**, 1157.
- [19] E. Chibowski, A. Waksmundzki, *J. Colloid Interface Sci.* 1978, **64**, 380.
- [20] E. Chibowski, *J. Colloid Interface Sci.* 1979, **69**, 326.
- [21] E. Chibowski, L. Hołysz, *J. Colloid Interface Sci.* 1981, **81**, 8.
- [22] E. Chibowski, L. Hołysz, *J. Colloid Interface Sci.* 1986, **112**, 15.
- [23] E. Chibowski, L. Hołysz, *J. Adhesion Sci. Technol.* 1989, **3**, 575.
- [24] E. Chibowski, L. Hołysz, *Colloids Surf.* 1989, **41**, 61.
- [25] L. Hołysz, E. Chibowski, *Langmuir* 1992, **8**, 303.
- [26] E. Chibowski, L. Hołysz, *J. Mater. Sci.* 1992, **27**, 5221.
- [27] L. Hołysz, E. Chibowski, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska* 2019, **LXXIV** **2**, 1.
- [28] K. Jurkiewicz, *Sep. Sci. Technol.* 1984, **19**, 1039.
- [29] K. Jurkiewicz, *Int. J. Miner. Process.* 1986, **17**, 67.
- [30] K. Jurkiewicz, *J. Colloid Interface Sci.* 1986, **112**, 229.
- [31] K. Jurkiewicz, *Sep. Sci. Technol.* 1987, **22**, 2229.
- [32] K. Jurkiewicz, *Int. J. Miner. Process.* 1990, **28**, 173.
- [33] F.M. Fowkes, *Ind. Eng. Chem.* 1964, **56**, 40.
- [34] F.M. Fowkes, *J. Colloid Interface Sci.* 1968, **28**, 493.
- [35] A.W. Neumann, R.J. Good, C.J. Hope, M. Sejjal, *J. Colloid Interface Sci.* 1974, **49**, 291.
- [36] A.W. Neumann, *Adv. Colloid Interface Sci.* 1974, **4**, 105.
- [37] B. Jańczuk, T. Białopiotrowicz, *J. Colloid Interface Sci.* 1990, **140**, 362.
- [38] B. Jańczuk, J.M. Bruque, M.L. González-Martín, J. Moreno Del Pozo, A. Zdziennicka, F. Quintana-Gragera, *J. Colloid Interface Sci.* 1996, **181**, 108.
- [39] B. Jańczuk, T. Białopiotrowicz, A. Zdziennicka, *J. Colloid Interface Sci.* 1999, **211**, 96.
- [40] B. Jańczuk, B. Biliński, M. Hajnos, A. Kliszcz, T. Białopiotrowicz, *Pol. J. Soil Sci.* 1990, **23**, 167.
- [41] B. Jańczuk, W. Wójcik, A. Zdziennicka, F. González-Caballero, *Mat. Chem. Phys.* 1992, **31**, 235.
- [42] B. Jańczuk, W. Wójcik, A. Zdziennicka, *Powder Technol.* 1993, **76**, 233.
- [43] B. Jańczuk, J.M. Bruque, M.L. González-Martín, J.M. del Pozo, *Colloids Surf. A* 1993, **75**, 163.
- [44] B. Jańczuk, A. Zdziennicka, *J. Mater. Sci.* 1994, **29**, 3559.
- [45] A. Zdziennicka, B. Jańczuk, W. Wójcik, *Powder Technol.* 1998, **95**, 234.
- [46] C.J. van Oss, R.J. Good, M.K. Chaudhury, *J. Colloid Interface Sci.* 1986, **111**, 378.
- [47] C.J. van Oss, *Interfacial Forces in Aqueous Media*, 1st Edition, Marcel Dekker, 1994.
- [48] B. Jańczuk, R. Perea, F. González-Caballero, *Powder Technol.* 1993, **75**, 43.
- [49] T. Białopiotrowicz, B. Jańczuk, *Eur. Polym. J.* 2001, **37**, 1047.
- [50] T. Białopiotrowicz, *Food Hydrocolloids* 2003, **17**, 141.
- [51] T. Białopiotrowicz, B. Jańczuk, *Langmuir* 2002, **18**, 9462.
- [52] E. Chibowski, A. Waksmundzki, *J. Colloid Interface Sci.* 1978, **66**, 213.
- [53] E. Chibowski, *J. Colloid Interface Sci.* 1982, **86**, 567.

- [54] E. Chibowski, L. Hołysz, *Fuel* 1989, **68**, 1280.
- [55] L. Hołysz, A.L. Dawidowicz, E. Chibowski, W. Stefaniak, *J. Mater. Sci.* 1991, **26**, 4344.
- [56] L. Hołysz, *Fuel* 1996, **75**, 737.
- [57] B. Biliński, E. Chibowski, *Powder Technol.* 1983, **35**, 39.
- [58] B. Biliński, W. Wójcik, *Colloids Surf.* 1987, **25**, 183.
- [59] W. Wójcik, B. Biliński, *Colloids Surf.* 1988, **30**, 275.
- [60] B. Biliński, *Powder Technol.* 1991, **68**, 125.
- [61] B. Biliński, W. Wójcik, A.L. Dawidowicz, *Appl. Surf. Sci.* 1991, **47**, 99.
- [62] B. Biliński, W. Wójcik, A.L. Dawidowicz, *Appl. Surf. Sci.* 1991, **52**, 125.
- [63] B. Biliński, *Appl. Surf. Sci.* 1993, **64**, 251.
- [64] B. Biliński, *Colloids Surf. A* 1994, **84**, 265.
- [65] E. Chibowski, L. Hołysz, *Langmuir* 1992, **8**, 710.
- [66] L. Hołysz, E. Chibowski, *Langmuir* 1992, **8**, 717.
- [67] E. Chibowski, F. González-Caballero, *Langmuir* 1993, **9**, 330.
- [68] L. Hołysz, *Colloids Surf. A* 1998, **134**, 321.
- [69] L. Hołysz, *J. Mater. Sci.* 2000, **35**, 6081.
- [70] E. Chibowski, A.O. Ortega, M. Espinosa-Jiménez, R. Perea-Carpio, L. Hołysz, *J. Colloid Interface Sci.* 2001, **235**, 283.
- [71] E. Chibowski, L. Hołysz, *Acid-Base Interactions: Relevance To Adhesion*, K.L. Mittal Ed., VSP Amsterdam, 2000, 615.
- [72] A. Szcześ, Y. Yan, E. Chibowski, L. Hołysz, M. Banach, *Appl. Surf. Sci.* 2018, **434**, 1232.
- [73] D.A. Norris, N. Puri, M.E. Labib, P.J. Sinko, *J. Control. Release* 1999, **59**, 173.
- [74] M. Waksmundzka-Hajnos, M. Hajnos, R. Świeboda, A. Hawrył, *JPC-J Planar. Chromat.* 2002, **15**, 214.
- [75] Z.-G. Cui, B.P. Binks, J.H. Clint, *Langmuir* 2005, **21**, 8319.
- [76] C. Karagüzel, M.F. Can, E. Sönmez, M.S. Çelik, *J. Colloid Interface Sci.* 2005, **285**, 192.
- [77] A. Grancaric, S.C. Sampaio, J. Shen, D. Bishop, *J. Text. I.* 2006, **97**, 325.
- [78] E. Chibowski, A. Ontiveros-Ortega, R. Perea-Carpio, *J. Adhesion Sci. Technol.* 2002, **16**, 1367.
- [79] E. Chibowski, R. Perea-Carpio, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2002, **98**, 245.
- [80] E. Chibowski, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2003, **103**, 149.
- [81] M. Jurak, E. Chibowski, *Langmuir* 2006, **22**, 7226.
- [82] E. Chibowski, L. Hołysz, K. Terpiłowski, M. Jurak, *Colloids Surf. A* 2006, **291**, 181.
- [83] E. Chibowski, K. Terpiłowski, *J. Colloid Interface Sci.* 2008, **319**, 505.
- [84] K. Terpiłowski, L. Hołysz, E. Chibowski, *J. Colloid Interface Sci.* 2008, **319**, 514.
- [85] D. Rymuszka, K. Terpiłowski, P. Borowski, L. Hołysz, *Polym. Int.* 2016, **65**, 827.
- [86] D.K. Owens, R.C. Wendt, *J. Appl. Polym. Sci.* 1969, **13**, 1741.
- [87] C.J. van Oss, *Colloids Surf. A* 1993, **78**, 1.
- [88] H. Radelczuk, L. Hołysz, E. Chibowski, *J. Adhesion Sci. Technol.* 2002, **16**, 1547.
- [89] M. Gołabek, M. Jurak, L. Hołysz, E. Chibowski, *Colloids Surfaces A* 2011, **91**, 150.
- [90] E. Chibowski, M. Jurak, L. Hołysz, A. Szczes, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 2014, **19**, 368.
- [91] M. Jurak, M. Gołabek, L. Hołysz, E. Chibowski, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2015, **222**, 385.
- [92] K. Terpiłowski, M. Krasowska, E. Chibowski, K. Małysa, *Pol. J. Chem.* 2008, **82**, 11.
- [93] G. Babiarz, Wpływ modyfikacji szkieł użytkowych na ich właściwości optyczne i powierzchniowe, UMCS, 2016.
- [94] L. Hołysz, D. Kamela (Rymuszka), K. Terpiłowski, E. Chibowski, *Wiadomości Chemiczne* 2021, **75**, 1269.
- [95] K. Terpiłowski, D. Rymuszka, O.V. Goncharuk, I.Ya. Sulym, V.M. Gunko, *Appl. Surf. Sci.* 2015, **353**, 843.
- [96] M. Chodkowski, K. Terpiłowski, O. Goncharuk, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2019, **55**, 1450.
- [97] M. Chodkowski, K. Terpiłowski, S. Pasieczna-Patkowska, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2020, **56**, 76.
- [98] M. Chodkowski, I.Y. Sulym, K. Terpiłowski, D. Sternik, *Appl. Sci.* 2021, **11**, 9256.
- [99] K. Terpiłowski, M. Chodkowski, E. Pakhlov, S. Pasieczna-Patkowska, M. Kuśmierz, S. Azat, S. Pérez-Huertas, *Molecules* 2014, **29**, 2645.
- [100] M. Chodkowski, K. Terpiłowski, L. Románszki, S. Klébert, M. Mohai, Z. Károly, *ChemPhysChem* 2024, **25**, e202300709.

- [101] S.P. Huertas, K. Terpiłowski, M. Tomczyńska-Mleko, S. Mleko, Ł. Szajnecki, *Colloids Surf. A* 2018, **558**, 322.
- [102] S. Pérez-Huertas, K. Terpiłowski, M. Tomczyńska-Mleko, K. Nishinari, S. Mleko, *Food Hydrocolloids*, 2019, **96**, 224.
- [103] S. Pérez-Huertas, K. Terpiłowski, M. Tomczyńska-Mleko, S. Mleko, *Plasma Process. and Polym.* 2020, **17**, 1900171.
- [104] S. Pérez-Huertas, K. Terpiłowski, M. Tomczynska Mleko, S. Mleko, E. García-Gareta, E. Pakhlov, F. González-Caballero, *J. Food Eng.* 2024, **363**, 111781.
- [105] E. Chibowski, L. Hołysz, W. Wójcik, *Colloids Surf. A* 1994, **92**, 79.
- [106] E. Chibowski, L. Hołysz, *Colloids Surf. A* 1995, **101**, 99
- [107] E. Chibowski, L. Hołysz, *Colloids Surf. A* 1995, **105**, 211.
- [108] L. Hołysz, E. Chibowski, W. Wójcik, K.W. Busch, M.A. Busch, *J. Adhesion Sci. Technol.* 1994, **8**, 181.
- [109] L. Hołysz, M. Chibowski, E. Chibowski, *Colloids Surf. A* 2002, **208**, 231.
- [110] E. Chibowski, L. Hołysz, A. Szcześ, M. Chibowski, *Colloids Surf. A* 2003, **225**, 63.
- [111] E. Chibowski, L. Hołysz, A. Szcześ, *Colloids Surf. A* 2003, **222**, 41.
- [112] L. Hołysz, E. Chibowski, A. Szcześ, *Water Research* 2003, **37**, 3351.
- [113] E. Chibowski, L. Hołysz, A. Szcześ, *Water Research* 2003, **37**, 4685.
- [114] E. Chibowski, A. Szcześ, L. Hołysz, *Langmuir* 2005, **21**, 8114.
- [115] L. Hołysz, A. Szcześ, E. Chibowski, *J. Colloid Interface Sci.* 2007, **316**, 996.
- [116] A. Szcześ, L. Hołysz, E. Chibowski, *J. Adhesion Sci. Technol.* 2006, **20**, 345.
- [117] E. Chibowski, A. Szcześ, *Chemosphere* 2018, **203**, 54.
- [118] E. Chibowski, A. Szcześ, L. Hołysz, *Colloids Interfaces* 2018, **2**, 68.
- [119] E. Chibowski, A. Szcześ, *Edelweiss Chemical Sci. J.* 2019, **2**, 7.
- [120] A. Szcześ, E. Chibowski, E. Rzeźnik, *Surface Innovations* 2022, **10**, 395.
- [121] A. Szcześ, E. Chibowski, E. Rzeźnik, *Colloids Interfaces* 2020, **4**, 37.
- [122] E. Chibowski, K. Terpiłowski, L. Hołysz, A. Szcześ, *J. Surfactants Deterg.* 2024, **27**, 49.
- [123] L. Hołysz, E. Chibowski, K. Terpiłowski, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2020, **56**, 101.
- [124] A. Sołtys, M. Łazarz, E. Chibowski, *Colloids Surf. A* 1997, **127**, 163.
- [125] A. Wiącek, E. Chibowski, *Colloids Surf. B* 1999, **14**, 19.
- [126] A. Wiącek, E. Chibowski, *Colloids Surf. B* 2000, **17**, 175.
- [127] E. Chibowski, A.E. Wiącek, L. Hołysz, K. Terpiłowski, *Langmuir* 2005, **21**, 4347.
- [128] E. Chibowski, A. Wiącek, L. Hołysz, K. Terpiłowski, *Langmuir* 2005, **21**, 7662.
- [129] E. Chibowski, L. Hołysz, K. Terpiłowski, A.E. Wiącek, *Croatica Chemica Acta* 2007, **80**, 395.
- [130] A.E. Wiącek, L. Hołysz, E. Chibowski, *Langmuir* 2008, **24**, 7413.
- [131] A.E. Wiącek, *Colloids Surf. A* 2009, **332**, 150.
- [132] A.E. Wiącek, *Powder Technol.* 2011, **213**, 141.
- [133] A.E. Wiącek, *J. Colloid Interface Sci.* 2012, 373, 75.
- [134] A.E. Wiącek, E. Anitowska, A.V. Delgado, L. Hołysz, E. Chibowski, *Colloids Surf. A* 2014, **440**, 110.
- [135] E. Chibowski, L. Hołysz, M. Jurak, *Colloids Surf. A* 2008, **321**, 131.
- [136] E. Chibowski, A.V. Delgado, K. Rudzka, A. Szcześ, L. Hołysz, *J. Colloid Interface Sci.* 2011, **353**, 281.
- [137] A. Szcześ, E. Chibowski, L. Hołysz, *Colloids Surf. A* 2007, **297**, 14.
- [138] A. Szcześ, *Colloids Surf. A* 2008, **320**, 98.
- [139] A. Szcześ, *Colloids Surf. B* 2013, **101**, 44.
- [140] A. Szcześ, *Mater. Sci. Eng. C* 2014, **40**, 373.
- [141] A. Szcześ, D. Sternik, *J. Therm. Anal. Calorim.* 2016, **123**, 2357.
- [142] A. Szcześ, *Colloid Polym Sci* 2016, **294**, 409.
- [143] M. Kalbarczyk, A. Szcześ, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2020, **56**, 167.
- [144] M. Kalbarczyk, A. Szcześ, D. Sternik, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021, **28**, 1725.
- [145] M. Kalbarczyk, A. Szcześ, *Ceram. Int.* 2021, **47**, 33687.
- [146] M. Kalbarczyk, A. Szcześ, I. Kantor, Z. May, D. Sternik, *Materials* 2022, **15**, 934.
- [147] M. Kalbarczyk, A. Szcześ, A. Belcarz, P. Kazimierzczak, Z. May, *Materials* 2023, **16**, 1971.
- [148] M. Czemińska, A. Szcześ, A. Pawlik, A. Wiater, A. Jarosz-Wilkolażka, *Biochem. Eng. J.* 2016, **112**, 143.
- [149] M. Czemińska, A. Szcześ, L. Hołysz, A. Wiater, A. Jarosz-Wilkolażka, *Eur. Polym. J.* 2017, **88**, 21.

- [150] R. Dobrowolski, A. Szcześ, M. Czemińska, A. Jarosz-Wikołazka, *Bioresour. Technol.* 2017, **225**, 113.
- [151] A. Szcześ, M. Czemińska, A. Jarosz-Wikołazka, E. Magierek, E. Chibowski, L. Hołysz, *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2018, **54**, 142.
- [152] M. Czemińska, A. Szcześ, A. Jarosz-Wikołazka, *Biophys. Chem.* 2021, **277**, 106656.
- [153] A. Szcześ, M. Czemińska, A. Jarosz-Wikołazka, *J. Solid State Chem.* 2016, **242**, 212.
- [154] C.J. Van Oss, P.M. Costanzo, *J. Adhesion Sci. Technol.* 1992, **6**, 477.
- [155] A. Zdziennicka, K. Szymczyk, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *Colloids Surf. A* 2017, **522**, 461.
- [156] A. Zdziennicka, J. Krawczyk, K. Szymczyk, B. Jańczuk, *Int. J. Mol. Sci.* 2018, **19**, 1934.
- [157] A. Zdziennicka, *Appl. Surf. Sci.* 2009, **255**, 7369.
- [158] A. Zdziennicka, *Appl. Surf. Sci.* 2009, **255**, 3801.
- [159] A. Zdziennicka, K. Szymczyk, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *Fluid Phase Equilib.* 2012, **322**, 126.
- [160] A. Zdziennicka, K. Szymczyk, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *Fluid Phase Equilib.* 2012, **318**, 25.
- [161] K. Szymczyk, A. Zdziennicka, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *J. Chem. Thermodyn.* 2013, **59**, 35.
- [162] K. Szymczyk, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Mol. Liq.* 2022, **345**, 117832.
- [163] B. Jańczuk, A. Zdziennicka, K. Szymczyk, M.L. González-Martín, *Colloids Interfaces* 2021, **5**, 53.
- [164] K. Szymczyk, A. Zdziennicka, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *J. Chem. Thermodyn.* 2014, **69**, 85.
- [165] D. Mańko, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Surfactants Deterg.* 2017, **20**, 411.
- [166] A. Zdziennicka, K. Szymczyk, J. Krawczyk, B. Jańczuk, *Appl. Surf. Sci.* 2017, **405**, 88.
- [167] A. Zdziennicka, J. Krawczyk, K. Szymczyk, B. Jańczuk, *Colloid Surf. A* 2017, **529**, 864.
- [168] D. Li, A.W. Neumann, *Adv. Colloid Interface Sci.* 1992, **39**, 299.
- [169] K. Szymczyk, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2013, **52**, 9106.
- [170] K. Szymczyk, *Chem. Phys.* 2014, **433**, 42.
- [171] K. Szymczyk, M.L. González-Martín, J.M. Bruque, B. Jańczuk, *J. Colloid Interface Sci.* 2014, **417**, 180.
- [172] K. Szymczyk, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2021, **292**, 102421.
- [173] R. Zana, *Adv. Colloid Interface Sci.* 1995, **57**, 1.
- [174] A. Zdziennicka, *Langmuir* 2010, **26**, 1860.
- [175] A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Surfactants Deterg.* 2011, **14**, 257.
- [176] A. Chodzińska, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Sol. Chem.* 2012, **41**, 2226.
- [177] A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2020, **284**, 102249.
- [178] A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Mol. Liq.* 2017, **243**, 236.
- [179] E. Rekiel, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Mol. Liq.* 2020, **308**, 113080.
- [180] E. Rekiel, A. Zdziennicka, K. Szymczyk, B. Jańczuk, *Molecules* 2022, **27**, 3600.
- [181] P. Joos, *Bulletin Des Sociétés Chimiques Belges* 1967, **76**, 591.
- [182] D. Mańko, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *J. Solution Chem.* 2017, **46**, 1251.
- [183] M.J. Rosen, X.Y. Hua, *J. Colloid Interface Sci.* 1982, **86**, 164.
- [184] M. Bergström, J.C. Eriksson, *Langmuir* 2000, **16**, 7173.
- [185] A. Zdziennicka, M.L. González-Martín, E. Rekiel, K. Szymczyk, W. Zdziennicki, B. Jańczuk, *Molecules* 2023, **28**, 4987.
- [186] K.A. Connors, J.L. Wright, *Anal. Chem.* 1989, **61**, 194.
- [187] V.B. Fainerman, R. Miller, E.V. Aksenenko, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2002, **96**, 339.
- [188] E. Rekiel, A. Zdziennicka, K. Szymczyk, B. Jańczuk, *Molecules* 2022, **27**, 4706.
- [189] A. Zdziennicka, E. Rekiel, K. Szymczyk, W. Zdziennicki, B. Jańczuk, *Molecules* 2023, **28**, 5858.
- [190] A. Zdziennicka, K. Szymczyk, B. Jańczuk, *Colloids Interfaces* 2023, **7**, 71.
- [191] A. Capalbi, G. Gente, C.L. Mesa, *Colloids Surf.* 2004, **246**, 99.
- [192] K. Holmberg, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 2001, **6**, 148.
- [193] J. Krawczyk, *Colloids Surf. A* 2017, **533**, 61.
- [194] J. Krawczyk, *Molecules* 2018, **23**, 1597.
- [195] J. Krawczyk, *Colloids Surf. A* 2018, **551**, 50.
- [196] J. Krawczyk, *J. Mol. Liq.* 2018, **271**, 610.
- [197] A. Taraba, K. Szymczyk, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Molecules* 2022, **27**, 2842.
- [198] K. Szymczyk, A. Taraba, *Chem. Phys.* 2018, **505**, 6.
- [199] A. Taraba, K. Szymczyk, *J. Mol. Liq.* 2022, **360**, 119483.
- [200] K. Szymczyk, A. Taraba, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2013, **314**, 102885.

- [201] M. Szaniawska, K. Szymczyk, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Molecules* 2022, **27**, 877.
- [202] M. Szaniawska, K. Szymczyk, A. Zdziennicka, B. Jańczuk, *Molecules* 2013, **28**, 3115.
- [203] M. Jurak, J. Miñones, *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes* 2016, **1858**, 1821.
- [204] A.E. Wiącek, K. Dul, *Colloids Surf. A* 2015, **480**, 351.
- [205] M. Jurak, A.E. Wiącek, A. Ładniak, K. Przykaza, K. Szafran, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2021, **294**, 102451.
- [206] A.E. Wiącek, K. Terpiłowski, M. Jurak, M. Worzakowska, *Eur. Polym. J.* 2016, **78**, 1.
- [207] M. Jurak, A.E. Wiącek, R. Mrocza, R. Łopucki, *Colloids Surf. A* 2017, **532**, 155.
- [208] M. Jurak, K. Szafran, P. Cea, S. Martín, *Langmuir* 2021, **37**, 5601.
- [209] A.E. Wiącek, A. Gozdecka, M. Jurak, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2018, **57**, 859.
- [210] A. Ładniak, M. Jurak, M. Palusińska-Szys, A.E. Wiącek, *Molecules* 2022, **27**, 343.
- [211] K. Pastuszak, B. Kowalczyk, J. Tarasiuk, R. Luchowski, W.I. Gruszecki, M. Jurak, M. Palusinska-Szys, *Int. J. Mol. Sci.* 2023, **24**, 12039.
- [212] A. Sęk, P. Perczyk, P. Wydro, W.I. Gruszecki, A. Szcześ, *Chem. Phys. Lipids* 2021, **235**, 105059.
- [213] A. Sęk, P. Perczyk, A. Szcześ, P. Wydro, *J. Mol. Liq.* 2022, **353**, 118805.
- [214] A. Sęk, P. Perczyk, A. Szcześ, R. Machatschek, P. Wydro, *Chem. Phys. Lipids* 2022, **248**, 105236.
- [215] M. Waksmundzka-Hajnos, *Waks i Przyjeciele - Opowieść o profesorze Andrzeju Waksmundzkim*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii-Curie Skłodowskiej, 2024.

Praca wpłynęła do Redakcji 2 lipca 2024 r.

POWSTANIE I ROZWÓJ ELEKTROCHEMII NA UMCS

THE EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF ELECTROCHEMISTRY AT UMCS

Małgorzata Grabarczyk^{1,*}, Cecylia Wardak¹

*¹Katedra Chemii Analitycznej, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
pl. M. Curie Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
e-mail: malgorzata.grabarczyk@mail.umcs.pl

Abstract

Wprowadzenie

1. Profesor Kazimierz Sykut i początki elektrochemii

2. Grupa badawcza profesora Sykuta

3. Grupa badawcza profesora Matysika

Podsumowanie

Podziękowania

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Małgorzata Grabarczyk urodziła się w 1969 r. w Lublinie. W 1993 roku uzyskała tytuł magistra chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej. Od początku swojej kariery zawodowej pracuje na UMCS, gdzie w 2002 roku uzyskała stopień doktora chemii, zaś w 2009 roku stopień doktora habilitowanego. Tytuł profesora otrzymała w 2019 roku. Pełniła/pełni wiele funkcji organizacyjnych na uczelni: w latach 2016 - 2019 prodziekana ds. badań naukowych i współpracy z przemysłem Wydziału Chemii, w latach 2019 - 2020 z-cy dyrektora Instytutu Nauk Chemicznych Wydziału Chemii a od 2020 do chwili obecnej dyrektora. Jej zainteresowania naukowe związane są przede wszystkim z woltamperometryczną analizą strippingową oraz wykorzystaniem nowych czujników elektrochemicznych w analizie śladowej i specyjalnej. Do tej pory opublikowała 145 recenzowanych artykułów naukowych z tego 93 jest indeksowanych w bazie JCR.



<https://orcid.org/0000-0002-0952-050X>

Dr hab. Cecylia Wardak, prof. UMCS urodziła się w 1970 r. w Stoczku Łukowskim. W 1994 roku uzyskała tytuł magistra chemii na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej. W 2003 roku na tej samej uczelni uzyskała stopień doktora chemii, zaś w 2015 roku stopień doktora habilitowanego. Od października 1994 pracuje w Katedrze Chemii Analitycznej, a od lutego 2020 roku na stanowisku profesora uczelni. Jest aktywnym członkiem Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych COST, brała lub bierze udział w działaniu akcji COST: ES1302, CA 16215, CA 21112, CA 22134. 22131, CA 22134. Jej główne zainteresowania naukowe to badania, rozwój i zastosowania analityczne czujników elektrochemicznych i biosensorów. Najnowsze badania dotyczą wykorzystaniu nanomateriałów i materiałów kompozytowych w konstrukcji elektrod jonoselektywnych ze stałym kontaktem. Do tej pory opublikowała ponad 100 recenzowanych artykułów naukowych z tego 59 jest indeksowanych w bazie JCR.



<https://orcid.org/0000-0002-5785-3237>

ABSTRACT

The paper describes the history, formation and development of electrochemistry at the Maria Curie-Skłodowska University. It profiles the first researchers in this field of chemistry and the history of the establishment of the present Department of Analytical Chemistry, where electrochemistry has developed intensively and is still practised today. Also presented are the most important scientific achievements of the researchers and the research directions in electrochemistry currently being developed at the Institute of Chemical Sciences.

Keywords: electrochemistry, ion-selective electrodes, effect “cap-pair”, lead film electrode

Słowa kluczowe: elektrochemia, elektrody jonoselektywne, efekt „cap-pair”, błonkowa elektroda ołowiowa

WPROWADZENIE

W 2024 r. Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej obchodzi 80 rocznicę powstania. Od samego początku istnienia Uniwersytetu swoje istotne miejsce miały w nim nauki chemiczne rozwijane najpierw w ramach Wydziału Przyrodniczego, potem w latach 1952-1989 w ramach Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii a od października 1989 roku w ramach samodzielnego Wydziału Chemii. Jednym z obszarów nauk chemicznych, obecnych na UMCS, jest elektrochemia, której powstanie i rozwój opisano w tej pracy.

1. PROFESOR KAZIMIERZ SYKUT I POCZĄTKI ELEKTROCHEMII

Elektrochemia na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej, która obecnie rozwija się dynamicznie w ramach Katedry Chemii Analitycznej Instytutu Nauk Chemicznych Wydziału Chemii była obecna na uniwersytecie niemal od początku jego powstania. Początki elektrochemii na UMCS są ściśle związane z badaniami naukowymi prof. dr hab. Kazimierza Sykuta, aby móc je poznać należy najpierw przybliżyć sylwetkę tego wybitnego naukowca (Rys. 1).



Rysunek 1 Prof. dr hab. Kazimierz Sykut

Figure 1. Prof. Kazimierz Sykut

Profesor Kazimierz Sykut całe swoje życie zawodowe i naukowe związał z UMCS. Rozpoczął studia chemiczne na Wydziale Przyrodniczym UMCS w roku akademickim 1945/1946, gdzie od 1 sierpnia 1946 r. dzięki zdobytej wcześniej wiedzy został zatrudniony na stanowisku zastępcy asystenta. Studia ukończył w 1950 r. uzyskując tytuł magistra filozofii w zakresie chemii. Stopień doktora nauk przyrodniczych uzyskał w roku 1959 (jeden z pierwszych w UMCS – dyplom nr 4) [1], habilitował się w roku 1967 na podstawie badań dotyczących wydzielenia wysokiej czystości samaru i europu z mieszaniny lekkich lantanowców za pomocą zbudowanego samodzielnie elektrolizera wraz z oprzyrządowaniem. Osiągnięcie to było chronione tajnym patentem. Już w 1981 r. pionier elektrochemii na UMCS uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego, zaś profesorem zwyczajnym został w roku 1993. Imponująca jest liczba pełnionych przez niego funkcji administracyjnych: przez dwie kadencje był prorektorem UMCS ds. nauki i badań, przez jedną kadencję prorektorem ds. dydaktycznych (organizował wówczas dokształcanie nauczycieli), był dziekanem i prodziekanem Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego, a w roku 1989 został wybrany pierwszym dziekanem nowo utworzonego – głównie dzięki Jego staraniom i zabiegom – Wydziału Chemii UMCS. Profesor Sykut był także organizatorem i kierownikiem wieczorowych studiów chemii przy Zakładach Azotowych Puławy. Był doskonałym organizatorem nie tylko w dziedzinie administracji, lecz także nauki i dydaktyki. Za swoją działalność dydaktyczną, naukową i organizacyjną otrzymał wiele nagród i wyróżnień. Prowadził szeroko zakrojoną współpracę naukową, m.in. z Instytutem Chemii Fizycznej PAN, Akademią Górniczo-Hutniczą, Uniwersytetem Warszawskim, Uniwersytetem Łódzkim, Uniwersytetem w Białymstoku, Politechniką Łódzką, Politechniką Poznańską, Politechniką Gdańską, Uniwersytetem we Lwowie, Czeską Akademią Nauk, Niemiecką Akademią Nauk i wieloma innymi ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Wygłosił także serię wykładów na Uniwersytecie Lock Haven w USA. Uczestniczył w pracach wielu towarzystw i organizacji naukowych, takich jak: Europejska Komisja ds. Ochrony Środowiska UNESCO, Komitet "Chemia" Polskiej Akademii Nauk, Sekcja Nauk Chemicznych Komitetu Badań Naukowych, Instytut Kształcenia Nauczycieli i Badań Oświatowych, Polskie Towarzystwo Chemiczne. W latach 1977-1999 był członkiem Uczelnianego Komitetu ds. Redakcyjnych "Annales", gdzie pełnił funkcję redaktora Sekcji Chemicznej. Z języka czeskiego przetłumaczył książkę „Elektroanaliza w ochronie środowiska”. Pod kierunkiem Profesora wykonano około 150 prac magisterskich, był promotorem 12 przewodów doktorskich, czworo wychowanków uzyskało stopień doktora habilitowanego. Kilkadziesiąt razy był recenzentem prac doktorskich, habilitacyjnych oraz w postępowaniach o nadanie tytułu profesora. Był autorem lub współautorem kilkunastu patentów.

W 1970 roku prof. dr hab. Kazimierz Sykut utworzył od podstaw Zakład Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej i kierował nim z sukcesami aż do przejścia na emeryturę w 1994 r. Zakład powstał w wyniku podziału Zakładu Chemii Nieorganicznej i było to skutkiem reformy tworzącej na wydziałach instytutu i zakłady w miejsce wcześniej istniejących sekcji. Utworzenie Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej było kamieniem milowym w rozwoju elektrochemii na UMCS, a kierujący nim przez wiele lat prof. Kazimierz Sykut stał się ojcem całej elektrochemii prowadzonej na UMCS. Początki funkcjonowania zakładu były trudne. Związane było to z brakiem wyposażenia odpowiedniego do prowadzenia zarówno działalności badawczej jak i dydaktycznej, zwłaszcza w obszarze elektroanalizy chemicznej. Od 1973 roku, tj. po uzyskaniu habilitacji [2] w rozwijanie tematyki elektrochemii i funkcjonowanie zakładu zaangażował się również prof. dr hab. Jerzy Matysik. Wówczas to Profesor Sykut podzielił kadrę naukowo-badawczą na dwa zespoły, przekazując kierownictwo jednego z nich profesorowi Matysikowi i powierzając mu jednocześnie organizację i prowadzenie całej tematyki dotyczącej chemii analitycznej.

2. GRUPA BADAWCZA PROFESORA SYKUTA

Jednym z wyzwań na początku funkcjonowania Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej było takie ukierunkowanie badań, aby umożliwić wykonanie prac doktorskich tym asystentom, którzy pracowali ówczesnie w zakładzie, a nie posiadali dorobku naukowego wystarczającego do uzyskania stopnia naukowego doktora. Było to o tyle istotne, że zgodnie z ówczesnymi przepisami pozostały im cztery lata na przygotowanie i obronę rozprawy doktorskiej. W tym czasie w literaturze światowej ukazały się pierwsze publikacje na temat elektrod jonoselektywnych z krystaliczną, ciekłą oraz polimerową membraną. Prace te były inspiracją dla grupy badawczej profesora Sykuta do podjęcia badań z tego obszaru elektrochemii. Tematyka ta była nowatorska i bardzo aktualna, a jednocześnie możliwa do realizacji w zakładzie o skromnym wyposażeniu aparaturowym. Efektem podjętych badań była obrona dwóch doktoratów [3, 4]. Prowadzono też prace badawcze w dziedzinie elektrod jonoselektywnych ze szklaną membraną. Badania dotyczyły wytopu szkieł selektywnych na jony wodorowe do pomiaru pH (z małym błędem sodowym) oraz sodu i potasu i zaowocowały obroną kolejnej rozprawy doktorskiej [5]. Zespół profesora Sykuta zmodernizował sposób preparatyki membran jonoselektywnych z polichlorku winylu [6]. Opracowana procedura polegała na żelowaniu mieszaniny membranowej i pozwalała na szybsze i prostsze otrzymywanie elektrod. Charakteryzowały się one nawet lepszymi parametrami niż te preparowane w sposób wcześniej stosowany, czyli metodą

odparowania rozpuszczalnika. Ten typ elektrod nazwany przez ich twórców elektrodą typu BMSA (Baza, Modyfikator, Substancja Aktywna) był nową wersją elektrod typu „coated wire” tj. elektrod bez roztworu elektrolitu wewnętrznego, a ich konstrukcja została opatentowana [7,8]. O aktualności i zapotrzebowaniu społeczno-gospodarczym na tę tematykę świadczyć może fakt, że w kolejnych latach w Zakładzie Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej zaprojektowano, wykonano i przetestowano kilkadziesiąt elektrod jonoselektywnych czułych na różne jony metali, aniony nieorganiczne oraz antybiotyki z grupy penicylin i cefalosporyn. Wiele z nich wprowadzono na rynek i sprzedano do hut, fabryk, gospodarstw ogrodniczych, stacji chemiczno-rolniczych i instytutów naukowo-badawczych. Nowatorski charakter badań i ich wysoki potencjał aplikacyjny zostały docenione w środowisku naukowym i w roku 1981 zespół kierowany przez prof. Kazimierza Sykuta otrzymał nagrodę Sekretarza Naukowego PAN właśnie za opracowanie i wdrożenie do produkcji elektrod jonoselektywnych. Tematykę elektrod jonoselektywnych rozwijał w zakładzie doktorant profesora Sykuta dr Ryszard Dumkiewicz, a jego badania zaowocowały powstaniem rozprawy habilitacyjnej dotyczącej wyjaśnienia mechanizmu działania elektrod jonoselektywnych z pseudo ciekłą membraną zawierającą jako substancje aktywne kompleksy koordynacyjnie solwatowane. W swojej rozprawie dr Dumkiewicz wykazał, że powstawanie potencjału membranowego tego typu elektrod jest związane z procesami wymiany jonowej i ekstrakcji [9]. Po habilitacji dr. hab. Dumkiewicza do Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej, którego był on kierownikiem w latach 1999-2000 dołączyła najpierw mgr Cecylia Wardak, a niedługo potem mgr Joanna Lenik. Obie badaczki włączyły się w prace związane z tematyką elektrod jonoselektywnych. Prowadzone przez nie badania dotyczyły poszukiwania nowych substancji aktywnych oraz opracowywania składu membran polimerowych czułych na jony metali ciężkich oraz leki z grupy niesteroidowych przeciwzapalnych (NLPZ). Efektem tych prac była obszerna charakterystyka właściwości jonoforowych grupy związków azowych tworzących kompleksy chelatowe z jonami metali i ich zastosowanie w membranach elektrod czułych na jony cynku i kadmu. Opracowane zostały również elektrody do oznaczania substancji aktywnych leków tj. ibuprofen, ketoprofen i naproksen, których jonoczułe membrany zawierały kompleksy typu para jonowa jako substancje aktywne. Wyniki tych badań były podstawą do uzyskania przez obie badaczki stopnia naukowego doktora [10, 11].

W swoich dalszych badaniach dr Cecylia Wardak kontynuowała tematykę elektrod jonoselektywnych. Prowadzone przez nią eksperymenty dotyczyły zastosowania cieczy jonowych do preparatyki membran polimerowych w elektrodach jonoselektywnych. W rezultacie tych prac otrzymano nowe czujniki dedykowane do oznaczania kationów ołowiu, kadmu, cynku, miedzi i kobaltu oraz

anionów azotanowych(V) charakteryzujące się obniżoną granicą wykrywalności i lepszą selektywnością, a w oparciu o cykl publikacji poświęcony tym badaniom dr Cecylia Wardak uzyskała stopień doktora habilitowanego [12]. Badania prowadzone w kolejnych latach ukierunkowane były na dalsze ulepszenie konstrukcji elektrod bez roztworu wewnętrznego tzw. elektrod ze stałym kontaktem. Dotyczyły one zastosowania nowych materiałów w konstrukcji elektrod tj. nanomateriały węglowe, nanomateriały polimerowe, ciecze jonowe, nanocząstki metali i tlenków metali. Ciekawym aspektem tych badań było otrzymanie i zastosowanie w roli stałego kontaktu nowych materiałów kompozytowych, które wykazują znacznie korzystniejsze parametry elektryczne niż materiały je tworzące. Dzięki temu są efektywniejsze w przekazywaniu ładunku elektrycznego pomiędzy membraną i materiałem podłoża elektrodowego, co jest istotą działania stałego kontaktu. Prowadzone prace badawcze zaowocowały licznymi publikacjami naukowymi jak również obroną kolejnej pracy doktorskiej.

Również dr Joanna Lenik po uzyskaniu stopnia doktora prowadziła swoją dalszą działalność naukową na polu elektrod jonoselektywnych. Jej prace dotyczyły przede wszystkim elektrod jonoselektywnych czułych na leki będące anionami pochodnych wybranych kwasów karboksylowych. Badania obejmowały poszukiwanie substancji aktywnych membrany z grupy wymienniczy jonowych oraz beta-cyklodekstryn jak również określenie wpływu substancji pomocniczych leków na parametry elektrod. Obok typowych aplikacji do oznaczania poszczególnych leków, interesującym obszarem zastosowań opracowanych elektrod czułych na wybrane leki jest matryca sensorowa elektronicznego języka. Wyniki tych badań zostały przedstawione w cyklu publikacji, na podstawie którego dr Joanna Lenik uzyskała stopień doktora habilitowanego [13].

Prace badawcze w pracowni elektrod jonoselektywnych prowadzone obecnie dotyczą nowych materiałów elektroaktywnych przydatnych do konstrukcji czujników oraz nowych obszarów aplikacji m.in. w matrycach czujnikowych elektronicznego języka oraz w analizie farmaceutycznej do badania szybkości uwalniania leków. Do badania właściwości nowo opracowanych czujników obok podstawowej techniki jaką w tym przypadku jest potencjometria, stosowane są inne techniki elektrochemiczne tj. chronopotencjometria i elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna. Oprócz tematyki elektrod jonoselektywnych dr hab. Cecylia Wardak równolegle prowadzi badania w obszarze bioczujników elektrochemicznych. Badania dotyczą bioczujników enzymatycznych, w których warstwa receptorowa enzymu jest nanoszona innowacyjną i ekologiczną techniką polimeryzacji plazmowej. Pozwala to na skrócenie czasu immobilizacji enzymu z kilku godzin do kilku minut, przy znacznym zmniejszeniu ilości zużywanych odczynników. Do tej pory zaprojektowano bioczujniki do oznaczania takich analitów jak rutyna, dopamina oraz izomery dihydroksybenzenu. W przypadku tych ostatnich

opracowany bioczuJNIK pozwala na oznaczanie poszczególnych izomerów równocześnie.

Równolegle rozwijanym kierunkiem badań od lat 70-tych pod kierunkiem profesora Sykuta były prace skupione na zgłębianiu wiedzy w zakresie kinetyki procesów elektrodowych. Do grupy badawczej zajmującej się tą tematyką dołączyły wtedy, po uzyskaniu tytułu magistra młode adeptki nauki Grażyna Dalmata, Jadwiga Saba i Barbara Marczevska. Ich praca naukowa polegała na kompleksowych badaniach, które miały na celu poszukiwanie zasad rządzących zjawiskiem przyspieszania procesów elektrodowych. Ze względu na fakt, że lata 70-80 ubiegłego wieku były czasem trudnym w aspekcie pozyskiwania aparatury i potrzebnego sprzętu, każda z młodych badaczek z dostępnych w kraju części i podzespołów elektronicznych, konstruowała pod czujnym okiem Profesora K. Sykuta aparaturę wykorzystywaną w pomiarach elektrochemicznych. Mgr Jadwiga Saba odpowiadała za budowę przystawki zmiennoprądowej współpracującej z polarografem stałoprądowym LP-55 służącej zmiennoprądowym pomiarom polarograficznym i tensametrycznym. Mgr Grażyna Dalmata miała za zadanie skonstruowanie mostka zmiennoprądowego typu Scheringa umożliwiającego wyznaczenie pojemności różniczkowej warstwy podwójnej oraz wykonanie pomiarów impedancji przy polaryzacji kroplowej elektrody rtęciowej napięciem stałym z nałożoną składową zmienną. Z kolei mgr Barbarze wówczas Nowickiej (później Marczevskiej) Profesor powierzył wykonanie polarografu wektorowego, dzięki któremu możliwe były pomiary wielkości impedancji faradajowskiej dostarczającej informacji o mechanizmie procesu elektrodowego, jego kinetyce oraz budowie warstwy podwójnej. W ramach prac badawczych wykonano kilkaset pomiarów stosując wiele związków organicznych o różnej budowie, sprawdzając ich aktywność w różnych warunkach prowadzenia procesów. Wyniki tych prac zaowocowały określeniem niezbędnych warunków, jakie musi spełnić układ substancja organiczna / elektrolit podstawowy / depolaryzator, aby wystąpił efekt katalizowania reakcji elektrodowej nazwany przez członków zespołu efektem „cap-pair” (differential CAPacity – electrons PAIR). Odkryty efekt Autorzy ogłosili w artykule „Acceleration of electrode processes by organic compounds – cap-pair effect” opublikowanym w cenionym czasopiśmie *Journal of Electroanalytical Chemistry* [14]. Efektem współpracy trzech Pań pod kierunkiem Profesora Sykuta była ich zespołowa praca doktorska, którą obroniły w 1978 r [15]. Dalsze prace każda z nich prowadziła samodzielnie obierając własny nurt badań i finalizując je pracą habilitacyjną. Następstwem tego było utworzenie własnych zespołów badawczych. Z dr hab. Jadwigą Sabą współpracowały m.in. Jolanta Nieszporek i Dorota Gugala-Fekner, które pod jej naukową opieką obroniły rozprawy doktorskie [16, 17], z dr. hab. Grażyną Dalmatą współpracowała Agnieszka Nosal-Wiercińska owocem czego była obroniona rozprawa doktorska [18], a w później-

szym czasie do tej grupy badawczej dołączył Mariusz Grochowski. Aktualna tematyka badawcza spadkobierców efektu „cap-pair” jest kontynuacją wieloletnich prac twórców tego efektu. Obecnie zespoły elektrochemików Katedry Chemii Analitycznej korzystają z wysoko wyspecjalizowanej aparatury, min. z analizatora elektrochemicznego μ Autolab/FRA 2 (Eco Chemie, Holland) z modulem impedancji i oprogramowaniem GPES. Dr hab. Jolanta Nieszporek w 2014 uzyskała habilitację [19], będącą efektem analiz wpływu adsorpcji surfaktantów z różnych grup, tertbutanolu i tetrametylotiomocznika na rtęć, na mechanizm i kinetykę elektrowydzielania cynku. Podjęła w niej również próbę zaadoptowania modeli teoretycznych do opisu mechanizmów badanych przez nią procesów. Obecnie w swojej pracy naukowej koncentruje się na badaniach związanych z modyfikacją struktury granicy faz elektroda rtęciowa/roztwór elektrolitu substancjami biologicznie aktywnymi, jej wpływem na kinetykę oraz mechanizm procesów elektrodowych.

Dr hab. Dorota Gugąła-Fekner zajmuje się analizą mieszanych warstw adsorpcyjnych utworzonych na powierzchni elektrody rtęciowej w układach substancje inhibitoryjne - substancje przyspieszające i wyznaczeniu parametrów fizykochemicznych opisujących te warstwy. Cykl publikacji z tej tematyki był podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego [20].

Prof. dr hab. Agnieszka Nosal-Wiercińska w swoich badaniach kieruje uwagę na rozszerzenie i uszczegółowienie interpretacji mechanizmu efektu „cap-pair” w odniesieniu do depolaryzatorów trójelektronowych o wpływ stężenia elektrolitu podstawowego na przyspieszanie procesu elektrodowego i rodzaj stosowanych aktywnych elektrochemicznie substancji organicznych. Interesującym aspektem badań stała się również możliwość zastosowania efektu „cap – pair” na elektrodę stałą z cyklicznie odnawialnego ciekłego filmu amalgamatu srebra R-AgLAFE (zmodernizowaną w Katedrze Chemii Analitycznej i opatentowaną) [21]. Tematyka badawcza prof. dr hab. Agnieszki Nosal-Wiercińskiej obejmuje również badanie zjawisk adsorpcji zachodzących na granicy faz elektroda/roztwór, ciało stałe/roztwór oraz różnego rodzaju adsorbentach. I właśnie te badania były podstawą uzyskania przez nią stopnia doktora habilitowanego [22] w 2015 roku, a następnie uzyskanie tytułu profesora nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne w 2021 roku. Jej osiągnięcia naukowe są wysoko cenione na arenie międzynarodowej o czym świadczy zaistnienie jej w prestiżowym rankingu najbardziej wpływowych ludzi nauki na świecie – World’s Top 2% Scientists. Pod kierunkiem prof. Agnieszki Nosal-Wiercińskiej prowadzone były dwa przewody doktorskie, w tym dr. Mariusza Grochowskiego [23], który pracując obecnie w Katedrze Chemii Analitycznej wspiera swoją elektrochemiczną wiedzę i konstruktorskim talentem innych pracowników katedry. Świadczy o tym chociażby współautorstwo razem z prof. A. Nosal-Wiercińską jednego patentu [21]

i jednego zgłoszenia patentowego [24]. Prof. Nosal-Wiercińska oprócz zaangażowania w prace naukowe wyróżnia się dużą aktywnością pozwalającą na wymianę myśli naukowych poprzez współorganizację cyklicznych konferencji „Fizykochemia granic faz - metody instrumentalne” czy „Innowacje w Praktyce”.

Od 2019 roku pełni funkcję wydziałowego koordynatora Sieci Chorwackiej “Colloids and nanomaterials in education and research”, w ramach Środkowoeuropejskiego Programu Wymiany Uniwersyteckiej (Central European Exchange Program for University Studies, CEEPUS) oraz skarbnika w Prezydium Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopism Journal of Scientific Perspectives oraz Turkish Journal of Analytical Chemistry. Za swoje osiągnięcia zarówno naukowe jak i popularyzatorsko-orga-nizacyjne była wielokrotnie nagradzana m.in. nagrodami Rektora UMCS oraz Srebrnym Krzyżem Zasługi.

Skład osobowy grupy badawczej profesora Kazimierza Sykuta przedstawia rysunek 2. Na schemacie uwzględniono osoby zatrudnione w zakładzie/katedrze wg promotorstwa rozpraw doktorskich.



Rysunek 2. Grupa badawcza prof. Kazimierza Sykuta.

Figure 2. Prof. Kazimierz Sykut research group.

3. GRUPA BADAWCZA PROFESORA MATYSIKA

Oddzielną tematyką badawczą związaną z rozwojem elektrochemii i funkcjonowaniem Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej, jak wspomniano już wcześniej, kierował prof. dr hab. Jerzy Matysik (Rys. 3), który po przejściu Profesora Sykuta na emeryturę w roku 1994 został kierownikiem Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej.



Rysunek 3. Prof. dr hab. Jerzy Matysik.

Figure 3. Prof. Jerzy Matysik.

Przybliżając sylwetkę prof. J. Matysika należy zacząć już od roku 1951, w którym jeszcze w trakcie studiów został zatrudniony na stanowisku młodszego asystenta w Katedrze Chemii Nieorganicznej kierowanej przez prof. dr hab. Włodzimierza Hubickiego. Kontynuując jeden z nurtów naukowych uprawianych przez Profesora Hubickiego zajął się badaniami polarograficznymi w ciekłych amoniakach, co było o tyle istotne, że pomiary te są bardzo utrudnione w ciekłym amoniaku ze względu na jego fizyczne właściwości (bardzo niska temperatura skroplenia), natomiast ciekłe amoniaki przejawiają wiele cech ciekłego amoniaku, z tym jednak, że można w nich wykonywać pomiary w temperaturze pokojowej. Badania te były podstawą jego pracy doktorskiej obronionej w 1961 r [25]. Po stażu naukowym u prof. J. Heyrovsky'ego (laureata Nagrody Nobla z dziedziny chemii w roku 1959) w Czeskiej Akademii Nauk w Pradze prof. J. Matysik przywiózł skonstruowaną przez siebie (we współpracy z dr Robertem Kalvodą) przystawkę oscylopolarograficzną, dzięki której zaistniała możliwość dalszego rozwijania tej problematyki badawczej. Wyniki tych prac były podstawą kilku doktoratów, publikowały je renomowane czasopisma o obiegu światowym, a także przedstawiano je na wielu prestiżowych zjazdach i sympozjach. Innym kierunkiem tematyki naukowej uprawianej przez prof. dr hab. J. Matysika były badania procesów elektrodowych zachodzących na kropłowej elektrodzie rtęciowej i na elektrodach stałych, prowadzone przy użyciu aparatury naukowej skonstruowanej w kierowanej przez niego grupie badawczej. Zbudowano aparat kontrastu fazowego i dwuwiązkowy interferometr laserowy, co umożliwiło stosowanie metod optycznych do badań warstwy dyfuzyjnej na elektrodach i zmian stężeń w głębi roztworu, m.in. przy powierzchni adsorbentów i wymiennicy

jonowych. Wyniki tych badań ogłoszono w kilkudziesięciu publikacjach i komunikatach, a część z nich uzyskała patenty. Na ich podstawie powstały również dwie rozprawy doktorskie. Prof. Jerzy Matysik był organizatorem i pierwszym kierownikiem Centralnego Laboratorium Aparatury Unikalnej UMCS, którego uruchomienie wymagało od niego pokonania wielu trudności i przeciwności (zagospodarowanie pustych pomieszczeń, zgromadzenie odpowiedniej aparatury, zatrudnienie właściwie wyszkolonej kadry naukowej). Był też kierownikiem Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej w latach 1994-1999. Owocem jego pracy naukowej w dziedzinie elektrochemii było między innymi promotorstwo ośmiu doktoratów i współautorstwo dziesięciu patentów.

Jednym z doktorantów prof. J. Matysika, który wniósł istotny wkład w rozwój elektrochemii na UMCS jest prof. dr hab. Mieczysław Korolczuk. W roku 2005 został wybrany na stanowisko kierownika Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej i funkcję tę sprawował nieprzerwanie aż do przejścia na emeryturę. Ścieżka kariery naukowej profesora Korolczuka jest związana w całości z elektrochemią i obejmuje m.in. rozprawę doktorską dotyczącą badania elektrodowych procesów katalitycznych i oscylacyjnych indukowanych przez redukcję chromionów obronioną w 1981 r [26] oraz rozprawę habilitacyjną poświęconą opracowaniu czułych i selektywnych procedur oznaczania śladowych ilości złota, rtęci, chromu i niklu w złożonych matrycach metodą woltamperometrii z zateżaniem [27]. Elektrochemiczne badania naukowe w zespole prof. dr hab. Mieczysława Korolczuka prowadzone były głównie pod kątem analitycznym i polegały na opracowaniu nowych procedur oznaczania związków organicznych i jonów metali metodą woltamperometrii z zateżaniem. Pierwsze prace zespołu dotyczyły analizy specjacyjnej jonów metali głównie chromu oraz poszukiwania nowych materiałów elektrodowych i konstrukcji elektrod. Opublikowana została cała seria prac dotycząca specjacji chromu z zastosowaniem różnych czynników kompleksujących oraz różnych czynników maskujących Cr(III). Głównym celem tych prac było opracowanie procedur pozwalających na oznaczanie śladowych stężeń toksycznej formy chromu jaką jest Cr(VI) w obecności dużego nadmiaru Cr(III). W tamtym czasie w badaniach wykorzystywano głównie elektrody rtęciowe. Cykl prac dotyczących opracowania procedur oznaczania Cr(VI) w obecności Cr(III) był podstawą uzyskania stopnia doktora przez Małgorzatę Grabarczyk w 2002 roku [28]. Dalsze badania związane z analizą specjacyjną chromu prowadzone wspólnie z dr Grabarczyk ukierunkowano na opracowanie nowatorskich procedur ekstrakcji Cr(VI) z próbek stałych. Zostały one wykonane w ramach projektu finansowanego przez KBN [29]. Poza opracowaniem procedur specjacji chromu w zespole prowadzone były prace badawcze dotyczące zastąpienia rtęci innymi materiałami elektrodowymi. Przełomem w tym zakresie na poziomie światowym było opublikowanie przez zespół prof. Wanga w 2000 roku prac pokazujących, że

blonkowa elektroda bizmutowa może zastąpić w wielu oznaczeniach blonkową elektrodę rtęciową. Chociaż wyniki uzyskane przy wykorzystaniu blonkowych elektrod bizmutowych charakteryzowały się gorszymi parametrami, elektrody te stały się popularne ze względu na ich niską toksyczność i brak niekorzystnego wpływu na środowisko. Te prace były początkiem nowego kierunku wykorzystania innych materiałów elektrodowych zamiast rtęci na całym świecie. Zgodnie ze światowym trendem w zespole prof. Korolczuka do prac badawczych zaczęto stosować blonkowe elektrody bizmutowe. Opracowano wiele procedur elektroanalitycznych z wykorzystaniem takich elektrod. Elektrody te zaczęła stosować także doktorantka mgr Aleksandra Moroziewicz. Jej praca doktorska nt. „Metoda woltamperometrii z zatężaniem w analizie śladowej kobaltu” została obroniona w 2007 r. Analizując wyniki tej pracy dotyczące korzystnego wpływu Pb(II) na oznaczenia z wykorzystaniem blonkowej elektrody bizmutowej prof. Korolczuk doszedł do wniosku, że blonkową elektrodę bizmutową można zastąpić blonkową elektrodą ołowiową uzyskując korzystniejsze wyniki. Rozwiązanie tego problemu zaproponował kolejnej doktorantce mgr Katarzynie Tyszczyk [30]. Zaproponowana nowa elektroda zastosowana do oznaczeń Ni(II) i Co(II) pozwoliła nie tylko na uzyskanie niższych granic wykrywalności niż przy wykorzystaniu blonkowej elektrody bizmutowej, ale dodatkowo rozdzielenie sygnałów było nawet lepsze niż przy zastosowaniu elektrod rtęciowych. Wyniki tych badań zostały opublikowane w 2005 roku w czasopiśmie *Electrochemistry Communications* [31]. Była to pierwsza publikacja na świecie z zastosowaniem blonkowej elektrody ołowiowej w metodzie woltamperometrii stripingowej [31]. Dalsze prace z zastosowaniem blonkowej elektrody ołowiowej dotyczyły opracowania procedur oznaczania związków biologicznie czynnych i jonów metali. Część tych prac wykonana została w ramach projektu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji [32], którym kierował prof. Korolczuk. Od 2009 r tj. od uzyskania przez dr hab. Mieczysława Korolczuka tytułu profesora w zespole rozwijana jest obecnie nowa tematyka badawcza dotycząca otrzymywania mikroelektrod i tablic mikroelektrod. Po uzyskaniu pozytywnych wyników w tym zakresie rozpoczęto badania dotyczące zastosowania mikroelektrod i tablic mikroelektrod w analizie stripingowej. Zaproponowano nowy wariant analizy stripingowej polegający na zastosowaniu podwójnego nagromadzenia zamiast powszechnie stosowanego pojedynczego nagromadzenia, a badania zostały przeprowadzone w ramach projektu MNiSW [33]. Badania w tym zakresie, ale z wykorzystaniem układu przepływowego, były również podstawą do uzyskania finansowania w projekcie Miniatura przez dr Iwonę Gęcę oraz do uzyskania przez nią stopnia doktora habilitowanego [34,35]. Prace w dziedzinie wykorzystania podwójnego nagromadzenia i strippingu były też podstawą uzyskania stopnia doktora przez mgr. Mateusza Ochaba [36]. Obecnie badania dotyczące wykorzystania podwójnego nagromadzenia i podwójnego

stripingu w analizie stripingowej są kontynuowane, ponieważ to zaproponowane przez zespół prof. dr hab. M. Korolczuka rozwiązanie zapewnia co najmniej 10-krotne obniżenie granicy wykrywalności oznaczanych substancji oraz wyraźne zmniejszenie wpływu matrycy próbki na uzyskiwane sygnały analityczne. Ponadto to rozwiązanie ma charakter bardziej uniwersalny w porównaniu do innych opisanych w literaturze, ponieważ dotyczy oznaczania dużej liczby jonów metali. Do chwili obecnej prof. Korolczuk wypromował siedmiu doktorów, z tej grupy dwie osoby uzyskały tytuł profesora, a jedna stopień doktora habilitowanego.

W grupie profesora Korolczuka rozpoczęła swoją pracę naukową prof. dr hab. Katarzyna Tyszczyk-Rotko, której duża aktywność naukowa miała wpływ na rozwój elektrochemii w UMCS. Prof. dr hab. Katarzyna Tyszczyk-Rotko pracę naukową rozpoczęła w 2003 roku w jeszcze trakcie realizacji swojej pracy magisterskiej. Rozwijane zainteresowania naukowe zaowocowały rozpoczęciem w październiku 2004 roku studiów doktoranckich na Wydziale Chemii UMCS. Tematyka badań dotyczyła charakterystyki elektrochemicznej i zastosowania wprowadzanych w grupie prof. Korolczuka nowych elektrod filmowych, a mianowicie błonkowych elektrod ołowiowych [31] w analizie stripingowej. Przeprowadzone w krótkim czasie (2 lata) badania były podstawą do przygotowania, a następnie obrony rozprawy doktorskiej [30], która uzyskała nagrodę Jego Magnificencji Rektora UMCS oraz zajęła I miejsce w konkursie na najlepszą pracę doktorską obronioną na Wydziale Chemii UMCS w 2006 r. Po rozpoczęciu w lutym 2007 roku pracy na stanowisku adiunkta w Zakładzie Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej jednym z głównych celów pracy badawczej prof. K. Tyszczyk-Rotko było zastosowanie błonkowej elektrody ołowiowej do oznaczania śladowych stężeń związków biologicznie aktywnych metodą adsorpcyjnej voltamperometrii stripingowej. Część tych badań była realizowana wspólnie z prof. Korolczukiem w ramach projektu badawczego MNiSW [32] oraz grantu Prorektora UMCS ds. Nauki [37]. Badania te były podstawą uzyskania przez dr K. Tyszczyk-Rotko w 2013 roku stopnia doktora habilitowanego [38].

W badaniach realizowanych po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego K. Tyszczyk-Rotko zaproponowała po raz pierwszy czujniki modyfikowane błoną funkcjonalizowanego polisiloksanu i pyłem ołowianym/nanocząstkami ołowiu. Badania były realizowane w ramach projektu badawczego z programu Iuventus Plus [39]. Wśród osiągnięć naukowych po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego na szczególną uwagę zasługuje również zastosowanie odtwarzalnie osadzanego metalicznego mediatora w etapie przygotowania elektrod, co prowadzi do istotnego zwiększenia powierzchni aktywnej czujników modyfikowanych błoną metalu. Badania te były realizowane przy współpracy międzynarodowej z grupą badawczą z Uniwersytetu w Pardubicach (prof. dr hab. Karel Vyřas

i dr Radovan Metelka) podczas realizacji projektu z konkursu Harmonia (Narodowe Centrum Nauki) [40].

Do chwili obecnej profesor Tyszczyk-Rotko wypromowała czterech doktorów, a kolejny przewód doktorski jest w trakcie realizacji. Za swoje osiągnięcia była wielokrotnie nagradzana m.in.: stypendium „Start” Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, stypendium dla wybitnego młodego naukowca Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nagrodami Rektora UMCS. W styczniu 2021 roku Katarzyna Tyszczyk-Rotko uzyskała tytuł profesora nauk ścisłych i przyrodniczych, stając się tym samym jednym z najmłodszych naukowców Wydziału Chemii UMCS, którzy uzyskali tytuł profesora.

Obecnie kierownikiem Katedry Chemii Analitycznej jest prof. dr hab. Małgorzata Grabarczyk, która pełni tę funkcję od 2018 roku. Ponadto profesor M. Grabarczyk pełniła bądź nadal pełni wiele funkcji organizacyjnych na UMCS: w latach 2016-2019 Prodziekana ds. Badań Naukowych i Współpracy z Przemysłem Wydziału Chemii, w latach 2019-2020 z-cy Dyrektora Instytutu Nauk Chemicznych Wydziału Chemii a od 2020 do chwili obecnej Dyrektora.

Kariera naukowa profesor Grabarczyk rozpoczęła się w 1994 roku, kiedy to została zatrudniona jako asystent w Zakładzie Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej i pracę swą rozpoczęła w zespole kierowanym przez prof. dr hab. Jerzego Matysika pod bezpośrednią opieką prof. dr hab. Mieczysława Korolczuka. Jej badania naukowe były ściśle związane z elektrochemią a dokładnie z voltamperometrią stripingową. Jak już wspomniano wcześniej badania te dotyczyły analizy specjacyjnej chromu, a ich efektem było opracowanie wielu procedur, z wykorzystaniem głównie adsorpcyjnej voltamperometrii stripingowej oraz kroplowej wiszącej elektrody rtęciowej.

Małgorzata Grabarczyk po uzyskaniu stopnia doktora swoje badania elektrochemiczne kontynuowała zgłębiając wiedzę na temat specjacji chromu, co było podstawą rozprawy habilitacyjnej [41]. W późniejszych swoich badaniach prof. M. Grabarczyk zajmowała się analizą śladową wielu pierwiastków starając się rozwiązać problemy związane z ich voltamperometrycznym oznaczaniem w różnych matrycach naturalnych a uzyskane w tej dziedzinie elektrochemii osiągnięcia zaowocowały uzyskaniem w 2019 roku tytułu profesora.

Profesor Grabarczyk skoncentrowała się głównie na poszukiwaniu nowych elektrochemicznie aktywnych układów nie opisanych wcześniej w literaturze, oznaczany pierwiastek-czynnik kompleksujący, pozwalających na wykorzystanie ich do opracowania efektywnych voltamperometrycznych procedur charakteryzujących się niskimi granicami wykrywalności, szerokimi zakresami oznaczalności, dobrą selektywnością i małą wrażliwością na wpływ matrycy obecnej w próbkach środowiskowych.

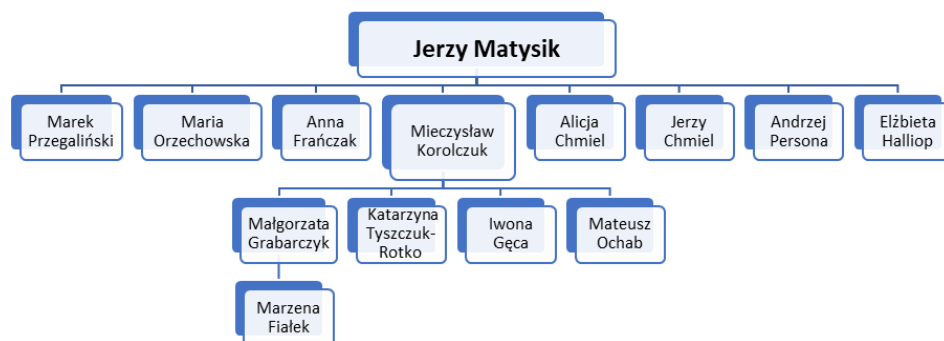
Dużym wyzwaniem było zastosowanie w miejsce toksycznych elektrod rtęciowych przyjaznych dla środowiska nietoksycznych elektrod pracujących. W opublikowanych w literaturze o obiegu międzynarodowym procedurach wdrożyła do praktycznego zastosowania wiele elektrod takich jak błonkowa elektroda bizmutowa, błonkowa elektroda ołowiowa, błonkowa elektroda miedziowa czy też elektrody oparte na nanomateriałach węglowych, takich jak wielościenne nanorurki węglowe.

Znaczącym wkładem w rozwój elektrochemii było wprowadzenie przez prof. M. Grabarczyk prostego, a zarazem efektywnego sposobu eliminacji interferencji towarzyszących voltamperometrii strippingowej związanych z obecnością w realnych próbkach środowiskowych matrycy organicznej dzięki zastosowaniu żywicy Amberlite XAD-7.

Za swoje osiągnięcia w zakresie elektrochemii prof. M. Grabarczyk uzyskała wiele nagród Rektora, w tym między innymi za uzyskanie tytułu dr hab. przed skończeniem 40 lat, a w 2011 r. została wyróżniona Medalem Wojewody Lubelskiego dla Kobiet Naukowców Lubelskich Uczelni.

Prof. M. Grabarczyk jest promotorem trzech prac doktorskich, a dr Marzena Fiałek, która wykonała pracę doktorską [42] pod jej kierunkiem pracuje jako adiunkt w Katedrze Chemii Analitycznej. Obecnie grupa badawcza profesor Grabarczyk prowadzi badania nad praktycznym wykorzystaniem nowych materiałów elektrodowych w elektroanalizie między innymi pierwiastków ziem rzadkich.

Skład osobowy grupy badawczej profesora Jerzego Matysika przedstawia Rys. 4. Na schemacie uwzględniono osoby zatrudnione w zakładzie/katedrze wg promotorstwa rozpraw doktorskich.



Rysunek 4. Grupa badawcza prof. Jerzego Matysika.

Figure 4. Prof. Jerzy Matysik research group.

PODSUMOWANIE

Rozwojowi elektrochemii na UMCS sprzyja współpraca naukowa pracowników Katedry Chemii Analitycznej z naukowcami z innych ośrodków naukowych w Polsce i na świecie. Są to Akademia Górniczo-Hutnicza, Politechnika Śląska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Łódzki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Politechnika Poznańska, Canakkale Onsekiz Mart University-Turcja, National Academy of Science of Ukraine, Charles, University-Czechy, Institute of Physics, Zagrzeb-Chorwacja.

Na podkreślenie zasługuje również aktywny udział pracowników w komitetach, towarzystwach i organizacjach naukowych, takich jak: Komitet Chemii Analitycznej PAN, Zespół Elektroanalizy KChA PAN, Polskie Towarzystwo Chemiczne, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Polskiego Towarzystwa Kalorymetrii i Analizy Termicznej im. W. Świątosławskiego, Europejski Program Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych COST, International Society of Electrochemistry (ISE).

Naturalną kolejną rzeczą skład osobowy Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej obecnie Katedry Chemii Analitycznej zmieniał się na przestrzeni lat. Zdjęcie pracowników z pierwszej dekady XXI wieku przedstawia Rys. 5, a obecny skład katedry pokazano na Rys. 6.



Rysunek 5. Zdjęcie ze spotkania pracowników Zakładu Chemii Analitycznej i Analizy Instrumentalnej, przy stole od lewej siedzi prof. Jerzy Matysik, prof. Kazimierz Sykut, prof. Mieczysław Korolczuk, z tyłu za nimi pracownicy zakładu (pierwsza dekada XXI wieku).

Figure 5. Photo from a meeting of the researchers of the Department of Analytical Chemistry and Instrumental Analysis; seated at the table from left are Prof. Jerzy Matysik, Prof. Kazimierz Sykut, Prof. Mieczyslaw Korolczuk, with the researchers of the department behind them (first decade of the 21st century).



Rysunek 6. Zdjęcie pracowników Katedry Chemii Analitycznej obecnie (kwiecień 2022 r.)

Figure 6. Today photo of the researchers of the Department of Analytical Chemistry (April 2022).

PODZIĘKOWANIE

Autorki dziękują wszystkim Osobom, które przekazały niezbędne informacje i przyczyniły się do powstania tej pracy, w szczególności Pani mgr Iwonne Dąbrowskiej.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] K. Sykut, Zastosowanie układu Br_2/Br^- w mikrokulometrii. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1959.
- [2] J. Matsysik, Polarograficzne badania mechanizmów cyklicznych procesów elektrodowych z udziałem adsorpcji. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 1973.
- [3] J. Dumkiewicz, Konstrukcja i badanie własności elektrod jonoselektywnych typu embranowego. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1974.
- [4] R. Dumkiewicz, Elektrody anionoselektywne z wieloskładnikową fazą potencjałotwórczą. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1975.
- [5] A. Kusak, Otrzymywanie szkieł elektrodowych o własnościach selektywnych i zastosowanie ich do oznaczania stężeń kationów. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1975.
- [6] K. Sykut, J. Dumkiewicz, R. Dumkiewicz, Elektrody jonoselektywne typu BMSA z pseudociekłą fazą potencjałotwórczą, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio AA*, 33 (1978) 1-16.
- [7] K. Sykut, R. Dumkiewicz, J. Dumkiewicz, Patent PRL 93227.
- [8] K. Sykut, J. Dumkiewicz, R. Dumkiewicz, Patent PRL 93560.
- [9] R. Dumkiewicz, Funkcja elektrodopseudociekłej membrany a procesy wymiany jonowej i ekstrakcji. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 1994.
- [10] C. Wardak, Badanie właściwości i mechanizmu działania elektrod jonoselektywnych z ciekłą fazą membranową zawierającą chelatujące substancje aktywne. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2003.
- [11] J. Lenik, Konstrukcja i zastosowanie membranowych elektrod jonoselektywnych do oznaczania wybranych niesteroidowych leków przeciwzapalnych. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2006.
- [12] C. Wardak, Elektrody jonoselektywne ze stałym kontaktem z zastosowaniem nowych substancji aktywnych oraz cieczy jonowych. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2015.
- [13] J. Lenik, Badania właściwości elektrod jonoselektywnych czułych na leki pochodne wybranych kwasów karboksylowych. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2018.
- [14] K. Sykut, G. Dalmata, B. Nowicka, J. Saba, Acceleration of electrode processes by organic compounds - "CAP-PAIR" effect, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 90 (1978) 299-302.
- [15] G. Dalmata, B. Nowicka, J. Saba, Wpływ niektórych związków organicznych na mechanizm i kinetykę procesów elektrodowych – w aspekcie ich przyspieszania. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1978.
- [16] J. Nieszporek, Wpływ mieszanych warstw adsorpcyjnych na mechanizm elektroredukcji jonów Zn^{2+} na rtęci. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2001.
- [17] D. Gugala-Fekner, Właściwości warstwy adsorpcyjnej tetrametylotiomocznik-tert-butanol- NaClO_4 na elektrodzie rtęciowej, Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2006.
- [18] A. Nosal-Wiercińska, Wpływ tiomocznika i jego pochodnych na mechanizm i kinetykę elektroredukcji jonów indu (III) w chloranach (VII). Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2006.
- [19] J. Nieszporek, Wpływ wybranych związków powierzchniowo czynnych na kinetykę i mechanizm elektroredukcji jonów Zn^{2+} . Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2014.

- [20] D. Gugała-Fekner, Właściwości warstwy adsorpcyjnej tetrametylotiomocznik – tertbutanol - NaClO₄ na elektrodzie rtęciowej. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2024.
- [21] A. Nosal-Wiercińska, M. Grochowski, B. Baś, Cienkowarstwowa elektroda w układzie zasilająco-sterującym do zastosowania w analizach elektrochemicznych. Patent nr 240293, 2020.
- [22] A. Nosal-Wiercińska, Kinetyka i mechanizm elektrodredukcji Bi(III) katalizowanej przez wybrane aminokwasy w roztworach o różnej aktywności wody .Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2015.
- [23] M. Grochowski, Wpływ protonizacji wybranych aminokwasów na parametry warstwy podwójnej granicy faz elektroda/chlorany(VII) oraz kinetykę i mechanizm elektrodredukcji jonów Bi(III). Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2019.
- [24] A. Nosal-Wiercińska, M. Grochowski, Elektroda woltamperometryczna przeznaczona do analiz elektrochemicznych. Zgłoszenie patentowe 2023.
- [25] J. Matysik, Oscylograficzne i polarograficzne studia nad roztworami niektórych związków organicznych w NH₄NO₃.nNH₃. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1961.
- [26] M. Korolczuk, Badanie elektrodowych procesów katalitycznych i oscylacyjnych indukowanych przez redukcję chromianów. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 1981.
- [27] M. Korolczuk, Woltamperometria z zateżaniem w analizie śladowej złota, rtęci, chromu i niklu w złożonych matrycach . Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2000.
- [28] M. Grabarczyk, Selekttywne woltamperometryczne metody oznaczania śladowych ilości Cr(VI) w matrycach naturalnych. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2002.
- [29] M. Korolczuk, M. Grabarczyk, Nowe metody ekstrakcji i woltamperometrycznego oznaczania Cr(VI) w próbkach stałych i ciekłych. Nr projektu 4 T09A 192 25
- [30] K. Tyszczyk-Rotko, Filmowa elektroda ołowiowa i galowa jako nowe elektrody w analizie strippingowej. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2006.
- [31] M. Korolczuk, K. Tyszczyk, M. Grabarczyk Adsorptive stripping voltammetry of nickel and cobalt at in situ plated lead film electrode. *Electrochemistry Communications*, 7 (2005) 1185–1189.
- [32] M. Korolczuk, K. Tyszczyk-Rotko, Analiza strippingowa związków biologicznie czynnych z wykorzystaniem błonkowej elektrody ołowiowej. Nr projektu: N N204 1472 33.
- [33] M. Korolczuk, M. Grabarczyk, Woltamperometria strippingowa z zastosowaniem dwustopniowego nagromadzenia i strippingu. Nr projektu 2011/03/B/ST4/2601.
- [34] I. Gęca, Zastosowanie trybu podwójnego nagromadzenia i strippingu w połączeniu z układem przepływowym do obniżenia granicy wykrywalności i zwiększenia selektywności oznaczeń w analizie strippingowej As(III). Nr projektu DEC-2023/07/X/ST4/00189).Miniatura
- [35] I. Gęca, Zastosowanie podwójnego nagromadzenia i strippingu do obniżenia granicy wykrywalności i eliminacji interferencji w woltamperometrii strippingowej jonów nieorganicznych. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2024.
- [36] M. Ochab, Zastosowanie nowej konstrukcji elektrod do oznaczeń i specjacji wybranych jonów i związków organicznych metodą woltamperometrii strippingowej. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin, 2018.
- [37] K. Tyszczyk-Rotko, Oznaczanie witaminy B1 na generowanej in situ filmowej elektrodzie ołowiowej metodą adsorpcyjnej woltamperometrii strippingowej. Grant indywidualny Prorektora UMCS ds. Nauki, nr projektu NB-13-2008.
- [38] K. Tyszczyk-Rotko, Zastosowanie błonkowej elektrody ołowiowej w analizie śladowej związków biologicznie aktywnych i jonów metali z wykorzystaniem metody woltamperometrii strippingowej. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2013.
- [39] K. Tyszczyk-Rotko, Elektrody modyfikowane błoną metalu osadzaną z wykorzystaniem funkcjonalizowanych polisiloksanów w analizie śladowej jonów metali ciężkich metodą woltamperometrii strippingowej. Nr projektu IP2012 061472

- [40] K. Tyszczyk-Rotko, K. Vytrās, Wysokopowierzchniowe materiały elektrodowe przygotowane z wykorzystaniem odtwarzalnie osadzanego metalicznego mediatora w analizie stripingowej jonów metali. Nr projektu: 2013/08/M/ST4/00286.
- [41] M. Grabarczyk, Metoda analizy stripingowej w badaniu specjacji chromu w ciekłych i stałych próbkach środowiskowych. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin 2002.
- [42] M. Fiałek, Wykorzystanie pracujących elektrod błonkowych do oznaczania śladowych ilości wybranych pierwiastków metodą woltamperometrii stripingowej. Rozprawa doktorska, UMCS, Lublin 2021.

Praca wpłynęła do Redakcji 4 lipca 2024 r.

HISTORIA TECHNOLOGII I KATALIZY NA UMCS

HISTORY OF TECHNOLOGY AND CATALYSIS AT MCSU

Tadeusz Borowiecki, Janusz Ryczkowski*

*Katedra Technologii Chemicznej, Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin
e-mail: janusz.ryczkowski@mail.umcs.pl

Abstract

Wykaz stosowanych symboli i oznaczeń

1. Powstanie Katedry Technologii Chemicznej
2. Katedra Technologii Chemicznej po 1970 roku
 - 2.1. Badania Zespołu Odsiarczania (1975-1991)
 - 2.2. Badania Zespół Technologii Wody i Ścieków (1974-1984)
 - 2.3. Zespół Katalizy i Katalizatorów
 - 2.4. Aparatura badawcza
 - 2.5. Współpraca w opracowywaniu technologii
3. Badania katalizatorów różnych reakcji
 - 3.1. Utlenianie amoniaku
 - 3.2. Katalizatory z wysoką dyspersją fazy aktywnej
 - 3.2.1. Metoda podwójnej impregnacji (DIM)
 - 3.2.2. Dyspersja fazy aktywnej a aktywność katalizatorów
 - 3.2.3. Dyspersja fazy aktywnej a zawęglanie katalizatorów
 - 3.3. Katalizatory z dodatkiem promotorów
 - 3.3.1. Miedź promotorem katalizatorów niklowych
 - 3.3.2. Promotory katalizatorów reformingu parowego i reformingu z ditlenkiem węgla
 - 3.4. Utleniająca dimeryzacja metanu
 - 3.5. Bezpłomieniowe spalanie metanu i metoda SSITKA
 - 3.6. Współpraca z Zakładem Chemii Teoretycznej
 - 3.7. Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych
 - 3.8. Reforming parowy alkoholi
 - 3.8.1. Reforming etanolu
 - 3.8.2. Reforming glicerolu
 - 3.9. Spektroskopia IR i PAS
 - 3.10. Preparatyka i charakterystyka katalizatorów

Podsumowanie

Prof. dr hab. Tadeusz Borowiecki received his PhD degree in chemistry in 1977. All his life, education, scientific degrees (habilitated Doctor of Science - 1987; Professor - 2002) and carrier were linked to the Maria Curie-Skłodowska University (MCSU). For twenty years he was Head of Department of Chemical Technology. His scientific interest in a broad sense is connected with chemical technology and catalysis, mainly: steam reforming of hydrocarbons, catalysts deactivation by the coking process. He was the supervisor of eight PhD theses. Two of his co-workers are full professors now.



<https://orcid.org/0000-0003-2676-1521>

Prof. dr hab. Janusz Ryczkowski was graduated from Nicholas Copernicus University in Toruń but all his scientific career (PhD – 1992, DSc – 2004, Professor – 2014) is related to the Maria Curie-Skłodowska University. He gained international experience in research laboratories in Hungary (Budapest) and France (Lille). His scientific interests are connected to the applications of infrared spectroscopy (including photoacoustic one) in the study of the surfaces of adsorbents and catalysts. As for today he was supervisor of four PhD theses.



<https://orcid.org/0000-0002-0510-6897>

ABSTRACT

The article presents the most important facts related to the history and scientific activities of the Department of Chemical Technology. The activity and development of the unit was and is closely related to the functioning of the Faculty of Chemistry at Maria Curie-Skłodowska University and cooperation with the economic environment and other research units. More than six decades of history are not only the scientific achievements of the team, but also the individual development of individual employees, as mentioned in the supplement to this text.

Keywords: chemical technology, catalysis, research methods

Słowa kluczowe: technologia chemiczna, kataliza, metody badawcze

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

ATR	- attenuated total reflection (osłabione całkowite odbicie)
BET	- powierzchnia właściwa ciał stałych wyznaczana za pomocą analizy izoterm BET (Brunauer-Emmett-Teller)
DIM	- double impregnation method (metoda podwójnej impregnacji)
DTA	- differentia thermal analysis (termiczna analiza różnicowa)
EDTA	- kwas etylenodiaminotetra octowy
EDX	- Energy dispersive X-ray spectroscopy (spektroskopia rentgenowska z dyspersją energetyczną)
FSC Lublin	- Fabryka Samochodów Ciężarowych w Lublinie
HPa	- hydroksypatyt
HRTEM	- high resolution transmission electron microscopy (transmisyjna mikroskopia elektronowa o wysokiej rozdzielczości)
INS	- Instytut Nowych Syntez Chemicznych w Puławach (dawniej Instytut Nawozów Sztucznych)
IR	- infrared (podczerwień)
ITKA	- isotopic transient kinetic analysis (izotopowa analiza kinetycznych stanów przejściowych)
LNG	- liquified natural gas (upłynniony gaz ziemny)
Na ₂ H ₂ EDTA	- sól disodowa kwasu etylenodiaminotetra octowego
NMR	- nuclear magnetic resonance (magnetyczny rezonans jądrowy)
PAS	- photoacoustic spectroscopy (spektroskopia fotoakustyczna)
PKP	- Polskie Koleje Państwowe
RPBR	- rządowy program badawczo-rozwojowy
SR-TAD	- species resolved thermal alkali desorption (termiczna dekoracja metali alkalicznych ze specjacją strumieni)
SSITKA	- steady state isotopic transient kinetic analysis (analiza kinetyczna izotopowych zaburzeń w stanie stacjonarnym)
STEM-EDX	- scanning transmission electron microscopy – energy dispersive X-ray spectroscopy (skaningowa transmisyjna mikroskopia elektronowa - spektroskopia rentgenowska z dyspersją energetyczną)
TPD	- temperature programmed desorption (temperaturowo programowana desorpcja)
TPDesorpcja	- temperaturowo programowana desorpcja
TPIE	- temperature programmed isotopic exchange (temperaturowo programowana wymiana izotopowa)
TPR	- temperature programmed reduction (temperaturowo programowana redukcja)
TPReakcja	- temperaturowo programowana reakcja
TPRedukcja	- temperaturowo programowana redukcja
UMCS	- Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
WSGR	- water gas shift reaction (konwersja tlenku węgla z parą wodną)
XRD	- X-ray diffraction (dyfrakcja rentgenowska)
ZK INS	- Zakład Katalizatorów Instytutu Nawozów Sztucznych

1. POWSTANIE KATEDRY TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

Za nieformalny początek technologii chemicznej na UMCS trzeba uznać zatrudnienie od dnia 1.10.1959 r. prof. Karola Akermana na Wydziale Mat-Fiz-Chem UMCS jako profesora nadzwyczajnego w Katedrze Chemii Fizycznej, co było następstwem prowadzenia przez Niego od 1958 r. nauczania technologii chemicznej (wykład zlecony) na studiach chemicznych. 1.05.1961 r. w strukturze Katedrze Chemii Fizycznej powstaje Zakład Technologii Chemicznej, a funkcję Kierownika obejmuje prof. K. Akerman (rysunek 1). Sytuacja taka (Zespołowa Katedra Chemii Fizycznej i Technologii Chemicznej) istnieje do 1962 r., kiedy to Zakład Technologii Chemicznej uzyskuje samodzielność, a od połowy 1963 r. jako Katedra Technologii Chemicznej wchodzi w skład Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMCS. Do 1964 r. część technologiczna Zespołowej Katedry zajmowała tylko jedną pracownię z bardzo prostym wyposażeniem, pozwalającym na wykonywanie prostych prac laboratoryjnych.



Rysunek 1. Profesor dr Karol Akerman (1913-1982).
Figure 1. Professor Karol Akerman (1913-1982).

W pierwszych latach istnienia Katedry (Zakładu) tematyka badawcza skupiła się wokół odzysku metali rzadkich i rozproszonych z odpadów przemysłu hutniczego, otrzymywania metali i związków chemicznych stanowiących materiały specjalne dla nowej techniki oraz utylizacji odpadów przemysłowych. Podjęcie tej tematyki wynikało z zainteresowań prof. Akermana jak też ówczesnych (aktualnych) potrzeb przemysłu. Katedra współpracowała z Hutą Miedzi w Legnicy, cementowniami w Chełmie i Rejowcu, Kopalnią i Zakładami Prze-

twórstwa Siarki w Tarnobrzegu, Zakładami Chemicznymi w Wizowie i Polskimi Odczynnikami w Gliwicach.

Od początku roku akademickiego 1964/65 rozpoczyna się nowy okres funkcjonowania Katedry Technologii Chemicznej, po przeniesieniu do ośmiu pokoi w budynku przy ulicy Głowackiego 2. W pokojach tych zorganizowano typowe laboratoria chemiczne, pozwalające na prowadzenie badań naukowych oraz zajęć dydaktycznych związanych z realizacją prac magisterskich.

W połowie lat sześćdziesiątych poszerzono tematykę badawczą Katedry o badania z zakresu katalizy. Tematykę katalityczną rozpoczęły badania katalizatorów wanadowych reakcji utleniania SO_2 do SO_3 . Następnymi podjętymi tematami były:

- poszukiwania nośników zapobiegających dopalaniu bezwodnika maleinowego w reakcji utleniania benzenu,
- badania mechanizmu reakcji utleniania NH_3 metodą DTA,
- badania krakingu kumenu,
- dezaktywacja katalizatorów niklowych związkami siarki.

Powstała Pracownia Badań Tekstury Katalizatorów wyposażona w aparaturę pomiarów adsorpcji/desorpcji gazów BET i porometr firmy Carlo Erba.

Zgodnie z decyzją profesora Karola Akermana od samego początku wykonywania prac magisterskich w Katedrze (Zakładzie) Technologii Chemicznej studenci uczestniczyli w realizacji prac badawczych jednostki. Niezależnie od tego kto kierował Katedrą zasada ta pozostała niezmienną.

W opisanych powyżej warunkach lokalowych nie było możliwości zorganizowania laboratorium do ćwiczeń z technologii chemicznej. Dlatego zajęcia z tego przedmiotu odbywały się w lubelskich zakładach przemysłowych (m.in. cukrownia, gazownia).

Koniec lat sześćdziesiątych XX wieku przyniósł wiele zmian w polskich placówkach naukowych, w tym także na UMCS. Prof. Karol Akerman w 1969 r. wyjechał na kilkumiesięczny staż naukowy Francuskiej Komisji Energetyki Jądrowej do Centrum Badań Jądrowych w Grenoble, w trakcie którego złożył rezygnację z pracy w UMCS.

2. KATEDRA TECHNOLOGII CHEMICZNEJ PO 1970 ROKU

Od 1.09.1970 r. kierownikiem Katedry Technologii Chemicznej został (wówczas) doc. dr hab. Janusz Barcicki (rysunek 2).



Rysunek 2. Doc. dr hab. Janusz Barcicki i współpracownicy (mgr Danuta Kozak, mgr Andrzej Wojnowski) w Katedrze Technologii Chemicznej przy ulicy Głowackiego.

Figure 2. Doc. Ph.D. Janusz Barcicki and co-workers (M.Sc. Danuta Kozak, M.Sc. Andrzej Wojnowski) at the Department of Chemical Technology at Głowackiego Street.

Po zmianach strukturalnych w na polskich uczelniach w roku 1970 utworzono na Wydziale Mat-Fiz-Chem UMCS Instytut Chemii a Katedrę przekształcono w Zakład Technologii Chemicznej.

Nowy rozdział funkcjonowania rozpoczął się w roku 1972 po przeniesieniu Zakładu do nowych pomieszczeń na IV piętrze w budynku tzw. Dużej Chemii (obecnie *Collegium Chemicum*) na placu Marii Curie-Skłodowskiej 3. Odpowiednie warunki lokalowe pozwoliły na rozwinięcie zarówno działalności badawczej jak też działalności dydaktycznej. W odpowiednio wyposażonych laboratoriach i dzięki dużemu zaangażowaniu wszystkich pracowników w krótkim czasie uruchomiono kilkanaście zestawów aparaturowych umożliwiających prowadzenie ćwiczeń laboratoryjnych z technologii chemicznej w zakresie: analizy technicznej, procesów i operacji jednostkowych oraz modelowania procesów przemysłowych.

W latach siedemdziesiątych XX w Zakładzie nastąpił wzrost zatrudnienia, co pozwoliło na ukształtowanie się trzech zespołów naukowych: katalizy i katalizatorów, odsiarczania gazów i utylizacji siarki elementarnej oraz technologii wody i ścieków odpowiednio pod kierunkiem (wówczas) doc. dr hab. Janusza Barcickiego, dr Zdzisława Kozaka i dr Lucjana Pawłowskiego.

2.1. BADANIA ZESPOŁU ODSIARCZANIA (1975-1991)

W Zespole Odsiarczania we współpracy z Instytutem Naftowym w Krakowie i Krośnie podjęto badania nad neutralizacją gazów poregeneracyjnych na katalizatorach wanadowych, które doprowadziły do zbudowania instalacji półtechnicznej w Kopalni gazu Ziemnego w Lubaczowie i opracowania założeń do zaprojektowania instalacji technicznej (rysunek 3).



Rysunek 3. Prof. dr hab. Janusz Barcicki (2 od lewej), dr Danuta Kozak (3 od lewej) i mgr inż. Marian Bąk (1 od prawej) na spotkaniu z pracownikami Instytutu Naftowego z Krosna.
Figure 3. Prof. Dr Janusz Barcicki (2nd from the left), Dr Danuta Kozak (3rd from the left) and M.Sc. Eng. Marian Bąk (1st from the right) at a meeting with employees of the Petroleum Institute from Krosno.

W latach 1975-85 Zespół Odsiarczania zajmował się odsiarczaniem paliw gazowych z wykorzystaniem reakcji Wackenroedera (*utlenianie siarkowodoru za pomocą SO_2 w fazie ciekłej*), otrzymywaniem siarki nierozpuszczalnej w CS_2 [1] i jej uzdatnianiem dla potrzeb przemysłu gumowego. Prace te prowadzone wspólnie z Instytutem Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie, Instytutem Chemii Organicznej w Warszawie oraz Instytutem Przemysłu Gumowego w Piastowie wykorzystano do budowy instalacji utylizacji siarkowodoru z gazów ziemnych w kopalni Borzęcin.

W roku 1985 Zespół Odsiarczania rozszerzył swoją tematykę badawczą i jako Zespół Ochrony Środowiska pod kierunkiem doc. dr hab. Zdzisława Kozaka wspólnie z Politechniką Lubelską prowadził badania nad przemieszczaniem się wybranych zanieczyszczeń przemysłowych w rejonie Pojezie-

rza Łęczyńsko-Włodawskiego. W 1991 r. decyzją Senatu UMCS Zespół Ochrony Środowiska przekształcono w niezależną jednostkę Wydziału Chemii – Pracownię Chemii Środowiskowej, którą kierował dr hab. Dobiesław Nazimek.

2.2. BADANIA ZESPÓŁ TECHNOLOGII WODY I ŚCIEKÓW (1974-1984)

W latach 1974-1984 Zespół Technologii Wody i Ścieków prowadził m. in. badania nad:

- metodą odzysku wody i związków chromu ze ścieków galwanizerskich (wdrożenia w Hucie Stalowa Wola i w firmie "Elektromontaż" Lublin),
- sposobem oczyszczania wody chłodniczej z układu lokomotyw (wdrożenie w PKP Lublin),
- metodą oczyszczania ścieków przemysłu azotowego metodą jonowymienną z jednoczesnym odzyskiem związków azotu,
- rozkładem mocznika metodą enzymatyczną,
- sposobem mocowania dysz filtracyjnych w płytach drenażowych (wdrożenie w zakładzie Wodociąg Północny).

W roku 1984 praktycznie cały Zespół Technologii Wody i Ścieków opuścił Zakład Technologii Chemicznej i przeniósł się na Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej.

2.3. ZESPÓŁ KATALIZY I KATALIZATORÓW

Największą i funkcjonującą przez cały czas istnienia Zakładu (Katedry) Technologii Chemicznej grupą badawczą był Zespół Katalizy i Katalizatorów, prowadzony przez kolejnych Kierowników jednostki (zdjęcia z okresu kierowania jednostką, rysunek 4).

Pod kierunkiem prof. Barcickiego w Zakładzie podjęto tematykę dotyczącą katalizy heterogenicznej i technologii chemicznej przemysłu azotowego, co miało związek z powstaniem Zakładów Azotowych w Puławach i rozpoczęciem wieloletniej współpracy z przeniesionym do Puław Instytutem Nawozów Sztucznych (INS), największym w kraju producentem katalizatorów. Współpraca ta trwa do chwili obecnej i wywarła duży wpływ na problematykę badawczą Zakładu (Katedry). Wymienieni powyżej trzej Kierownicy Zakładu (Katedry) przez wiele lat byli członkami Rady Naukowej INS (Instytut Nowych Syntez Chemicznych, wcześniej Instytut Nawozów Sztucznych) Puławy.



Rysunek 4. Kierownicy Zakładu/Katedry Technologii Chemicznej: a) Prof. dr hab. Janusz Barcicki (1970-1991), b) Prof. dr hab. Tadeusz Borowiecki (1991-2011), c) Prof. dr hab. Janusz Ryczkowski (od 2011).

Figure 4. Department of Chemical Technology Heads: a) Prof. dr Janusz Barcicki (1970-1991), b) Prof. dr Tadeusz Borowiecki (1991-2011), c) Prof. dr Janusz Ryczkowski (since 2011).

2.4. APARATURA BADAWCZA

W latach 1968-72 opracowano metodę i skonstruowano aparat do oznaczania śladowych ilości siarki w gazach palnych (rysunek 5) [2,3]. Metodę jak też wytwarzany aparat zastosowano w kilkunastu instytutach badawczych i zakładach przemysłowych związanych z wydobyciem i wykorzystaniem gazu ziemnego (m.in. Zjednoczenie Kopalnictwa Gazu Ziemnego w Sanoku, Instytut Naftowy w Krośnie, kopalnie gazu ziemnego w Jaśle, Sanoku i Mielcu, Zakłady Azotowe we Włocławku).

**UNIWERSYTET MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ
W LUBLINIE
Instytut Chemii – Zakład Technologii Chemicznej**

**ANALIZATOR DO OZNACZANIA ZAWARTOŚCI
SIARKI OGÓLNEJ W WĘGLOWODORACH
GAZOWYCH**

**АНАЛИЗАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ОБЩЕЙ СЕРЫ В ГАЗОВЫХ УГЛЕВОДОРОДАХ**

Analizator do oznaczania zawartości siarki ogólnej w węglowodorach gazowych

Przyrząd przeznaczony jest do oznaczenia zawartości siarki ogólnej w gazach palnych, również w gazach zawierających węglowodory nienasycone, poprzez uformowanie związków siarki na nielu Raney'a w temperaturze 200°C i przy ciśnieniu wodora.

W podanych warunkach niel Raney'a chemisorbuje siarkę na swojej powierzchni. Wydzielony siarczek nielu, reakluje się kwasem w tym samym naczyńku reakcyjnym, a wydzielający się siarkowodór przepływa do strumienia gazu nośnego dla płukania z roztworem absorpcyjnym. Po absorpcji H₂S w roztworze tym przeprowadza się syntezę tlenku maityleowego, którego intensywność zabarwienia mierzy się kolorymetrycznie.

Główna część aparatu wykonana ze stali zamontowana jest na stole metalowym, na którym umieszczone również części elektryczna i pomiarowa-kontrolna analizatora.

Główne parametry:
— gaz nośny — wodor

— temperatura pracy — 200°C
— standardowa objętość próbki — 1 l
— minimalna ilość siarki w próbce — 2 mg/Nm³
— czas analizy — 3 godz.
— wymiary (cm) — 43 × 30 × 100
— ciężar aparatu — 20 kg

Przy większych zawartościach siarki w gazie matowa jest zmniejszenie objętości próbki (pipety) przepuszczanej przez katalizator. Dla gazów o mniejszej od 2 mg zawartości siarki w Nm³ matne stosować opisany analizator przy wprowadzeniu do gazu nośnego daweknych ilości badanego gazu, z pomocą pompy, przez specjalnie zamontowany fiolametr.

Analizator znalazł zastosowanie w szeregu laboratoriach związanych z Przedsiębiorstwami Kopalnictwa Naftowego.

Opracowanie i produkcja matoszyjni:
**Zakład Technologii Chemicznej
Instytutu Chemii UMCS w Lublinie**

Centralne Warsztaty Aparatury Unikalnej UMCS w Lublinie

Rysunek 5. Prospekt analizatora do oznaczania zawartości siarki w węglowodorach gazowych [3].
Figure 5. Folders of the analyser for determining the sulphur content in gaseous hydrocarbons [3].

Dla własnych potrzeb badawczych pod kierunkiem mgr (dr) Dobiesława Nazimka opracowano i zbudowano reaktor bezgradientowy do badania kinetyki

reakcji katalitycznych w wysokich temperaturach [4-8]. Reaktor wzbudził zainteresowanie wielu krajowych instytucji naukowo-badawczych i na ich zamówienie zbudowano ok. 10 egzemplarzy. Różne wersje reaktora bezgradientowego (również w wersji ciśnieniowej) wielokrotnie były wystawiane na wystawach w kraju i zagranicą (rysunek 6).



Rys. 6. Prospekt reaktora bezgradientowego i jego prezentacja na targach w Dusseldorfie (Niemcy) [8].
Figure 6. Gradientless reactor folder and its presentation at the fair in Dusseldorf (Germany) [8].

2.5. WSPÓŁPRACA W OPRACOWYWANIU TECHNOLOGII

W latach 70-tych XX w. opracowano i opatentowano technologię wytwarzania katalizatora do otrzymywania atmosfer ochronnych. Katalizator zastosowano w FSC Lublin, a następnie w kilku innych zakładach związanych z przemysłem motoryzacyjnym i maszynowym.

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych wspólnie z INS podjęto badania nad technologią wytwarzania i właściwościami aktywnego tlenku cynku jako sorbenta związków siarki. Technologię tę, chronioną kilkoma patentami wdrożono w Wytwórni Katalizatorów Instytutu Nawozów Sztucznych w Puławach w 1983 roku [9-11]. Współautorami technologii byli dr Jerzy Niecko i prof. dr hab. J. Barcicki (rysunek 7).



Rysunek 7. Przed budynkiem Instytutu Chemii UMCS od lewej: Dr Jerzy Niecko, Prof. dr hab. Janusz Barcicki, Mgr Andrzej Machocki, Dr Lucjan Pawłowski.

Figure 7. In front of the building of the MCSU Institute of Chemistry from the left: Dr Jerzy Niecko, Prof. Dr Janusz Barcicki, M.Sc. Andrzej Machocki, Dr Lucjan Pawłowski.

W programie rządowym PR-1 „Zgazowanie węgla” od 1976 r., we współpracy z Instytutem Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Warszawie, realizowano badania nad otrzymywaniem katalizatora metanizacji do procesu otrzymywania tzw. zastępczego gazu ziemnego (SNG) w gazach pochodzących ze zgazowania węgla, zawierającego związki siarki będące truciznami katalizatorów metalicznych (niklowych). Wynikiem prac było opracowanie technologii otrzy-my-

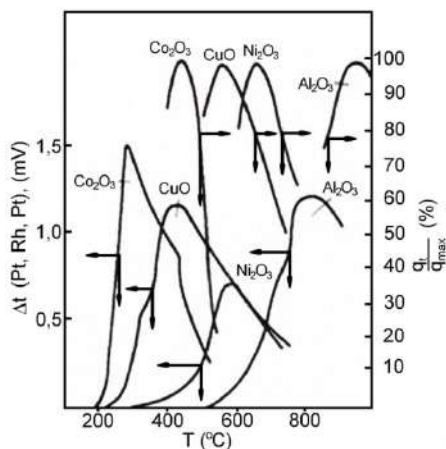
wania katalizatora dla takiego procesu o podwyższonej odporności na zatrucia i szoki temperaturowe, wykorzystującej opracowaną również technologię wytwarzania tlenkowego koncentratu niklowo-glinowego przydatnego przy wytwarzaniu katalizatorów niskotemperaturowych procesów uwodornienia (np. tłuszczów) [12,13].

3. BADANIA KATALIZATORÓW RÓŻNYCH REAKCJI

3.1. UTLENIANIE AMONIAKU

W drugiej połowie lat 70-tych XX w. bardzo interesującą serię badań katalizatorów reakcji utleniania z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody DTA (*Differential Thermal Analysis*) wykonała grupa pod kierunkiem dr Andrzeja Wojnowskiego [14,15]. Na przykładzie silnie egzotermicznej reakcji utleniania amoniaku zajęto się problemem roli ciała stałego i znaczeniem rozpraszania energii (*dissipation energy*) [16,17] przez katalizator na przebieg i selektywność reakcji. Generowane w reakcji ciepło określano mierząc wielkość przegrzania pracującego katalizatora względem temperatury gazu i na tej podstawie obliczając ilość wydzielanego ciepła [14,18]. Dla wszystkich katalizatorów (głównie czyste tlenki metali) stwierdzono, że przy wzroście temperatury katalizatora pojawia się maksimum ilości generowanego ciepła, a krzywe q_t/q_{\max} jako funkcje temperatury mają bardzo podobny kształt (rysunek 8) [19]. Zjawisko nie wynikało z dezaktywacji katalizatorów, gdyż wraz ze spadkiem temperatury w omawianym obszarze ponownie nastąpił wzrost ilości wytwarzanego ciepła.

Na podstawie uzyskanych wyników postawiono hipotezę dotyczącą zjawiska, które można nazwać „konkurencyjnością energetyczną w stabilizacji wiązania” na powierzchni katalizatora. W wyniku tej konkurencji, w warunkach ograniczających przepływ energii (wzrost temperatury, struktura katalizatora mająca wpływ na transport energii w stanie stałym, np. przewodzenie ciepła przez fazę objętościową), powstają tylko te wiązania (także cząsteczki), których stabilizacja wymaga rozproszenia mniejszej ilości energii. Wzrost temperatury katalizatora i większe trudności w rozpraszaniu energii prowadzą do zmiany selektywności utleniania amoniaku, który przechodzi od produktu najbardziej egzotermicznej reakcji (N_2) poprzez produkt o niższej egzotermiczności (N_2O), do najmniej egzotermicznej reakcji (do NO) i w końcu do hamowania tej ostatniej [15].



Rysunek 8. Przykładowe krzywe przegrzania katalizatora i spadki wydzielanego ciepła (w zależności od temperatury), obliczone na podstawie przegrzania w mieszaninie 10% NH_3 + 90% powietrze, liniowy przepływ około 85 cm/s [15].

Figure 8. Examples of catalyst superheating curves and drops in heat release (depending on temperature), calculated on the basis of superheating in a mixture of 10% NH_3 + 90% air, linear flow of approximately 85 cm/s [15].

Doskonała zgodność powyższego opisu z rzeczywistym obrazem obserwowanym przy utlenianiu amoniaku potwierdza słuszność

przyjętej hipotezy. Na jej podstawie można również wyjaśnić przebieg zjawisk oscylacyjnych [20,21], obserwowanych w czasie utleniania amoniaku w wysokich temperaturach: wzrost temperatury prowadzi do rozkładu amoniaku, co wywołuje spadek temperatury katalizatora, a zatem wzrost zdolności rozpraszania energii. Pojawia się możliwość przebiegu reakcji egzotermicznej, co powoduje rozgrzanie katalizatora, spadek zdolności rozpraszania energii, rozkład amoniaku itd.

Autorzy prac sugerowali możliwość reinterpretacji wyników literaturowych dotyczących zarówno utleniania amoniaku, jak też innych reakcji egzotermicznych np. utleniania CO ze względu na ogólność zjawisk rozpraszania energii reakcji [19]. Konkluzją badań grupy A. Wojnowskiego było stwierdzenie, że w przypadku reakcji egzotermicznych cząsteczek i rodników o stosunkowo małej liczbie wiązań tworzenie się cząsteczek produktów (przebieg reakcji) jest możliwy tylko pod warunkiem efektywnego rozpraszania energii z wiązań tworzących się w czasie reakcji.

Warto w tym miejscu zauważyć, że zagadnienia rozpraszania energii reakcji są nadal bardzo aktualne, o czym świadczą liczne publikacje takie jak np. specjalny zeszyt wydawnictwa Frontiers in Chemistry, Sec. Chemical Physics and Physical Chemistry, vol. 12, 18 April 2024 pt. „Dynamics at surfaces: understanding energy dissipation and physicochemical processes at the atomic and molecular level”. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1411748>

3.2. KATALIZATORY Z WYSOKĄ DYSPERSJĄ FAZY AKTYWNEJ

Jednym z najważniejszych kierunków badawczych realizowanych od lat 70-tych XX w. do dzisiaj w Zakładzie Technologii Chemicznej są badania wpływu dyspersji fazy aktywnej katalizatorów typu metal/nośnik na przebieg szeregu reakcji z udziałem węglowodorów, wodoru i tlenków węgla.

3.2.1. Metoda podwójnej impregnacji (DIM)

W ramach tej tematyki opracowano nową, oryginalną metodę otrzymywania wysoko zdyspergowanych katalizatorów metalicznych na nośnikach, polegającą na wprowadzeniu dodatkowego etapu impregnacji nośnika roztworem chelatu (np. sól disodowa kwasu etylenodiaminotetraoctowego ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$)), przed impregnacją roztworem metalu aktywnego w klasycznej metodzie impregnacyjnej [22-25]. Metoda ta została opatentowana [26] i weszła do literatury światowej pod nazwą podwójnej impregnacji DIM (*Double Impregnation Method*). Zaproponowany sposób preparatyki katalizatorów typu metal/nośnik, zapewnia "homogeniczną" dystrybucję składnika aktywnego np. niklu. Efekt ten uwidacznia się po obróbce termicznej prekursora i aktywacji kontaktu w atmosferze wodoru (773K).

Przeprowadzone dalsze badania wykazały, że modyfikacja nośnika glinowego solą disodową EDTA powoduje jego "aktywację", której efektem jest utworzenie nowych form powierzchniowych odpowiedzialnych za określony przebieg dalszych etapów preparatyki metodą podwójnej impregnacji. Badania spektroskopowe dla układów uzyskiwanych w poszczególnych etapach preparatyki metodą podwójnej impregnacji pozwoliły na stwierdzenie, że zastosowanie EDTA jako modyfikatora wewnętrznego powoduje utworzenie takich form powierzchniowych, które w zależności od stężenia roztworów Ni^{2+} wprowadzanych w etapie późniejszym powodują odpowiednią ich dystrybucję [27-31].

Z punktu widzenia badań katalitycznych zastosowanie EDTA lub jego soli sprowadzało się do roli modyfikatora "wewnętrznego". Badania spektroskopowe miały na celu potwierdzenie sposobu oddziaływania modyfikatora na tlenkową powierzchnię nośnika. Badania przeprowadzone techniką ATR [32] i ^{27}Al NMR [33] potwierdziły elucję powierzchniowych jonów Al^{3+} z nośnika glinowego. Opublikowane wyniki były pierwszymi tego typu doniesieniami, jakie uzyskano na drodze badań spektroskopowych. Największą ilość badań z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni poświęcono oddziaływaniu kompleksonów (zwłaszcza EDTA) i innych reagentów organicznych z powierzchniami tlenkowymi [27-33]. Nowe możliwości w obszarze dotychczas prowadzonych badań spektroskopowych dała nowa technika jaką jest spektroskopia fotoakustyczna w zakresie podczerwieni [34-36].

3.2.2. Dyspersja fazy aktywnej a aktywność katalizatorów

Badania wpływu dyspersji fazy aktywnej katalizatorów nośnikowych (układy proste i bimetaliczne) pozwoliły na zaproponowanie mechanizmu reakcji hydrogenolizy prostych alkanów z uwzględnieniem szczególnej roli tzw. centrów B-5 na selektywność reakcji [23,24,37,38].

3.2.3. Dyspersja fazy aktywnej a zawęglanie katalizatorów

Na początku lat 70-tych XX w tematykę badań katalitycznych poszerzono o prace nad czynnikami zwiększającymi aktywność i odporność na dezaktywację (spiekanie, zawęglanie) niklowych katalizatorów reformingu parowego węglowodorów i metanizacji CO₂ (prowadzone w ramach tzw. problemów węglowych koordynowanych przez Instytut Chemii Fizycznej PAN w Warszawie) oraz badania innych katalizatorów, np. konwersji CO z parą wodną, syntezy Fischera-Tropscha, katalizatorów zeolitowych i innych.

W ścisłej współpracy z Zakładem Katalizatorów INS (ZK INS) Puławy w 1976 r. rozpoczęto prace nad otrzymaniem katalizatora reformingu wyższych węglowodorów, odpornego na zawęglanie. Badania dotyczyły doboru składu nośnika [39,40] i katalizatora, warunków preparatyki i obróbki wstępnej, wpływu tych czynników na właściwości i odporność na zawęglanie a także badania mechanizmu zawęglania i morfologii powstających depozytów węglowych. Badania pozwoliły na uzyskanie kilku patentów [43-45] oraz opublikowanie szeregu prac. W rezultacie wykonanych prac we współpracy z ZK INS opracowano technologię otrzymywania nowego katalizatora reformingu parowego [44-46] o wysokiej odporności na zawęglanie oraz wyprodukowano dużą szarżę takiego katalizatora.

Jednym z najważniejszych wyników tych badań było wskazanie dwóch grup czynników determinujących odporność katalizatorów niklowych reformingu parowego na zawęglanie:

- czynników bezpośrednich - dyspersji niklu [47] i składu fazowego nośnika [48] oraz
- czynników pośrednich wpływających na szybkość zawęglania poprzez wywoływanie zmian czynników bezpośrednich [49].

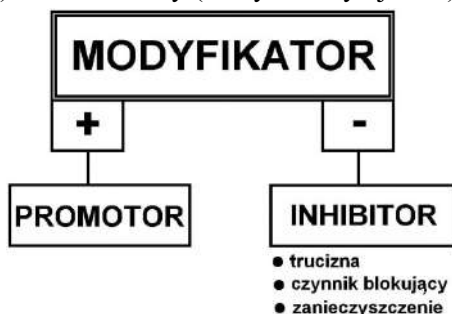
Wykazano, że wzrost dyspersji niklu powoduje wydłużenie tzw. czasu indukcji zawęglania w reakcji reformingu parowego węglowodorów, bardzo ważnego czynnika determinującego odporność na zawęglanie [50].

Badania morfologii depozytów węglowych powstających na katalizatorach niklowych na różnych nośnikach metodą HRTEM (*High Resolution Transmission Electron Microscopy*) pozwoliły na wskazanie wpływu nośnika (Al₂O₃, MgO) oraz temperatury reformingu parowego na stan cząstek niklu i budowę włókienek węglowych [51,52].

3.3. KATALIZATORY Z DODATKIEM PROMOTORÓW

Bardzo ważnym zadaniem badań katalitycznych jest zwiększanie selektywności i/lub aktywności katalizatorów. W praktyce przemysłowej najczę-

ściej stosuje się katalizatory nośnikowe. Złożoność składu takich katalizatorów związana jest nie tylko z obecnością fazy aktywnej i nośnika, ale także niewielkich ilości dodatków (pierwiastki lub związki chemiczne). Dodatki te nazywane modyfikatorami zwykle same nie są aktywne w katalizowanej reakcji i mają bardzo często właściwości odmienne od podstawowych składników kontaktów [53]. Modyfikatory katalizatorów dzieli się na dwie grupy: promotory (modyfikatory dodatnie) oraz inhibitory (modyfikatory ujemne) – rysunek 9.



Rysunek 9. Podział modyfikatorów ze względu na ich działanie [53].
Figure 9. Division of modifiers according to their effect [53].

Przez cały okres prowadzenia badań nad katalizatorami przemian węglowodorów, tlenków węgla i alkoholi (etanol, metanol, glicerol) interesowano się wpływem niewielkich ilości promotorów (dodatków) i modyfikatorów na właściwości powierzchniowe, aktywność, selektywność i odporność na dezaktywację.

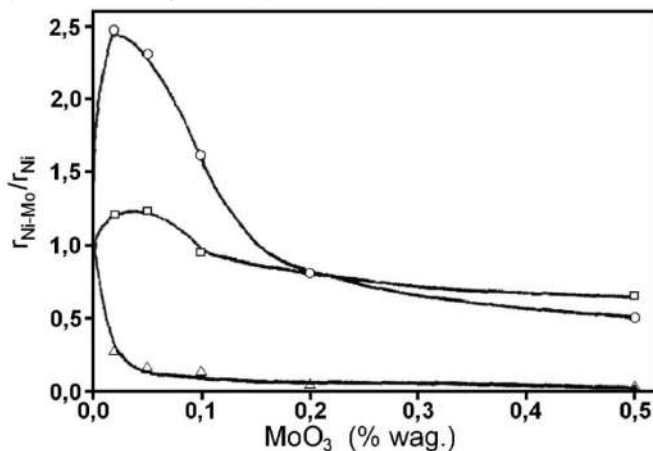
3.3.1. Miedź promotorem katalizatorów niklowych

Na przełomie lat 70/80 XX wieku stwierdziliśmy bardzo znaczący i korzystny wpływ bardzo małych ilości miedzi na przebieg redukcji [54,55] oraz właściwości katalizatorów niklowych w reakcji reformingu parowego metanu [56,57]- metanizacji CO₂ [58] i hydrogenolizy n-butanu [59].

3.3.2. Promotory katalizatorów reformingu parowego i reformingu z ditlenkiem węgla

Promotowanie katalizatorów reformingu węglowodorów parowego i z ditlenkiem węgla dla otrzymania katalizatorów niklowych o wysokiej odporności na zawęglanie zdominowało przez kilkanaście lat problematykę badań zespołu prof. dr hab. Tadeusza Borowieckiego i było prowadzone przy stałej współpracy z ZK INS Puławy kierowanym przez doc. dr hab. Andrzeja Gołębiowskiego. Bardzo obiecującym promotorem katalizatorów niklowych okazały się molibden (opisany w literaturze po raz pierwszy) [60], którego bardzo małe ilości ($\leq 0.2\%$

wag.), zwiększając aktywność katalizatora przy równoczesnym bardzo znacznym ograniczeniu szybkości zawęglania (rysunek 10) [61].



Rysunek 10. Względna aktywność i względna szybkość zawęglania w funkcji ilości promotora [o – aktywność względna w reformingu parowym metanu (500°C, H₂O : C = 2,0); □ - aktywność względna w reformingu parowym metanu (600°C, H₂O : C = 2,0); Δ - względna szybkość zawęglania w reformingu parowym n-butanu (H₂O : C = 2,0)] [61].

Figure 10. Relative activity and relative coking rate as a function of promoter amount [o - relative activity in steam reforming of methane (500°C, H₂O : C = 2,0); □ - relative activity in steam reforming of methane (600°C, H₂O : C = 2,0); Δ - relative coking rate in steam reforming of n-butane (H₂O : C = 2,0)] [61].

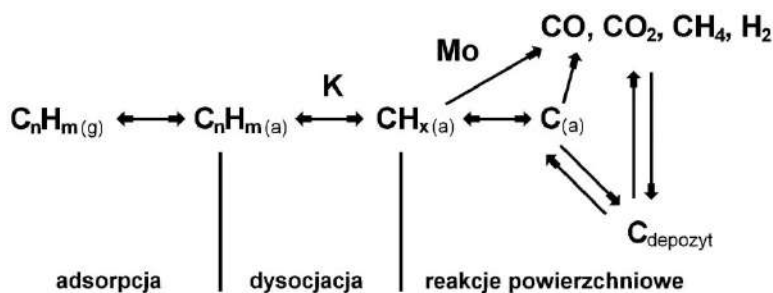
Poszukując wyjaśnienia mechanizmu działania promotora molibdenowego w katalizatorach niklowych reformingu parowego węglowodorów stwierdzono:

- dodatek Mo przedłuża czas indukcji zawęglania [62],
- obecność nawet niewielkich zawartości wodoru w mieszaninie reakcyjnej eliminuje zagrożenie ucieczki (strat) molibdenu z odpornych na zawęglanie katalizatorów Ni-Mo nawet w temperaturze 800° C [63].
- badania HRTEM wykazały, że przy takiej morfologii ilość krystalitów na których tworzy się depozyt jest dla katalizatora Ni-Mo znacznie mniejsza niż dla katalizatora Ni [64],
- efekt dodatku Mo zależy od prowadzonej reakcji [65]. W reakcji hydrogenolizy wpływ Mo na zawęglanie jest mały, a w reakcji krakingu – nie występuje. Sugeruje to brak wpływu molibdenu na chemisorpcję dysocjacyjną węglowodoru i powstawanie CH_{x(a)}, których dalsze przekształcenia zależą od rodzaju i skuteczności środka zgazowującego (H₂O>>H₂),
- ogrzewanie katalizatorów Ni-Mo w mieszaninach H₂O+H₂ w temperaturach 500-600° C powoduje wzrost średniego stopnia utlenienia powierzchniowych atomów Mo [66]. Oznacza to większą koncentrację atomów tlenu na powierzchni katalizatorów Ni-Mo/Al₂O₃ w warunkach

reformingu parowego węglowodorów niż w przypadku katalizatora niklowego, a dzięki temu zwiększoną odporność na zawęglanie.

Interesujące wyniki uzyskano także dla potasu, znanego z praktycznych zastosowań jako promotora katalizatorów reformingu parowego węglowodorów. W odróżnieniu jednak od Mo, dodatek potasu powoduje obok ograniczenia zawęglania także bardzo znaczny spadek aktywności. Porównanie sposobu wprowadzenia potasu albo do przemysłowego katalizatora albo do nośnika przed wprowadzeniem niklu, wykazało, że tylko ten pierwszy sposób zapewnia znaczne ograniczenie zawęglania [67]. Kontynuacja badań z promotorem potasowym na modelowych katalizatorach (90NiO-10Al₂O₃) w porównaniu do typowego katalizatora impregnowanego wykazała niewielkie znaczenie obecności potasu, gdy w układzie dominują oddziaływania potas-nikiel (katalizatory modelowe). Wykorzystanie metody SR-TAD (*Species Resolved Thermal Alkali Desorption*) i mikro-analzy EDX wykazało, że dla uzyskania znaczącego efektu ograniczenia zawęglania w reakcji reformingu parowego węglowodorów konieczne jest zastosowanie takiej preparatyki, która zapewni obecność potasu, głównie na powierzchni nośnika [68].

Na podstawie przeprowadzonych badań zaproponowano model działania promotorów Mo i K w reakcji reformingu parowego węglowodorów (rysunek 11) [64].



Rysunek 11. Ogólny schemat zależności pomiędzy formami powstającymi podczas rozkładu węglowodorów i kolejnych reakcji [64].

Figure 11. A general diagram of the relationship between the forms formed during the decomposition of hydrocarbons and subsequent reactions [64].

Dodatek potasu ogranicza przebieg i zakres dysocjacyjnej chemisorpcji węglowodoru, natomiast molibden, dzięki zwiększeniu koncentracji atomów tlenu na powierzchni katalizatora, zwiększa udział reakcji zgazowania $CH_x(a)$ species w ich dalszych przekształceniach.

Podsumowaniem badań zespołu (wg stanu na rok 2005) nad wpływem promotorów katalizatorów niklowych przeznaczonych do reformingu parowego

węglowodorów była publikacja na zaproszenie w monografii pt. "*Focus on Catalysis Research*", (Ed. L.P. Bevy) Nova Science Publishers [69].

Początkowo badania zawęglania katalizatorów prowadzono metodą grawimetryczną, wobec której formułowane są w literaturze zastrzeżenia dotyczące niecałkowitego kontaktu mieszaniny gazowej z próbką kontaktu oraz trudności z dokładną kontrolą temperatury próbki, szczególnie dla reakcji ze znacznym efektem egzo- czy endotermicznym jak np. reforming parowy. Z tego powodu podjęto próbę porównania wyników szybkości zawęglania uzyskiwanych tą metodą z wartościami minimalnej temperatury w której rozpoczyna się powstawanie depozytu węglowego przy temperaturowo programowanej reakcji. Dla serii katalizatorów Ni-Mo wykazano pełną jakościową zgodność odporności na zawęglanie wyrażanych przez szybkość zawęglania w metodzie grawimetrycznej i temperaturą inicjacji zawęglania w metodzie TPReakcji [70,71]. Dopiero wiele lat później zdobyto środki na zakup tzw. wagi wibracyjnej TEOM (*Tapered Element Oscillating Microbalance*), pozwalającej na jednoczesny pomiar szybkości reakcji i szybkości powstawania depozytu węglowego na próbce katalizatora, która eliminuje w/w zastrzeżenia metodyczne.

Badania odpornych na zawęglanie katalizatorów niklowych rozszerzono później na reforming metanu z ditlenkiem węgla, jeszcze bardziej niż reforming parowy zagrożony powstawaniem depozytów węglowych np. [72]. Problematyce tej zostanie jeszcze poświęcona uwaga w dalszej części opracowania.

Od pierwszych prac Cvetanovic`a i Amenomiya [73] poświęconych temperaturowo-programowanym metodom ich zastosowanie w badaniach katalitycznych było i jest powszechne. O ich popularności decydowały wielostronne możliwości zastosowania (TPDesorpcja, TPRedukcja, TPReakcja czy TPOutlenianie) [74] przy stosunkowo dużej prostocie aparaturowej oraz niskich kosztach. Z tych powodów metody temperaturowo-programowane były i są w różnych wersjach wykorzystywane w naszych badaniach katalizatorów.

Na początku lat 2000 w grupie prof. T. Borowieckiego powrócono do badań wpływu promotorów na właściwości katalizatorów niklowych procesów reformingu parowego i z ditlenkiem węgla. Postanowiono zweryfikować wpływ innych niż molibden metali przejściowych: wolframu i renu. We współpracy z dwoma zagranicznymi ośrodkami *Laboratoire de Catalyse de Lille, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille* i *Chemical Research Center, Hungarian Academy of Sciences, Budapest* rozpoczęto program badań wpływu dodatku małych ilości wolframu do różnie preparowanych katalizatorów niklowych na ich właściwości w reakcjach przemian węglowodorów. W literaturze w tamtym czasie brakowało takich danych, a publikacje dotyczyły głównie katalizatorów hydroodsiarczania o podobnym składzie jakościowym, ale w których zawartość

wolframu jest kilkukrotnie większa od zawartości niklu. Dodatek wolframu zmniejszał szybkości powstawania depozytu węglowego w reakcji reformingu parowego n-butanu, jednak powstający depozyt powodował blokowanie powierzchni aktywnej katalizatora.

Znacznie ciekawsze wyniki przyniosły badania dodatku renu do przemysłowego katalizatora procesu reformingu parowego produkowanego przez INS Puławy. Dodatek niewielkich ilości Re powodował, w odróżnieniu od stosowanego w praktyce przemysłowej potasu, nie tylko wzrost odporności na zawęglanie, ale także wzrost dyspersji i aktywności [75]. Katalizatory Ni-Re w których w wysokich temperaturach reakcji powstaje stop Ni-Re [co potwierdzono wynikami XRD (*X-ray Diffraction*) i STEM-EDX (*Scanning Transmission Electron Microscopy-Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy*)], wykazują korzystne właściwości także w reakcji reformingu z ditlenkiem węgla [76].

W ramach dywersyfikacji zaopatrzenia Polski w gaz ziemny istotnym elementem było i jest dostosowanie przemysłu azotowego do przerobu LNG (*Liquefied Natural Gas*) o różnym składzie [77]. Zmiana surowca może powodować problemy technologiczne i pogorszenie ekonomiki produkcji. We współpracy z Instytutem Nowych Syntezy Chemicznych Puławy i Wydziałem Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej realizowano w ramach Programu Badań Stosowanych badania pt. „Wykorzystanie LNG jako surowca do produkcji nawozów azotowych – nowe rozwiązania technologiczne”. Zadaniem Zakładu/Katedry była ocena termostabilności opracowanych w INS wysokoniklowych katalizatorów prereformingu LNG oraz ich odporności na zawęglanie. Przeprowadzone badania pozwoliły na zaproponowanie do prereformingu LNG współstrącanego katalizatora Ni-Al-La o zawartości ok. 2% wag. La [78].

3.4. UTLENIAJĄCA DIMERYZACJA METANU

Bardzo ważnymi okazały się badania nad otrzymywaniem i właściwościami katalizatorów dla nowego w latach 90-tych XX w. procesu utleniającej dimeryzacji metanu, prowadzonego w celu wytworzenia węglowodorów C^{2+} [79]. Badania prowadzone pod kierunkiem dr Andrzeja Machockiego (początkowo w ramach projektu RPBR nr. 6, koordynowanego przez Instytut Chemii Przemysłowej) pozwoliły na opracowanie składów katalizatorów zapewniających wydajności produktów na poziomie najlepszych wyników publikowanych w literaturze np. [80-82] oraz sposobu otrzymywania katalizatora o bardzo dobrych cechach użytkowych oraz ogromnej prostocie preparatyki [83-85]. Zaproponowano również prowadzenie procesu w systemie reaktor-adsorber

z recykulacją mieszaniny reakcyjnej [86] zapewniający bardzo wysoki stopień wykorzystania reagentów (>90%).

3.5. BEZPŁOMIENIOWE SPALANIE METANU I METODA SSITKA

Od początku lat 2000 prowadzono w Zakładzie/Katedrze badania nad bezpłomieniowym spalaniem metanu [87]. Ich kontynuacją są badania procesów i układów katalitycznych z wykorzystaniem różnych izotopów tlenu (^{16}O i ^{18}O) oraz węglowodorów zawierających różne izotopy węgla (^{12}C i ^{13}C). Badania te z wykorzystaniem metody analizy kinetycznej izotopowych zaburzeń w stanie stacjonarnym (*SSITKA - steady-state isotopic transient kinetic analysis*) dotyczyły katalitycznego procesu całkowitego utleniania metanu [88-91]. W późniejszych latach rozpoczęto również badania mobilności tlenu w tlenkowych układach katalitycznych z wykorzystaniem temperaturowo-programowanej wymiany izotopowej (*TPIE - temperature-programmed isotopic exchange*) oraz badania mechanizmu katalitycznego procesu utleniania sadzy ze spalin silników Diesla metodą analizy kinetycznej izotopowych zaburzeń w stanie niestacjonarnym (*ITKA - isotopic transient kinetic analysis*) [92].

Obserwacje i wnioski wynikające z badań katalitycznego spalania metanu zostały wykorzystane do analizy możliwości ograniczenia emisji metanu z kopalń węglowych przez katalityczne oczyszczanie powietrza wentylacyjnego [93]. Spośród różnych katalizatorów najkorzystniejsze właściwości wykazywał układ Pd/Al₂O₃ o wysokiej dyspersji metalu aktywnego [94]. Badania podstawowe znalazły kontynuację w realizacji pracy pt. "*Proekologiczna technologia utylizacji metanu z kopalń*" finansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Oś priorytetowa: 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie: 1.3. Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie: 1.3.1. Projekty rozwojowe, w ramach konsorcjum UMCS – Politechnika Wrocławska -AGH Kraków. Program zakończył się uruchomieniem dużej pilotażowej instalacji utylizacji metanu z powietrza wentylacyjnego kopalń węglowych (15 ton) w Kopalni Węgla Kamiennego *Jas-Mos* w Jastrzębiu Zdroju, w maju 2012 r.

3.6. WSPÓŁPRACA Z ZAKŁADEM CHEMII TEORETYCZNEJ

Prof. Władysław Rudziński z Zakładu Chemii Teoretycznej UMCS zaproponował pierwszą ilościową analizę krzywych TPD (*Temperature Programmed Desorption*) z heterogenicznych powierzchni [95]. W latach 1995-2005 kilkoro pracowników Zakładu Technologii uczestniczyło w realizowanym pod kierunkiem prof. Rudzińskiego projekcie wykorzystania eksperymentalnych

krzywych TPD do opisu energetycznej heterogeniczności powierzchni ciał stałych (katalizatorów) np. [96-99].

To nowe podejście wykorzystano do porównania wyników TPD wodoru z katalizatorów Ni i Ni-Mo [100]. Wprowadzenie molibdenu przesunęło pozycję maksimum pików w kierunku wyższych energii adsorpcji, co potwierdziło obserwowany wcześniej wzrost silnie chemisorbowanego wodoru. Może to powodować wzrost ilości nie całkowicie odwodornionych form CH_x przy dysocjacyjnej chemisorpcji węglowodoru na powierzchni katalizatora Ni-Mo, a przez to zwiększać odporność takiego katalizatora na zawęglanie.

Metodę prof. Rudzińskiego wykorzystano także do analizy wyników TPD wodoru [101] i amoniaku [102] ze współstrącanych katalizatorów $(70-x)\text{NiO}-x\text{MgO}-30\text{Al}_2\text{O}_3$ (gdzie $x=0-50$ % wag.) przeznaczonych dla reformingu metanu z parą wodną lub ditlenkiem węgla [103], a zaproponowanych w ramach Projektu Zamawianego PBZ/KBN/018/T09/99. Wyniki TPD H_2 pokazały [101], że dodatek MgO powoduje powstawanie centrów adsorpcji wodoru o wysokiej energii. Stwierdzono także istnienie korelacji pomiędzy średnią wielkością kryształitów niklu, malejącą wraz ze wzrostem zawartości MgO, a rozkładem wielkości energii adsorpcji. Wskazuje to, że MgO wpływa na właściwości energetyczne (i katalityczne) zwiększając dyspersję Ni.

Analiza wyników TPD NH_3 dla oceny zmian kwasowości powierzchni wykazała dla wszystkich katalizatorów występowanie 6 różnych pasm energii adsorpcji [102]. Dwa pasma z energiami adsorpcji poniżej 90 kJ/mol praktycznie nie ulegają zmianie przy wzroście zawartości MgO. Dodatek MgO modyfikuje ilości centrów z energiami adsorpcji >90 kJ/mol, przy czym w największym stopniu dotyczy to centrów najsilniejszych o energii 120 kJ/mol, które są z powierzchni eliminowane. Średnia energia adsorpcji amoniaku (średnia kwasowość powierzchni) maleje przy zwiększaniu ilości MgO w katalizatorach. Jest to w pełnej zgodności z sekwencją odporności na zawęglanie w reakcji reformingu metanu z ditlenkiem węgla.

3.7. CENTRUM NANOMATERIAŁÓW FUNKCJONALNYCH

Prof. dr hab. Andrzej Machocki był inicjatorem starań a następnie głównym realizatorem projektu „Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych”, w ramach programu Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Priorytet 2. Infrastruktura sfery B+R, Działanie 2.1. Rozwój ośrodków o wysokim potencjale badawczym (Nr umowy: POIG.02.01.00-06-024/09-01 (2008 – 2013)). Dzięki zakupieniu ze środków projektu najwyższej klasy aparatury Wydział Chemii znacząco zwiększył nie tylko swoje możliwości badawcze, ale także szanse współpracy z krajowymi i międzynarodowymi ośrodkami badawczymi, przygoto-

wania publikacji na najwyższym światowym poziomie czy możliwość realizacji wielu międzynarodowych projektów.

W projekcie Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych zakupiono dwa mikroskopy transmisyjne najwyższej klasy (wysokorozdzielczy mikroskop elektronowy Titan3 G2 60-300 (FEI) z wyposażeniem analitycznym i uniwersalny elektronowy mikroskop transmisyjny Tecnai G2 20 X-TWIN (FEI) z wyposażeniem analitycznym) przeznaczone do obrazowania budowy mikro- i nanostruktur oraz analizy chemicznej materiałów i nanomateriałów, a także dwa mikroskopy skaningowe najwyższej klasy (wysokorozdzielczy elektronowo-jonowy mikroskop skaningowy Quanta 3D FEG (FEI) z wyposażeniem analitycznym oraz stołowy elektronowy mikroskop skaningowy Phenom (Phenom-World)) przeznaczone do badań mikrostruktury powierzchni i warstwy przypowierzchniowej materiałów. Tak nowoczesna aparatura mikroskopowa stworzyła nowe możliwości badawcze układów katalitycznych otrzymywanych w Katedrze Technologii Chemicznej. Badania obejmowały analizy nanostruktury, morfologii, składu chemicznego i fazowego różnego rodzaju nanomateriałów, a w szczególności katalizatorów do różnych procesów katalitycznych [88, 104-107]. Dr Grzegorz Słowik w 2018 r. obronił rozprawę doktorską pt. *„Morfologia i właściwości katalityczne nanomateriałów kobaltowo-niklowych w reakcji reformingu parowego etanolu”*, w której przedstawił badania dotyczące morfologii, struktury, składu chemicznego i fazowego układów kobaltowo-niklowych na tlenku ceru i wpływ tych właściwości na aktywność, selektywność i stabilność procesu reformingu parowego etanolu [104-106, 108-109].

Zaawansowane badania mikroskopowe układów katalitycznych wykonano w projektach międzynarodowych pt. *„Development of a Portable Internal Reforming Methanol High Temperature PEM Fuel Cell System IRMFC”* (collaborative project No 325358 w 7th Framework Programme, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) i *„Development of an Innovative Concept for Carbon Dioxide Utilization as Side Stream of Integrated Bio-refinery Concepts ICOCAD”* (ERA-NET BIOENERGY/ICOCAD/04/2016, (NCBR)) oraz w projekcie krajowym pt. *„Regulacja mechanizmu konwersji etanolu z wodą wielkością nanocząstek fazy aktywnej katalizatorów metaliczno-tlenkowych”* (SONATA 10 (NCN Nr. 2015/19 D/ST5/01931).

W kolejnych latach badania prowadzone przez dr G. Słowika, w których mikroskopia elektronowa odgrywały kluczową rolę lub stanowiła istotne uzupełnienie podstawowych badań, stały się prężnie rozwijającą się specjalizacją Katedry, na co wskazują liczne prace naukowe (36 publikacji) w renomowanych czasopiśmie międzynarodowych w latach 2019-2023. Prace te były wynikiem współpracy zarówno z ośrodkami krajowymi (m.in. UJ, IChF PAN, PŁ, INS) jak

i zagranicznymi (University of Patras, Grecja, Technical University of Ostrava, Czechy).

3.8. REFORMING PAROWY ALKOHOLI

3.8.1. Reforming etanolu

Prace nad opracowaniem formuły selektywnych, aktywnych, stabilnych oraz odpornych na dezaktywację katalizatorów do otrzymywania wodoru w procesie reformingu parowego etanolu zapoczątkowane przez prof. dr hab. Andrzeja Machockiego w roku 2006 trwają nieprzerwanie do dzisiaj. W badaniach wykorzystywano głównie katalizatory niklowe [106,110,111], kobaltowe [105-108,112,113] kobaltowe z potasem [104,114] czy niklowo-kobaltowe [115,116] na różnych nośnikach tlenkowych. Dokonano szczegółowej charakterystyki fizykochemicznej, a także przeprowadzono kompleksowe badania ich przydatności w reformingu parowym etanolu. Otrzymane wyniki posłużyły lepszemu zrozumieniu korelacji pomiędzy strukturą oraz powierzchnią katalizatorów a ich właściwościami katalitycznymi. Przeprowadzono również szereg badań mających na celu poznanie przyczyn dezaktywacji katalizatorów, ze szczególnym uwzględnieniem odkładania się na ich powierzchni depozytów węglowych. Prace realizowane były/są we współpracy z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi, takimi jak Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, FORTH/ICE-HT z Patras w Grecji oraz Uniwersytet Paryski (Sorbona) we Francji. Efektem badań nad otrzymywaniem wodoru z etanolu w procesie jego katalitycznego reformingu parowego są liczne prace naukowe (ponad 30 publikacji), a także patent dotyczący katalizatora zawierającego zeolit ZSM-5 modyfikowany kobaltem [117].

3.8.2. Reforming glicerolu

Początek XXI wieku przyniósł ogromny wzrost zainteresowania wytwarzaniem biopaliw, a szczególnie tzw. biodiesla pozyskiwanego z różnych olejów roślinnych w procesie transestryfikacji. Ubocznym produktem procesu jest odpad technologiczny, zawierający glicerynę, powstający w ilości ok. 110 kg odpadowej gliceryny na 1 t biodiesla [118]. Przemiana odpadowej frakcji glicerynowej w gaz syntezowy z uwzględnieniem następczej reakcji konwersji CO z parą wodną WGSR (*Water Gas Shift Reaction*) wydawała się najlepiej spełniać nadzieje na zagospodarowanie dowolnych ilości tego odpadu, z uzyskaniem wartościowego produktu. Przeprowadzone badania wielu różnych serii katalizatorów tego procesu zakończyły się rozprawą doktorską Marcina Cichego, oraz publikacjami opisujących najciekawsze układy czyli katalizatory Ni-Re [119] oraz Ni na niestechiometrycznym hydroksyapatycie (HPa) [120]. Badania kataliza-

torów Ni i Co na HPA prowadzono we współpracy z Instytutem Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN (INTiB Wrocław) [121].

3.9. SPEKTROSKOPIA IR I PAS

W Zakładzie/Katedrze Technologii Chemicznej wykorzystywano różne techniki spektroskopii IR, które umożliwiały badanie zarówno katalizatorów bądź ich prekursorów (także w warunkach *in situ*) [122], materiałów węglowych [123,124] oraz materiałów krzemionkowych (m.in. MCM-41, SBA-15) [125-127]. Prowadzono również badania dotyczące zastosowania różnego rodzaju kompleksonów i ich adsorpcji na nośnikach o różnym punkcie izoelektrycznym, pod kątem ich użycia do preparatyki katalizatorów i fotokatalizatorów metodą podwójnej impregnacji (ang. *double impregnation method*, DIM) [128]. Metody spektroskopowe wykorzystano do badania depozytów węglowych, powstających podczas reakcji katalitycznych z udziałem węglowodorów i tlenków węgla [129], identyfikacji grup funkcyjnych, powstających na powierzchni różnych rodzajów węgla (uzyskanych z różnych surowców), poddawanych działaniu gazowego tlenu azotu w różnych temperaturach [130], pyłu księżycowego z misji Apollo [131] oraz badań kinetyki fotopolimeryzacji kompozytów używanych do produkcji światłowodów. Technika FT-IR/PAS użyta była również w badaniu zanieczyszczeń membran używanych w procesach ultrafiltracji. Technika ta została użyta po raz pierwszy w badaniu takich procesów [132].

W ostatnich latach w Katedrze Technologii Chemicznej spektroskopia IR jest wykorzystywana głównie jako narzędzie do analizy próbek środowiskowych, m.in. osadów ściekowych, odpadów różnego typu, do badania procesów kompostowania i wpływu kawitacji hydrodynamicznej na degradację substancji trudno-degradalnych [133-136].

3.10. PREPARATYKA I CHARAKTERYSTYKA KATALIZATORÓW

Prowadzone prace związane były z poszukiwaniem zależności między właściwościami strukturalnymi, powierzchniowymi, utleniająco-redukcyjnymi oraz kwasowo-zasadowymi katalizatorów nośnikowych, a ich właściwościami katalitycznymi w takich reakcjach, jak uwodornienie ditlenku węgla, przemiany metanolu, etanolu oraz węglowodorów w kierunku wodoru, utlenianie tlenu węgla i związków organicznych, opracowaniem nowych katalizatorów, analizą procesów ich dezaktywacji, badaniami katalizatorów i materiałów funkcjonalnych z wykorzystaniem m.in. metod temperaturowo-programowanych (TPR, TPD, TPO) oraz technik spektroskopowych.

Prowadzone prace zaowocowały wyjaśnieniem wpływu składu oraz warunków syntezy katalizatorów niklowych z dodatkiem różnych promotorów, m.in. Mo, Ce,

W, Re, katalizatorów niklowo-magnezowych oraz żelazowo-miedziowych na ich właściwości strukturalne, powierzchniowe, kwasowo-zasadowe, redukowalność, zmiany ich właściwości zachodzące podczas procesów związanych z wytwarzaniem wodoru [66,137,138].

Wyjaśniono wpływ składu oraz warunków syntezy nanostrukturalnych katalizatorów utleniania tlenu węgla i związków organicznych na ich właściwości fizykochemiczne i katalityczne, zmiany strukturalne i powierzchniowe zachodzące podczas obróbki termicznej oraz reakcji katalitycznych. Przedmiotem badań były katalizatory na bazie materiałów tlenkowych, m.in. perowskitów, tlenu manganu i ceru, a także nośnikowe katalizatory zawierające metale szlachetne, takie jak Pt, Pd, Ag, Au. Badania umożliwiły, m.in. wyjaśnienie wpływu srebra oraz warunków syntezy katalizatorów na bazie perowskitów lantanowo-manganowych na ich właściwości fizykochemiczne i katalityczne w reakcji utleniania metanu, wyjaśnienie wpływu warunków syntezy katalizatorów manganowych o strukturze oktaedrycznych sit molekularnych oraz dodatku srebra na ich aktywność w reakcji utleniania CO, metanolu, rozkładu N_2O , wyjaśnienie wpływu warunków syntezy, składu chemicznego, obróbki termicznej katalizatorów na bazie uporządkowanych mezoporowatych materiałów krzemianowych zawierających m.in. Mn, Ag, Au, na tworzenie aktywnej formy katalitycznej, ich właściwości powierzchniowe, utleniająco-redukcyjne oraz aktywność katalityczną w reakcji utleniania CO [126,139-141].

W kolejnych badaniach zbadano wpływ warunków syntezy i składu katalizatorów miedziowych i palladowo-cynkowych reformingu parowego metanolu na ich właściwości fizykochemiczne i katalityczne [142-144].

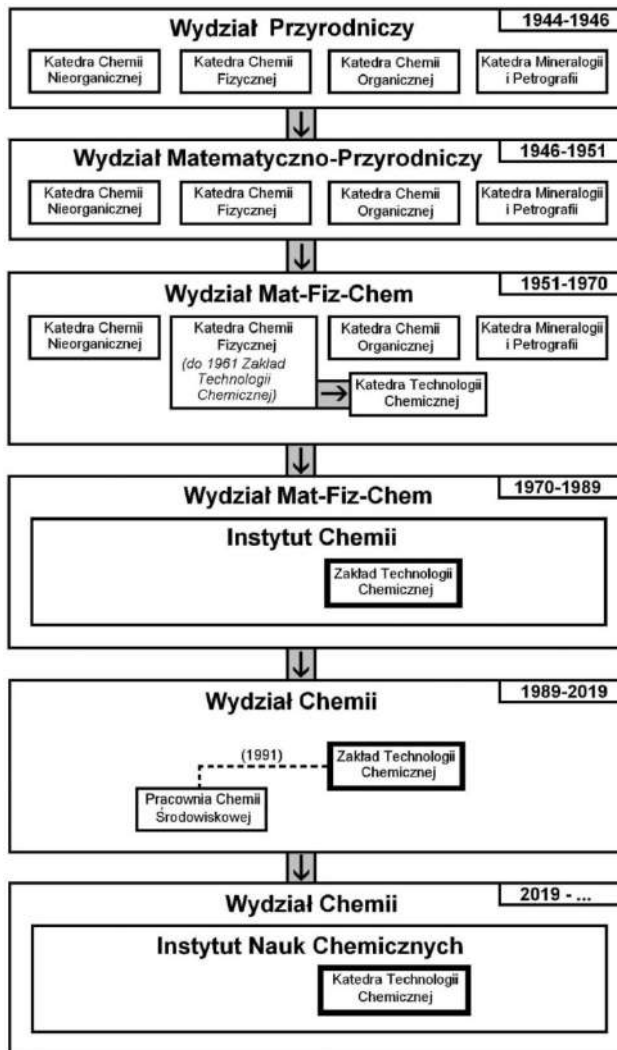
Wyjaśniono wpływ składu katalizatorów kobaltowych i niklowych, warunków ich syntezy oraz aktywacji na ich właściwości strukturalne, powierzchniowe, kwasowo-zasadowe, redukowalność, przebieg elementarnych etapów reakcji reformingu parowego etanolu oraz zjawiska dezaktywacji [108,145,146].

Zbadano wpływ składu oraz warunków syntezy nośnikowych katalizatorów niklowych na ich właściwości strukturalne, powierzchniowe, utleniająco-redukujące, kwasowo-zasadowe i katalityczne w reakcji uwodornienia CO_2 , wyjaśnienie wpływu składu chemicznego katalizatorów, właściwości nośników, obecności promotorów na przebieg elementarnych etapów reakcji katalitycznych, zjawisk powodujących dezaktywację katalizatorów, tworzeniem depozytów węglowych oraz zatrucaniem ich powierzchni przez związki siarki [147-149].

PODSUMOWANIE

Ponad 60-letnia historia Zakładu/Katedry Technologii Chemicznej zaowocowała szeregiem osiągnięć naukowych, które na chwilę obecną są szeroko rozpoznawalne zarówno w literaturze jak i środowisku międzynarodowym. Jest to zasługa wszystkich byłych i obecnych pracowników jednostki.

UZUPEŁNIENIE



Rysunek 12. Historia Zakładu/Katedry Technologii Chemicznej.

Figure 12. History of Department of Chemical Technology.

WYBRANE ELEMENTY BIOGRAFII PROFESORA K. AKERMANA

Profesor Karol Akerman urodził się w Krakowie (24-02-1913). W latach 1931-1936 studiował na Wydziale Chemii UJ w Krakowie. Po studiach rozpoczął pracę zawodową jako chemik, w cementowni „Firley” w Górcie koło Trzebini, gdzie pracował do połowy 1939. Od czerwca do września 1939 pracował w cementowni „Nad Kamienną” w Bodzechowie. Po wrześniowej napaści Niemiec na Polskę został głównym inżynierem Gipsowni w miejscowości Szczercz koło Lwowa, skąd już w czerwcu 1941 musiał się ewakuować. W 1944 został głównym inżynierem Wapiennika i Zakładów Ceramicznych w Rozwadowie nad Dniestrem. W lutym 1945 powrócił jako repatriant na tereny dawnego Zagłębia Krakowskiego, gdzie objął stanowisko dyrektora technicznego Huty Cynkowej w Trzebini. W okresie 09.1945 – 02.1946 delegowany na naczelnika Wydziału Pracy i Płacy w Ministerstwie Przemysłu, po czym wrócił na dotychczasowe stanowisko. Od 1.02.1947 zastępca naczelnego dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Metali Nieżelaznych w Katowicach. 01.1948 – 07.1949 naczelnny dyrektor Zjednoczenia Przemysłu Metali Nieżelaznych w Katowicach. Od lipca 1949 generalny dyrektor Centralnego Zarządu Przemysłu (CZP) Chemicznego z siedzibą w Gliwicach. 1.01.1954 – 30.12.1954 dyrektor Instytutu Kwasu Siarkowego i Nawozów Fosforowych w Warszawie. Od końca grudnia 1954 dyrektor Instytutu Metali Lekkich w Skawinie. 1955 - 1956 dyrektor CZP Metali Nieżelaznych w Katowicach. 1956 - 1957 dyrektor Instytutu Metali Lekkich w Ministerstwie Przemysłu Ciężkiego w Warszawie. Od 1957 do września 1959 wicedyrektor Departamentu Górnictwa i Rud w Ministerstwie Przemysłu Ciężkiego w Warszawie.

KSIĄŻKI, MONOGRAFIE I WYBRANE ROZDZIAŁY W MONOGRAFIACH
AUTORSTWA PRACOWNIKÓW KATEDRY

1. K. Akerman, Gips i anhydryt, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1964.
2. K. Akerman, German, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1967.
3. K. Akerman, Techniczne zastosowanie atomów znaczących, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1970.
4. Z. Kozak, L. Pawłowski, J. Szczypa, Chemiczne zagrożenia środowiska, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1987.
5. D. Kozak, Wybrane operacje jednostkowe i aparaty przemysłu chemicznego, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1987.
6. J. Barcicki, Podstawy katalizy heterogenicznej, Wyd. UMCS, Lublin 1998.
7. D. Kozak, B. Chmiel, J. Niecko, Ochrona środowiska - podręcznik do ćwiczeń terenowych, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1999.
8. Ochrona środowiska na uniwersyteckich studiach przyrodniczych, Materiały VII Ogólnopolskiej konferencji metodycznej (pod red. T. Borowieckiego), Wydawnictwo UMCS, Lublin 1999.
9. Technologia chemiczna - ćwiczenia laboratoryjne (pod red. A. Machockiego), Wydawnictwo UMCS, Lublin 2002.
10. T. Borowiecki, J. Ryczkowski, Promoters of the catalysts for methane conversion into synthesis gases, in: Focus on catalysis research (L.P. Bevy, Ed.), Nova Publishers, ISBN: 1-59454-810-2, New York 2006, pp 101-146.
11. T. Borowiecki, J. Ryczkowski, Katalizatory reformingu gazu wieloskładnikowego dla reaktora ogrzewanego gazem procesowym (GHR), w Czysta energia. Produkty chemiczne i paliwa z węgla – ocena potencjału rozwojowego (pod red. T. Borowieckiego, J. Kijęńskiego, J. Machnikowskiego, M. Ściążko), Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, ISBN 978-83-913434-6-3, Zabrze 2008, str. 218-221.

12. J. Ryczkowski, Laser spectroscopy applied to catalysis research, Chapter 14 in Lasers in chemistry: probing and influencing matter (M. Lackner, Ed.), Wiley-VCH, ISBN: 978-3-527-31997-8, 2008, pp 403-422.
13. T. Borowiecki, A. Gołębowski, J. Ryczkowski, Katalizatory reformingu gazu wieloskładnikowego w reaktorach ogrzewanych gazem procesowym (GHR), w Studium koncepcyjne wybranych technologii, perspektywicznych procesów i produktów konwersji węgla – osiągnięcia i kierunki badawczo-rozwojowe (pod red. M. Ściażko i J. Kijeńskiego), Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, ISBN 978-83-930194-0-3, Zabrze 2010, str. 204-227.
14. Adsorbenty i katalizatory. Wybrane technologie a środowisko (pod red. J. Ryczkowskiego), Uniwersytet Rzeszowski, ISBN 978-83-931292-8-7, Rzeszów, 2012.
15. W. Gac, T. Borowiecki, P. Kowalik, Nickel nanocatalysts for methane steam reforming, Chapter 17 in Nanotechnology in catalysis: applications in the chemical industry, energy development, and environment protection (M. Van de Voorde, B. Sels, Eds.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, ISBN: 978-35-273391-4-3, 2017, pp 401-420.

DOKTORATY UZYSKANE W ZAKŁADZIE TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

Promotor: prof. dr Karol Akerman

Halina Leszczyńska (1960) Zdzisław Kozak (1967) Józef Krochmal (1960)
Danuta Kozak (1969) Marian Janczarek (?)

Promotor: prof. dr hab. Janusz Barcicki

Stanisław Jeżyk (1971) Bogusław Chmiel (1977)
Andrzej Wojnowski (1974) Andrzej Gołębowski (1977)
Jerzy Niecko (1974) Wiesław Grzegorzczak (1979)
Jerzy Myrdzik (1974) Andrzej Machocki (1979)
Dobiesław Nazimek (1976) Stanisław Magdziarz (1983)
Tadeusz Borowiecki (1977) Janusz Ryczkowski (1992)

Promotor: prof. dr hab. Tomasz Winnicki

Lucjan Pawłowski (1976)

Promotor: prof. dr hab. Władysław Rudziński

Anna Dominko (1988)

Promotor: prof. dr hab. Tadeusz Borowiecki

Beata Stasińska (2000) Grzegorz Giecko (2003)
Monika Pańczyk (2005) Kazimierz Stołecki (2007)
Paweł Kowalik (2007) Kamila Michalska (2015)
Marcin Cichy (2017) Ewelina Franczyk (2018)

Promotor: prof. dr hab. Andrzej Machocki

Renata Jezior (2004) Marek Rotko (2011) Piotr Rybak (2013)
Sylvia Turczyniak (2016) Grzegorz Słowik (2018)

Promotor: prof. dr hab. Janusz Ryczkowski

Sylvia Pasieczna-Patkowska (2006) Agnieszka Dębczak (2011)
Katarzyna Antoniuk-Jurak (2014) Wiesław Próchniak (2015)

Promotor: prof. dr hab. Wojciech Gac

Witold Zawadzki (2015)

HABILITACJE UZYSKANE W ZAKŁADZIE TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

1. Janusz Barcicki, Badania nad niektórymi nowymi sposobami intensyfikacji flotacji rudy siarkowej, 1964.
2. Zdzisław Kozak, Utlenianie siarkowodoru dwutlenkiem siarki w roztworach metanolowych, 1985.
3. Tadeusz Borowiecki, Zawęglanie katalizatorów niklowych w reakcji reformingu parowego węglowodorów – przyczyny i sposoby zapobiegania, 1987.
4. Dobiesław Nazimek, Wpływ składu stopów Ni-Cu, Ni-Pd, Ru-Cu oraz dyspersji niklu i rutenu na przebieg hydrogenolizy etanu, propanu oraz n-butanu, 1989.
5. Andrzej Machocki, Katalityczne utleniające sprzężanie metanu, 1997.
6. Janusz Ryczkowski, Spektroskopia IR w badaniach modelowych i modyfikowanych katalizatorów reakcji z udziałem węglowodorów i tlenków węgla, 2004.
7. Wojciech Gac, Przemiany faz tlenkowych w układach katalitycznych, 2012.
8. Sylwia Pasieczna-Patkowska, Zastosowanie spektroskopii IR w inżynierii środowiska, 2019.

TYTUŁY NAUKOWE PROFESORA UZYSKANE W KATEDRZE (ZAKŁADZIE) TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

Janusz Barcicki (1973)

Tadeusz Borowiecki (2002)

Janusz Ryczkowski (2014)

Andrzej Machocki (2017)

Wojciech Gac (2022)

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Z. Kozak, D. Kozak, R. Frąk, *Przem. Chem.*, 1981, **60**, 416.
- [2] J. Barcicki, W. Kogutowski, J. Zajdel, *Chem. Anal.*, 1970, **15**, 987.
- [3] Prospekt aparatu do oznaczania śladowych ilości siarki w gazach palnych.
- [4] J. Barcicki, D. Nazimek, W. Demidziuk, R. Frąk, *Int. Chem. Eng.*, 1974, **15**, 159.
- [5] J. Barcicki, D. Nazimek, W. Demidziuk, R. Frąk, *Przem. Chem.*, 1974, **53**, 37.
- [6] J. Barcicki, D. Nazimek, W. Grzegorzczak, T. Borowiecki, B. Krzywiania, *Annales UMCS*, 1981, **36AA**, 169.
- [7] D. Nazimek, J. Ryczkowski, *Adsorpt. Sci. Technol.*, 1999, **17**, 805.
- [8] Prospekt reaktora bezgradientowego.
- [9] B. Niewiadowski, A. Gołębiowski, J. Niećko, J. Barcicki, Sposób wytwarzania aktywnego tlenku cynku z dodatkiem tlenku glinu jako sorbenta związków siarki, 1979, patent nr. 101786.
- [10] J. Barcicki, A. Gołębiowski, J. Niećko, B. Niewiadowski, Sposób otrzymywania aktywnego tlenku cynku z dodatkiem aktywnego tlenku glinu, 1985, patent nr. 124383.
- [11] A. Gołębiowski, M. Kozak, B. Niewiadowski, J. Niećko, J. Barcicki, Z. Kowalski, Sposób otrzymywania aktywnego tlenku cynku, 1986, patent nr. 134408.
- [12] J. Barcicki, T. Borowiecki, B. Chmiel, W. Grzegorzczak, D. Nazimek, Sposób sporządzania roztworu azotanu niklu, zwłaszcza do otrzymywania katalizatorów, 1982, patent nr. 126 646.

- [13] J. Barcicki, T. Borowiecki, A. Denis, W. Grzegorzczak, D. Nazimek, M. Pielach, Sposób wytwarzania wysoko-aktywnej masy niklowej do wytwarzania katalizatorów, 1982, patent nr. 125 840.
- [14] A. Wojnowski, J. Chmiel, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1976, **4**, 443.
- [15] J. Barcicki, A. Wojnowski, *J. Therm. Anal.*, 1980, **19**, 235.
- [16] Ch. Steinbrüchel; L.D. Schmidt, *Surf. Sci.*, 1973, **40**, 693.
- [17] Ch. Steinbrüchel; L.D. Schmidt, *J. Vac. Sci. Technol.*, 1974, **11**, 267.
- [18] J. Barcicki, A. Wojnowski, J. Chmiel, *Environ. Protec Eng.*, 1977, **3**, 103.
- [19] A. Wojnowski, J. Barcicki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1979, **10**, 281.
- [20] J. Barcicki, A. Wojnowski, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1978, **9**, 59.
- [21] A. Wojnowski, J. Barcicki, *J. Therm. Anal.*, 1980, **19**, 449.
- [22] J. Barcicki, D. Nazimek, W. Grzegorzczak, T. Borowiecki, R. Frak, M. Pielach, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1981, **17**, 169.
- [23] D. Nazimek, *Appl. Catal.*, 1984, **12**, 227.
- [24] D. Nazimek, J. Ryczkowski, *Appl. Catal.*, 1986, **26**, 47.
- [25] J. Ryczkowski, T. Borowiecki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1993, **49**, 127.
- [26] J. Barcicki, T. Borowiecki, A. Denis, R. Frak, W. Grzegorzczak, D. Nazimek, Sposób wytwarzania katalizatora typu wysoko-zdyspergowany metal lub metale na nośniku, 1983, patent nr. 127 124.
- [27] J. Ryczkowski, *Vibr. Spectrosc.*, 1998, **17**, 187.
- [28] J. Ryczkowski, *Vib. Spectrosc.*, 2000, **22**, 55.
- [29] J. Ryczkowski, *Catal. Today*, 2001, **68**, 263.
- [30] J. Ryczkowski, *Appl. Surf. Sci.*, 2005, **252**, 813.
- [31] J. Ryczkowski, *Vibr. Spectrosc.*, 2007, **43**, 203.
- [32] J. Ryczkowski, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1993, **51**, 501.
- [33] J. Ryczkowski, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1995, **56**, 241.
- [34] J. Ryczkowski, *Catal. Today*, 2007, **124**, 11.
- [35] J. Ryczkowski, *Vibr. Spectrosc.*, 2004, **34**, 247.
- [36] J. Ryczkowski, *Appl. Surf. Sci.*, 2010, **256**, 5545.
- [37] D. Nazimek, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1980, **13**, 155.
- [38] D. Nazimek, J. Ryczkowski, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1989, **40**, 137.
- [39] T. Borowiecki, A. Machocki, D. Nazimek, J. Barcicki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, **1** **26** (1984) 285-289
- [40] T. Borowiecki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1987, **33**, 429.
- [41] J. Barcicki, T. Borowiecki, B. Chmiel, W. Grzegorzczak, R. Frak, A. Machocki, D. Nazimek, Sposób wytwarzania katalizatora do konwersji węglowodorów, 1983, patent nr. 127 128.
- [42] J. Barcicki, T. Borowiecki, W. Grzegorzczak, A. Denis, A. Machocki, D. Nazimek, Sposób wytwarzania katalizatora niklowego do konwersji węglowodorów, 1983, patent nr. 127 129.
- [43] J. Barcicki, T. Borowiecki, W. Grzegorzczak, R. Frak, A. Machocki, D. Nazimek, Sposób otrzymywania katalizatora do konwersji węglowodorów, 1984, patent nr. 134 326.
- [44] T. Borowiecki, J. Barcicki, A. Gołębiowski, A. Kuśmierowska, Sposób otrzymywania katalizatora do parowej konwersji metanu, 1994, patent nr. 164 071.
- [45] T. Borowiecki, J. Barcicki, A. Gołębiowski, A. Kuśmierowska, K. Stolecki, *Przem. Chem.*, 1988, **67**, 474.
- [46] T. Borowiecki, W. Grzegorzczak, A. Machocki, *Przem. Chem.*, 1995, **74**, 131.
- [47] T. Borowiecki, *Appl. Catal.*, 1982, **4**, 223.
- [48] T. Borowiecki, *Appl. Catal.*, 1984, **10**, 273.
- [49] T. Borowiecki, *Appl. Catal.*, 1987, **31**, 207.
- [50] T. Borowiecki, A. Machocki, J. Ryczkowski, *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 1994, **88**, 537.
- [51] E. Tracz, R. Scholz, T. Borowiecki, *Appl. Catal.*, 1990, **66**, 133.
- [52] D.J. Smith, M.R. McCartney, E. Tracz, T. Borowiecki, *Ultramicroscopy*, 1990, **34**, 54.
- [53] J. Ryczkowski, T. Borowiecki, *Przem. Chem.*, 2003, **82**, 763.
- [54] A. Machocki, *Pol. J. Chem.*, 1982, **56**, 781.

- [55] J. Barcicki, W. Grzegorzczak, T. Borowiecki, A. Machocki, A. Denis, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1978, **8**, 395.
- [56] J. Barcicki, A. Denis, W. Grzegorzczak, D. Nazimek, T. Borowiecki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1976, **5**, 471.
- [57] J. Barcicki, D. Nazimek, W. Grzegorzczak, T. Borowiecki, A. Denis, *Pol. J. Chem.*, 1981, **55**, 1839.
- [58] J. Barcicki, W. Grzegorzczak, T. Borowiecki, D. Nazimek, A. Denis, *Chem. Technik*, 1977, **29**, 497.
- [59] D. Nazimek, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 1980, **13**, 331.
- [60] T. Borowiecki, A. Gołębiowski, *Catal. Lett.*, 1994, **25**, 309.
- [61] T. Borowiecki, A. Gołębiowski, B. Stasińska, *Appl. Catal.*, 1997, **153**, 141.
- [62] T. Borowiecki, A. Machocki, *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 1999, **126**, 435.
- [63] W. Grzegorzczak, A. Denis, T. Borowiecki, *Catal. Comm.*, 2002, **3**, 293.
- [64] L. Kępiński, B. Stasińska, T. Borowiecki, *Carbon*, 2000, **38**, 1845.
- [65] T. Borowiecki, G. Giecko, M. Pańczyk, *Appl. Catal. A: Gen.*, 2002, **230**, 85.
- [66] T. Borowiecki, A. Denis, W. Gac, R. Dziembaj, M. Drozdek, Z. Piwowarska, *Appl. Catal. A: Gen.*, 2004, **274**, 259.
- [67] A. Gołębiowski, K. Stołcki, U. Prokop, A. Kuśmierowska, T. Borowiecki, A. Denis, *Cz. Sikorska, React. Kinet. Catal. Lett.*, 2004, **82**, 179.
- [68] T. Borowiecki, A. Denis, M. Rawski, K. Stołcki, A. Gołębiowski, J. Dmytrzyk, A. Kotarba, *Appl. Surf. Sci.*, 2014, **300**, 191.
- [69] T. Borowiecki, J. Ryczkowski, Promoters of the catalysts for methane conversion into synthesis gases, in *"Focus on Catalysis Research"* (L.P. Bevy, Ed.), Nova Science Publishers, Inc., USA, 2006, ISBN 1-59454-810-2, Ch.5, 101-146.
- [70] T. Borowiecki, W. Grzegorzczak, A. Denis, A. Gołębiowski, *Catal. Lett.*, 2002, **79**, 119
- [71] T. Borowiecki, A. Denis, W. Grzegorzczak, A. Gołębiowski, *React. Kinet. Catal. Lett.*, 2002, **77**, 163.
- [72] M. Pańczyk, G. Giecko, W. Gac, S. Pasieczna, B. Stasińska, T. Borowiecki, *Adsorp. Sci. Technol.*, 2001, **19**, 455.
- [73] R.J. Cvetanovic, Y. Amenomiya, *Catal. Rev.*, 1972, **6**, 21.
- [74] T. Paryjczak, *Chromatografia gazowa w badaniach adsorpcji i katalizy*, PWN Warszawa, 1975.
- [75] T. Borowiecki, A. Denis, M. Pańczyk, W. Gac, K. Stołcki, *Pol. J. Chem.*, 2008, **82**, 1733.
- [76] M. Cichy, M. Pańczyk, G. Słowik, W. Zawadzki, T. Borowiecki, *Int. J. Hydrogen Energy*, 2022, **47**, 16528.
- [77] T. Borowiecki, M. Dmoch, E. Franczyk, A. Gołębiowski, P. Kowalik, J. Ryczkowski, *Przem. Chem.*, 2013, **92**, 2331.
- [78] R. Bicki, K. Antoniak-Jurak, K. Michalska, E. Franczyk, M. Konkół, P. Kowalik, M. Pańczyk, J. Ryczkowski, G. Słowik, T. Borowiecki, *Int. J. Hydrogen Energy*, 2021, **46**, 11664.
- [79] A. Machocki, A. Denis, T. Borowiecki, J. Barcicki, *Appl. Catal.*, 1991, **72**, 283.
- [80] A. Machocki, *Catal. Lett.*, 1991, **9**, 97.
- [81] A. Machocki, *Catal. Lett.*, 1994, **26**, 85.
- [82] A. Machocki, A. Denis, *Chem. Eng. J.*, 2002, **90**, 165.
- [83] A. Machocki, A. Denis, T. Borowiecki, J. Barcicki, W. Grzegorzczak, Katalizator bezpośredniej konwersji metanu do wyższych węglowodorów, 1994, patent nr. 163 387.
- [84] A. Machocki, A. Denis, T. Borowiecki, J. Barcicki, W. Grzegorzczak, Sposób otrzymywania katalizatora bezpośredniej konwersji metanu do wyższych węglowodorów, 1994, patent nr. 164 458.
- [85] A. Machocki, A. Denis, T. Borowiecki, J. Barcicki, W. Grzegorzczak, Sposób otrzymywania nośnikowego katalizatora bezpośredniej konwersji metanu do wyższych węglowodorów, 1994, patent nr. 164 210.
- [86] A. Machocki, *Appl. Catal. A: Gen.*, 1996, **146**, 391.

- [87] A. Machocki, T. Ioannides, B. Stasińska, W. Gac, G. Avgouropoulos, D. Delimaris, W. Grzegorzczak, S. Pasieczna, *J. Catal.*, 2004, **227**, 282.
- [88] M. Rotko, A. Machocki, G. Słowik, *Catal. Lett.*, 2017, **147**, 1783.
- [89] A. Machocki, M. Rotko, W. Gac, *Top. Catal.*, 2009, **52**, 1085.
- [90] M. Rotko, A. Machocki, G. Słowik, *Appl. Catal. B: Environ.*, 2014, **160-161**, 298.
- [91] M. Rotko, W. Zawadzki, V. Redko, *Catal. Commun.*, 2019, **125**, 32.
- [92] M. Rotko, *Catal. Commun.*, 2023, **177**, 106644.
- [93] B. Stasińska, S. Napieraj, *Przem. Chem.*, 2009, **88**, 1121.
- [94] B. Stasińska, A. Machocki, K. Antoniak, M. Rotko, J.L. Figueiredo, F. Gonçalves, *Catal. Today*, 2008, **137**, 329.
- [95] W. Rudziński, T. Borowiecki, A. Dominko, M. Zientarska, *Chem. Anal.*, 1996, **41**, 1057.
- [96] W. Rudziński, T. Borowiecki, A. Dominko, T. Pańczyk, *Langmuir*, 1997, **13**, 3445.
- [97] W. Rudziński, T. Borowiecki, A. Dominko, T. Pańczyk, J. Gryglicki, *Pol. J. Chem.*, 1998, **72**, 2103.
- [98] W. Rudziński, T. Borowiecki, T. Pańczyk, A. Dominko, *J. Phys. Chem. B*, 2000, **104**, 1984.
- [99] W. Rudziński, T. Borowiecki, T. Pańczyk, A. Dominko, *Langmuir*, 2000, **16**, 8037.
- [100] W. Rudziński, T. Borowiecki, T. Pańczyk, A. Dominko, W. Gac, *Appl. Catal. A: Gen.*, 2002, **224**, 299.
- [101] T. Pańczyk, W. Gac, M. Pańczyk, A. Dominko, T. Borowiecki, W. Rudziński, *Langmuir*, 2005, **21**, 7321.
- [102] T. Pańczyk, W. Gac, M. Pańczyk, T. Borowiecki, W. Rudziński, *Langmuir*, 2006, **22**, 6613.
- [103] M. Pańczyk, W. Gac, A. Denis, Cz. Sikorska, M. Czubyrt-Idzik, A. Gołębiowski, K. Stołeczki, T. Borowiecki, *Przem. Chem.*, 2003, **82**, 748.
- [104] G. Słowik, M. Greluk, A. Machocki, *Mater. Chem. Phys.*, 2016, **173**, 219.
- [105] G. Słowik, A. Gawryszuk-Rzysko, M. Greluk, A. Machocki, *Catal. Lett.*, 2016, **146**, 2173.
- [106] G. Słowik, M. Greluk, M. Rotko, A. Machocki, *Appl. Catal. B: Environ.*, 2018, **221**, 490.
- [107] W. Gac, W. Zawadzki, G. Słowik, A. Sienkiewicz, A. Kierys, *Micro. Meso. Mater.*, 2018, **272**, 79.
- [108] S. Turczyniak, M. Greluk, G. Słowik, W. Gac, S. Zafeiratos, A. Machocki, *ChemCatChem*, 2017, **9**, 782.
- [109] M. Greluk, G. Słowik, M. Rotko, A. Machocki, *Fuel*, 2016, **183**, 518.
- [110] A. Denis, W. Grzegorzczak, W. Gac, A. Machocki, *Catal. Today*, **137** (2008) 453-459
- [111] W. Gac, M. Greluk, G. Słowik, Y. Millot, L. Valentin, S. Dzwigaj, *Appl. Catal. B: Environ.*, 2018, **237**, 94.
- [112] A. Machocki, A. Denis, W. Grzegorzczak, W. Gac, *Appl. Surf. Sci.*, 2010, **256**, 551.
- [113] G. Grzybek, M. Greluk, P. Patulski, P. Stelmachowski, K. Tarach, G. Słowik, M. Rotko, S. Valencia, F. Rey, K. Góra-Marek, *Chem. Eng. J.*, 2023, **467**, 143239.
- [114] G. Grzybek, K. Góra-Marek, K. Tarach, K. Pyra, P. Patulski, M. Greluk, G. Słowik, M. Rotko, A. Kotarba, *J. Catal.*, 2022, **407**, 364.
- [115] G. Słowik, M. Greluk, M. Rotko, A. Machocki, *Mater. Chem. Phys.*, 2021, **258**, 123970.
- [116] G. Słowik, M. Greluk, *Catal. Lett.*, 2023, **153**, 1505.
- [117] G. Grzybek, K. Tarach, K. Góra-Marek, M. Greluk, G. Słowik, Katalizator, sposób jego wytwarzania i zastosowanie do produkcji wodoru, 2024, patent nr 244456.
- [118] M. Cichy, T. Borowiecki, *Przem. Chem.*, 2009, **88**, 995.
- [119] M. Cichy, T. Borowiecki, *Chemik*, 2016, **70**, 261.
- [120] M. Cichy, J. Dobosz, T. Borowiecki, M. Zawadzki, *React. Kinet. Molec. Catal.*, 2017, **122**, 69.
- [121] J. Dobosz, M. Cichy, M. Zawadzki, T. Borowiecki, *J. Energy Chem.*, 2018, **27**, 404.
- [122] K. Kowalski, S. Pasieczna, J. Ryczkowski, *Laboratoria Aparatura Badania (LAB)*, 2005, **4**, 17.
- [123] J. Ryczkowski, S. Pasieczna, J.L. Figueiredo, M.F.R. Pereira, T. Borowiecki, *J. Phys. IV*, 2004, **117**, 57.
- [124] M. Hofman, L. Wachowski, S. Pasieczna, J. Ryczkowski, *J. Phys. IV*, 2006, **137**, 287.
- [125] J. Ryczkowski, J. Goworek, T. Borowiecki, W. Gac, S. Pasieczna, *Thermochim. Acta*, 2005, **434**, 2.
- [126]

- [127] A. Deryło-Marczewska, W. Gac, N. Popivnyak, G. Żukocinski, S. Pasieczna, *Catal. Today*, 2006, **114**, 293.
- [128] M. Barczak, A. Dąbrowski, J. Ryczkowski, S. Pasieczna-Patkowska, *Eur. Phys. J. Special Topics*, 2008, **154**, 301.
- [129] S. Pasieczna-Patkowska, J. Ryczkowski, *Appl. Surf. Sci.*, 2007, **253**, 5910.
- [130] S. Pasieczna, J. Ryczkowski, T. Borowiecki, K. Stołecki, *J. Phys. IV*, 2004, **117**, 41.
- [131] M. Hofman, S. Pasieczna-Patkowska, J. Ryczkowski, L. Wachowski, *Eur. Phys. J. Special Topics*, 2008, **154**, 325.
- [132] S. Pasieczna-Patkowska, A. Dąbrowski, E. Robens, J. Ryczkowski, *Acta Phys. Polonica A*, 2008, **114**, 163.
- [133] A. Miśkiewicz, G. Zakrzewska-Kołtuniewicz, S. Pasieczna-Patkowska, *J. Membrane Sci.*, 2019, **583**, 59.
- [134] A. Montusiewicz, M. Bis, S. Pasieczna-Patkowska, D. Majerek, *Waste Manag.*, 2018, **76**, 652.
- [135] B. Klik, D. Kulikowska, Z.M. Gusiatin, S. Pasieczna-Patkowska, *J. Soils Sediments*, 2020, **20**, 284.
- [136] D. Kulikowska, K. Bernat, I. Wojnowska-Baryła, S. Pasieczna-Patkowska, R. Jabłoński, *Desalin. Water Treat.*, 2020, **206**, 153.
- [137] K. Bernat, D. Kulikowska, I. Wojnowska-Baryła, M. Zaborowska, S. Pasieczna-Patkowska, *Waste Manag.*, 2021, **119**, 295.
- [138] W. Gac, *Appl. Surf. Sci.*, 2011, **257**, 2875.
- [139] W. Gac, A. Denis, T. Borowiecki, L. Kępiński, *Appl. Catal. A: Gen.*, 2009, **357**, 236.
- [140] W. Gac, *Appl. Catal. B: Environ.*, 2007, **75**, 107.
- [141] W. Gac, G. Giecko, S. Pasieczna-Patkowska, T. Borowiecki, L. Kępiński, *Catal. Today*, 2008, **137**, 397.
- [142] C. Papadopoulos, K. Kappis, J. Papavasiliou, J. Vakros, M. Kuśmierz, W. Gac, Y. Georgiou, Y. Deligiannakis, G. Avgouropoulos, *Catal. Today*, 2020, **355**, 647.
- [143] W. Gac, G. Słowik, W. Zawadzki, *Appl. Surf. Sci.*, 2016, **370**, 536.
- [144] W. Gac, W. Zawadzki, M. Greluk, G. Słowik, A. Machocki, J. Papavasiliou, G. Avgouropoulos, *ChemCatChem*, 2019, **11**, 3264.
- [145] K. Kappis, J. Papavasiliou, M. Kuśmierz, G. Słowik, Y. Li, H. Li, W. Gac, G. Avgouropoulos, *Chem. Eng. J.*, 2023, **461**, 142098.
- [146] W. Gac, *Catal. Today*, 2011, **176**, 131.
- [147] M. Greluk, W. Gac, M. Rotko, G. Słowik, S. Turczyniak-Surdacka, *J. Catal.*, 2021, **393**, 159.
- [148] W. Gac, W. Zawadzki, M. Rotko, G. Słowik, M. Greluk, *Top. Catal.*, 2019, **62**, 524.
- [149] W. Gac, W. Zawadzki, M. Rotko, M. Greluk, G. Słowik, G. Kolb, *Catal. Today*, 2020, **357**, 468.
- [150] W. Gac, W. Zawadzki, G. Słowik, W. Grudziński, S. Dzwigaj, *Catal. Today*, 2024, **437**, 114728.

Praca wpłynęła do Redakcji 22 czerwca 2024 r.

**KRYSZTAŁY – OD MINERALOGII
DO RENTGENOWSKIEJ ANALIZY
STRUKTURALNEJ**

**CRYSTALS – FROM MINERALOGY TO X-RAY
STRUCTURAL ANALYSIS**

Anna E. Koziol

*Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
e-mail: anna.koziol@mail.umcs.pl*

Abstract

Początki

1. Petrografia (z krystalografią)
2. Lata 1951-1956
3. Badania krystalograficzne i krystalochemiczne
4. Rentgenografia stosowana
5. Rentgenowska analiza strukturalna

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. Anna E. Koziol – chemiczka, krystalografka. Świadectwo maturalne uzyskała w Technikum Chemicznym w Lublinie. Po studiach chemicznych na UMCS otrzymała stopień magistra w roku 1975 i została zatrudniona na Wydziale Mat-Fiz-Chem UMCS. Rozprawę doktorską przygotowała pod kierownictwem prof. dr hab. Zofii Kosturkiewicz w czasie studiów w Środowiskowym Studium Doktoranckim Chemii i Biochemii PAN w Poznaniu (lata 1976-1980). Obrona doktoratu w roku 1980 na Wydziale Chemii UAM. Tworzyła laboratorium rentgenografii strukturalnej oraz program nauczania krystalografii na Wydziale Chemii UMCS. Dwuletnia praca jako krystalografa wydziałowego na University of Florida w Gainesville (FL, USA; 1985–1987). Habilitacja na Wydziale Chemii UJ (rok 1993). Tytuł profesora otrzymała w roku 2017. Główna metoda badań – rentgenografia strukturalna monokryształów; przedmiot badań – stereochemia cząsteczek, układy supramolekularne, związki biologicznie aktywne. W latach 1994–2008 kierownik Zakładu Krystalografii UMCS. Od roku 1999 jest wybieranym członkiem Komitetu Krystalografii PAN (przy Wydziale III Nauk Ścisłych i Nauk o Ziemi). Od roku 2005 jest członkiem komitetu naukowego czasopisma *Structural Chemistry* (Editor-in-Chief Prof. Istvan Hargittai). Należy do trzech towarzystwa naukowych, są to: Polskie Towarzystwo Chemiczne, Polskie Towarzystwo Krystalograficzne i Lubelskie Towarzystwo Naukowe. W Oddziale Lubelskim PTChem pełniła funkcję skarbnika w okresie 1994–2000, a później była m.in. przewodniczącą komisji rewizyjnej Oddziału Lubelskiego (2000–2003) i członkiem Głównej Komisji Rewizyjnej (2003–2006).



<https://orcid.org/0000-0001-5339-7505>

ABSTRACT

This work is an attempt to present the history of structural research at the new university, which was established after the war in 1944. The university was created from scratch – based on random buildings, by people with different experience and mostly displaced from their hometowns. At the Faculty of Natural Sciences of the Maria Curie-Skłodowska University in the years 1945–1951, crystallography was part of geological and mineralogical research. Students of the Faculty of Natural Sciences and Pharmacy had a "crystallography" section among the subjects they studied. After the reorganization of the university structure, the Department and next the Laboratory of Crystallography became part of the Faculty of Mathematics, Physics and Chemistry. Crystallography was taught only to chemistry students, and the subject of research was phase transformations of two-component systems. It was the crystal chemistry of solid phases, studied mainly by thermal and microscopic methods. Equipping the laboratory with an X-ray generator and cameras-goniometers for photographic registration of diffraction patterns, and later for counter collection on a powder diffractometer, enabled the use of the applied X-ray crystallography. Phase transformations of zeolites, polymer structures (degree of crystallinity) and porous materials were investigated. The use of the SAXS method made it possible to extend the research to nano- and microcrystalline phases. And above all, equipping the laboratory with single-crystal X-ray diffractometers makes it possible to study what is basic and most important in chemistry, i.e. the structure of newly synthesized compounds. Analysis of the stereochemistry of molecules, including the determination of absolute configurations, allows the correlation of physicochemical, spectroscopic and biological properties with the structure of compounds. Such research is currently carried out by crystallographers from the Faculty of Chemistry of UMCS in cooperation with, among others, medical universities.

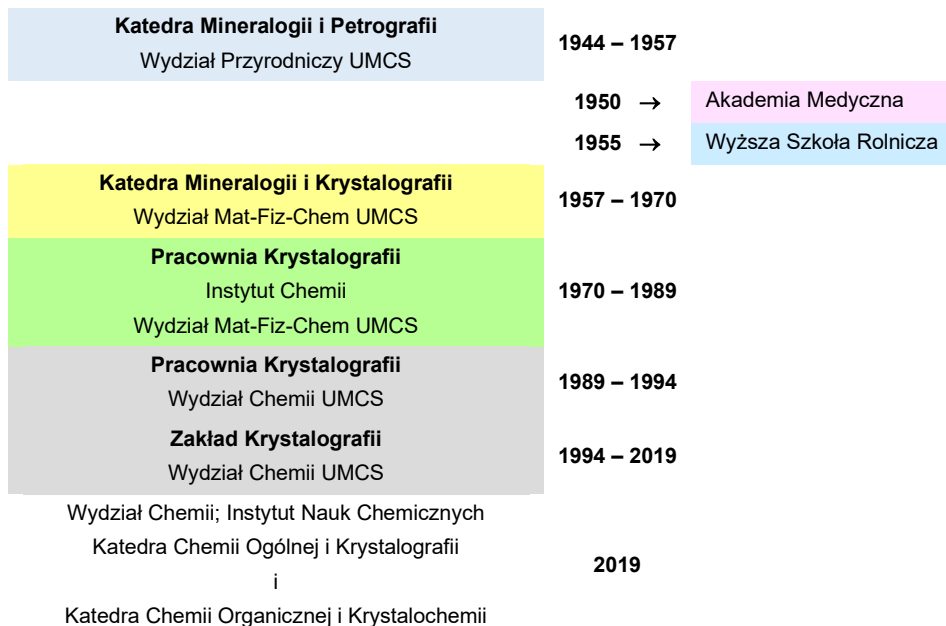
Keywords: history of research, crystallography, single-crystal X-ray crystallography, applied X-ray crystallography

Słowa kluczowe: historia badań, krystalografia, rentgenografia strukturalna monokryształów, rentgenografia stosowana

POCZĄTKI

W ciągu osiemdziesięciu lat obszar badań strukturalnych fazy stałej przeszedł na UMCS skrócony i przyspieszony cykl rozwojowy, odpowiadający kilkusetletniej historii krystalografii w naukach przyrodniczych [1]: od badań minerałów, przez syntezę i analizę dwuskładnikowych faz nieorganicznych i organicznych, modyfikowanych zeolitowych preparatów proszkowych – do krystalochemii organicznej monokryształów i układów supramolekularnych.

W dekreście powołującym Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej [2], jednocześnie powołano cztery wydziały: lekarski, przyrodniczy, rolniczy i weterynaryjny, a kilka miesięcy później utworzono też wydział farmaceutyczny. Wydział Przyrodniczy UMCS w chwili powstania, czyli w październiku 1944 roku, składał się z czterech katedr chemicznych, a jedną z nich była Katedra Mineralogii i Petrografii. Kolejne zmiany nastąpiły w latach 1950-tych, po utworzeniu Akademii Medycznej, oraz po utworzeniu Wyższej Szkoły Rolniczej, do których przeniesiono część wydziałów i katedr UMCS. Z tego powodu Katedrę Mineralogii i Petrografii przemianowano na Katedrę Mineralogii i Krystalografii. Została ona włączona do Wydziału Mat-Fiz-Chem UMCS. W roku 1970 Katedrę przekształcono w Pracownię Krystalografii, natomiast w roku 1994 powstał Zakład Krystalografii. Dalsze rozszady administracyjno-personalne nastąpiły po zmianie statutu i regulaminu organizacyjnego uczelni w roku 2019 (Rys. 1) [3].



Rysunek 1. Zmiany nazw jednostek ze słowem *krystalografia* w nazwie.

Figure 1. Changes to the names of administrative units containing the word *crystallography* in their name.

Obszar i tematyka badań prowadzonych w katedrze/pracowni/zakładzie krystalografii zmieniały się wraz z kierownikami i wraz z zatrudnionymi w nich osobami. Dlatego dalsze informacje o pierwszych czterdziestu latach pracy będą podzielone na okresy lat pracy kierowników, ich działalności naukowej i dydaktycznej na UMCS.

Kierownikami tych jednostek byli:

1945-1951	prof. dr hab. Maria TURNAU-MORAWSKA
1952 -1956	<i>vacat</i>
1957-1970	prof. dr Tadeusz PENKALA
1970-1986†	doc. dr Anna BARCICKA
1986-1991	prof. dr hab. Janusz BARCICKI – kurator Pracowni Krystalografii
1991-1994	prof. dr hab. Andrzej DAWIDOWICZ – kurator Pracowni Krystalografii
1994-2008	prof. dr hab. Anna KOZIOŁ
2008-2019	prof. dr hab. Stanisław PIKUS

W latach od 1945 do 1951 Katedra Mineralogii i Petrografii mieściła się w kilku pokojach w budynku przy ulicy Głowackiego 2; część ćwiczeń odbywała się w budynku pobliskiego Liceum im. Staszica. Oprócz dydaktycznej sali ćwiczeń z mineralogii i geologii oraz laboratorium chemicznego do analizy skał, stworzono również muzeum mineralogiczno-petrograficzne z bardzo dużą kolekcją minerałów i skał, zorganizowano też bibliotekę z podstawowymi podręcznikami. Kiedy pierwsza kierownik Katedry, prof. Maria Turnau-Morawska została przeniesiona do pracy na Uniwersytecie Warszawskim, kilka przyrządów przekazano na UW. Pozostały sprzęt naukowy i meble umieszczono w gmachu fizyki przy ul. Nowotki, nastąpiła redukcja pomieszczeń do dwóch pokoi. Taki stan utrzymywał się w latach 1952–1965, a potem Katedrę przeprowadzono do dwóch pomieszczeń na ul. Głowackiego 2. Złe warunki lokalowe były przyczyną tego, że nie można było zatrudniać nowych pracowników i prowadzić prac badawczych. Działania pracowników Katedry – etatowych lub pracujących na zlecenie – ograniczyły się do prowadzenia zajęć dydaktycznych. W 1957 roku dojeżdżającym z Warszawy kierownikiem Katedry został doc. dr Tadeusz Penkala, pracujący na UMCS do roku 1970, gdy nie uzyskał zgody na przedłużenie zatrudnienia. Prof. Penkala publikował wyniki badań z afiliacją UMCS, co – przy braku możliwości syntez analizowanych układów w Katedrze – wskazuje na to, że te syntezy były wykonywane na UW. Dopiero po oddaniu do użytku w roku 1972 gmachu tzw. Dużej Chemii, w Pracowni Krystalografii kierowanej już przez doc. dr Annę Barcicką, możliwe było wykonywanie prac badawczych przez większy zespół pracowników i studentów.

1. PETROGRAFIA (z krystalografią)

Pierwsze osoby zatrudniane na Uniwersytecie na etatach naukowo-dydaktycznych były w większości pracownikami dawnych Uniwersytetów Lwowskiego lub Wileńskiego.

W latach 1945–1951 kierownikiem Katedry Mineralogii i Petrografii UMCS była **prof. dr Maria Turnau-Morawska**. Urodziła się 28 maja 1899 w Mikulicach koło Przeworska (zm. 28.07.1980 w Warszawie). Jej ojcem był Jerzy – erudyta, hodowca nasion zbóż, propagator agrokultury, pisarz i malarz. Po ukończeniu gimnazjum we Lwowie i zdaniu matury, studiowała na Uniwersytecie Jana Kazimierza w latach 1923-1928, gdzie uzyskała dyplom nauczyciela fizyki i chemii w szkołach średnich. Interesowała się też petrografią i w roku 1929 otrzymała stopień doktora filozofii. Podstawą tego awansu była innowacyjna praca o skałach niekrystalicznych: *Dewon okolic Pelczy na Wołyniu* [4], wykonana pod opieką prof. Juliana Tokarskiego, opublikowana w periodyku *Kosmos* – czasopiśmie Polskiego Towarzystwa Przyrodników.

Później (1928–1932) została zatrudniona jako starsza asystentka w Katedrze Mineralogii i Petrografii Politechniki Lwowskiej. Po ślubie mieszkała z mężem w Tarchominie i prowadziła amatorskie badania petrograficzne w Tatrach. Po wojnie, w roku 1944 wróciła do pracy naukowej, przez kilka miesięcy była asystentką w Zakładzie Geologii UJ w Krakowie, a od roku 1945 do 1951 kierowała Katedrą Mineralogii i Petrografii oraz była przez pewien okres kuratorką Zakładu Geologii UMCS. W roku 1946 habilitowała się na Uniwersytecie Jagiellońskim, przedstawiając badania mikroskopowego opisu skał: *Z mikrogeologii trzonu krystalicznego Tatr* [5].



Dr Maria Turnau
(rok 1928)

Prace badawcze Marii Turnau-Morawskiej obejmowały przede wszystkim petrografię skał osadowych. Analiza tej grupy skał była jej specjalnością i traktowana jest wśród geologów jako współtwórczyni tej dziedziny. Podstawą badań była ilościowa analiza mikroskopowa i analiza chemiczna wagowa skał, pozwalające na ustalenia ich składu chemicznego i identyfikację minerałów. W czasie pracy na UMCS badała skały Lubelszczyzny, Tatr, Gór Świętokrzyskich, rozpoczęła też badania nad skałami sudeckimi. Analizowane były również surowce mineralne pod względem możliwych zastosowań jako materiały budowlane, między innymi analizowano piaski Wyżyny Lubelskiej. Jednocześnie, bazując na badaniach wykonywanych przez siebie i pracowników, zgromadziła obszerne zbiory minerałów i skał. Te badania prowadzone na UMCS, prof. Turnau-Morawska ogłosiła drukiem w 12 pracach petrograficznych, a asystenci opracowali 5 prac (przeważnie magisterskich) [np. 6-10]. Publikacje ukazywały się m.in. w czasopiśmie *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska - Sectio B - Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia* i w *Archiwum Mineralogicznym*. Publikowane przez nią były również artykuły popularno-naukowe.

Pierwszy zakupiony dla Katedry sprzęt naukowo-dydaktyczny to: stereoskopowe mikroskopy mineralogiczne, mikroskopy polaryzacyjne, maszyna do cięcia minerałów, szlifierka, tygły platynowe, wagi i piece elektryczne.

Jako asystentka w latach 1945–49 pracowała w Katedrze mgr Maria Szaynowska-Jahn [11] (†2020); była ona absolwentką geografii Uniwersytetu Lwowskiego. Później wraz z mężem, Alfredem Jahnem – również geografem, naówczas adiunktem w Katedrze Geografii UMCS – przeniosła się do Wrocławia. Prof. Alfred Jahn został kierownikiem Zakładu Geografii Fizycznej UWr, a w latach 1962–68 był rektorem Uniwersytetu Wrocławskiego.

Z powodu braków kadry naukowej, w Katedrze na etatach młodszych asystentów byli zatrudniani studenci, głównie geografii. Byli to: Jan Trembaczowski (w latach 1945–1949), Kazimierz Łydka (1949–1951) i Józef Edward Mojski (1949–1951). Późniejsze zdarzenia pokazały, że ci absolwenci po uzyskaniu dyplomów magistra, rozpieczędli się po całej Polsce i tworzyli inne katedry lub zakłady petrografii, geologii lub geografii.

Jan Trębaczowski (†1998) przeniósł się na Śląsk, gdzie na Uniwersytecie Śląskim był jednym z pierwszych organizatorów tworzących Instytut Geografii. Kazimierz Łydka (†2000) studiował geografii i petrografię; po ukończeniu studiów został zatrudniony w Instytucie Geochemii, Mineralogii i Petrologii Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego. Józef Edward Mojski (†1999) był studentem geografii i zatrudniony został w Katedrze Mineralogii i Petrografii jako kreślacz oraz rysownik obrazów mikroskopowych. Współuczestniczył w ten sposób w przygotowaniu prac naukowych, zbierał również materiały geologiczne. Prof. Mojski, późniejszy pracownik Państwowego Instytutu Geologicznego i *doctor honoris causa* UMCS, napisał wspomnienia o prof. Marii Turnau-Morawskiej. Ta publikacja jest wydrukowana w *Annales UMCS* [12]; wspomnienia prof. Mojskiego są bardzo osobiste, ujmujące i wzruszające. Pokazują one jak prof. Turnau-Morawska wpływała swoją osobowością na sposób pracy, sposób

badań i sposób zachowania się młodych ludzi.

W roku 1951 na polecenie ministerstwa prof. Maria Turnau-Morawska objęła kierownictwo Katedry Mineralogii i Petrografii, a potem Zakładu Petrografii Skał Osadowych, na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego. Wywiozła ze sobą do Warszawy część wyposażenia (mikroskop i piece elektryczne).

W pierwszym pięcioleciu istnienia UMCS w Katedrze Mineralogii i Petrografii prowadzono wykłady i ćwiczenia dla studentów Wydziału Przyrodniczego i Farmaceutycznego. Studenci chemii zaliczali przedmiot mineralogia z krystalografią, studenci fizyki i matematyki – krystalografię i optykę kryształów, geografowie – petroграфиę, a farmaceuci – mineralogię z geologią. Po odłączeniu Wydziału Farmaceutycznego, przedmiotami nauczonymi były: mineralogia z krystalografią dla chemików, krystalografia dla fizyków i petrografia dla geologów. Zajęcia dydaktyczne podporządkowane były aktualnym programom studiów, ustalonym centralnie przez ministerstwa.

2. LATA 1951–1956

Po odejściu prof. Marii Turnau-Morawskiej z UMCS do UW, o czym wspominało wcześniej, w latach 1951–1956 zapanował zastój i regres w pracach Katedry. Działalność Katedry ograniczała się jedynie do prowadzenia wykładów i ćwiczeń z krystalografii i krystalochemii dla chemików. Informacje o minerałach i ich składzie były przekazywane w minimalnym zakresie na wykładach z chemii ogólnej i nie-organicznej.

Etatową pracownicą w tym czasie była chemiczka mgr Pelagia Mroczek-Matysiak, zatrudniona przez prof. Turnau-Morawską w roku 1950. Jako asystent, a potem starszy asystent, prowadziła ona ćwiczenia z krystalografii; w roku 1955/56 – wykłady i ćwiczenia. Jednocześnie pracowała naukowo w Katedrze Chemii Nieorganicznej. Zwolniła się z pracy na UMCS z dniem 31.12.1955. W międzyczasie, przez jeden semestr roku akademickiego 1951/52, na umowę jako kontraktowy wykładowca, pracował dr Tomasz Białas – krystalograf mieszkający w Warszawie.

W takiej sytuacji dziekan Wydziału Mat-Fiz-Chem UMCS zwrócił się z prośbą do prof. Marii Turnau-Morawskiej o zarekomendowanie osoby krystalochemika lub krystalografa, który byłby chętny do pracy na UMCS. Poleciała ona doc. dr. Tadeusza Penkałę, który został zatrudniony jako kierownik Katedry Mineralogii i Krystalografii od dnia 1 lutego 1957 r.

Rada Wydziału Przyrodniczego chciała stworzyć zespół pracowników zdolnych do prowadzenia prac chemicznych w pełnym zakresie metod badawczych, w tym rentgenograficznych. Z tego powodu prof. Włodzimierz Hubicki, kierownik Katedry Chemii Nieorganicznej, wysłał swojego asystenta (w latach 1951–3) mgr. Edwarda Juchno na studia aspiranckie do Moskwy na Uniwersytet Łomonosowa. W roku 1957 E. Juchno uzyskał stopień kandydata nauk na podstawie pracy o krystalochemii kompleksów niklu. Powrócił do Lublina, pracował w Katedrze Mineralogii i Krystalo-

grafii w roku akademickim 1957/58, a następnie wyjechał do ZSRR do żony Rosjanki i nie powrócił do Polski.

I tak zakończyło się na UMCS współlistnienie krystalografii, jako narzędzia opisu i analizy, z mineralogią i petrografią.

W tym miejscu warto przypomnieć, co się kryje pod pojęciem „*krystalografia*”: jest to dziedzina nauk, której obiektem badań jest faza krystaliczna – naturalna bądź syntetyczna. Takie badania mogą być wykonywane na różnych poziomach. Od analizy kształtu kryształu, po określenie położenia jąder atomowych lub map gęstości elektronowej w sieci krystalicznej. Pierwsze badania morfologii kryształu w mineralogii stworzyły dział tzw. krystalografii geometrycznej – z teorią symetrii grup punktowych i przestrzennych – i początki krystalofizyki. Odkrycie promieni Roentgena i ich wykorzystanie przez Lauego i Braggów do dyfrakcji na atomach fazy stałej, stworzyły rentgenografię. Z kolei wyniki rentgenograficznych czy neutronograficznych badań strukturalnych są niezbędne w różnych działach nauk przyrodniczych do korelowania zależności pomiędzy strukturą fazy krystalicznej lub cząsteczki a jej własnościami. W chemii, biochemii, farmacji, medycynie, fizyce, elektronice, materiałoznawstwie itd. każda z analiz odwołuje się do informacji o jakiejś „strukturze”. W badaniach wykorzystuje się kilka efektów oddziaływania promieniowania rentgenowskiego

– absorpcję, rozpraszanie, dyfrakcję – z materią otrzymaną w różnej postaci – amorficznej, nanokrystalicznej, mikrokrystalicznej, polikrystalicznej, warstewek 2D, monokryształów. W chemii podstawową wiedzę uzyskiwaną z rentgenowskiej analizy strukturalnej monokryształów jest informacja o stereochemii związku, konformacji czy absolutnej konfiguracji.

3. BADANIA KRYSTALOCHEMICZNE I KRYSTALOGRAFICZNE

Od lutego 1957 roku kierownikiem Katedry został doc. dr Tadeusz Penkala i naówczas zmieniono też nazwę na Katedrę Mineralogii i Krystalografii. Adiunktami w tej Katedrze zostali, najpierw kandydat nauk Edward Juchno (1957/58), a od roku 1964 – dr Anna Barcicka.

Prof. dr Tadeusz Penkala urodził się 1 grudnia 1912 roku w Gąbinie (pow. Gostynin) [13]. W roku 1935 rozpoczął studia na Uniwersytecie Warszawskim na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym. Pod kierunkiem prof. Zygmunta Weyberga i prof. Wojciecha Świątosławskiego studiował krystalografię i chemię. Jako student został w 1938 asystentem w Zakładzie Mineralogii i Petrografii u prof. Weyberga. Po wojnie w 1945 wznowił studia na UW i wrócił na dawne stanowisko do Zakładu Mineralogii i Petrografii. W 1946 uzyskał magisterium z filozofii w zakresie krystalografii (pod kierunkiem Antoniego Łaszkiwicza), a w 1949 w zakresie chemii

fizycznej (opiekun naukowy i promotor – Wojciech Świętosławski).



Prof. dr Tadeusz Penkala

Pracował też jako wykładowca na Wydziale Farmaceutycznym (1945–1950) oraz w Szkole Głównej Służby Zagranicznej (1950–1953). Doktorat uzyskał w 1952 na podstawie pracy *Roztwory stałe i eutektyki dwuskładnikowe utworzone przez szereg homologów z jednym ze składników*. W tym samym roku powrócił na Wydział Geologii UW do Zakładu Mineralogii i Petrografii. W latach 1962–1969 był kierownikiem Zakładu Chemii Mineralnej, a później także dziekanem Wydziału Geologii UW (1968–1972). W 1954 otrzymał tytuł docenta, w roku 1969 został mianowany profesorem nadzwyczajnym. W latach 1957–1970 dodatkowo kierował Katedrą Mineralogii i Krystalografii na UMCS, dojeżdżając z Warszawy. Potem, gdy nie uzyskał zgody na przedłużenie zatrudnienia na UMCS, pracował już tylko na Wydziale Geologii UW. Zmarł w Warszawie 8 lutego 1983 roku.

Badania naukowe prowadzone przez niego – i adresowane jako wykonane w Katedrze na UMCS – dotyczą głównie krystalochemii układów dwuskładnikowych. Są kontynuacją tematyki prac, jakie prowadził do doktoratu [14, 15], czyli są częścią analiz faz otrzymanych w laboratorium, a nie naturalnych minerałów. Ze względu na brak możliwości technicznych na UMCS, syntezy były wykonywane w laboratorium na UW.

Prof. Tadeusz Penkala badał kryształy jonowe. Były to dwuskładnikowe roztwory stałe i mieszaniny eutektyczne tworzone przez jeden składnik z przedstawicielami serii homologicznych w kryształach nieorganicznych (przykładowy skład – Me^+X^- , kationy i aniony jednowartościowe (fluorowce); aniony AO_3^{2-} , AO_4^{2-} ; kationy dwuwartościowe). Problemy analizowane w tych pracach wymagały rozwiązania wielu współzależności [16]. Analizowany był wpływ rozpuszczalników, wpływ polarności jonów na tworzenie się roztworów i eutektyków, czy też wpływ promienia jonowego na stosunek składników w solach binarnych. Określał także możliwości tworzenia miesza-

nych faz różnego typu przez związki organiczne, np. chlorowcowe pochodne węglowodorów aromatycznych. Metody stosowane w tych badaniach, to głównie analiza termiczna.

W ramach wymaganych w tym czasie przez ministerstwo badań rokujących wdrożenia przemysłowe, prof. Penkala prowadził przeróbkę minerałów i analizę możliwości wykorzystania ich w budownictwie. Dla przykładu – we współpracy z pracownikami Politechniki Warszawskiej badany był magnezyt [17]. Prof. Penkala był też współautorem podręcznika w tej dziedzinie [18]. Metody badawcze użyte w wymienionych pracach to analiza termiczna, mikroskopia optyczna (mikroskop polaryzacyjny) oraz elektronowa.

Dorobek naukowy prof. Tadeusza Penkali, np. w pierwszym dziesięcioleciu jego pracy na UMCS, to publikacje: w *Biuletynie Akademii Nauk* (7 prac), w *Annales UMCS* (4 prace), w *Rocznikach Chemii* i *Archiwum Mineralogicznym* (po jednej pracy).

Ponadto jego wykształcenie, szerokie zainteresowania, zamiłowania dydaktyczne oraz zrozumienie potrzeb, zaowocowały opracowaniem kilku skryptów akademickich i podręczników, wśród których najważniejszymi są:

- T. Penkala – *Optyka kryształów*; Wyd. Geologiczne, Warszawa 1955
- T. Penkala – *Elementy mineralogii*; PWN, Warszawa 1956
- T. Penkala – *Elementy mineralogii i krystalografii*; PWN, Warszawa 1965
- T. Penkala – *Zarys krystalochemii*; PWN, Warszawa 1966
- T. Penkala – *Podstawy chemii ogólnej*; PWN, Warszawa 1969
- T. Penkala – *Elementy krystalografii geometrycznej*; PWN, Łódź 1970

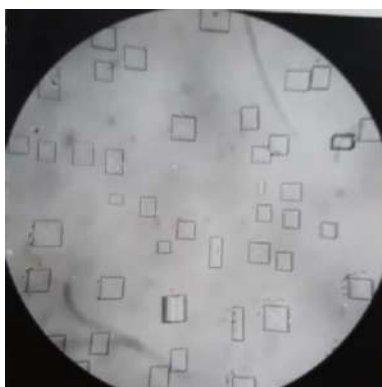
Niektóre z nich były wielokrotnie wznawiane i przez bardzo długi okres były używane na zajęciach dydaktycznych jako źródła podstawowych informacji. Wybrane rozdziały dotyczące podstaw krystalochemii i krystalofizyki są nadal godne polecenia.

Laboratorium badawcze Katedry zostało wzbogacone przez prof. Tadeusza Penkałę o kolejne mikroskopy do optycznych badań minerałów, m.in. polaryzacyjne ze stolikiem Fiedorowa, goniometry odbiciowe. Prof. Penkala zdawał sobie sprawę z tego, że badania strukturalne są w pełni wartościowe, gdy stosuje się metody dyfrakcyjne – np. rentgenografię. Z sukcesem zdobył pieniądze na pierwszy generator rentgenowski produkcji radzieckiej URS-60 (1967 r.). Jednocześnie z generatorem zakupione były kamery do rejestracji fotograficznej obrazu dyfrakcyjnego. Były to kamery Debye'a-Scherrera do zdjęć proszkowych oraz komplet kamer-goniometrów do badań monokryształów – Lauego, Weissenberga i KFOR (de Jonga-Boumana), które zostały uruchomione dopiero w roku 1980 przez Annę Koziół.

Od kiedy krystalografowie weszli w skład Wydziału Mat-Fiz-Chem, program nauczania przedmiotu był przeznaczony tylko dla studentów chemii. W wymiarze po 45 godzin wykładu i ćwiczeń studiowano krystalografię geometryczną, krystalochemię i podstawy rentgenowskich metod badania struktury ciała stałego (proszków). W czasie ćwiczeń przeważała analiza morfologii kryształów, część modeli prof. Penkala przywoził

ze sobą z Warszawy. Prof. Penkala w czasie kilkunastu lat pracy na UMCS wypromował tylko dwie magistantki – Krystynę Skwarzyńską (Stępniań) i Barbarę Wionckiewicz. Jedyne co mogły one zrobić w mocno ograniczonej dwupokojowej przestrzeni Katedry – wśród szaf z minerałami, stołów z mikroskopami i obok generatora – to wykonać próby wzrostu epitaksjalnego z roztworów kryształów dopasowanych sieciowo soli na micy i halicie (Rysunek 2).

Po zakupie generatora rentgenowskiego i kamery Debye'a, prof. Penkala wspólnie z dr Barcicką rozpoczęły prace nad możliwością zastosowania technik rentgenografii proszkowej. Była to na UMCS metoda nowa, w Polsce badania dyfrakcyjne zaczęły stosować już w latach 30-tych, między innymi prof. Włodzimierz Trzebiatowski, który w roku 1950 opracował monografię *Zarys rentgenograficznej analizy strukturalnej* [19].



Rysunek 2. Epitaksja chlorku potasu na kryształach halitu (z pracy magisterskiej Krystyny Skwarzyńskiej).

Figure 2. Epitaxy of potassium chloride on halite crystal (from Krystyna Skwarzyńska's master's thesis).

Po odejściu prof. Tadeusza Penkali z UMCS, od roku 1970 Pracownią Krystalografii, bo taką nazwę nadano Katedrze Mineralogii i Krystalografii, kierowała doc. dr Anna Barcicka.

Anna Barcicka urodziła się 28.06.1924 r. w Zdołbunowie (woj. wołyńskie). W roku 1936 ukończyła szkołę powszechną w Dubnie i do II wojny światowej zaliczyła trzy klasy gimnazjum. W roku 1945 ukończyła Liceum Humanistyczne w Rzeszowie, potem w latach 1945–1951 odbyła studia przyrodnicze na UMCS. Od roku 1948 była młodszym asystentem, a po uzyskaniu stopnia magistra rozpoczęła pracę jako asystent w Katedrze Chemii Fizycznej UMCS. Tematyką jej badań były procesy flotacji minerałów. W 1959 roku obroniła pracę doktorską pt. *Badania fizyko-chemiczne dezaktywacji kwarcu w procesie flotacji*, której promotorem był prof. Andrzej Waksmundzki. Po doktoracie w latach 1960–1964 pracowała jako adiunkt w Katedrze Chemii Fizycznej. W czasie studiów i pracy w tej Katedrze opublikowała 8 prac.

Następnie, w ramach przegrupowań organizacyjnych i personalnych, została adiunktem w Katedrze Mineralogii i Krystalografii (rok 1964). W dniu 1.07.1969 r. otrzymała nominację na stanowisko docenta. Zmiana miejsca pracy oznaczała dla niej całkowitą zmianę przedmiotu i metodyki badań. Nie było to zadanie łatwe ze względu

na mizerię lokalową i aparaturową Katedry.



Doc. dr Anna Barcicka

Tematyka pierwszych nowych badań dotyczyła wzrostów epitaksjalnych na kryształach minerałów oraz otrzymywania metodą żelową monokryształów soli trudno rozpuszczalnych. Metoda krystalizacji szczawianów, winianów i cytrynianów w szkle wodnym była stosowana przez kilku magistrantów w latach 70-tych (Rys. 3). Natomiast opis syntezy i struktury tych nowych związków został opublikowany dopiero w roku 2007, gdy analizę dokończyła doktorantka mgr Aleksandra Drzewiecka [20, 21].



Rysunek 3. Kryształy cytrynianu kadmu w żelu krzemionkowym.
Figure 3. Cadmium citrate crystals in silica gel.

W kolejnych latach przedmiot prac w Pracowni został rozszerzony o badania fazowe zeolitów po wymianie kationów. Badania te zapoczątkowała współpraca z Zakładami Azotowymi w Puławach, a zeolity były analizowane jako możliwe katalizatory; część tych prac prowadzono wspólnie z Zakładem Technologii UMCS, którym kierował prof. Janusz Barcicki. Badania zeolitów X, Y i A; wymiana jonowa Na z roztworu i ‘na sucho’ na jony La, Ce, Ni, Pt, Mg, Cu, Al, Cr, Zn; redukcja jonów metali w różnych warunkach, stały się głównym przedmiotem badań w Pracowni Krystalografii. Przeprowadzka

Pracowni do nowych laboratoriów w budynku Dużej Chemii umożliwiła urządzenie pracowni chemicznych i rentgenowskiej, a także zatrudnienie kilku osób. Badania termiczne i strukturalne tych układów były dokumentowane metodami dyfrakcji proszkowej i spektroskopii IR. Uzyskanie istotnych wyników w nowym obszarze badań i nowymi technikami zajęło kilka lat. Pierwsze publikacje doc. Anny Barcickiej, prezentujące własności zeolitów, ukazały się dopiero w roku 1974.

W roku 1975 w Pracowni Krystalografii było już zatrudnionych czworo pracowników naukowo-dydaktycznych (Anna Barcicka, Krystyna Sępniać, Anna Koziół i Stanisław Pikus) oraz troje inżynierjno-technicznych (Irena Zdeb, Bożena Klimek i Aleksander Padewski).

W okresie od 1969 do 1984 doc. Anna Barcicka była promotorką 54 prac magisterskich – z czego 47 studentów syntezowało i analizowało zeolity. Również jej doktoranci modyfikowali i analizowali fazy zeolitowe, a byli to:

Stanisław Pikus (1978) – praca doktorska zatytułowana *Rozkład wielkości kryształów Pt⁰ w katalizatorze bifunkcyjnym zeolitym*

i Krystyna Sępniać (1979) – *Wpływ warunków ogrzewania na termiczną trwałość zeolitów typu fojazytu z wymienionymi kationami dwuwartościowymi*.

Kolejną zasługą doc. Anny Barcickiej jest zorganizowanie pracowni rentgenowskiej wyposażonej w rentgenowski dyfraktometr proszkowy – radziecki DRON-3 (rok zakupu 1980). W ten sposób – na miarę ówczesnych możliwości – osiągnęła cel wprowadzenia metodyki rentgenografii stosowanej do badań w Pracowni Krystalografii. Chciała też stworzyć laboratorium rentgenowskiej analizy strukturalnej monokryształów.

Doc. dr Anna Barcicka zmarła nagle 12 grudnia 1986 roku.

4. RENTGENOGRAFIA STOSOWANA

Do rozwoju metod rentgenografii stosowanej przyczynił się głównie dr Stanisław Pikus. W pierwszych latach swojej pracy stosował on klasyczną metodę dyfrakcji promieni rentgenowskich z rejestracją fotograficzną obrazu w kamerze Debye'a-Scherrera, a później na dyfraktometrze proszkowym.

Oprócz omawianych wcześniej zeolitów, zajmował się badaniem różnych związków syntezowanych na Wydziale Chemii UMCS. We współpracy z zespołem prof. Anny Deryło-Marczewskiej – uporządkowanych materiałów porowatych; glinokrzemianów warstwowych – współpraca z prof. Markiem Majdanem; polimerów (oznaczanie stopnia krystaliczności polimerów otrzymanych w zespole dr hab. Anny Kultys). Po nawiązaniu współpracy z prof. Romanem Gładyszewskim, z Uniwersytetu im. Iwana Franki we Lwowie, wykonał wspólne badania (4 publikacje i doktorat) określenia struktury międzymetalicznych związków z układu Ln-Al-{Si,Ge}.

Później dr Pikus opanował metodę małokątowego rozpraszania promieni rentgenowskich (SAXS) i po wieloletnich eksperymentach wypracował metodykę pomiarów SAXS dla różnych układów, stosując najpierw kamerę Kratky'ego skonstruowaną w Wojskowej Akademii Technicznej. Późniejsze pomiary rozpraszania były też

wykonywane na synchrotronie.

Swoją wiedzę poszerzał przez kontakty ze specjalistami spotykanymi na konferencjach krajowych i międzynarodowych. W latach 1986–87 przebywał na stypendium naukowym ufundowanym przez SERC w Uniwersytecie Strathclyde w Glasgow oraz w Daresbury Laboratory (niestety – brak jest wspólnych publikacji dokumentujących ten okres).

Zastosowanie metody SAXS do badania układów typu metal/zeolit pozwoliło na określenie wielkości kryształitów metalu, również określenie struktury nieorganicznych faz porowatych (np. silikażeli, szkieł, węgla, tlenków glinu i cyrkonu) oraz materiałów mezoporowatych o uporządkowanej budowie (OMM). Badania materiałów porowatych z pokryciem (powierzchnia porów została pokryta cienkim filmem innej substancji) mogły być wykorzystane do charakterystyki modyfikowanych adsorbentów. Te prace były wykonywane na fazach otrzymanych w zespole prof. Andrzeja Dawidowicza (UMCS) oraz prof. Mieczysława Jarońca z Kent State University (USA). Z kolei badane materiały pochodzenia biologicznego (np. skrobia, produkty skrobiowe, żele białkowe itp.) były otrzymywane na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Metoda SAXS pozwalała badać semikrystaliczną, lamelarną strukturę amylopektyny w skrobi, i określać szereg parametrów charakteryzujących materiały skrobiowe po zniszczeniu struktury lamelarniej np. w ekstrudatach. Analizowana była również kinetyka przemian strukturalnych w polimerach.

Dr Stanisław Pikus w roku 1992 przygotował rozprawę habilitacyjną *Możliwości zastosowania metody małokątowego rozpraszania promieni rentgenowskich (SAXS) do badania niektórych układów* (kolokwium – 1995, UMCS). A później był promotorem trzech rozpraw doktorskich następujących doktorantów:

1. Elżbieta Kobylas (Olszewska) (2001) *Studia nad możliwościami metody SAXS w badaniach niektórych materiałów porowatych*
2. Ihor Melnyk (2005) *Równowagi fazowe oraz struktura krystaliczna związków w układach potrójnych Sm-Al-{Si,Ge}*
3. Małgorzata Zienkiewicz-Strzałka (2013) *Struktura i właściwości wybranych układów metal/uporządkowany mezoporowaty nośnik*.

Do wielu aktualnie wykonywanych prac badawczych w zespole, włączani byli również studenci, stąd prof. dr hab. Stanisław Pikus jest promotorem 77 prac magisterskich i 7 licencjatów. Jego doktorantka, zatrudniona na etacie adiunkta dr Elżbieta Olszewska, kierowała również pracami dyplomowymi analizującymi podobne problemy strukturalno-chemiczne (17 licencjatów oraz po jednej pracy inżynierskiej i magisterskiej). Opisane wcześniej badania były publikowane w oryginalnych publikacjach (S. Pikus jest autorem 140) oraz rozprawach naukowych. W 2007 roku dr hab. Stanisław Pikus uzyskał tytuł naukowy profesora nauk chemicznych.

Dzięki funduszom z grantów UE do Zakładu Krystalografii w roku 2013 zakupiony został rentgenowski dyfraktometr proszkowy Empyrean firmy PANalytical.

Prof. Stanisław Pikus przeszedł na emeryturę w roku 2022.

5. RENTGENOWSKA ANALIZA STRUKTURALNA

Drugie zamierzenie doc. dr Anny Barcickiej było bardziej skomplikowane. Inicjatywa doc. Barcickiej, która myśląc o rozwoju Pracowni Krystalografii, widziała konieczność wprowadzenia rentgenografii strukturalnej monokryształów jako metody badawczej niezbędnej na UMCS, wymagała znalezienia osoby chętnej do podjęcia się wykonywania pracy doktorskiej na innej uczelni. Musiał to być ośrodek, który posiada specjalistów i aparaturę. W tym czasie, lata 1973–6, automatyczne dyfraktometry do pomiaru dyfrakcji na monokryształach posiadały w Polsce dwa Uniwersytety – Wrocławski i Jagielloński. Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu był na etapie zakupu urządzenia. Doc. Barcicka skontaktowała się z kierującą Zakładem Krystalografii na UAM prof. Zofią Kosturkiewicz, która była bardzo aktywna w propagowaniu wiedzy i chętna do kształcenia młodych ludzi [22]. Dodatkowo, w tym czasie na całym świecie był okres wyjątkowego rozwoju zarówno metodyki obliczeń w rentgenografii (metody bezpośrednie rozwiązywania problemu fazowego), jak i nowych konstrukcji technicznych dyfraktometrów. W Polsce tego rodzaju badania bardzo wspierali chemicy-syntetycy, np. prof. Włodzimierz Trzebiatowski, prof. Bogumiła Jeżowska-Trzebiatowska we Wrocławiu [23], czy prof. Maciej Wiewiórowski w Poznaniu [24]. Wprowadzenie w tę nową metodykę analizy umożliwiały Szkoły Krystalografii i Konwersatoria Krystalograficzne, organizowane przez profesorów W. Trzebiatowskiego, K. Łukaszewicza, Z. Gałdeckiego, T. Głowiaka, ze wsparciem Z. Kosturkiewicz, J. Chojnackiego, J. Auleytnera i wielu innych [25,26]. Wykładowcami bywali wtedy przyszli nobliści, np. Dorothy Hodgkin, Herbert Hauptman, Isabella i Jerome Karle, Jean-Marie Lehn, i liczni inni, wnoszący wiele do wiedzy o ciele stałym i stereochemii cząsteczek.

Doc. dr Anna Barcicka uznała, że osobą, która może być w stanie rozpocząć studia w zakresie rentgenografii strukturalnej, jest jej magistrantka Anna Koziół. W ten sposób studentka, która odbyła kurs opisu symetrii morfologii kryształów i знаła równanie Bragga, wyruszyła na studia doktoranckie.

Anna E. Koziół po ukończeniu Technikum Chemicznego w Lublinie rozpoczęła studia na Wydziale Mat-Fiz-Chemii UMCS. Pracę magisterską pt. *Badania fazowe układu: zeolit amonowy - azotan nikławy sześciowodny* wykonywała pod kierunkiem doc. Barcickiej i w roku 1975 otrzymała tytuł magistra chemii, i została zatrudniona w Pracowni Krystalografii. Studia w Środowiskowym Studium Doktoranckim Chemii i Biochemii przy Oddziale PAN w Poznaniu odbyła w okresie 1976–1980. Badania do pracy były wykonywane na Wydziale Mat-Fiz-Chem UAM pod kierunkiem

prof. dr hab. Zofii Kosturkiewicz. W tym czasie Profesor miała trójkę doktorantów i trójkę adiunktów, którzy całymi dniami przebywali w laboratorium rentgenowskim i uczyli się wykonywania pomiarów na nowo zakupionym dyfraktometrze Syntex P21, i obliczeń na dołączonym mikrokomputerze.

Anna Kozioł badała wtedy m.in. stereochemię alkaloidów łubinowych i budowę hydroksyoksymów. Obrona pracy doktorskiej pt. *Rentgenograficzne badania struktury lupininy i jej pochodnych* (promotor prof. Zofia Kosturkiewicz), odbyła się w kwietniu 1980 roku.

Prof. Z. Kosturkiewicz, która była też członkiem ministerialnej komisji ds. programów nauczania chemii na uniwersytetach, przygotowywała swoich doktorantów do prowadzenia zajęć z krystalografii, krystalochemii i rentgenografii. Program przedmiotu był wzorowany na zaleceniach komisji dydaktycznej *International Union of Crystallography* i Komitetu Krystalografii PAN. Uczestnictwo w hospitacjach, konsultacjach, samodzielne przygotowanie zadań i prowadzenie zajęć, dawały podstawy merytoryczne i metodyczne do dalszej pracy dydaktycznej.

Po powrocie do Lublina, dr Anna Kozioł od roku 1980 rozpoczęła zmianę merytoryczną treści oraz przygotowanie niezbędnych pomocy do nauki krystalografii na UMCS. Było to możliwe dzięki zachętom doc. Anny Barcickiej i współpracy z koleżankami – dr Krystyną Stępiak i mgr Bożeną Klimek oraz mgr. Aleksandrem Padewskim. Zmodyfikowane zostały ćwiczenia z teorii symetrii (została wprowadzona międzynarodowa symbolika grup punktowych, przestrzennych i granicznych) i wprowadzone zostały ćwiczenia z krystalochemii (z interpretacją chemiczną danych strukturalnych) oraz rentgenografii monokryształów (z konstrukcją i wykorzystaniem pojęcia sieci odwrotnej). W ten sposób absolwenci studiów chemicznych na UMCS dopiero od lat 80-tych nie powinni kojarzyć krystalografii jako nauki tylko o ‘klockach’ morfologicznych.

Wyposażenie Pracowni pozwalało na przeprowadzenie tylko wstępnych badań kryształów. Natomiast badania strukturalne dr Anny Kozioł, oparte na dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na monokryształach, były możliwe głównie dzięki uprzejmości i pomocy prof. Zofii Kosturkiewicz (UAM) oraz prof. Tadeusza Lisa (UWr), którzy zapewniali dostęp na pomiary do dyfraktometrów Syntex P21. Przedmiotem badań była dalej stereochemia alkaloidów chinolizydynowych, później struktura soli guanidyny, a także analiza struktury nowych związków syntezowanych m.in. w laboratoriach prof. Wandy Brzyskiej i prof. Mariana Janczewskiego.

Przez dwa lata (1985–1987) dr Anna Kozioł pracowała jako krystalograf wydziałowy w University of Florida w Gainesville (USA), w laboratorium prof. Gusa J. Palenika. W tym okresie wykonywała badania strukturalne wielu nowych związków otrzymywanych przez kilka zespołów Department of Chemistry, i analizy kilku ‘własnych’ kryształów. Te badania zostały opublikowane w 23 pracach.

Od roku 1988 Anna Kozioł nawiązała współpracę z kilkoma zespołami zajmującymi się syntezą i badaniami leków lub związków biologicznie aktywnych. Byli to praco-

wnicy Instytutu Farmaceutycznego, Uniwersytetu Opolskiego, Akademii Medycznych w Lublinie, Warszawie i Łodzi.

Rozprawa habilitacyjna pt. *Geometria i zdolności asocjacyjne czwartorzędowych kationów pochodnych sparteiny i tiobinufarydyny na podstawie badań strukturalnych* była przedstawiona w roku 1993 na Wydziale Chemii UJ, i na tej podstawie dr Anna Koziół uzyskała stopień naukowy doktora habilitowanego (w zakresie chemii, krystalografii, rentgenografii strukturalnej monokryształów).

Dopiero w roku 1997 – po ponad dwudziestu latach – zostały zatrudnione w Zakładzie na etatach asystentów młodsze osoby, Irena Wawrzycka i Izabela Dybała.

W roku 1998, dzięki finansom z grantu KBN, zespół badań strukturalnych UMCS zakupił automatyczny dyfraktometr rentgenowski KM4 do badań monokryształów. Ten aparat umożliwił intensyfikację badań, co zaowocowało m.in. w roku 2005 trzema obronami rozpraw doktorskich, których promotorem była dr hab. Anna Koziół. Pierwsza z tych dysertacji (współpraca z IFarm) była skutkiem poszukiwania form krystalicznych leków, w dwóch następnych została określona budowa nowych związków heterocyklicznych, otrzymanych w AM w Lublinie, i analizowana była budowa sieci krystalicznej oraz sposób oddziaływań międzycząsteczkowych.

1. Irena Wawrzycka-Gorczyca (rok 2005) *Krystalochemia olanzapiny i finasterydu. Badania strukturalne inkluzji rozpuszczalników organicznych*
2. Izabela Dybała (2005) *Badania strukturalne związków heterocyklicznych*
3. Liliana Agnieszka Mazur (2005) *Rola oddziaływań międzycząsteczkowych w wybranych kryształach molekularnych.*

Kolejne trzy prace doktorskie są wynikiem współpracy z Warszawskim Uniwersytetem Medycznym. Dla faz krystalicznych tych związków wiele zależności od rodzajów podstawników wykazała analiza topologii wiązań wodorowych. Aleksandra Drzewiecka otrzymała również kompleksy organometaliczne metodą elektrochemiczną i określiła metodą XANES koordynację jonów w fazach amorficznych.

4. Barbara Luiza Mirosław (2008) *Rola kierunkowych oddziaływań międzycząsteczkowych w sieci krystalicznej imidów cyklicznych*
5. Aleksandra Drzewiecka (2011) *Struktura potencjalnych ligandów O-donorowych i ich kompleksów organicznych z jonami metali*
6. Aleksandra Sawchenko (Oleksandra Savchenko) (2017) *Pochodne tiomocznika jako syntony supramolekularne.*

Dwie ostatnie doktorantki syntezowały badane związki (kokryształy) z wykorzystaniem metod mechanochemii lub metody solwotermalnej. Wymagało to – oprócz analizy struktury końcowych produktów – zastosowania kilku innych metod analitycznych (spektroskopowych, termicznych, rentgenografii proszkowej), do śledzenia postępów reakcji.

7. Urszula Izabela Maciołek (2019) *Rola cząsteczek kwercetyny w chemii supramolekularnej* (promotor pomocniczy dr Ewaryst Mendyk)
8. Ilona Barbara Materek (2020) *Dwuskładnikowe krystaliczne kompleksy molekularne wybranych pochodnych benzofuranu* (promotor pomocniczy dr Liliana Mazur).

Prof. dr hab. Anna Kozioł jest ponadto promotorką 61 prac magisterskich i 25 licencjatów. W roku 2017 otrzymała tytuł profesora.

Do chwili obecnej dwie doktorantki – dr Aleksandra Drzewiecka-Antonik i dr Liliana Mazur – uzyskały tytuły doktora habilitowanego.

Dzięki współdziałowi Zakładu Krystalografii w realizacji projektu UE nr: PORPW.01.03.00-06-009/11 (w latach 2013–4), możliwe było utworzenie nowego laboratorium syntezy faz krystalicznych i badań strukturalnych. Zostało ono wyposażone w dyfraktometr rentgenowski monokrystaliczny SuperNova oraz automatyczne urządzenie do dozowania rozpuszczalników i krystalizacji (Crissy).



W roku 2017 do Zakładu Krystalografii dołączył kolejny samodzielny pracownik – dr hab. Daniel Kamiński.

Dr hab. Daniel Kamiński urodził się 2 października 1975 roku w Kielcach. Podstawy edukacji chemicznej uzyskał w kieleckim Technikum Chemicznym. W roku 1995 rozpoczął studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, a w 1998 został studentem prof. Krzysztofa Woźniaka. Pod jego okiem rozwijał swoje zainteresowania związane z krystalografią, a w szczególności z chemią strukturalną. Badania te były wsparte zaawansowanymi obliczeniami chemii kwantowej. Wynikało to ze specyfiki badań prowadzonych w Pracowni Krystalografii, która jest częścią Zakładu Chemii Teoretycznej i Strukturalnej UW. Pracę magisterską *Rentgenowskie badania strukturalne pochodnych tetraazulenu* przygotował pod kierunkiem prof. Krzysztofa Woźniaka w roku 2000.

W roku 1999 Kamiński wyjechał na wymianę studencką *Erasmus* do grupy prof. Eliasa Vliega na Radboud University Nijmegen (Holandia), gdzie pracował nad dynamiką wzrostu kryształów estrów kwasów tłuszczowych z roztworu. Po tym pobycie dostał propozycję studiów doktorskich na tejże uczelni i rozpoczął prace nad doktoratem pod okiem prof. E. Vliega i dr. Willema van Enckevorta. Prowadził tam metodami dyfrakcji powierzchniowej badania procesów dotyczących wzrostu kryształów KDP, KBC, NaCl, bruszytu, w roztworach wodnych, ich stabilności i morfologii. Dodatkowo wykonywał on eksperymenty w wysokiej próżni związane z dwuskładnikowymi fazami powierzchniowymi, głównie monokryształów miedzi pokrytych atomową warstwą bizmutu, i tworzeniem diagramu fazowego dla tego układu. Istotną częścią pracy badawczej było w tym czasie rozwijanie oprogramowania do powierzchniowej dyfrakcji

rentgenowskiej. Ten okres badań wykonywanych przez D. Kamińskiego obfitował w liczne wyjazdy na pomiary do synchrotronu ESRF (Francja). Rezultaty tych badań zostały przedstawione w 10 pracach w renomowanych czasopismach naukowych, z czego 5 było później włączonych do doktoratu.

Po ukończeniu studiów doktorskich D. Kamiński – jeszcze bez doktoratu – po konkursie rozpoczął pracę w Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität w Kilonii, w grupie prof. Olafa Magnussena. W tym okresie jego badania skoncentrowane były na charakterystyce powierzchni metali szlachetnych w środowisku elektrochemicznym. Również w tym przypadku badania wykorzystywały techniki powierzchniowej dyfrakcji rentgenowskiej (pomiary w synchrotronach ESRF (Francja), APS Argonne National Laboratory (USA) i DESY (Niemcy)). W tym okresie odbył również staż u prof. Juana Miguela Feliu, wybitnego elektrochemika, na Universidad de Alicante (Hiszpania), gdzie wykonywał eksperymenty z cyklowoltometrii monokryształów Ag i Pt. Po trzy i pół letniej pracy w Niemczech, w roku 2008 D. Kamiński otrzymał dyplom doktora na uczelni holenderskiej. Dysertacja nosiła tytuł *The atomic-scale role of additives during crystal growth from solution – surface X-ray diffraction studies*. Po powrocie do kraju w 2009 roku, rozpoczął pracę na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, gdzie zajmował się krystalizacją i badaniami strukturalnymi tiadiazoli (wspólnie z zespołem prof. Andrzeja Niewiadomego). Badania realizowane we współpracy z prof. Mariuszem Gagosiem (Wydział Biologii UMCS) zainteresowały D. Kamińskiego związkami pochodzenia naturalnego, głównie ksantohumolem oraz amfoterycyną B. W obu przypadkach niezwykle trudne było pozyskanie tych związków w formie kryształów nadających się do badań strukturalnych. Dzięki tej współpracy poszerzeniu uległ warsztat badawczy dr. Daniela Kamińskiego, który w badaniach rozpoczął wykorzystywanie technik spektroskopowych. Pomogły one w zrozumieniu procesów związanych z krystalizacją i oddziaływaniami międzycząsteczkowymi. Efektem siedmioletniej pracy na UP był cykl 10 prac, przedstawiony w rozprawie habilitacyjnej. Na podstawie osiągnięcia *Organizacja molekularna wybranych związków biologicznie czynnych w kryształach i membranach lipidowych*, w roku 2015 uzyskał stopień doktora habilitowanego na Wydziale Chemii UMCS.

W roku 2017 dr hab. Daniel Kamiński został zatrudniony w Zakładzie Krystalografii UMCS. Mając już doświadczenie w krystalizacji epitaksjalnej, w badaniach dyfrakcyjnych dwuwymiarowych faz nieorganicznych i analizie strukturalnej kryształów związków organicznych, w zastosowaniach spektroskopii od analizy oddziaływań niekowalencyjnych, dodatkowo – w nowym miejscu pracy – warsztat Daniela Kamińskiego wzbogacił się o techniki mechanochemii oraz ko-krystalizacji. Efektem tego były prace wykonane z doktorantką, mgr Iwoną Budziak-Wieczorek, związane z naturalnymi chalkonami i flawonami. W roku 2019 uzyskała ona stopień doktora na Wydziale Chemii UMCS na podstawie rozprawy zatytułowanej *Biodostępność naturalnych związków bioaktywnych – badania fizykochemiczne i modelowe*.

Dr hab. Daniel Kamiński, prof. UMCS jest też promotorem 8 prac magisterskich i 8 licencjackich.

Efektom zatrudnienia dr. hab. Kamińskiego na UMCS jest przejęcie schedy badawczej po prof. Stanisławie Pikusie w badaniach dyfrakcji proszkowej i SAXS oraz WAXS. Badania te są ciągle istotne, bo dotyczą np. SBA15 oraz substancji mineralnych, polimerów oraz związków naturalnych. Taka tematyka prac jest prowadzona w innych grupach Wydziału Chemii UMCS, Politechniki Lubelskiej oraz Uniwersytetu Przyrodniczego.

UWAGI KOŃCOWE

Współpraca i badania nowych grup związków sprzyjają poznawaniu nowych technik badawczych. Obok metod dyfrakcyjnych, te dodatkowe, które są ostatnio stosowane w badaniach – o ile zachodzi taka potrzeba – to: spektroskopia IR i NMR, mikroskopia SEM i TEM, termomikroskopia i DSC, absorpcyjna spektroskopia rentgenowska oraz metody chemii kwantowej. Jednocześnie, chęć zbadania struktur krystalicznych nowych związków, powoduje konieczność stosowania rozmaitych sposobów krystalizacji, aby uzyskać kryształy dobre do badań dyfrakcyjnych. W związku z tym, oprócz klasycznych metod krystalizacji z roztworu przez odparowanie rozpuszczalnika, wykonuje się krystalizacje: z dyfuzją par antysolwenta, na granicy faz ciekłych, w ośrodku żelowym, przesiewowe z wykorzystaniem robota. I ponadto, opracowane zostały metody wykorzystania mechanochemii, które zwiększają możliwości syntez ekologicznych, bezodpadowych. Wyposażenie laboratoriów krystalografii (a także laboratorium wydziałowego) zajęło wiele lat, ale obecnie stworzone zostały warunki do efektywnej pracy do syntezy i badań fazy stałej.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Z. Kosturkiewicz, Krystalografia w Polsce. *Wiadomości Chemiczne*, 68, 357-379 (2014)
- [2] Dz.U. 1944 nr 9 poz. 42
- [3] <https://www.umcs.pl/pl/statut-umcs,2457,statut-umcs-29-maja-2019-tekst-ujednolicony,83460.chtm>; <https://phavi.umcs.pl/at/attachments/2024/0328/131317-regulamin-organizacyjny-ujednolicony-1-marca-2024-r.pdf>
- [4] M. Turnau, Dewon okolic Pelczy na Wołyniu - szkic petrograficzny. *Kosmos*. Serja A. Rozprawy 54: 859-888 (1929)
- [5] M. Turnau-Morawska, Z mikrogeologii trzonu krystalicznego Tatr. *Kosmos*, Seria A, Rozprawy 65: 59-100 (1948)
- [6] M. Turnau-Morawska, Piaskowiec albski okolic Rachowa nad Wisłą. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin, Sectio B: Geographia, Geologia, Mineralogia et Petro-graphia* Vol. III, 33-36 (1948).
- [7] M. Turnau-Morawska, Spostrzeżenia dotyczące sedimentacji i diagenety sarmatu Wyżyny Lubelskiej; *Annales UMCS Sectio B*, Vol. IV 135-180 (1949).
- [8] J. Trembaczowski, Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydym w Puławach. *Annales UMCS Sectio B*, Tom III (1949) 67-78

- [9] K. Łydka, Utwory sarmackie okolic Rybnicy i Dwikoz - Szkic petrograficzny, *Annales UMCS Sectio B*, Vol. V, 1-21 (1950)
- [10] J. E. Mojski; Asymetria zboczy dolinnych w dorzeczu Bystrzycy. *Annales UMCS Sectio B*, Vol. V, 27-52 (1950)
- [11] M Turnau-Morawska, M. Jahn. Orientacja optyczna ziarn kwarcu w drzewie skamieniałym okolic Chrzanowa. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol. 22, 177-186 (1952).
- [12] J. E. Mojski; Moja geografia: Lublin, Narutowicza 30 (lata 1945–1950). *Annales UMCS Sectio B*. vol. LXVI 7-33 (2011). DOI: 10.2478/V10066-011-0001-4
- [13] <https://geo.uw.edu.pl/jubileusz-70-lecia-wydzialu-geologii/dziekani-wydzialu-geologii-w-latach-1952-2022/>
- [14] T. Penkala, W. Świątosławski; (a) *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Cl III*, vol. I str. 151-153 (1951); (b) vol. III, 277-280 (1955); (b) vol. III, 285-286 (1955); (d) vol IV, 615-617 (1956); (e) vol. IV, 619-621 (1956)
- [15] T. Penkala; Roztwory stałe i eutektyki dwuskładnikowe utworzone przez szereg homologów z jednym ze składników. *Roczniki Chemii* 27, 268-273 (1953)
- [16] T. Penkala; (a) Z badań nad eutektykami i roztworami stałymi związków organicznych, *Annales UMCS, Sectio AA*, Vol XI 77-92 (1956); (b) Wpływ wielkości jonów na przebieg krzywych równowagi fazowej w układach dwuskładnikowych związków nieorganicznych, *Annales UMCS, Sectio AA*, Vol XII 87-99 (1957); (c) O dodatnim wpływie polaryzacji jonowej na zdolność tworzenia się dwuskładnikowych roztworów stałych, *Annales UMCS, Sectio AA*, Vol XXIII 1-3 (1968)
- [17] T. Ciach, T. Penkala; (a) Zależność własności tlenu magnezowego od warunków jego otrzymywania, *Annales UMCS Sectio AA* vol. XXIII 31-38 (1968); (b) Procesy hydratacji w układzie trójskładnikowym MgO-MgCl₂-H₂O, *Annales UMCS Sectio AA*, vol. XXIII 39-47 (1968)
- [18] W. Skalmowski, T. Penkala; Podstawy krystalochemii i fizykochemii materiałów budowlanych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa (1961)
- [19] W. Trzebiatowski, K. Łukasiewicz; Zarys rentgenograficznej analizy strukturalnej. Katowice (1950)
- [20] A. Drzewiecka, K. Stępiak, A. Barcicka, A.E. Koziół; Poly[[pentaquasulfato- μ_4 -(R,R)-tartrato-dicadmium(II)] trihydrate] *Acta Crystallogr.* C63, m346–m348 (2007)
- [21] A. Drzewiecka, A.E. Koziół, M. Łowczak, T. Lis; Poly[tertaaquadi- μ_6 -citrato-tetracopper(II)]; a redetermination. *Acta Crystallogr.* E63, m2339–m2340 (2007)
- [22] https://chemia.amu.edu.pl/_data/assets/pdf_file/0030/284466/biuletyn-prof.-Kosturkiewicz5.pdf
- [23] <http://archiwumkresowe.pl/wp-content/uploads/2023/03/TadeuszGlowiak.pdf>
- [24] R.W. Adamiak, W.Z. Antkowiak; Droga naukowa profesora Macieja Wiewiórowskiego. *Wiadomości Chemiczne*, 57, 1001- 037 (2003)
- [25] <https://konkryst.intibs.pl/historia-konwersatorium.html>
- [26] Z. Kosturkiewicz (redaktor). Dzieje krystalografii polskiej. Wydawnictwo Naukowe UAM (2005)

Praca wpłynęła do Redakcji 23 lipca 2024 r.

**HISTORIA CHEMII TEORETYCZNEJ
W UNIWERSYTECIE MARII CURIE-
SKŁODOWSKIEJ W LUBLINIE**

HISTORY OF THEORETICAL CHEMISTRY IN MARIA
CURIE-SKŁODOWSKA UNIVERSITY IN LUBLIN

Małgorzata Borówko¹,
Jolanta Narkiewicz-Michalek¹

¹*Katedra Chemii Teoretycznej, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie –Skłodowskiej w Lublinie
e-mail: jolanta.narkiewicz-michalek@mail.umcs.pl

Dr hab. Jolanta Narkiewicz-Michalek (magisterium – 1976, doktorat – 1980, habilitacja – 1995, prof. UMCS - 2001) była zatrudniona w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie w latach 1975 – 2017. Kierowała Zakładem Chemii Teoretycznej UMCS od 2012 do przejścia na emeryturę w roku 2017. Jej badania dotyczyły teorii adsorpcji z fazy gazowej i z roztworów na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych, teorii chromatografii, mechanizmu adsorpcji molekuł aromatycznych w zeolitach ZSM-5, modelowania adsorpcji i agregacji surfaktantów w obszarach międzyfazowych oraz przeciwutleniaczy w układach micelarnych. Opublikowała ponad 90 artykułów naukowych. Wypromowała 3 doktorów.

Prof. dr hab. Małgorzata Borówko (magisterium – 1976, doktorat – 1980, habilitacja – 1989, tytuł profesora - 2001) pracuje na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W latach 1996-2019 kierowała tu Zakładem Modelowania Procesów Fizykochemicznych. Zajmuje się teorią płynów niejednorodnych, teorią przemian fazowych i symulacjami molekularnymi. Jej badania dotyczą adsorpcji mieszanin gazowych, adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych, chromatografii, modelowania reakcji chemicznych, adsorpcji na szczotkach polimerowych, nanocząstek ze zmodyfikowaną powierzchnią i wielu innych zagadnień. Wypromowała 3 doktorów. Należała do Advisory Board of Journal of Colloid and Interface Science (2001-2006). W roku 2001 uzyskała "Langmuir Lecture Award", nagrodę przyznaną przez Division of Colloid and Surface Chemistry, American Chemical Society.



<https://orcid.org/0000-0003-1461-249X>

ABSTRACT

The article describes the history of research in the field of theoretical chemistry at UMCS. The organizational structures within which this research was conducted were discussed. The most important research topics are briefly presented. The stages of the scientific career of employees of the Department of Theoretical Chemistry and the Department for the Modelling of Physicochemical Processes are described. The professional achievements of these scientists, awards and distinctions received by them are listed.

Keywords: theoretical chemistry, statistical thermodynamics, quantum chemistry, molecular simulations, history

Słowa kluczowe: chemia teoretyczna, termodynamika statystyczna, chemia kwantowa, symulacje molekularne, historia

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

ASTRIUM SAS	- Airbus Defence & Space
CASSCF	- Complete Active Space Self-Consistent Field
C.N.R.S.	- Centre nationale de la recherche scientifique
DNA	- kwas deoksyrybonukleinowy
FNP	- Fundacja na rzecz Nauki Polskiej
FRSE	- Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji
GIAO	- Gauge-Independent Atomic Orbita
ICHF PAN	- Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
IKiFP PAN	- Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN
ISSHAC	- International Symposium Effects of Surface Heterogeneity in Adsorption and Catalysis on Solids
MNiSW	- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
MC	- Monte Carlo
MD	- Molecular Dynamics
MOLCAS	- ab initio quantum chemistry software package
NANU	- Narodowa Akademia Nauk Ukrainy
NASA	- National Aeronautics and Space Administration
NAWA	- Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej
NCBR	- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
NCN	- Narodowe Centrum Nauki
NMR	- Nuclear Magnetic Resonance
NWChem	- pakiet oprogramowania do obliczeń ab initio, który zawiera funkcje chemii kwantowej i dynamiki molekularnej
PAN	- Polska Akademia Nauk
PQS	- Parallel Quantum Solutions
PTChem	- Polskie Towarzystwo Chemiczne
Wigner RCP SZFKI	- Wigner Research Centre for Physics (RCP)
TUM	- Technische Universität München
UAS	- University of Applied Sciences
UMCS	- Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
UMK	- Uniwersytet Mikołaja Kopernika
UNAM	- Universidad Nacional Autónoma de México
ZChT	- Zakład Chemii Teoretycznej
ZMPF	- Zakład Modelowania Procesów Fizykochemicznych
ZMS-5	- Zeolite Socony Mobile-5

WPROWADZENIE

Utworzenie Zakładu Chemii Teoretycznej w UMCS to jedna z wielkich idei Profesora Andrzeja Waksmundzkiego – twórcy lubelskiej szkoły fizykochemii powierzchni i chromatografii oraz inicjatora badań nad polską technologią wytwarzania światłowodów. Już w latach sześćdziesiątych Zakład Chemii Fizycznej kierowany przez Profesora Waksmundzkiego był jednym z wiodących w Europie Wschodniej ośrodków naukowych w tej dziedzinie. W laboratoriach Zakładu Chemii Fizycznej prowadzono wiele badań eksperymentalnych nad różnymi zjawiskami z dziedziny fizykochemii powierzchni. Szczególnie intensywne prace prowadzono w dziedzinie adsorpcji i chromatografii.

Owoce tych szeroko zakrojonych badań była imponująca liczba wyników, których interpretacja i przygotowanie do druku w wiodących czasopismach międzynarodowych wymagały pogłębionej analizy, również od strony teoretycznej.

Jedną z myśli Profesora Waksmundzkiego, która miała zaowocować dalszym dynamicznym rozwojem lubelskiej szkoły fizykochemii powierzchni było posiadanie w swoim zespole kogoś, kto miałby na tyle dobre przygotowanie teoretyczne, aby się tą pogłębioną analizą wyników zająć.

Na początku lat 60-tych ubiegłego wieku funkcjonowało na Uniwersytecie Jagiellońskim silne centrum dydaktyczno-badawcze chemii teoretycznej, kierowane przez prof. Kazimierza Gumińskiego. Jednym z jego zadań było przygotowanie kadr dla powstających w innych ośrodkach zespołów zajmujących się badaniami teoretycznymi w dziedzinie chemii.

Profesor Waksmundzki postanowił skorzystać z okazji i w 1967 r. namówił jednego ze swych asystentów mgr. Władysława Rudzińskiego do podjęcia studiów doktoranckich w Katedrze Chemii Teoretycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie u dr. hab. Andrzeja Fulińskiego. W 1970 roku po obronie pracy doktorskiej zatytułowanej „*Jedno i dwucząsteczkowe funkcje dystrybucji w fazach adsorpcyjnych*” świeżo upieczony doktor powrócił do Lublina, by objąć stanowisko adiunkta w Katedrze Chemii Fizycznej i poprowadzić wykłady z chemii teoretycznej i fizyki chemicznej, które to przedmioty pojawiły się właśnie w nowym programie nauczania na studiach chemicznych. Jakże trafną była zatem decyzja Profesora Waksmundzkiego sprzed kilku lat, by jednego z wychowanków ukierunkować na uprawianie dyscypliny ogólnie zwanej chemią teoretyczną.

Wkrótce dr Rudziński zgromadził wokół siebie kilku młodszych, niezwykle zdolnych Kolegów, którzy podobnie jak on swoje zainteresowania naukowe i swoją karierę naukową wiązali z chemią teoretyczną. W 1974 na Wydziale Mat-Fiz-Chem UMCS odbyło się Jego kolokwium habilitacyjne, po którym udał się na roczny staż naukowy do Queen's University w Kingston w Kanadzie. Jego rozprawa habilitacyjna „*Adsorpcja Fizyczna na Heterogenicznych Powierzchniach Ciał Stałych*” została wyróżniona Nagrodą Ministra Edukacji Narodowej.

Po powrocie dr. hab. Władysława Rudzińskiego z Kanady rozpoczęto intensywne starania o utworzenie odrębnej jednostki naukowej o profilu teoretycznym. 4 grudnia

1975 decyzją J. M. Rektora UMCS istniejący już nieformalnie zespół naukowy został podniesiony do rangi Zakładu Chemii Teoretycznej (ZChT), którego kierownikiem został dr hab. Władysław Rudziński.

Przez wiele lat pracownicy ZChT prowadzili intensywne badania naukowe oraz zajęcia dydaktyczne z zakresu chemii teoretycznej, chemii kwantowej oraz termodynamiki statystycznej. W roku 1994 z ZChT „wypączkowała” nowa jednostka, jaką był Zakład Modelowania Procesów Fizykochemicznych (ZMPF). W ramach reorganizacji Uniwersytetu w roku 2019 oba Zakłady ponownie połączono tworząc Katedrę Chemii Teoretycznej.

1. ZAKŁAD CHEMII TEORETYCZNEJ

Pierwszy skład osobowy ZChT, obok jego kierownika, stanowili: Andrzej Dąbrowski, Mieczysław Jaroniec, Stefan Sokołowski, Leszek Łajtar, Jolanta Narkiewicz-Michałek i Małgorzata Borówko. W 1981 roku do ZChT dołączył Krzysztof Woliński, zatrudniony wcześniej w Zespole Tworzyw Sztucznych. Stałym współpracownikiem zespołu był również Andrzej Patrykiewicz z Zakładu Fizyki Chemicznej i Metod Rozdzielania.

Zakład rozwijał się bardzo szybko i w kolejnych latach zatrudniono w nim Joannę Piotrowską (1979), Roberta Charamasa (1989), Przemysława Podkościelnego (1990), Krzysztofa Nieszporaka (1993), Pawła Szabelskiego (2000), Mariusza Barczaka (2003), Mateusza Dracha (2004) i Damiana Nieckarza (2017). W działalności Zakładu uczestniczyli także liczni doktoranci.

Badania naukowe pracowników Zakładu dotyczyły głównie teorii zjawisk międzyfazowych. Jednak tematyka i zakres tych badań zmieniały się w czasie. Spróbujemy tu naszkicować ich historię.

W początkowym okresie aktywność badawcza młodego zespołu naukowego koncentrowała się na teoretycznej interpretacji danych eksperymentalnych dotyczących adsorpcji pojedynczych gazów i ich mieszanin na ciałach stałych, adsorpcji z roztworów na ciałach stałych oraz danych otrzymanywanych metodami chromatografii gazowej, cieczerwowej i cienkowarstwowej.

W badaniach skupiono się na efektach energetycznej niejednorodności powierzchni rzeczywistych adsorbentów. Problem stał się niejako „flagowym” tematem Zespołu. Opracowano strategię opisu adsorpcji na powierzchniach heterogenicznych w oparciu o całkowite równanie izoterm. Wyznaczano, między innymi, funkcje rozkładu energii adsorpcji z eksperymentalnych izoterm adsorpcji gazów i ich mieszanin. Proponowano również nowe równania izoterm adsorpcji dla powierzchni o znanym rozkładzie energii.

W badaniach tych wyjątkowo kreatywnie uczestniczył Mieczysław Jaroniec, który w roku 1976 obronił pracę doktorską zatytułowaną „*Fizyczna adsorpcja z mieszanin gazowych na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych*”. Jego promotorem był prof. dr hab. W. Rudziński. W kolejnych latach dr M. Jaroniec prowadził intensywne badania zakończone uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego w oparciu o rozprawę „*Opis kinetyki i stanu równowagi adsorpcji z wieloskładnikowych mieszanin gazowych na powierzchniach ciał stałych*”. Szybko stworzył własny zespół badawczy, do którego należała Joanna Piotrowska oraz pracownicy innych zakładów, zajmujący się badaniami doświadczalnymi. Wypromował w UMCS 6 doktorów (Jan Czarnecki, Joanna Piotro-

wska, Marek Kosmulski, Anna Deryło-Marczewska, Adam W. Marczewski, Ryszard Dobrowolski).

Kolejnym tematem, nad którym pracowano w tym czasie, było zastosowanie równania całkowego do opisu adsorpcji mono- i wielowarstwowej z roztworów wieloskładnikowych na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych. Teorią adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych zajmował się już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku prof. dr hab. Jarosław Ościk, którego prace były znane i cytowane w międzynarodowym środowisku naukowym. Pod Jego kierunkiem Andrzej Dąbrowski rozpoczął badania dotyczące roli heterogeniczności powierzchni w adsorpcji z roztworów. Ich podsumowaniem była praca doktorska Andrzeja Dąbrowskiego „*Adsorpcja z roztworów nieelektrolitów na homo- i heterogenicznych powierzchniach ciał stałych*”, obroniona w roku 1976. Opracowany formalizm został wykorzystany do ilościowej interpretacji efektów kalorymetrycznych adsorpcji w tego typu układach. W następnych latach A. Dąbrowski kontynuował badania adsorpcji z roztworów czego owocem było otrzymanie stopnia doktora habilitowanego za pracę „*Opis adsorpcji mono- i wielowarstwowej z roztworów nieelektrolitów na rzeczywistych powierzchniach ciał stałych*” (1985).

Temat adsorpcji z fazy gazowej oraz z roztworów interesował także innych pracowników ZChT. Tego zagadnienia dotyczyły wykonane pod kierunkiem prof. dr hab. W. Rudzińskiego prace doktorskie młodszych pracowników: Leszka Łajtara „*O roli topografii powierzchni w adsorpcji gazów na powierzchniach heterogenicznych*” (1978), J. Narkiewicz-Michałek „*Fizykochemiczne podstawy i optymalizacja procesu elucji izokratycznej i gradientowej*” (1980), Małgorzaty Borówko „*Opis adsorpcji z dwu i wieloskładnikowych mieszanin na rzeczywistych powierzchniach ciał stałych*” (1980) i Andrzeja Patrykiewicza „*Opis częściowo mobilnych i częściowo zlokalizowanych warstw adsorpcyjnych na powierzchniach ciał stałych*” (1980).

Dalsze badania mające na celu opracowanie teorii retencji w adsorpcyjnej chromatografii cieczowej zaowocowały uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego przez dr Małgorzatę Borówko (w roku 1989 za pracę „*Opis chromatografii cieczowej z mieszaną fazą ruchomą w oparciu o teorię adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych*”) oraz dr Jolantę Narkiewicz-Michałek (w roku 1996 na podstawie rozprawy „*Badania teoretyczne efektów heterogeniczności powierzchni fazy stacjonarnej w chromatografii adsorpcyjnej ciecz-ciało stałe*”).

Badania adsorpcji z roztworów kontynuował w drugiej połowie lat 80-tych doktorant prof. Rudzińskiego Jerzy Zajac z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (obecnie profesor w Laboratorium CNRS w Montpellier).

Kolejny temat realizowany w ZChT w latach 80-tych to badania przejść fazowych w warstwach zaadsorbowanych oraz wpływu heterogeniczności na izotermy adsorpcji, ciepła adsorpcji i pojemności cieplne w warstwach, w których takie przemiany zachodzą. Temat ten stanowił podstawę pracy doktorskiej Jacka Jagiełło z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (1984) wykonanej pod kierunkiem prof. Rudzińskiego.

Odmiernym torem rozwijała się kariera naukowa Stefan Sokołowski, który zainteresował się zastosowaniem zaawansowanych metod termodynamiki statystycznej do opisu warstw adsorpcyjnych na ciałach stałych. Po uzyskaniu stopnia magistra rozpoczął studia doktoranckie w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, które ukończył w 1977 roku obroną pracy doktorskiej „*Rozwinięcia wirialne w trójwymiarowym modelu adsorpcji gazów na ciałach stałych*”. Jego promotorem był wybitny fizykochemik prof. dr hab. Jan Stecki. W roku 1987 na podstawie rozprawy „*Statystyczny opis adsorpcji gazów na ciałach stałych: dwu- i trójwymiarowe modele*”

adsorpcji mobilnej” uzyskał stopień doktora habilitowanego. Był pierwszym członkiem zespołu, który stosował w badaniach symulacje molekularne. Wkrótce dołączyli do niego Andrzej Patrykiewicz i Małgorzata Borówko. Dynamiczny rozwój tej tematyki wymagał zapewnienia odpowiednich warunków administracyjnych i technicznych do jej realizacji. Początkowo grupa uzyskała status samodzielnej wydziałowej pracowni komputerowej, którą kierował dr hab. Stefan Sokołowski.

Równolegle z badaniami związanymi z zastosowaniem metod termodynamiki statystycznej do opisu zjawisk adsorpcyjnych na różnych granicach faz w ZChT prowadzono również badania, których ideą było stosowanie metod obliczeniowych chemii kwantowej do rozwiązywania konkretnych problemów naukowych. Liderem grupy zajmującej się tą tematyką był Krzysztof Woliński, który dołączył formalnie do Zakładu w 1981 roku, po otrzymaniu stopnia doktora nauk chemicznych za pracę doktorską p.t. *„Perturbacyjne obliczenia polaryzowalności kwadrupolowych w zmiennych bazach funkcyjnych”*. Promotorem jego pracy był prof. Jerzy Sadlej z Instytutu Chemii Organicznej PAN w Warszawie. Stopień doktora habilitowanego uzyskał w roku 1994 na Wydziale Chemii UMCS na podstawie rozprawy *„Korelacja elektronowa oraz własności magnetyczne molekuł w rachunku zaburzeń”* (wyróżnionej nagrodą Ministra), a tytuł profesora w roku 2005. Najważniejsze tematy, którymi się zajmował dotyczyły opracowania efektywnej metody wyznaczania magnetycznych stałych ekranowania jąder (NMR) z wykorzystaniem baz funkcyjnych GIAO oraz zastosowania uogólnionego rachunku zaburzeń Møllera-Plesseta dla stanów otwartopowłokowych i wielokonfiguracyjnych. Profesor Woliński był również współtwórcą profesjonalnego pakietu do obliczeń kwantowo-chemicznych PQS (Parallel Quantum Solutions). Jego dwie wybitne prace *„Efficient Implementation of the Gauge-Independent Atomic Orbital Method for NMR Chemical Shift Calculations”* oraz *„Second-order perturbation theory with a CASSCF reference function”* opublikowane, odpowiednio, w Journal of the American Chemical Society oraz Journal of Physical Chemistry były cytowane blisko 9 tysięcy razy, a sumaryczna liczba cytowań Jego prac jest bliska 11 tysięcy.

W roku 1989 stażystą w Zakładzie Chemii Teoretycznej został Przemysław Podkościelny, który rozpoczął badania pod naukową opieką Andrzeja Dąbrowskiego. Owocem tej współpracy była Jego rozprawa doktorska pt.: *„Metody wyznaczania pojemności faz powierzchniowych formujących się na homogenicznych i heterogenicznych powierzchniach ciał stałych”* obroniona w 1996 roku. W późniejszym okresie tematyka badań grupy profesora A. Dąbrowskiego przesunęła się w kierunku opisu procesów adsorpcyjnych wykorzystywanych w ochronie środowiska i była realizowana we współpracy z prof. E. Robensem z Johannes Gutenberg University.

Bardzo ważnym projektem naukowym realizowanym w ZChT były badania adsorpcji surfaktantów na granicy faz roztwór/ciało stałe. Prowadzono je we współpracy z grupą badawczą dr. Stanisława Partyki z Laboratorium CNRS w Montpellier we Francji. Grupa ta wykonywała pomiary izoterm adsorpcji surfaktantów z roztworów wodnych na różnego typu adsorbentach oraz towarzyszących temu procesowi efektów entalpowych. Zadaniem zespołu teoretyków z Lublina było skonstruowanie modelu teoretycznego, który byłby w stanie opisać równocześnie oba rodzaje eksperymentu. Taki model oparty na teorii skalowania i zakładający, że faza zaadsorbowana jest mieszaniną agregatów surfaktantu o różnych rozmiarach został opracowany i z sukcesem zastosowany do ilościowej interpretacji izoterm adsorpcji i efektów entalpowych. W opracowanym modelu uwzględniono także niejednorodność

powierzchni adsorbentu. W skład zespołu realizującego ten temat wchodził W. Rudziński, J. Narkiewicz-Michałek, L. Łajtar i M. Drach.

Heterogeniczność powierzchni okazała się także kluczowa przy konstruowaniu opisu adsorpcji prostych jonów na granicy faz tlenek/roztwór elektrolitu. Tematyka ta była intensywnie rozwijana przez ponad dekadę przez zespół, w którego skład wchodził R. Charmas, W. Rudziński, W. Piasecki i P. Zarzycki. Proponowany opis teoretyczny oparty był na różnych modelach kompleksacji powierzchniowej i uwzględniał efekty heterogeniczności powierzchni tlenku. Nowością było to, że przedstawiony opis analityczny dotyczył zarówno izoterm adsorpcji jak i konfiguracyjnych efektów entalpowych. Rezultatem tych badań były liczne publikacje, których część powstała we współpracy z francuskimi kolegami z Laboratorium CNRS w Nancy (F. Villieras, F. Thomas). Badania te stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej Roberta Charmasa, zatytułowanej „*Badania efektów niejednorodności powierzchni w adsorpcji jonów na granicy faz woda/tlenek metalu*”, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab. Władysława Rudzińskiego i wyróżnionej Nagrodą Ministra Edukacji Narodowej (1993). W 2003 roku dr R. Charmas uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy „*Opis termodynamiczny adsorpcji jonów prostych na granicy faz tlenek metalu/roztwór elektrolitu oparty na wykorzystaniu modeli kompleksowania powierzchniowego*”. W następnym etapie badania równowagi adsorpcyjnej w układach tlenek metalu/elektrolit rozszerzono o badania kinetyki adsorpcji jonów i symulacje komputerowe (P. Zarzycki, P. Szabelski). Uzyskane wyniki stanowiły podstawę pracy doktorskiej Piotra Zarzyckiego pt. „*Badania teoretyczne równowagi i kinetyki adsorpcji jonów prostych na granicy faz tlenek metalu/roztwór elektrolitu*” przygotowanej pod opieką dr. hab. Roberta Charmasa.

W roku 1993 do Zakładu dołączył Krzysztof Nieszporek. Pod kierunkiem, prof. dr hab. A. Dąbrowskiego wykonał pracę doktorską pt. „*Opis teoretyczny izoterm adsorpcji mieszanin gazowych na powierzchniach heterogenicznych w oparciu o znajomość izoterm adsorpcji pojedynczych składników*” (1998). Kolejnym etapem Jego kariery naukowej było otrzymanie w roku 2007 stopnia doktora habilitowanego w oparciu o pracę „*Badania teoretyczne efektów entalpowych oraz równowagi adsorpcji dwuskładnikowych mieszanin gazowych na ciałach stałych*”.

Następny temat badawczy realizowany w Zakładzie Chemii Teoretycznej przez zespół w składzie: Paweł Szabelski, W. Rudziński, J. Narkiewicz-Michałek i prof. A. Chiang z Tajwanu to teoretyczna interpretacja procesu adsorpcji związków aromatycznych w syntetycznych zeolitach. W tym celu skonstruowano model matematyczny przewidujący charakterystyczne cechy izoterm adsorpcji i izosterycznych ciepł adsorpcji benzenu i p-ksylenu w zeolitach ZSM-5. W roku 2000 Paweł Szabelski uzyskał stopień doktora na podstawie rozprawy pt. „*Teoretyczny opis adsorpcji molekuł aromatycznych w sitach molekularnych typu ZSM-5*” (promotorem była dr hab. J. Narkiewicz-Michałek).

Ważnym tematem realizowanym przez zespół skupiony wokół prof. Rudzińskiego okazały się badania kinetyki procesu adsorpcji w różnych układach adsorpcyjnych. Początkowo analizowano adsorpcję z fazy gazowej opierając się na teorii transportu międzyfazowego (Statistical Rate Theory SRT) zaproponowanej przez Charlesa Warda w pierwszej połowie lat 80-tych XX wieku, którą zmodyfikowano uwzględniając dodatkowo heterogeniczność powierzchni ciał stałych. W oparciu o wyprowadzone równania kinetyki SRT udało się wyjaśnić przebieg dysocjatywnej adsorpcji azotu na katalizatorach żelazowych, decydującej o szybkości syntezy amoniaku oraz opisać ilościowo eksperymentalne krzywe kinetyczne procesu termodesorpcji (T. Pańczyk, W. Rudziński, T. Warzocha). Równania teorii SRT okazały się także przydatne do opisu

kinetyki adsorpcji protonów na granicy faz tlenek/elektrolit, gdyż pozwoliły wykazać, że to właśnie kinetyka procesu jest źródłem histerezy obserwowanej na krzywych miareczkowania potencjometrycznego i kalorymetrycznego. Na gruncie teorii SRT wykazano także, że za sukcesem kinetycznego równania Lagergrena w odniesieniu do wielu układów przemysłowych stoi energetyczna heterogeniczność stosowanych tam sorbentów.

W następnych latach w Zakładzie Chemii Teoretycznej powstały nowe zespoły badawcze - grupa skupiona wokół prof. Andrzeja Dąbrowskiego oraz grupa prof. Pawła Szabelskiego.

Pierwsza z nich (A. Dąbrowski, M. Barczak, P. Podkościelny, doktoranci) zainteresowała się problemami ochrony środowiska i podjęła zakończoną sukcesem próbę zorganizowania laboratorium, w którym doświadczalnie badano układy mające zastosowanie przemysłowe. Zespół zajmował się syntezą funkcjonalizowanych materiałów mezoporowatych opartych na krzemionce, ich wszechstronną charakterystyką fizykochemiczną oraz badaniem ich skuteczności w usuwaniu jonów metali ciężkich i antybiotyków z roztworów wodnych. Wynikiem tych badań było, między innymi, wykonanie przez Mariusza Barczaka pracy doktorskiej *„Synteza, charakterystyka i właściwości adsorpcyjne mostkowych polisilsekwioxanów funkcjonalizowanych grupami aminowymi i tiolowymi”*, a potem także uzyskanie przez niego stopnia doktora habilitowanego za osiągnięcie naukowe *„Funkcjonalizowane mezoporowate materiały krzemionkowe: synteza, właściwości i zastosowania adsorpcyjne”*.

Od odejścia prof. A. Dąbrowskiego w 2018 roku na emeryturę doświadczalnym zespołem wchodzącym w skład ZChT kieruje dr hab. M. Barczak. Zespół ten zajmuje się obecnie syntezą i charakterystyką materiałów nanoporowatych, zastosowaniem procesów sorpcyjnych w ochronie środowiska, projektowaniem chemii powierzchni różnego typu materiałów pod konkretne zastosowania, zastosowaniem włókien węglowych jako superkondensatorów, sorbentów szkodliwych substancji i materiałów fotoaktywnych oraz opracowywaniem nowych biomateriałów opartych na hydrożelach naturalnych i supramolekularnych.

Pracami drugiej grupy kieruje Paweł Szabelski, który w 2010 roku uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy *„Badania teoretyczne adsorpcji cząsteczek chiralnych na powierzchniach ciał stałych”*. Wspólnie z członkami swojego zespołu (D. Nieckarz, doktoranci) zajmuje się badaniami metodą symulacji Monte Carlo saomorganizacji cząsteczek funkcjonalnych na powierzchniach ciał stałych oraz reakcji polimeryzacji organicznych monomerów na powierzchniach aktywnych katalitycznie.

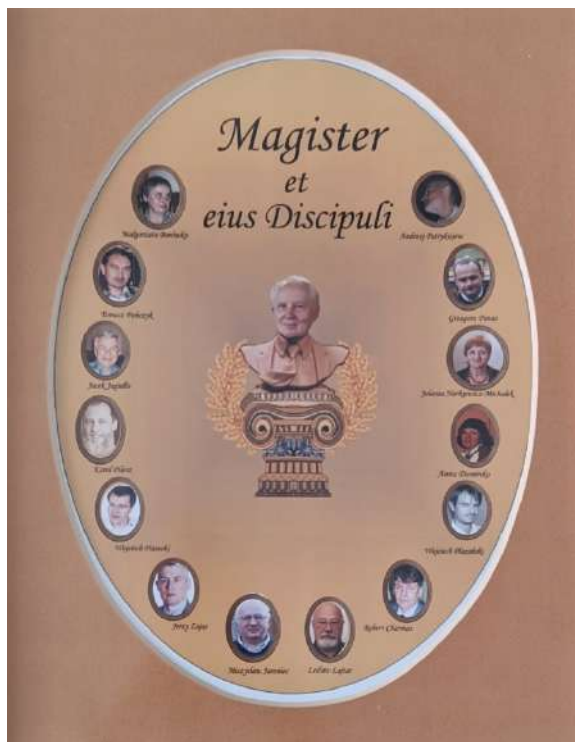
Przez cały okres funkcjonowania ZChT priorytetem profesora Rudzińskiego było przyciągnięcie do zakładu najzdolniejszych studentów. Odbywało się to poprzez studia indywidualne, polegające na zdawaniu dodatkowych egzaminów z wybranych przedmiotów matematycznych, a czasami również chemicznych. To dawało im świetne przygotowanie do rozwoju dalszej kariery naukowej, czy to na macierzystej uczelni, czy też w innych ośrodkach krajowych i zagranicznych.

W latach 90-tych w strukturze kadrowej Zakładu zaszły dwie istotne zmiany. W 1991 roku prof. dr hab. Mieczysław Jaroniec (patrz notka biograficzna) podjął decyzję o kontynuowaniu swojej kariery naukowej w USA – najpierw w Georgetown University, potem w Mc Master University, a ostatecznie w Kent State University. Dwa lata później do nowo utworzonej jednostki - Pracowni Komputerowej - odeszli Małgorzata Borówko i Stefan Sokołowski. Utworzenie pracowni związane było z pojawieniem się w programie studiów chemicznych nowego przedmiotu „podstawy użytkowania kompute-

rów” i niezwykle szybkiego rozwoju metod obliczeniowych. W roku 1996 pracownia przekształciła się w Zakład Modelowania Procesów Fizykochemicznych (ZMPF). Kierownikiem nowej jednostki została prof. Małgorzata Borówko i z powodzeniem pełniła tę funkcję do roku 2019, kiedy to doszło do ponownego połączenia obu zakładów i utworzenia Katedry Chemii Teoretycznej.

Zakład Chemii Teoretycznej stanowił zespół niezwykle twórczych i efektywnie pracujących naukowców. Przedstawimy teraz najważniejsze informacje o ich karierze.

Władysław Rudziński (magisterium – 1964, doktorat – 1970, habilitacja – 1974, tytuł profesora – 1982) był twórcą i pierwszym kierownikiem Zakładu Chemii Teoretycznej UMCS. Bardzo szybko osiągał kolejne stopnie i tytuły naukowe. Od roku 1992 pracował na stanowisku profesora zwyczajnego. Jego badania dotyczą zastosowania termodynamiki statystycznej do opisu adsorpcji gazów, mieszanin gazowych oraz roztworów na rzeczywistych powierzchniach ciał stałych. Szczególny wkład wniósł w poznanie roli jaką w przebiegu tych procesów odgrywa niejednorodność powierzchni adsorbentu. Badał również towarzyszące procesowi adsorpcji efekty kalorymetryczne. Zajmował się także teorią kinetyki adsorpcji, teoretycznym opisem adsorpcji elektrolitów prostych i surfaktantów na ciałach stałych oraz teorią chromatografii. Współpracował z licznymi ośrodkami naukowymi, odbywając tam staże, pobyty badawcze albo pracując jako profesor wizytujący. Były to między innymi: Laboratorium Instytutu Petrochemicznego Węgierskiej Akademii Nauk, Queen’s University w Kingston w Kanadzie (u prof. B. Wojciechowskiego), Instytut Chemii Analitycznej Uniwersytetu Wiedeńskiego (u prof. JFK Hubera), Uniwersytet w Lipsku, gdzie był wykładowcą szkoły chemii fizycznej im. Profesora Wilhelma Ostwalda, Laboratorium Prof. Y. Ogino w Tohoku University w Japonii, Laboratorium C.N.R.S. w Montpellier i Nancy, Laboratorium Profesora Findenegga w Ruhr-Universitaet w Bohum, Seoul National University i Chonnam National University w Korei Południowej oraz w National Chung Cheng University na Tajwanie. Opublikował około 300 oryginalnych artykułów naukowych, wiele rozdziałów w monografiach. Był edytorem monografii *“Equilibria and Dynamics of Gas Adsorption on Heterogeneous Surfaces”*, W. Rudziński, W.A. Steele and G. Zgrablich, Eds, (Elsevier 1997) oraz autorem książki *“Adsorption of Gases on Heterogeneous Surfaces”*, W. Rudziński, D. H. Everett (Academic Press, 1992). Wypromował 14 doktorów (patrz zdjęcie 1). Wśród nich tytuły profesora uzyskali: Mieczysław Jaroniec, Andrzej Patrykiewicz, Małgorzata Borówko, Jerzy Zając, Tomasz Pańczyk i Wojciech Płaziński. Był członkiem Komitetów Redakcyjnych czasopism Langmuir, Adsorption oraz Adsorption Science and Technology. Przez wiele lat pełnił funkcję redaktora części chemicznej Annales UMCS. Zainicjował, wspólnie z profesorem Bohdanem Wojciechowskim z Queen’s University, tradycję organizowania przez ZChT cyklicznych międzynarodowych sympozjów „Effects of Surface Heterogeneity in Adsorption and Catalysis on Solids” (ISSHAC). Dotychczas odbyło się 11 takich konferencji. Był pięciokrotnie wyróżniany Nagrodą Ministra Edukacji Narodowej. Sprawował funkcję Prezesa Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Wspólnie z Profesorem Romanem Lebołą był pomysłodawcą stworzenia sekcji PTChem „Fizykochemia Zjawisk Międzyfazowych”, której przez wiele lat przewodniczył. Szkic przeglądu badań prof. W. Rudzińskiego przedstawiono we wstępie do specjalnego wydania Adsorption Science and Technology opublikowanego z okazji sześćdziesiątej rocznicy Jego urodzin [2].



Zdjęcie 1. Pamiątkowe tableau, które uczniowie sprezentowali swojemu mistrzowi prof. Władysławowi Rudzińskiemu w siedemdziesiątą rocznicę urodzin. Od lewej: M. Borówko, T. Pańczyk, J. Jagiełło, K. Pilorz, W. Piasecki, J. Zając, M. Jaroniec, L. Łajtar, R. Charmas, W. Płaziński, A. Dominko, J. Narkiewicz-Michałek, G. Panas, A. Patrykiewicz.

Photo 1. A commemorative tableau that the PhD students presented to their master, Prof. Władysław Rudziński on his seventieth birthday. From left: M. Borówko, T. Pańczyk, J. Jagiełło, K. Pilorz, W. Piasecki, J. Zając, M. Jaroniec, L. Łajtar, R. Charmas, W. Płaziński, A. Dominko, J. Narkiewicz-Michałek, G. Panas, A. Patrykiewicz.

Andrzej Dąbrowski (magisterium - 1970, doktorat - 1976, habilitacja - 1985, tytuł profesora - 1997) był jednym z pierwszych chemików teoretyków w UMCS. Jego zainteresowania naukowe dotyczyły przede wszystkim teoretycznego opisu adsorpcji z roztworów oraz licznych zastosowań tego procesu w ochronie środowiska. Odbił staże naukowe w szkołach wyższych i jednostkach badawczych, między innymi w Niemczech, Francji, Rosji i na Węgrzech. Opublikował około 200 artykułów w prestiżowych czasopismach naukowych. Był edytorem trzech obszernych monografii: *"Adsorption on New and Modified Inorganic Sorbents"*, A. Dąbrowski, V.A. Tertykh, Eds, (Elsevier, 1996) oraz *"Adsorption and its applications in industry and environmental protection"*, A. Dąbrowski, Ed., Vol. I, II, (Elsevier, 1999). Wypromował 8 doktorów (Przemysław Podkościelny, Zygmunt Fekner, Krzysztof Nieszporek, Mariusz Barczak, Dorota Oźga, Katarzyna Michałek, Monika Oszust, Karolina Gdula). Pełnił ważne funkcje organizacyjne. Był prodziekanem Wydziału Mat-Fiz-Chem UMCS (1987-1989), a później, po reorganizacji, prodziekanem (1989-1990) i dziekanem (1990-1996, 2002-2008) Wydziału Chemii. W okresie 2008–2012 pełnił funkcję Rektora Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej. Był członkiem Komitetu Chemii PAN.

Mieczysław Jaroniec (magisterium - 1972, doktorat - 1976, habilitacja - 1979, tytuł profesora - 1985) pracował w ZChT do roku 1991. W tym samym roku wyjechał do USA i podjął pracę w Zakładzie Chemii i Biochemii, Kent State University. W połowie roku 2023 przeszedł na emeryturę, chociaż wciąż kontynuuje badania naukowe jako Profesor Emeritus. Jego główne zainteresowania naukowe dotyczą chemii zjawisk powierzchniowych, przede wszystkim adsorpcji na granicy faz gaz/ciało stałe i ciecz/ciało stałe oraz chemii materiałów nanoporowatych ze szczególnym uwzględnieniem nanomateriałów o uporządkowanych i hierarchicznych strukturach. Materiały te mają zastosowanie w ochronie środowiska (np. do usuwania jonów metali ciężkich, fotokatalitycznej degradacji toksycznych związków organicznych, adsorpcji dwutlenku węgla), jak i do magazynowania/wytwarzania energii. Badania grupy prof. Jarońca koncentrują się na syntezie, modyfikacji i charakterystyce różnorodnych materiałów o uporządkowanych strukturach nanoporowatych takich jak krzemionki, krzemionki z grupami organicznymi, tlenki metali (np. glinu, tytanu), żywice fenolowe, węgle oraz materiały kompozytowe. Prof. Jaroniec jest autorem i współautorem ponad 1100 artykułów naukowych. Liczba cytowań tych prac, wg bazy Web of Science, jest bliska 110 000 (bez autocytowań). Od roku 2016 prof. Jaroniec znajduje się na liście Web of Science wśród najczęściej cytowanych naukowców w dziedzinie chemii i nauki o materiałach. Opublikował książkę *“Physical Adsorption on Heterogeneous Solids”*, M. Jaroniec, R. Madey, (Elsevier, 1988). Ponadto jest (lub był) członkiem komitetów redakcyjnych w wielu czasopismach, m.in. Adsorption, Advanced Porous Materials, Applied Surface Science Advances, Journal of Porous Materials, Chemistry Materials, Journal of Liquid Chromatography, Journal of Colloid and Interface Science, Materials Today Sustainability, Nano-Micro Letters, Wiadomości Chemiczne. Od roku 2019 jest jednym z zastępców głównego Edytora czasopisma Science Advances, którego wydawcą jest American Association for the Advancement of Science. Otrzymał także wiele nagród i wyróżnień, między innymi doktoraty honoris causa Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, i Politechniki Poznańskiej oraz tytuł Profesora Honorowego Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Polskie Towarzystwo Chemiczne nadało Mu w roku 2007 medal Andrzeja Waksmundzkiego za osiągnięcia w nauce o separacji, a w roku 2016 medal Marii Curie-Skłodowskiej przyznawany chemikom pracującym na stałe poza granicami Polski. Był też wielokrotnie wyróżniany w Kent State University nagrodami za badania naukowe i kształcenie młodej kadry naukowej, między innymi otrzymał Distinguished Scholar Award w roku 2002, oraz dwukrotnie President Faculty Excellence Award w roku 2016 i 2022.

Krzysztof Woliński (magisterium - 1974, doktorat - 1981, habilitacja - 1995, tytuł profesora - 2005) jako pierwszy w naszym ośrodku podjął badania naukowe z zakresu chemii kwantowej. Zajmował się efektywnymi metodami wyznaczenia magnetycznych stałych ekranowania jąder (NMR) z wykorzystaniem baz funkcyjnych GIAO i uogólnionego rachunku zaburzeń Møllera-Plesseta dla stanów otwartopowłokowych i wielokonfiguracyjnych oraz teoretycznymi aspektami mechanochemii i zastosowaniem sił zewnętrznych w penetracji powierzchni energii potencjalnej. Jest autorem około 70 artykułów naukowych oraz współautorem profesjonalnego pakietu do obliczeń kwantowo-chemicznych PQS (Parallel Quantum Solutions). Jest jednym z najczęściej cytowanych polskich chemików. Wypromował 3 doktorów (Tomasz Janowski, Justyna Jaroniec, Agnieszka Brzyska). Współpracował z wieloma ośrodkami zagranicznymi, między innymi z University of Lund, University

of Arkansas, z Pacific Northwest National Laboratory (USA). Prof. dr hab. Krzysztof Woliński zmarł w roku 2022. W naszej pamięci pozostał jako błyskotliwy naukowiec, wspaniały wykładowca, dobry i życzliwy kolega.

Leszek Łajtar (magisterium: z chemii (1974) i matematyki (1975), doktorat - 1978). Rozpoczął pracę w Zakładzie Chemii Fizycznej UMCS w 1973 roku, a po trzech latach przeniósł się do Zakładu Chemii Teoretycznej, w którym pracował do 2018 roku, najpierw na stanowisku adiunkta, a potem starszego wykładowcy. Jego praca doktorska została wyróżniona Nagrodą Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. W 1991 roku przebywał w Niemczech na stażu naukowym Centrum Obliczeniowym (HLRZ) Instytutu Jądrowego (KFA) w Julich. Jest współautorem 30 artykułów naukowych opublikowanych w większości w zagranicznych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. W związku z utworzeniem na kierunku chemia nowych specjalności (nauczanie chemii i fizyki, chemia informatyczna) podjął się prowadzenia na tych kierunkach wykładów oraz ćwiczeń z matematyki i statystyki.

Jolanta Narkiewicz-Michalek (magisterium – 1976, doktorat – 1980, habilitacja – 1995) była jednym z pierwszych pracowników ZChT. Od grudnia 2001 pracowała na stanowisku profesora UMCS. Początkowo tematyka jej prac badawczych dotyczyła zastosowania teorii adsorpcji z fazy gazowej i z roztworów na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych do opisu współczynnika retencji w chromatografii cieczy stałe. Po habilitacji skoncentrowała się na opisie mechanizmu adsorpcji molekuł aromatycznych w zeolitach ZSM-5 oraz modelowaniu agregacji surfaktantów w roztworach wodnych oraz ich adsorpcji i agregacji w obszarach międzyfazowych. Prowadziła także badania teoretyczne solubilizacji molekuł organicznych (m. in. witamin) w agregatach surfaktantów (wspólnie z dr hab. Martą Szymulą). Opublikowała ponad 90 artykułów naukowych. Wypromowała 3 doktorów (Paweł Szabelski, Mateusz Drach, Anna Andrzejewska). W latach 2012-2017 pełniła funkcję kierownika Zakładu Chemii Teoretycznej. Była współorganizatorem międzynarodowych konferencji ISSHAC odbywających się cyklicznie co trzy lata od roku 1992. Przez wiele lat pełniła funkcję przewodniczącej Lubelskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Chemicznego i III Wydziału Lubelskiego Towarzystwa Naukowego.

Dr Joanna Piotrowska (magisterium – 1979, doktorat – 1984) pracowała w ZChT do roku 1992. Swoją pracę doktorską „*Adsorpcja gazów, mieszanin gazowych i ciekłych na niejednorodnych mikroporowatych ciałach stałych*” obroniła w roku 1984. Zajmowała się teorią adsorpcji i teorią chromatografii. W roku 1992 wyemigrowała do USA i pracowała jako nauczyciel akademicki w Minneapolis.

Dr Przemysław Podkościelny (magisterium - 1990, doktorat - 1996) został zatrudniony w ZChT w 1989 roku jako pracownik naukowo-dydaktyczny, od 2008 r. pracuje na stanowisku starszego wykładowcy. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na teoretycznych badaniach procesu adsorpcji substancji z roztworów na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych. Szczególną rolę zajmują tutaj badania dotyczące zjawiska adsorpcji prostych aromatycznych związków organicznych z roztworów wodnych na węglach aktywnych oraz wielościennych nanorurkach węglowych. Jest współautorem ponad 40 publikacji. Prowadzi zajęcia z wielu różnych przedmiotów, m.in. z podstaw chemii kwantowej, chemii teoretycznej, podstaw chemii ogólnej, chemii analitycznej, metod termodynamiki statystycznej w chemii fizycznej, seminaria oraz pracownie magisterskie i dyplomowe. Dr P. Podko-

ścielny z zaangażowaniem bierze udział w różnych pracach na rzecz Wydziału Chemii UMCS.

Dr hab. Robert Charmas (magisterium - 1989, doktorat - 1993, habilitacja - 2003) pracował w ZChT w latach 1989-2004. W 1993 r. otrzymał stypendium Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej dla młodych naukowców. W latach 1997-1998 przebywał na stypendium zagranicznym Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej w Laboratoire Environnement et Mineralurgie CNRS w Nancy we Francji. W 2001 r. otrzymał stypendium Ministra Badań Naukowych Rządu Francuskiego (Senior Scientist Fellowship) wykorzystane na czteromiesięczny pobyt w Laboratoire Environnement et Mineralurgie CNRS w Nancy we Francji. Jego prace dotyczą procesów fizykochemicznych na granicy faz ciało stałe/ciecz oraz zagadnień z zakresu biochemii wysiłku fizycznego. Opublikował ok. 60 oryginalnych prac naukowych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej. W roku 2004 przeniósł się do Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie (Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej), a następnie do Państwowej Wyższej Szkoły Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży, gdzie pełnił funkcję Rektora w latach 2009-2017.

Dr hab. Krzysztof Nieszporek, profesor UMCS (magisterium - 1993, doktorat - 1998, habilitacja - 2007) w roku 2017 został kierownikiem ZChT, a od 2019 pełni funkcję kierownika Katedry Chemii Teoretycznej. W obszarze zainteresowań naukowych dr hab. Krzysztofa Nieszporka oprócz zagadnienia adsorpcji mieszanin gazowych na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych znajdują się także symulacje metodami klasycznej dynamiki molekularnej procesów separacji mieszanin gazowych na nanoporowatym grafenie, dynamika wiązań wodorowych oraz oddziaływania niekanonicznych form DNA z grafenem. W ramach współpracy naukowej z prof. Tomaszem Pańczykiem (IChF PAN w Krakowie) prowadzi badania teoretyczne procesów mechanicznej degradacji tworzyw sztucznych. Jest autorem ponad 60 prac naukowych opublikowanych w większości w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Prof. dr hab. Paweł Szabelski (magisterium - 1996, doktorat - 2000, habilitacja - 2010, tytuł profesora - 2019) związał się z ZChT już w trakcie studiów chemicznych w UMCS. Początkowo Jego badania naukowe dotyczyły teoretycznego opisu adsorpcji molekuł aromatycznych w zeolitach i efektów entalpowych tego procesu, a następnie skoncentrował się na symulacjach Monte Carlo samoorganizacji cząsteczek funkcjonalnych na dobrze zdefiniowanych powierzchniach oraz reakcji polimeryzacji na powierzchniach aktywnych katalitycznie. Odbił staż podoktorski w Uniwersytecie Tennessee, Knoxville w USA (2000/2001). Fundacja Nauki Polskiej przyznała Mu dwukrotnie stypendium dla młodych naukowców (2003, 2004). W roku 2006 otrzymał Fulbright Advanced Research Grant w Uniwersytecie Carnegie Mellon w Pittsburghu, USA. Kierował kilkoma projektami badawczymi finansowanymi przez NCN. Opublikował 106 artykułów naukowych. Był promotorem 4 doktoratów (Adam Kasperski, Aleksandra Woszczyk, Damian Nieckarz, Jakub Lisiecki).

Dr Mateusz Drach (magisterium - 1995, doktorat - 2000) odbył w UMCS studia doktoranckie zakończone obroną pracy doktorskiej „*Studia nad mechanizmem adsorpcji surfaktantów jonowych i niejonowych na polarnych powierzchniach ciał stałych*” wykonanej pod kierunkiem dr hab. Jolanty Narkiewicz-Michałek. W latach 2000-2004 był zatrudniony w Zespole Teorii Adsorpcji Instytutu Katalizy i Fizykoche-

mii Powierzchni PAN w Krakowie (placówka w Lublinie), a w latach 2004-2016 pracował jako adiunkt w Zakładzie Chemii Teoretycznej. Jego zainteresowania naukowe to adsorpcja surfaktantów na heterogenicznych powierzchniach ciał stałych i efekty entalpowe adsorpcji, nowoczesne metody obliczeniowe (MC i MD) i ich zastosowanie w badaniach adsorpcji związków chiralnych na dobrze zdefiniowanych powierzchniach, oddziaływania różnych substancji z funkcjonalizowanymi nanorurkami węglowymi i inne. Był wykonawcą w kilku grantach realizowanych na Wydziale. Ponadto wspomagał zespół zajmując się konfiguracją i administracją systemami operacyjnymi Linux oraz konfiguracją i zarządzaniem klastrami obliczeniowymi. Opublikował ponad 30 prac naukowych.

Dr hab. Mariusz Barczak, profesor UMCS (magisterium - 2003, doktorat - 2007, habilitacja - 2020) został zatrudniony w ZChT w roku 2003. Tu przechodził kolejne szczeble kariery naukowej i obecnie pracuje na stanowisku profesora UMCS. Tematyka jego badań to nanotechnologia, chemia i inżynieria materiałowa. Koncentruje się na otrzymywaniu zmodyfikowanych materiałów porowatych metodą zol-żel, problemem zanieczyszczenia wód i remediacją oraz waloryzacją materiałów. W kręgu Jego zainteresowań są materiały hybrydowe, kompozyty, cienkie warstwy, pokrycia, tekstylia, ferrozele i czujniki. Opublikował około 100 prac, z czego ponad 70 jest indeksowanych w bazie Scopus. Prowadzi szeroką współpracę międzynarodową z zespołami: prof. Teresy Bandosz z The City College of New York, Prof. Fernando Gonzalez-Caballero i Prof. Modesto T. Lopez-Lopeza z Facultad de Ciencias Universidad de Granada, Prof. Colette McDonagh z National Centre for Sensor Research, Dublin City University i Prof. Xavierem Coqueretem z Université de Reims Champagne-Ardenne. Odbył liczne staże zagraniczne: w Instytucie Chemii Powierzchni Narodowej Akademii Nauk Ukrainy (2005), w Uniwersytecie Stanforda (2013), w Centrum NASA w Mountain View USA (2013), w Instytucie Diagnostyki Biomedycznej (2015), był na stypendium Fulbrighta w City University w Nowym Jorku (2017) oraz w Uniwersytecie w Granadzie (2019-2020) (Baker Fellowship). Pełnił funkcję promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich (Monika Oszust i Katarzyna Michalak). Był wykonawcą i kierownikiem różnych projektów naukowych finansowanych przez MNiSW, NCN, FNP, FRSE, UMCS, NAWA, NCBR, ASTRUM SAS, Fundację Fulbrighta i Fundację Kościuszkowską.

Dr Damian Nieckarz (magisterium - 2011, doktorat - 2016) otrzymał stopień magistra chemii na Wydziale Chemii UMCS, następnie odbył tu studia doktoranckie. Po obronie pracy doktorskiej „*Badania teoretyczne samoorganizacji cząsteczek w metaloorganicznych warstwach zaadsorbowanych*” wyjechał na roczny staż w Uniwersytecie Warszawskim. W roku 2017 został zatrudniony w ZChT. Zajmuje się zastosowaniem symulacji komputerowych Monte Carlo w badaniach procesów samoorganizacji prostych cząsteczek organicznych na powierzchniach płaskich. Jest autorem 35 publikacji naukowych. Brał udział w realizacji kilku projektów NCN. Jest kierownikiem grantu badawczego „*Badania teoretyczne procesów samoorganizacji w metaloorganicznych warstwach zaadsorbowanych*” (NCN SONATA 14).

Działalność naukową prof. S. Sokołowskiego i prof. M. Borówko opiszemy w części poświęconej Zakładowi Modelowania Procesów Fizykochemicznych.

W ZChT pracowały także mgr Anna Zajączkowska (1993-2001) i mgr Monika Iskierko-Wichrowska (1997-2016), które wspomagały od strony technicznej i administracyjnej działalność naukową i dydaktyczną ZChT.

Ważną datą dla Zakładu Chemii Teoretycznej był rok 1999. Na mocy porozumienia pomiędzy Uniwersytetem Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie a Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie na terenie Zakładu Chemii Teoretycznej rozpoczęła działalność placówka PAN-owska - Zespół Teorii Adsorpcji. Jego kierownikiem został prof. Władysław Rudziński, pełniący jednocześnie funkcję Kierownika Zakładu Chemii Teoretycznej. Współpraca pomiędzy obiema jednostkami od początku układała się pomyślnie, „ku obopólnej korzyści”. W roku 2012 ster Zespołu Teorii Adsorpcji przejął dr hab. Tomasz Pańczyk – wybitnie uzdolniony absolwent studiów chemicznych na UMCS - uczeń a potem doktorant profesora Rudzińskiego. Obecnie w Zespole Teorii Adsorpcji pracuje czworo absolwentów UMCS: prof. dr hab. Tomasz Pańczyk, prof. dr hab. Wojciech Płaziński, dr Paweł Wolski i dr Agnieszka Brzyska.

Pracownicy ZChT zawsze starali się współpracować z koleżankami i kolegami z innych zakładów pomagając im w interpretacji uzyskanych wyników. Szczególnie bliska współpraca istniała z Zakładem Chemii Fizycznej, w którym mierzono nadmiarowe izotermie adsorpcji z roztworów i współczynniki pojemnościowe w chromatografii ciecz/ciało stałe, a w ZChT dokonywano ich interpretacji (M. Jaroniec, M. Borówko). J. Narkiewicz-Michałek zaangażowała się we współpracę z zespołem dr hab. Marty Szymuli z Zakładu Radiochemii i Chemii Koloidów, który prowadził badania antyoksydacyjnych właściwości niektórych witamin w układach micelarnych. Krzysztof Nieszporek współpracuje z pracownikami Zakładu Chemii Analitycznej badając wpływ dynamiki wiązań wodorowych w warstwach solwacyjnych jonów na procesy elektrodowe.

W ciągu blisko 45 lat istnienia Zakładu Chemii Teoretycznej przez Zakład przewinęło się około 40 pracowników naukowych i doktorantów, którzy opublikowali ponad 1000 artykułów i monografii naukowych. W tym okresie pięciu pracowników otrzymało tytuły profesora nauk chemicznych

Z inicjatywy prof. W. Rudzińskiego tytuł doktora honoris causa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej otrzymali: William Steele z Penn State University oraz laureat Nagrody Nobla prof. Gerhard Ertl z Instytutu Fritza-Habera w Berlinie.

W roku 2014 prof. dr hab. Władysław Rudziński przeszedł na emeryturę. Przez niemal 40 lat kierowania Zakładem udało mu się stworzyć liczny i prężny zespół chemików teoretyków. Profesor zawsze bardzo dbał o kształcenie młodych pracowników naukowych, wymagając od nich studiowania matematyki oraz zdawania egzaminów z różnych przedmiotów teoretycznych u uznanych specjalistów z całego kraju. W Zakładzie panowała atmosfera swobody naukowej i współpracy, co stymulowało szybki rozwój młodych adeptów chemii teoretycznej. Dzięki licznym kontaktom z ośrodkami zagranicznym, odegrał kluczową rolę we wprowadzeniu naszej grupy w międzynarodowe środowisko naukowe.



Zdjęcie 2. Uroczystość nadania tytułu doktora honoris causa UMCS profesorowi Williamowi Steele z Penn State University (rok 1994). Po lewej stronie siedzi prof. Władysław Rudziński, po prawej prof. William Steele.

Photo 2. Ceremony of awarding the title of doctor honoris causa of UMCS to Professor William Steele from Penn State University (1994). On the left side prof. Władysław Rudziński, on the right side prof. William Steele.



Zdjęcie 3. Pracownicy i doktoranci Zakładu Chemii Teoretycznej i Zespołu Teorii Adsorpcji IKiFP PAN (2016). Siedzą od lewej: prof. W. Rudziński, prof. A. Dąbrowski, dr hab. J. Narkiewicz-Michałek, mgr M. Iskierko-Wichrowska, prof. W. Płaziński. Stoją od lewej: prof. T. Pańczyk, prof. P. Szabelski, dr A. Woszczyk, dr M. Drach, dr A. Kasperski, dr K. Nieckarz, dr Ł. Konczak, dr L. Łajtar, dr P. Podkościelny, dr hab. M. Barczak, dr hab. K. Nieszporek

Photo 3. Employees and PhD students of the Department of Theoretical Chemistry and the Adsorption Theory Group of the IKiFP PAN (2016). Seated from left: prof. W. Rudziński, prof. A. Dąbrowski, J. Narkiewicz-Michałek, PhD, DSc, M. Iskierko-Wichrowska, MA, prof. W. Płaziński. Standing from left: prof. T. Pańczyk, prof. P. Szabelski, dr A. Woszczyk, dr M. Drach, dr A. Kasperski, dr K. Nieckarz, dr Ł. Konczak, dr L. Łajtar, dr P. Podkościelny, M. Barczak, PhD, DSc, K. Nieszporek, PhD, Dsc.

2. ZAKŁAD MODELOWANIA PROCESÓW FIZYKOCHEMICZNYCH

Zakład Modelowania Procesów Fizykochemicznych (ZMPF) został powołany w roku 1996 i zlikwidowany w ramach reorganizacji Uniwersytetu w roku 2019, czyli istniał prawie ćwierć wieku. Kierownikiem Zakładu była prof. dr hab. Małgorzata Borówko. W tym okresie osiągnięto znaczące sukcesy badawcze i dydaktyczne, co w istotnym stopniu przyczyniło się do rozwoju Wydziału Chemii UMCS.

Pierwszymi pracownikami Zakładu byli profesorowie Małgorzata Borówko i Stefan Sokołowski. Szybko wokół nich skupiła się spora grupa zapaleńców, których zainteresowała możliwość teoretycznego przewidywania zachowania się złożonych układów i stosowania w tym celu nowoczesnych technik komputerowych. Byli wśród nich pracownicy oraz doktoranci. Wszyscy prowadzili bardzo intensywną działalność badawczą, sprawnie zdobywając kolejne szczeble awansu akademickiego.

Zainteresowania naukowe pracowników ZMPF naukowe skupiały się wokół zastosowania metod termodynamiki statystycznej i symulacji molekularnych do badania złożonych procesów fizykochemicznych. Prace te dotyczyły, między innymi, płynów molekularnych, zjawisk międzyfazowych, przemian fazowych, zjawisk krytycznych, samoorganizacji, modelowania reakcji chemicznych, polimerów, adsorpcji na glebach oraz chromatografii. W badaniach stosowano różne wersje teorii funkcjonału gęstości, teorie równań całkowych, symulacje Monte Carlo, dynamikę molekularną oraz szereg innych metod teoretycznych. Metody te odpowiednio modyfikowano i stosowano do opisu coraz bardziej skomplikowanych układów.

Każdy z członków Zespołu wniósł swój unikalny wkład w badania. Ze względu na ograniczoną objętość tego artykułu przedstawiamy tylko wybrane informacje o pracownikach naukowych Zakładu i ich osiągnięciach.

Inicjatorem stworzenia ośrodka symulacji molekularnych w Wydziale Chemii UMCS, a także pewnego przekierowania zainteresowań naukowych w stronę fizyki teoretycznej, był **prof. dr hab. Stefan Sokołowski**. Od ponad pół wieku jest On związany z UMCS, gdzie w 1973 ukończył studia chemiczne i rozpoczął pracę jako asystent. Jak już wspomniano, w trakcie studiów doktoranckich w Instytucie Chemii Fizycznej w Warszawie prowadził prace dotyczące zastosowania rozwinięć wirialnych do niejednorodnych modeli cieczy i w roku 1977 uzyskał stopień doktora nauk chemicznych. W latach następnych Jego badania koncentrowały się na statystycznym opisie adsorpcji na ciałach stałych, co zaowocowało otrzymaniem stopnia doktora habilitowanego (1987). Tytuł profesora nadano Mu w roku 1997.



Zdjęcie 4. Pracownicy i doktoranci Zakładu Modelowania Procesów Fizykochemicznych, rok 2001: od lewej prof. S. Sokołowski, mgr A. Sałamacha, mgr W. Cyrankiewicz, prof. M. Borówko, dr hab. P. Bryk, prof. A. Patrykiewicz, a za nimi dr hab. W. Rzyśko, dr K. Grabowski, dr R. Zagórski.

Photo 4. Employees and PhD students of the Department of Modeling of Physicochemical Processes, 2001: from left prof. S. Sokołowski, A. Sałamacha, MSc, W. Cyrankiewicz, MSc, prof. M. Borówko, P. Bryk, PhD, DSc, prof. A. Patrykiewicz, and behind them W. Rzyśko, PhD, DSc, dr K. Grabowski, dr R. Zagórski.

Prof. S. Sokołowski pracował w różnych zagranicznych ośrodkach badawczych: w Penn State University odbył staż podoktorski u Prof. W. A. Steela (1983-1984), w Institut für Thermo- und Fluiddynamic of Ruhr Universität w Bochum (1988) współpracował z prof. J. Fischerem, w Forschungszentrum w Jülich był profesorem wizytującym, prowadząc badania z prof. H. J. Herrmannem i A. C. Gallasem (1990–1991), w Universidad Autonoma Metropolitana w Meksyku pracował z prof. D. Hendersonem (1994). Do tego ostatniego miasta wracał wielokrotnie współpracując z Dr. Orestem Pizio (National Autonomous University of Mexico). Wynikiem współpracy z prof. J. Fischerem, było zaadaptowanie i modyfikacja teorii funkcjonu gęstości i teorii równań całkowych Borna-Green-Yvona do opisu mieszanin w porach. Wykonał także jedne z pierwszych symulacji molekularnych dotyczących przemian zwilżania na granicy faz argon/dwutlenek węgla. W pewnym okresie diametralnie zmienił swoją tematykę badawczą i zajął się transportem materiałów granulanych. Efektem tych badań było opublikowanie wspólnie z J. A. C. Gallasem i H. J. Herrmannem jednej z Jego najczęściej cytowanych prac (Phys. Rev. Lett., 1992, 69, 1371). W trakcie pobytów w Meksyku rozwijał teorię asocjujących płynów niejednorodnych i teorię podwójnej warstwy elektrycznej. W następnych latach rozszerzył swoją międzynarodową współpracę, podejmując badania z naukowcami

z wielu innych ośrodków naukowych (np., Brigham Young University, Provo, USA, Department of Neutron Physics, SZFKI, w Budapeszcie, Friedrich-Alexander Universitaet, Erlangen).

Rozległe kontakty prof. S. Sokołowskiego i Jego doświadczenie bardzo korzystnie wpływały na pracę całego zespołu. Profesor wprowadzał w świat nauki wielu studentów i młodszych pracowników. Wypromował czterech doktorów (Grzegorz Chmiel, Paweł Bryk, Joanna Reszko-Zygmunt, Katarzyna Bucior).

Prof. S. Sokołowski ma bardzo szerokie zainteresowania naukowe i znaczące osiągnięcia w różnych dziedzinach. Zarys podsumowania badań S. Sokołowskiego można znaleźć w przedmowie do specjalnego wydania *Condensed Matter Physics*, przygotowanego z okazji Jego sześćdziesiątych urodzin [3].

Prof. S. Sokołowski opublikował ponad 450 artykułów naukowych i szereg rozdziałów w książkach. Jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Condensed Matter Physics*. Był wieloletnim członkiem Rady Naukowej ICHF PAN. Kierował różnymi projektami badawczymi, między innymi był kordynatorem Grantu CE “Statistical Thermodynamics and Computer Simulations of Complex Molecules in Bulk and at Surfaces“, który realizowano we współpracy z: Stranski Laboratorium fuer Physikalische und Theoretische Chemie, TUM, Berlin, Institute for Condensed Matter Physics, NANU, Lwów i Instituto de Quimica de la UNAM, Meksyk.

W roku 2019 prof. dr hab. Stefan Sokołowski został wyróżniony tytułem doktora *honoris causa* przez Radę Naukową Instytutu Fizyki Materii Skondensowanej Ukraińskiej Akademii Nauk we Lwowie.



Zdjęcie 5. Uroczystość wręczenia dyplomu nadania tytułu doktora honoris causa Instytutu Fizyki Materii Skondensowanej Narodowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie prof. dr. hab. Stefanowi Sokołowskiemu. Ze względu na stan epidemii uroczystość ta odbyła się w UMCS w dniu 12 lutego 2021. Dyplom wręczył Konsul Generalny Ukrainy w Lublinie – Vasyl Pavluk (pierwszy z lewej).

Photo 5. Ceremony of awarding the diploma of the title of doctor honoris causa of the Institute of Condensed Matter Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine in Lviv to prof. dr. hab. Stefan Sokołowski. Due to the state of epidemic, this ceremony took place at UMCS on February 12, 2021. The diploma was presented by the Consul General of Ukraine in Lublin - Vasyl Pavluk (first from the left).

Prof. dr hab. Małgorzata Borówko związana jest z UMCS od 1971, w którym rozpoczęła studia chemiczne, by potem osiągać w tym ośrodku kolejne szczeble awansu naukowego (doktorat - 1980, habilitacja - 1989, tytuł profesora – 2001). Wypromowała trzech doktorów (Wojciech Rżysko, Roman Zagórski, Tomasz Staszewski). Jest autorem lub współautorem 130 artykułów naukowych i kilku rozdziałów w monografiach. Była redaktorem książki *“Computational Methods in Surface and Colloid Science”*, M. Dekker, 2001.

Badania prof. Małgorzaty Borówko dotyczyły adsorpcji mieszanin gazowych, adsorpcji z roztworów wieloskładnikowych, teorii chromatografii, modelowania reakcji chemicznych, adsorpcji na szczotkach polimerowych, nanocząstek ze zmodyfikowaną powierzchnią i wielu innych zagadnień. Niezależnie od rozwiązywania problemów teoretycznych, zajmowała się także analizą chromatograficznych danych doświadczalnych. Badania te prowadziła wspólnie z dr hab. Barbarą Ościk-Mendyk.

Prof. Małgorzata Borówko dwukrotnie otrzymała Nagrodę Ministra. Należała do Advisory Board of Journal of Colloid and Interface Science (2001-2006). Była także

członkiem Komitetu Chemii PAN, Rady Naukowej IChF PAN w Warszawie oraz Senatu UMCS. W roku 2001 otrzymała "Langmuir Lecture Award", przyznaną przez Division of Colloid and Surface Chemistry, American Chemical Society.

Prof. dr hab. Andrzej Patrykiewicz ukończył studia chemiczne w UMCS (1976). Początkowo pracował w Zakładzie Fizyki Chemicznej i Fizyko-chemicznych Metod Rozdzielania, a w roku 1998 przeniósł się do ZMPF. Pracę doktorską obronił w roku 1980, kilka lat później na podstawie pracy „*Opis adsorpcji monowarstwowej gazu na homogenicznych powierzchniach ciał stałych*” (1987) uzyskał stopień doktora habilitowanego, a w roku 1998 otrzymał tytuł profesora. W latach 1978-1979 odbył staż w Tokyo Institute of Technology, potem otrzymał stypendium Fundacji Alexandra von Humboldta i pracował w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Johanna Gutenberga w Moguncji u profesora Kurta Bindera (1988-1990). Nawiązane w tym okresie kontakty zaowocowały wieloletnią współpracą, dzięki czemu także młodszy pracownicy ZMPF mogli odbywać w tym ośrodku niezwykle kształcące staże naukowe. W następnych latach prowadził badania, współpracując z naukowcami z wielu różnych placówek badawczych.

Jego badania dotyczyły przede wszystkim adsorpcji na ciałach stałych, przemian fazowych w układach jednorodnych i powierzchniowych oraz zjawiska zwilżania. Przez wiele lat swojej pracy badawczej zajmował się także licznymi, innymi zagadnieniami teoretycznymi. Opublikował ponad 240 artykułów w najpoważniejszych periodykach naukowych, w tym obszerną pracę przeglądową opartą w dużym stopniu na wynikach własnych badań, opublikowaną w prestiżowym czasopiśmie *Surface Science Reports* (*Surf. Sci. Rep.*, 2000, 37, 207). Jest również współautorem kilku rozdziałów w monografiach naukowych oraz autorem popularnego podręcznika „*Wprowadzenie do Metody Monte Carlo*” (Wydawnictwo UMCS, 1998). Wypromował czterech doktorów (Wojciech Gac, Tomasz Zientarski, Krzysztof Grabowski, Leszek Sałamacha). Kierował projektami badawczymi, między innymi koordynował grant europejski *Transfer of Knowledge “Theory and Computer Simulations of Interfacial Phenomena”* (Universidad Complutense de Madrid - Madrid, Institute of Chemical Technology - Prague, Max-Planck - Institut fuer Metallforschung - Stuttgart, Cambridge University – Cambridge, UK)

W roku 2007 Senat UMCS nadał prof. Kurtowi Binderowi tytuł doktora honoris causa, a jego promotorem był prof. A. Patrykiewicz.



Zdjęcie 6. Uroczystość nadania tytułu doktora honoris causa UMCS profesorowi Kurtowi Binderowi z Uniwersytetu Johanna Gutenberga w Moguncji w dniu 24 stycznia 2007 roku. Z lewej stoi prof. Kurt Binder, z prawej prof. Andrzej Patrykiewicz.

Photo 6. Ceremony of awarding the title of doctor honoris causa of UMCS to Professor Kurt Binder from the Johannes Gutenberg University in Mainz on January 24, 2007. On the left stands prof. Kurt Binder, on the right prof. Andrzej Patrykiewicz.

Młodsze pokolenie pracowników Zakładu stanowili: Wojciech Rżysko, Paweł Bryk, Tomasz Zientarski i Roman Zagórski.

Dr hab. Wojciech Rżysko, profesor UMCS został zatrudniony w ZMPF w roku 1994. Studia chemiczne ukończył w 1993, stopień doktora uzyskał w 1997 w oparciu o pracę „*Modelowanie procesu adsorpcji mieszanin ciekłych na ciałach stałych*”, natomiast stopień doktora habilitowanego otrzymał na podstawie rozprawy „*Symulacje Monte Carlo przemian fazowych w filmach adsorpcyjnych złożonych z dimerów i trimerów*” w roku 2010. Od 2020 jest profesorem UMCS. Otrzymał Stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (1996). W latach 1998-1999 odbywał staż podoktorski w Narodowym Uniwersytecie Autonomicznym w Meksyku. Następnie zdobył stypendium Fundacji Alexandra von Humboldta i pracował w grupie prof. K. Bindera w Uniwersytecie Johanna Gutenberga w Moguncji (2003-2005, 2008). Współpracował także z naukowcami z innych ośrodków (np., w Instytucie Fizyki Materii Skondensowanej Ukraińskiej Akademii Nauk we Lwowie, Complutense University of Madrid).

Jego badania dotyczą głównie adsorpcji, przemian fazowych, zjawisk krytycznych samoorganizacji molekuł, nanocząstek łątkowych, polimerów oraz ich mieszanin w różnych warunkach. Jest autorem ponad 100 publikacji naukowych. Wypromował jednego doktora (Łukasz Baran).

Dr hab. Wojciech Rżysko specjalizuje się w nowoczesnych technikach symulacji molekularnych, wprowadza w tę trudną dziedzinę innych pracowników naukowych. Uczestniczył w realizacji licznych projektów badawczych, skutecznie zdobywa fundusze na rozbudowę naszego centrum obliczeniowego.

Dr hab. Paweł Bryk, profesor UMCS został zatrudniony w ZMPF po ukończeniu studiów (chemia, UMCS) w roku 1994. Pracę doktorską *“Płyny w pobliżu półprzepuszczalnych membran. Teoria i symulacje komputerowe”* obronił w 2001 roku, a stopień doktora habilitowanego otrzymał w 2008 za badania dotyczące *„Zastosowania teorii funkcjonału gęstości do opisu koloidów, polimerów i ich mieszanin”*. W latach 2001-2003 odbył staż podoktorski w grupie prof. S. Dietricha w Instytucie Maxa Plancka w Stuttgarcie. Współpracował także z innymi zespołami badawczymi. Wymienić tu można grupę prof. L. G. Mac-Dowella z Complutense University of Madrid, grupę prof. R. Rotha z Instytutu Fizyki Teoretycznej, Universitaet Tuebingen (Tybinga) oraz zespół prof. dr hab. Artura P. Terzyka z Wydziału Chemii UMK w Toruniu. Od roku 2020 jest profesorem UMCS.

Jego tematyka badawcza obejmuje głównie zastosowanie klasycznej teorii funkcjonału gęstości do opisu, płynów niejednorodnych, układów koloidalnych i polimerów, modelowanie procesu zwilżania i zamrażania wody na nowych materiałach kompozytowych, modelowanie nowych materiałów węglowych o właściwościach superhydrofilowych i superomnifobowych oraz wpływ procesu starzenia na zwilżanie powierzchni ciał stałych. Opublikował 93 artykuły. Był promotorem jednej pracy doktorskiej (Edyta Słyk).

Dr hab. Tomasz Zientarski, prof. Politechniki Lubelskiej był zatrudniony w ZMPF w latach 1998-2015. Początkowo pracował w grupie prof. A. Patrykiewicza w Zakładzie Fizyki Chemicznej i Fizykochemicznych Metod Rozdzielania, UMCS (od 1994). Stopień doktora otrzymał w roku 2000 za pracę *„Formy uporządkowania i przemiany fazowe w filmach adsorpcyjnych na powierzchniach krystalicznych”*, a stopień doktora habilitowanego w 2015 na podstawie rozprawy *„Metody symulacyjne w badaniu naprężeń występujących podczas wzrostu warstw polikrystalicznych”*. Zajmował się modelowaniem adsorpcji metodą Monte Carlo w układach siatkowych oraz badaniem przemian fazowych w układach powierzchniowych. Po pewnym czasie swoje zainteresowania naukowe skierował w stronę układów o większym znaczeniu praktycznym. Nawiązał współpracę z Katedrą Fizyki Stosowanej Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej i podjął badania dotyczące naprężeń występujących podczas osadzania próżniowego oraz elektrolitycznego w metalicznych układach cienkowarstwowych. Jest autorem 35 publikacji naukowych. W roku 2015

wygrał konkurs na stanowisko profesora Politechniki Lubelskiej, a od 2019 roku jest tam kierownikiem Katedry Informatyki.

Dr Roman Zagórski pracował w Zakładzie w latach 1994-2001. Pracę doktorską „*Zastosowanie metod symulacji do badania płynów chemicznie niejednorodnych*” obronił w roku 2000. W tym okresie Jego badania dotyczyły modelowania reakcji chemicznych, opisu płynów asocjujących, symulacyjnego wyznaczania potencjału chemicznego. W roku 2001 przeniósł się do Gliwic, gdzie pracował na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej, w dziedzinie informatyki stosowanej. Jego obiecującą karierę naukową przerwała przedwczesna śmierć w roku 2012. W naszej pamięci zapisał się jako niezwykle rzetelny, pracowity i twórczy naukowiec.

Kolejne pokolenie pracowników Zakładu reprezentują dr Katarzyna Bucior i dr Leszek Sałamacha.

Dr Katarzyna Bucior była zatrudniona w ZMPF w latach 2001-2009. Wcześniej pracowała w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim oraz w Instytucie Agrofizyki PAN. Rozprawę doktorską „*Teoria adsorpcji mieszanin dwuskładnikowych*” obroniła w roku 2006. W roku 2007 otrzymała dwuletnie stypendium Fundacji Aleksandra von Humboldta i wyjechała na staż do Moguncji. Jest współautorką 16 artykułów naukowych.

Dr Leszek Sałamacha pracował w ZMPF od 2001 do 2011, początkowo jako asystent potem na stanowisku adiunkta. Stopień doktora uzyskał w 2006, w oparciu o pracę „*Badanie struktury faz oraz przemian fazowych w układach o ograniczonej geometrii*”. W roku 2011 przeniósł się do Laboratorium Analitycznego Wydziału Chemii UMCS. Obecnie zatrudniony jest w Katedrze Informatyki Politechniki Lubelskiej. Jest autorem 10 publikacji.

Dr hab. Tomasz Staszeński podjął pracę w ZMPF w roku 2002, początkowo na etacie technicznym, potem jako pracownik naukowo-dydaktyczny, przechodząc kolejne szczeble kariery naukowej: magisterium (2003), doktorat (2010) i habilitacja (2022). Temat jego rozprawy doktorskiej brzmiał „*Cząsteczki łańcuchowe w pobliżu powierzchni ciał stałych*”. Stopień doktora habilitowanego uzyskał w oparciu o osiągnięcie naukowe „*Teoria i symulacje układów zawierających łańcuchy przyłączone do powierzchni ciał stałych i nanocząstek*”. Opublikował 41 artykułów naukowych. Jego badania dotyczą głównie adsorpcji cząsteczek łańcuchowych na powierzchniach ciał stałych, adsorpcji na szczołkach polimerowych, cząstek włochatych, cząstek Janusa oraz adsorpcji na granicy faz ciecz-ciecz. Był promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim.

Najmłodsi członkowie zespołu to dr Edyta Raczyłło (z domu Słyk) i dr Łukasz Baran.

Dr Edyta Raczyllo ukończyła magisterskie studia z chemii (2012) i fizyki (2013). Pracę doktorską „*Struktura i przemiany fazowe w monowarstwach kopolimerów blokowych. Teoria i symulacje komputerowe*” obroniła w roku 2019. W latach 2019-2021 odbywała staż w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie. Zajmowała się modelowaniem adsorpcji i samoorganizacji, a ostatnio problemem dyfuzji w gęstych ośrodkach. Opublikowała 16 artykułów.

Dr Łukasz Baran rozpoczął pracę naukową już na drugim roku studiów pod kierunkiem prof. S. Sokołowskiego. Po uzyskaniu tytułu licencjata (2017) podjął studia w ramach Międzynarodowych Studiów Doktoranckich na Wydziale Chemii UMCS. W 2022 roku uzyskał stopień doktora nauk chemicznych za pracę „*Computer Simulations of the self-assembly process of various molecules with diverse architecture on solid surfaces*”. Jego opiekunem i promotorem pracy doktorskiej był dr hab. W. Rzyśko (promotor pomocniczy to dr hab. T. Staszewski). W roku 2022 został zatrudniony w Katedrze Chemii Teoretycznej.

Dr Ł. Baran jest autorem lub współautorem 22 publikacji. Był wielokrotnie wyróżniany, zdobywał nagrody naukowe i prestiżowe stypendia. Był finalistą konkursu „Złoty Medal Chemii” na najlepszą pracę licencjacką, organizowanego przez IChF PAN w Warszawie (2017), otrzymał Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla studentów za wybitne osiągnięcia naukowe (rok akademicki 2017/2018), stypendium START 2020 Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców w roku 2022 (realizowane do 2025 r.). Został także laureatem programu Bekker 2023 NAWA, co zapewnia Mu środki na realizację stażu podoktorskiego w grupie “Computer Simulations of Interfaces” kierowanej przez Prof. Luis G. MacDowella na Uniwersytecie Complutense w Madrycie, planowanego na lata 2024-2026. W tym samym zespole odbył już staż doktorski (2021).

Otrzymał i zrealizował dwa granty naukowe: „Diamentowy Grant” (MEN) „Symulacje komputerowe samoorganizacji wybranych cząsteczek na powierzchniach stałych” (2018-2021) oraz Preludium 20 (NCN) - “Samoorganizacja nanocząstek "łaciatych" w układach o ograniczonej geometrii”.

W ZMPF zatrudnione były także dwie asystentki techniczne, mgr Wiesława Cyrankiewicz i mgr Anna Sałamacha. Zajmowały się studenckimi pracowniami komputerowymi i obsługą naszego klastra obliczeniowego. Po znacznym ograniczeniu zajęć dydaktycznych realizowanych w Zakładzie zostały one przeniesione do innych jednostek.

Przez niemal ćwierć wieku pracownicy opublikowali ponad 600 artykułów naukowych, liczne rozdziały w książkach, zrealizowali ponad 20 projektów badawczych finansowanych przez różne instytucje, w tym 2 granty europejskie, wypromowali 13 doktorów, 4 osoby uzyskały stopień doktora habilitowanego i 3 osoby otrzymały tytuły profesorskie. Czwooro pracowników zdobyło stypendia Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, a pięcioro stypendia Fundacji Alexandra von Humboldta.

Równolegle pracownicy prowadzili zajęcia dydaktyczne z różnych przedmiotów, związanych z szeroko rozumianymi zastosowaniami informatyki w chemii (np. symulacje komputerowe, modelowanie matematyczne w badaniach środowiskowych, symulacje komputerowe w naukach przyrodniczych) oraz ze spektroskopii. Szczególnie dużo czasu poświęcono organizowaniu studiów licencjackich “Chemia informatyczna”.

W Zakładzie panowała zawsze miła, niemal rodzinna atmosfera, co sprzyjało efektywnej pracy naukowej.

3. KATEDRA CHEMII TEORETYCZNEJ



Zdjęcie 7. Pracownicy Katedry Chemii Teoretycznej (2022). W pierwszym rzędzie, od lewej: dr hab. P. Borowski, dr E. Raczylło, dr hab. K. Nieszporek, prof. M. Borówko, dr Ł. Baran, dr hab. T. Staszewski. W drugim rzędzie od lewej: dr P. Podkościelny, dr D. Nieckarz, dr hab. P. Bryk, dr hab. W. Rzyśko, prof. P. Szabelski, dr hab. M. Barczak.

Photo 7. Employees of the Department of Theoretical Chemistry (2022). Front row, from left: P. Borowski, PhD, DSc, dr E. Raczylło, K. Nieszporek, PhD, DSc, prof. M. Borówko, dr Ł. Baran, T. Staszewski, PhD, DSc. In the second row, from the left: dr P. Podkościelny, dr D. Nieckarz, P. Bryk, PhD, DSc, W. Rzyśko, PhD, DSc, prof. P. Szabelski, M. Barczak, PhD, DSc.

Od 2019 roku ponownie wszyscy teoretycy znaleźli się w jednej jednostce - Katedrze Chemii Teoretycznej, którą kieruje dr hab. Krzysztof Nieszporek, prof. UMCS. W roku 2021 do zespołu dołączyło dwóch nowych pracowników, dr hab. Piotr Borowski i dr Piotr Pikuta.

Dr hab. Piotr Borowski, profesor UMCS (magisterium – 1989, doktorat – 1995, habilitacja – 2013) w roku 1989 podjął pracę w Zakładzie Fizyki Chemicznej i Metod Rozdzielania. W latach 1990-1995 odbywał studia doktoranckie w University of Lund. Obronił tam pracę doktorską *“Theoretical studies of radicals, bi-radicals and their derivatives”*, wykonaną pod kierunkiem prof. Björna O. Roosa. Potem odbył staże podoktorskie w Pacific Northwest National Laboratory (Richland, USA) i University of Pittsburgh (Pittsburgh, USA) w ramach współpracy z prof. Kennethem D. Jordanem i dr Jeffreyem Nicholsem. Po powrocie do Polski podjął współpracę z prof. Krzysztofem Wolińskim. W roku 2013 otrzymał stopień doktora habilitowanego za osiągnięcie naukowe *„Wieloparametrowe skalowanie częstości drgań harmoniczych w spektroskopii oscylacyjnej jako alternatywa dla skalowania harmoniczych pól siłowych”*.

Jego badania skupiają się przede wszystkim wokół obliczeniowej chemii kwantowej. Dotyczą one teoretycznego opisu spektroskopii oscylacyjnej (IR i Ramana) i spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego. Prowadzi także badania dotyczące równowag klasterowych, łącząc metody termodynamiki statystycznej i obliczeniowej chemii kwantowej oraz badania z zakresu chemii strukturalnej, mechanizmów adsorpcji na funkcjonalizowanych materiałach krzemooorganicznych i węglowych i reakcji w chemii fosforoorganicznej. Brał udział w tworzeniu wielu pakietów obliczeniowych: MOLCAS, NWChem oraz PQS. Jest autorem ok. 70 prac naukowych.

Dr Piotr Pikuta (magisterium z matematyki - 1996, doktorat z matematyki - 2004) pracował początkowo w Instytucie Matematyki UMCS, gdzie prowadził badania naukowe z teorii równań różniczkowych pod kierunkiem prof. dr hab. Witolda Rzymowskiego. Zaowocowały one wykonaniem pracy doktorskiej *„Równania różniczkowe z nieciągłą prawą stroną”*. Jest autorem 13 publikacji naukowych. Pracuje w Katedrze jako starszy wykładowca, któremu powierzono prowadzenie zajęć z matematyki.

W Katedrze Chemii Teoretycznej trwają intensywne badania naukowe, pojawiają się nowe kierunki badań, rozwija się owocna współpraca z wieloma ośrodkami krajowymi i zagranicznymi. Wszyscy starają się kontynuować dobrą, ponad 45-letnią, tradycję Chemii Teoretycznej w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Wiadomości Uniwersyteckie UMCS, 2016, 2/221, 22.
- [2] M.Kosmulski, J.Narkiewicz-Michałek, M.Borówko, „Guest Editorial”, Adsorption Science and Technology, 2007, **25**, 343.
- [3] M. Borówko, J. Ilnytskyi, O. Pizio, Condensed Matter Physics, 2016, **19**, 1.

Praca wpłynęła do Redakcji 22 czerwca 2024 r.

24 czerwca 2024 roku, już po oddaniu tego manuskryptu do druku, dotarła do nas wiadomość, że zmarł prof. dr hab. Stefan Sokołowski. Nagle nauka polska i światowa straciła wybitnego fizykochemika-teoretyka, a my straciliśmy wspaniałego przyjaciela i kolegę, człowieka nietuzinkowego, pełnego pasji i empatii.

LUBELSKIE ŚWIATŁOWODY [1]

LUBLIN OPTICAL FIBERS

**Andrzej Gorgol, Małgorzata Gil-Kowalczyk*,
Lidia Czyżewska, Adam Paździor,
Krzysztof Poturaj, Mariusz Makara,
Aleksander Walewski, Paweł Mergo**

*Pracownia Technologii Światłowodów, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
Plac Marii Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin
e-mail: malgorzata.gil-kowalczyk@mail.umcs.pl

Dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS, jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS i kierownikiem PTŚ. Jego główne zainteresowania naukowe związane są z opracowywaniem technologii nowych rodzajów nisko i wysoko dwójłomnych światłowodów klasycznych i mikrostrukturalnych światłowodów ze szkła krzemionkowego i polimerów, optymalizacji teoretycznej światłowodów, pomiarami ich właściwości transmisyjnych i sensorowych oraz opracowywaniem nowych materiałów użytecznych w technologii światłowodów.



<https://orcid.org/0000-0002-7817-9114>

Dr Małgorzata Gil-Kowalczyk jest zatrudniona w PTŚ UMCS od 2011 roku, obecnie na stanowisku adiunkta. Jej praca naukowa jest ściśle związana z preparatyką oraz charakteryzacją fizykochemiczną materiałów polimerowych użytecznych w technologii światłowodów.



<https://orcid.org/0000-0001-6062-5510>

Mgr Lidia Czyżewska jest zatrudniona w PTŚ UMCS na stanowisku starszego specjalisty naukowo-technicznego. Jej działalność naukowa związana jest z opracowywaniem nowych związków chemicznych dla technologii klasycznych i mikrostrukturalnych światłowodów ze szkła krzemionkowego, szkieł high silica i polimerowych.



<https://orcid.org/0000-0001-8531-9034>

Mgr inż. Adam Paździór jest absolwentem Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej na kierunku Fotonika. W PTŚ UMCS odpowiada za charakteryzację właściwości optycznych i mechanicznych wytworzonych światłowodów, budowę i automatyzację układów pomiarowych oraz opracowywanie i testowanie czujników światłowodowych.



<https://orcid.org/0000-0002-5358-1166>

Mgr Krzysztof Poturaj jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Jego doświadczenie naukowe obejmuje ponad 35 lat pracy w zespole technologicznym PTŚ UMCS. Jego główne zainteresowania naukowe dotyczą technologii wytwarzania szkła krzemionkowego i szkieł typu high silica metodami MCVD i FCVD, jak też metod składania preform wstępnych na światłowody mikrostrukturalne.



<https://orcid.org/0000-0003-4763-6498>

Mgr Aleksander Walewski jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Pracuje w zespole technologicznym PTŚ UMCS, gdzie zajmuje się optymalizacją technologii nakładania polimerowych powłok ochronnych na różnego typu włókna światłowodowe oraz opracowywaniem składu kompozycji lakierowych.



<https://orcid.org/0009-0004-7843-165X>

Mgr Mariusz Makara jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Jego doświadczenie zawodowe obejmuje ponad 25 lat pracy w zespole technologicznym PTŚ UMCS. Jego zainteresowania naukowe dotyczą wytwarzania i przetwarzania preform na światłowody mikrostrukturalne oraz technik wyciągania światłowodów klasycznych i mikrostrukturalnych.



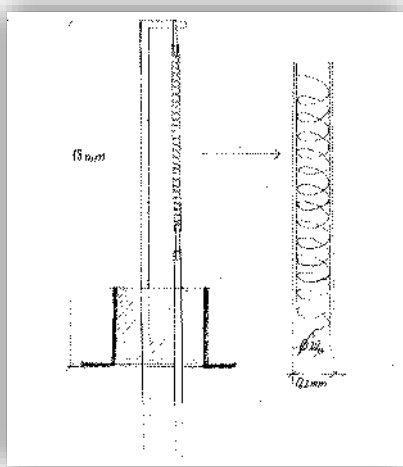
<https://orcid.org/0000-0003-4377-3938>

Mgr Andrzej Gorgol był pracownikiem PTŚ, obecnie na emeryturze.

ABSTRACT

The history of Lublin (but also Polish) fiber optics began in 1975 at UMCS and continues to this day. Knowledge about the production of special, very pure silica glass was poor, which makes the achievements of Lublin chemists, who at the same time as technology developed, had to learn and apply the theory of light propagation, even more significant. The presented article is a summary of 50 years of research on fiber optics at the Lublin center.

Można przyjąć, że historia Lubelskich Światłowodów rozpoczęła się w 1971 r. w Zakładzie Chemii Fizycznej, kierowanym przez prof. Andrzeja Waksmundzkiego. W tym czasie do pracy przyjęto dwóch młodych asystentów-chemików: mgra Jana Wójcika i mgra Andrzeja Gorgola. Ich pierwsze zadanie polegało na opracowaniu konstrukcji czujników katarometrycznych (Rys. 1), mierzących przewodnictwo cieplne gazów [1]. Element pomiarowy takiego czujnika stanowiła niewielka sprężynka z drutu platynowego, cieńszego od włosa, zatopiona w kapilarę szklaną o średnicy ok. 0,2 mm. Wytworzenie takich przyrządów pomiarowych wymagało rozwiązania wielu problemów z pogranicza fizyki i mechaniki precyzyjnej.



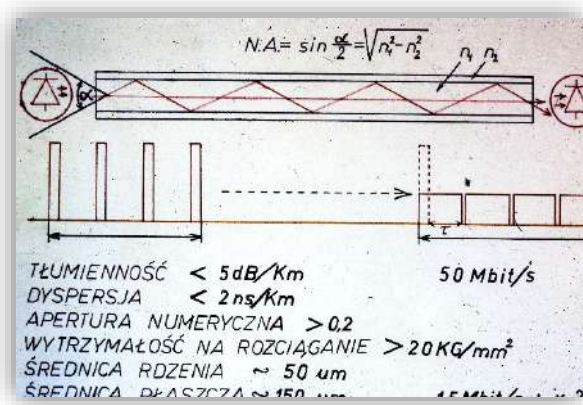
Rysunek 1. Schemat opracowanego czujnika katarometrycznego.

Figure 1. Scheme of the catharometric sensor.

Już po kilku miesiącach zbudowano pierwsze laboratoryjne maszyny do wytwarzania elementów składowych opracowywanych czujników: nawijarkę do cienkich włókien platynowych i wyciągarkę do kapilar szklanych, pozwalającą płynnie regulować ich średnicę wewnętrzną i zewnętrzną. Po wykonaniu serii kilkuset czujników, podjęto prace nad otrzymywaniem kapilarnych kolumn chromatograficznych, czyli długich sprężyn z rurek szklanych. Wystarczyło w tym celu rozbudować opracowaną wyciągarkę i uzupełnić ją o urządzenie zmiękczające i zwijające kapilarę szklaną. Jednocześnie opracowano technologię wytwarzania bardzo drobnych kulek szklanych, które po odpowiedniej obróbce, stanowiły wypełnienie kolumn chromatograficznych. Prace te pozwoliły zdobyć duże doświadczenie z dziedziny technologii szkła.

Pierwszy kontakt z tematyką światłowodową nastąpił w 1975 r., gdy w Lublinie zjawiał się współpracownik Profesora Zenona Szpiglera z Politechniki Warsza-

wskiej z prośbą o wykonanie cienkiej, długiej i elastycznej kapilary szklanej. Przy okazji podzielił się informacjami o szukającym się przełomie w tele-komunikacji - tradycyjne kable miedziane osiągnęły kres swoich możliwości w szybkości transmisji, a od kilku lat pojawiały się w literaturze naukowej wiadomości o próbie przesyłania informacji w postaci sygnałów świetlnych przez specjalne przezroczyste włókna zwane światłowodami. Dzięki ich unikatowej budowie i wykorzystaniu odpowiednich szkielek, światłowody typowo zbudowane z płaszcza i rdzenia, prowadzą światło dzięki całkowitemu wewnętrznemu odbiciu (Rys. 2).

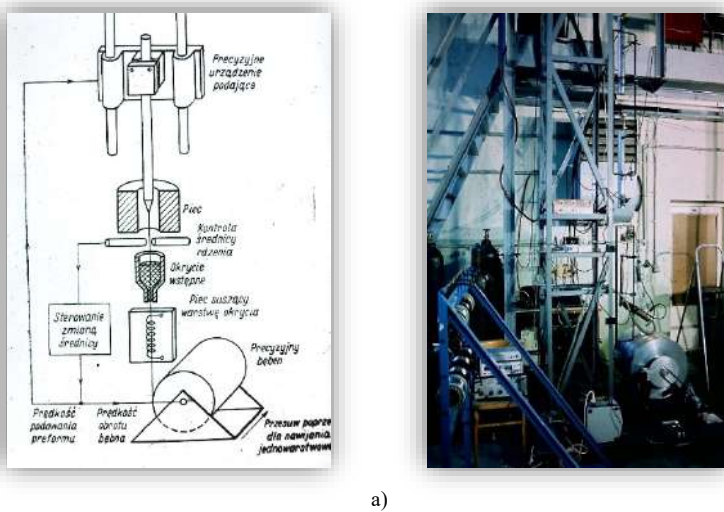


Rysunek 2. Ówczesna wiedza na temat światłowodów.
Figure 2. Knowledge of fibre optics at the time.

Profesor Szpigler i jego współpracownicy próbowali zbudować model światłowodu z kapilary szklanej wypełnionej cieczą o wyższym współczynniku załamania światła. Niestety ze względu na dużą niejednorodność optyczną ciekłej rdzeń zbyt mocno rozpraszał światło i taki światłowód prowadził światło na odcinku zaledwie kilku centymetrów. Działanie takiego laboratoryjnego polskiego modelu światłowodu przedstawiono w 1976 r. w Jabłoncej na pierwszym w Polsce symposium na temat techniki światłowodowej. Na to symposium zostali zaproszeni również pracownicy UMCS. Zademonstrowali tam pierwsze całkowicie szklane światłowody wytworzone przez jednoczesne wyciąganie rurki i umieszczonego wewnątrz pręta szklanego.

Zainteresowanie możliwościami techniki światłowodowej było wielkie. Dlatego Profesor Waksmundzki wydzielił grupę dwóch pracowników (mgra Andrzeja Gorgola i mgra Jana Wójcika) do opracowania technologii wytwarzania włókien telekomunikacyjnych. Ze skąpych danych literaturowych wynikało, że najlepsze wyniki można osiągnąć metodą MCVD, czyli wytwarzania warstw szkła wewnątrz rury ze szkła krzemionkowego w reakcji utleniania lotnych związków

krzemu, germanu, boru i fosforu. Wymagało to zbudowania całkiem nowych urządzeń i maszyn, m. in. wyciągarki do włókna (Rys. 3).



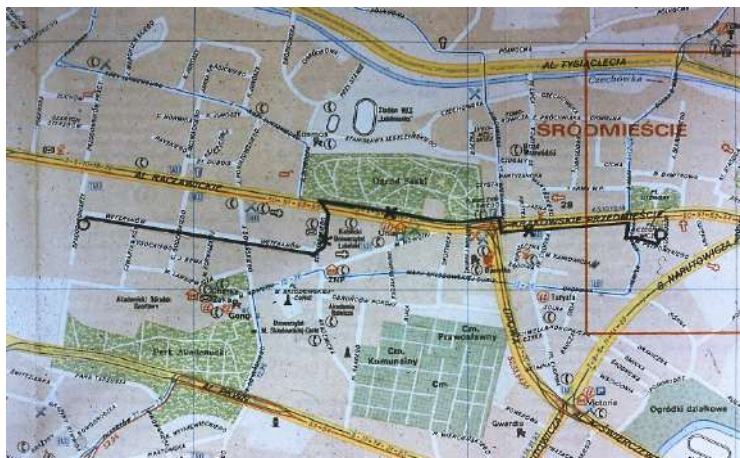
Rysunek 3. Wyciągarka światłowodowa: a) schemat, b) zdjęcie wyciągarki UMCS.
Figure 3. Optical fiber drawing tower: a) scheme b) photo of the UMCS drawing tower.

Prototypy maszyn wykonano własnymi siłami, rozwiązując przy tym liczne problemy związane z pomiarami parametrów procesu, ich stabilizacją, i regulacją automatyczną. Uzyskane włókna światłowodowe miały na tyle dobre własności optyczne, że przy dużym poparciu ówczesnego Ministra Łączności prof. Edwarda Kowalczyka powstał projekt budowy prototypowej linii światłowodowej w Lublinie. Organizacją prac zajął się dyrektor Okręgowego Laboratorium Poczty i Telekomunikacji mgr inż. Stanisław Zbyrad (Rys. 4). Urządzenia nadawczo-odbiorcze zbudowali pracownicy Politechniki Warszawskiej.



Rysunek 4. Profesor Zenon Szpigler i Stanisław Zbyrad
Figure 4. Professor Zenon Szpigler and Stanisław Zbyrad

Na początku 1979 r. powstała pierwsza w Polsce linia światłowodowa o długości 2,5 km łącząca dwie centrale telefoniczne (Rys. 5).



Rysunek 5. Pierwsza linia światłowodowa oznaczona czarną linią na fragmencie planu Lublina.
Figure 5. The first optical fiber line marked with a black line on a Lublin plan fragment.

Na świecie działających linii światłowodowych było wówczas niewiele, sukces był zatem znaczący. Zespół prof. Andrzeja Waksmundzkiego z UMCS (Rys. 6) uzyskał liczne nagrody i wyróżnienia, a w 1982 r. zarządzeniem ówczesnego Rektora UMCS powstała Pracownia Technologii Światłowodów (PTS) pod kierownictwem prof. Andrzeja Waksmundzkiego.



Rysunek 6. Zespół profesora Waksmundzkiego w 1979 r.
Figure 6. Professor Waksmundzki's team in 1979.

W kolejnych latach Pracownia Technologii Światłowodów rozbudowywała się i stawała centralnym dla Polski miejscem produkcji światłowodów telekomunikacyjnych próbując równocześnie alternatywnych metod ich wytwarzania. Współpraca z Politechniką Wrocławską, zajmującą się techniką mikrofalową, umożliwiła badania nad metodą PCVD, wykorzystującą reakcję w plazmie. W 1982 r. powstała w Łodzi druga w Polsce linia światłowodowa o długości 5 km. Podjęto wówczas decyzję o budowie w Lublinie zakładu produkcyjnego światłowodów. Już rok później otwarto Ośrodek Techniki Optotelekomunikacyjnej (OTO), zatrudniający ponad 100 osób, produkujący włókna i kable z wykorzystaniem technologii opracowanej w UMCS. Powstanie OTO (Rys. 7) w znacznym stopniu odciążało Uniwersytet i pozwoliło na podjęcie badań nad innymi typami światłowodów.



a)



b)

Rysunek 7. Ośrodek Techniki Optotelekomunikacyjnej: a) wmurowanie kamienia węgielnego, b) otwarcie
Figure 7. Optocommunications Technology Center: a) laying the foundation stone, b) opening

W 1985 r. powstał krajowy projekt badawczy, obejmujący całość zagadnień optoelektronicznych koordynowany przez prof. Bohdana Paszkowskiego, a tematykę badań nad technologią wytwarzania światłowodów powierzono UMCS. W projekcie brało udział 13 jednostek naukowo-badawczych z Polski. Program ten dał liczne efekty w postaci opracowań nowych technologii, materiałów, metod pomiarowych oraz urządzeń technologicznych. Współpraca nawiązana między tymi ośrodkami trwa do dziś.

Przez następne 9 lat OTO produkował włókna i kable światłowodowe, a Pracownia Technologii Światłowodów UMCS stanowiła jego zaplecze naukowo-badawcze. W 1987r. Profesor Andrzej Waksmundzki odszedł na emeryturę i kierownictwo nad Pracownią przejął Profesor Jan Rayss. Burzliwy rozwój technologii światłowodów w świecie spowodował wyraźny spadek ich cen, a rachunek ekonomiczny spowodował konieczność przejścia na import tańszych włókien telekomunikacyjnych z zagranicy. Pracownia Technologii Światłowodów zajęła się technologią specjalnych włókien światłowodowych. Jako jedną z pierwszych opracowano technologię dwójłomnego światłowodu z otworami powietrznymi za

którą zespół technologiczny kierowany przez dr Jana Wójcika otrzymał w 1998 roku nagrodę Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych - tzw. "Polskiego Nobla". W 2001 roku opracowano technologię światłowodów fonicznych. W chwili obecnej Pracownia Technologii Światłowodów UMCS jest jedną z nielicznych uniwersyteckich jednostek badawczych w Europie posiadającą kompletne linie technologiczne do wytwarzania światłowodów, zawierającą dedykowane przemysłowe maszyny do wytwarzania preform, oraz odpowiednie wyciągarki światłowodów.

W szczególności zaplecze techniczne i technologiczne PTS stanowią:

- Hala Półtechniki – wyposażona m.in. w kompletne linie technologiczne MCVD (skala laboratoryjna) i FCVD (skala półtechniczna) wraz z pełną infrastrukturą chemiczną do wytwarzania preform na różne typy światłowodów, wyciągarki do światłowodów dla skali laboratoryjnej i półtechnicznej, maszyna wytrzymałościowa Zwick Z2.5 TH zwicki-Line (wytrzymałość mechaniczna), maszyny do badań wytrzymałości doraźnej światłowodów (proof-test).
- Laboratoria pomiarów technologicznych – wyposażone m.in. w: preform-tester York P102 (pomiar rozkładu współczynnika załamania światła w wytwarzanych preformach), skaningowy mikroskop elektronowy Phenom G2 Pro, źródła SC i analizatory OSA zakres spektralny 450-2400 nm, spawarki światłowodów z pomiarem charakterystyk spawów Vytran FFS-2000 (żarnikowa) i CMS 3sae, układy do pomiarów: dwójłomności, czułości na ciśnienie, temperaturę i rozciąganie światłowodów.
- Pracownia technologii polimerowych – wyposażona m. in. w: zestawy do syntez wytwarzania i modyfikacja polimerów dla technologii światłowodów w tym syntezы specyficznych materiałów na powłoki ochronne, komory UV, zestaw analityczny - termowaga sprzężona z kwadropolowym spektrometrem masowym (QMS), spektrometr FT-IR oraz skaningowy kalorymetr różnicowy (DSC): STA 449 F1 –QMS - FTIR (ATR) Netzsch, piece i programowalne suszarki laboratoryjne o temperaturze pracy do 600°C, wylączarkę do polimerów.
- Pracownia projektowo konstrukcyjna wraz ze szlifiernią szkła krzemionkowego stanowiąca zabezpieczenie działalności Pracowni Technologii Światłowodów od strony konstrukcji specjalistycznych urządzeń niezbędnych przy opracowywaniu technologii nowych rodzajów włókien. Wyposażona m. in. w: maszyny do obróbki mechanicznej różnych materiałów konstrukcyjnych (plastiki, metale), specjalistyczne piły do cięcia szkła krzemionkowego, specjalistyczną bezluzową wysokoobrotową frezarkę do obróbki powierzchni bocznych prętów i rur ze szkła krzemionkowego.

Od 2011 r. Pracownią Technologii Światłowodów kieruje dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS. W 2018 r. podczas 74 Inauguracji Roku Akademickiego ówczesny Rektor Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, prof. Stanisław Michałowski, wręczył Nagrodę Naukową „Marii Curie” zespołowi naukowców z Pracowni Technologii Światłowodów pod kierownictwem dr hab. Pawła Mergo, prof. UMCS (Rys. 8).



Rysunek 8. Pracownicy PTŚ odbierający Nagrodę Naukową „Marii Curie”.
Figure 8. PTŚ employees receiving the "Marie Curie" Science Award.

Nagroda została przyznana za badania i rozwój „technologii światłowodów ze szkła krzemionkowego i polimerów” oraz za współpracę ze środowiskiem społeczno-gospodarczym województwa lubelskiego w tym zakresie. W 2020 r. dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS został Laureatem Nagrody Inteligentnego Rozwoju 2020 w kategorii „Naukowiec przyszłości”. Nagroda została przyznana za dotychczasowe osiągnięcia Laureata z zakresu technologii fonicznych i światłowodowych i stanowi prestiżowe wyróżnienie przyznawane innowatorom w środowisku biznesowym i naukowym.

O wysokim poziomie badań prowadzonych w Pracowni świadczy udział w kilku programach badawczych finansowanych z Programów Ramowych Unii Europejskiej oraz kilkunastu grantach finansowanych z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz innych agencji finansujących badania naukowe. Wśród zrealizowanych w ostatnich latach projektów były m.in.: zaprojektowanie i wykonanie systemu monitoringu górotworu opartego na technologii fonicznej, opracowanie zaawansowanych struktur światłowodów fonicznych dla innowacyjnych sieci telekomunikacyjnych, a także spiralnych światłowodów fonicznych do zastosowań w metrologii i komunikacji optycznej. Warto wspomnieć, że PTŚ jest częścią Narodowego Labo-

ratorium Fotoniki i Technologii Kwantowych, w ramach którego została przeprowadzona modernizacja Hali Póltechniki, gdzie wytwarzane są światłowody (Rys. 9).

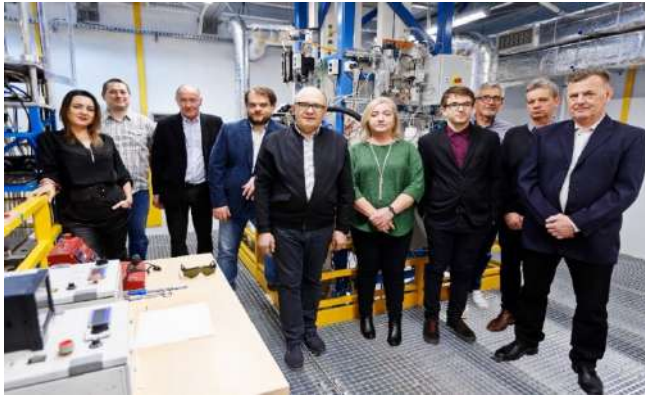


Rysunek 9. Pracująca wyciągarka do światłowodów na Hali Póltechniki po modernizacji.

Figure 9. Working optical fiber drawing tower at the Póltechnika Hall after its modernization.

PTŚ może się także pochwalić współpracą z wieloma firmami (m. in.: SHM System, InterLab, SunFiber), co wynika z bogatego doświadczenia pracowników Pracowni. PTŚ jest również członkiem dwóch organizacji branżowych z dziedziny fotoniki: Polskiej Platformy Technologicznej Fotoniki i Polskiego Klastra Fotoniki i Światłowodów, co pozwoliło na znaczące poszerzenie zakresu oddziaływania PTŚ dla przemysłu.

Wieloletnie doświadczenie, a tym samym obszerna wiedza umożliwia pracownikom (Rys. 10) Pracowni Technologii Światłowodów realizowanie usług w szerokim zakresie w obszarze technik światłowodowych.

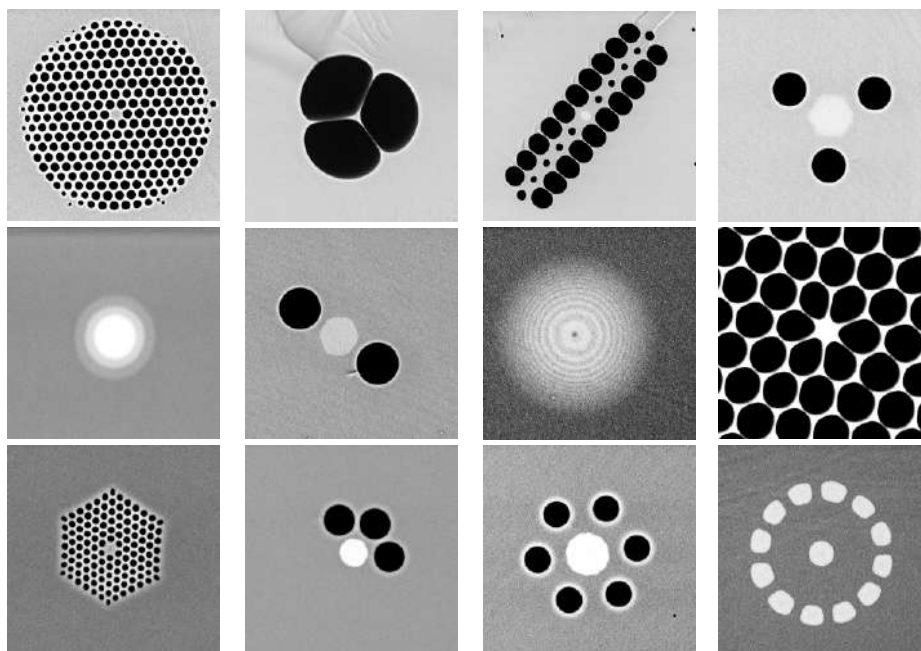


Rysunek 10. Skład osobowy Pracowni Technologii Światłowodów od lewej: dr Małgorzata Gil-Kowalczyk, mgr inż. Grzegorz Wójcik, dr Wiesław Podkościelny, prof. Paweł Mergo, mgr Krzysztof Poturaj, mgr Lidia Czyżewska, mgr inż. Adam Paździor, mgr Aleksander Walewski, mgr Mariusz Makara, Jarosław Kopeć

Figure 10. Personal squad of the Laboratory of The Optical Fiber Technology, from the left: dr. Małgorzata Gil-Kowalczyk, MSc. eng. Grzegorz Wójcik, dr. Wiesław Podkościelny, prof. Paweł Mergo, MSc. Krzysztof Poturaj, MSc. Lidia Czyżewska, MSc. eng. Adam Paździor, MSc. Aleksander Walewski, MSc. Mariusz Makara, Jarosław Kopeć

W ostatnich latach byli oni także jednymi z inicjatorów Lubelskiej Wyżyny Technologii Fotonicznych – przedsięwzięcia związanego z dalszym rozwojem szeroko rozumianych technologii fotonicznych i światłowodowych na terenie województwa lubelskiego. Wymiernym efektem tego przedsięwzięcia jest sfinansowanie kilku projektów naukowo-badawczych prowadzonych przez konsorcja złożone z uczelni i przedsiębiorców oraz projektów rozwojowych realizowanych przez przedsiębiorstwa z Lubelszczyzny.

Do chwili obecnej w Pracowni Technologii Światłowodów opracowano technologie kilkuset rodzajów światłowodów do różnych zastosowań począwszy od telekomunikacji poprzez czujniki różnych wielkości fizycznych skończywszy na światłowodowych laserach dużej mocy. Większość z nich to światłowody mikrostrukturalne o specyficznych strukturach wewnętrznych i właściwościach optycznych. Zdjęcia przekrojów poprzecznych wybranych światłowodów opracowanych w PTŚ przedstawiono na poniższym (Rys. 11).



Rysunek 11. Zdjęcia w przekroju poprzecznym centralnego obszaru (wokół rdzenia) dwunastu przykładowych „egzotycznych” struktur światłowodów specjalnych wytworzonych w Pracowni Technologii Światłowodów UMCS. Czarne obszary odpowiadają otworom powietrznym, szare obszary szkła krzemionkowego o różnych poziomach domieszkowania.

Figure 11. Photographs in cross section of central region (around core) of a dozen ‘exotic’ exemplary geometries of specialty optical fibres manufactured in Laboratory of Optical Fibre Technology. Black areas correspond with air holes, grey – with silica glasses with different doping levels.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Strona internetowa: <https://opticalfibers.umcs.pl/>

Praca wpłynęła do Redakcji 8 lipca 2024 r.

INFORMACJE

MECENASI WIADOMOŚCI CHEMICZNYCH



Hydrolab to polska firma z ponad 20-letnim doświadczeniem na rynku. Jesteśmy dobrze zorganizowanym, nowoczesnym zarządzanym przedsiębiorstwem.

Produkujemy laboratoryjne demineralizatory, zaprojektowane zgodnie z wytycznymi polskich i europejskich norm, wykorzystując najnowsze technologie oczyszczania wody.

Jesteśmy w stanie zaplanować całą gospodarkę wodną w laboratorium, z pełną dokumentacją kwalifikacyjną.

Hydrolab aktualnie posiada w swojej ofercie ponad sto modeli urządzeń do oczyszczania wody.



Firma CEMIS-TECH Sp. z o.o. powstała w celu promowania ekologicznych rozwiązań firmy SOAPY-EUROPE na rynku polskim i rynkach środkowej Europy.

Jednakże energiczne poczynania naszego profesjonalnego zespołu, zaowocowały rozszerzeniem działalności na segment laboratoryjny.

W chwili obecnej CEMIS-TECH Sp. z o.o. jest wyłącznym i autoryzowanym przedstawicielem w Polsce tak uznanych firm jak: CEM Corporation, Teledyne ISCO Inc., Syrris Ltd, JACOMEX SAS, ThalesNano Inc, SOAPY Europe SRL, Mantech Inc., ZUELAB.

Ambicją naszej firmy jest dostarczenie Państwu nie tylko zamówionego sprzętu. Nasi specjaliści pomogą w wyborze urządzeń i dostosują ofertę do Państwa specyficznych wymagań aplikacyjnych. Proponujemy też grupowe bądź indywidualne szkolenia w naszym laboratorium aplikacyjnym w Kamp-Lintfort lub w Poznaniu. Ułatwi to Państwu szybkie opracowanie własnych metodyk analitycznych lub przygotowania próbek do analizy.

CEMIS-TECH Sp. z o.o. organizuje we współpracy z Uniwersytetem Jana Kochanowskiego w Kielcach coroczne Sympozjum na Łysej Górze. Możecie tam Państwo zapoznać się z najnowszymi osiągnięciami polskiej i światowej analityki chemicznej, a także indywidualnie skonsultować swoje problemy z najwybitniejszymi postaciami polskiej chemii.

105. rocznica założenia Polskiego Towarzystwa Chemicznego!

Polskie Towarzystwo Chemiczne ma już 105 lat (zostało założone 29 czerwca 1919 roku), a mimo to nadal zachowuje młodzieńczą werwę i energię, czego jednym z dowodów, jest istnienie Sekcji Młodych. Jest to organizacja pełna dynamizmu, która oferuje społeczności chemicznej szereg wartościowych inicjatyw. Serdecznie zapraszamy do śledzenia naszej strony internetowej, obserwowania nas na Facebooku, czytania Biuletynu a także aktywnego uczestnictwa w naszych inicjatywach, takich jak, coroczny Zjazd Naukowy PTChem, który w tym roku, odbędzie się dniach 15-20 września w Poznaniu.

Towarzystwo tworzą wyjątkowi chemicy – zarówno wybitni naukowcy, jak i wspaniali nauczyciele, a także ambitni, utalentowani i kreatywni studenci oraz doktoranci. Nie brakuje również Przyjaciół naszego Towarzystwa, którzy wspierają naszą misję. Polskie Towarzystwo Chemiczne to nie tylko organizacja z długą historią, ale także żywy organizm, pełen entuzjazmu i nowych pomysłów, gotowy na kolejne lata działalności!



II Edycja Konferencji Naukowej Chemia we Wrocławiu WrocChem2024

Dnia 11 czerwca 2024 r. w gościnnych progach Politechniki Wrocławskiej odbyła się II edycja Konferencji Naukowej Chemia we Wrocławiu WrocChem2024 zorganizowana przez Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Chemicznego <https://ptchem.pwr.edu.pl/> Konferencja dedykowana jest magistrantom i doktorantom uczelni Wrocławia a jej celem jej prezentacja, wyłącznie w postaci komunikatów ustnych, wyników badań naukowych oraz integracja wrocławskiego środowiska chemicznego.

Podczas Konferencji uczestnicy mieli okazję wysłuchania 24 komunikatów i 23 krótkich komunikatów wygłoszonych przez młodych adeptów chemii, przedstawicieli Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Politechniki Wrocławskiej. Ponadto uczestnicy wysłuchali 2 wykładów wygłoszonych przez znakomitych, doświadczonych naukowców: dr inż. Alicję Kluczyk z Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego oraz przedstawiciela przemysłu, mgr. Nilsa Drabika z firmy chemicznej Apeiron Synthesis S.A., sponsora Konferencji <https://apeiron-synthesis.com/>

We WrocChem2024 wzięło udział blisko 70 uczestników. Wydarzenie zostało objęte honorowym patronatem Polskiego Towarzystwa Chemicznego oraz Dziekana Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej prof. dr. hab. Piotra Młynarza.

dr hab. inż. Tomasz Olszewski, prof. PWR
Przewodniczący Oddziału Wrocławskiego PTChem



Patronat PTChem nad książką PWN Zbiór zadań z Olimpiad Chemicznych LX-LXIX

Polskie Towarzystwo Chemiczne objęło patronat nad książką „Zbiór zadań z Olimpiad Chemicznych LX-LXIX” autorstwa prof. Marka Orlika i dr hab. Ewy Poboży. Książka została wydana przez Wydawnictwo Naukowe PWN.

Książka już jest dostępna, a wszystkich chętnych do jej zakupu członków naszego Towarzystwa zapraszamy do kontaktu z biurem PTChem (biuro@ptchem.pl). Otrzymaliśmy specjalny kod uprawniający do zakupu Zbioru z 28% rabatem od ceny katalogowej, ważny do końca lipca.

Jednocześnie zachęcamy do odwiedzania księgarni PWN:

<https://ksiegarnia.pwn.pl/Zbior-zadan-z-Olimpiad-Chemicznych-LX-LXIX.1060075772.p.html>

Specjalne jubileuszowe wydanie przybliży Cię do olimpijskiego sukcesu.

Dostępne w przedsprzedaży



 PWN

Reprezentacja Polski na 56. IChO w Rijadzie zdobyła dwa złote i dwa srebrne medale!

Miło nam poinformować Państwa, że reprezentacja Polski na 56. IChO w Rijadzie zdobyła cztery medale - dwa złote i dwa srebrne, co stanowi najlepszy wynik w ciągu ostatnich kilku lat:

1. Michał Lipiec - medal złoty
2. Piotr Olbryś - medal złoty
3. Mikołaj Warda - medal srebrny
4. Wiktor Kępiński - medal srebrny

<https://www.olchem.edu.pl/>



REGULAMIN I INFORMACJE DLA AUTORÓW PUBLIKUJĄCYCH W CZASOPIŚMIE „WIADOMOŚCI CHEMICZNE”

1. Informacje ogólne

„Wiadomości Chemiczne” są recenzowanym czasopismem naukowym Polskiego Towarzystwa Chemicznego, które publikuje przede wszystkim artykuły przeglądowe. Ponadto publikowane są tutaj inne wartościowe materiały o charakterze edukacyjno-informacyjnym takie jak: artykuły oparte na pracach doktorskich lub habilitacyjnych, które zostały wyróżnione przez Rady Wydziałów, przed którymi toczyły się odpowiednie procesy; materiały informacyjne na temat uczonych oraz jednostek naukowych/firm chemicznych lub pokrewnych chemii; materiały o aktualnych osiągnięciach w szeroko pojętych naukach chemicznych.

Dodatkowa ofertę Wydawnictwa stanowi seria, „Biblioteka Wiadomości Chemicznych”, gdzie publikowane są dłuższe artykuły przeglądowe lub monografie poświęcone ważnym i aktualnym problemom współczesnej chemii. Autorzy, którzy chcieliby takie prace napisać, powinni wcześniej skontaktować się z Redakcją, a następnie przesłać wstępnie przygotowaną publikację (redagowaną na wzór artykułów w czasopiśmie „Wiadomości Chemicznych”) lub informacje na temat przygotowywanej pracy – tytuł przygotowywanej publikacji, przybliżoną liczbę stron, tabel, rysunków. W chwili obecnej Redakcja nie posiada środków na finansowanie prac w serii „Biblioteka Wiadomości Chemicznych”. W zależności od sytuacji finansowej Wydawnictwa, Redakcja zastrzega sobie prawo negocjacji kosztów druku z autorami lub Instytucjami zlecającymi druk.

„Wiadomości Chemiczne” wydawane są zarówno w wersji drukowanej jak i elektronicznej. Wersja elektroniczna udostępniana jest bezpłatnie w Internecie.

Czasopismo jest indeksowane/abstraktowane w kilku bazach danych: Chemical Abstracts, Polska Bibliografia Naukowa, BazTech, Polska Bibliografia Lekarska, Index Copernicus, Baza ARIANTA.

2. Informacje dla autorów na temat wymagań i zasad publikowania prac

- Prace nie były wcześniej publikowane, ani nie są złożone w redakcji innego czasopisma.
- Autorzy prac stosują się do wymagań praw autorskich tzn. w przypadku zamieszczania rysunków, tabel itp., pochodzących z opracowań opublikowanych w innych czasopismach lub publikacjach zwartych, posiadają pisemną zgodę na ich przedruk.

- Opublikowana raz praca bez zgody Redakcji, nie może być wydawana gdzie indziej.
- Autorzy przysyłający prace po raz pierwszy powinni podać swój numer telefonu oraz adresy poczty tradycyjnej i elektronicznej. Jest to niezbędny warunek sprawnego przebiegu opracowania redakcyjnego tekstu.
- Autorzy zobowiązani są do wykonania korekty tekstu. W pracach przyjętych do druku Redakcja ma prawo dokonywania niezbędnej korekty.
- Jeżeli autorzy nie zastrzegą inaczej w momencie zgłoszenia pracy, wydawca nabywa ogólnych praw autorskich do wydrukowanych prac (w tym prawo wydawania na nośnikach elektronicznych oraz w Internecie). Tytułem powyższego wykorzystania utworów autorom nie są wypłacane honoraria.
- Wszystkie nadsyłane prace są poddawane wstępnej ocenie, która określa czy odpowiadają randze i profilowi „Wiadomości Chemicznych” oraz czy zostały przygotowane zgodnie z formalnymi wymogami MNiSW oraz Redakcji.
- Po uzyskaniu pozytywnej wstępnej oceny wszystkie prace są recenzowane przez co najmniej dwóch niezależnych recenzentów, zgodnie ze wskazówkami zawartymi w broszurze informacyjnej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, http://www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/ministerstwo/Publikacje/20110216_MNiSW_broszura_210x210.pdf.
- O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
- Prace, które Komitet Redakcyjny na podstawie uzyskanych recenzji stwierdził, że nie należy przyjąć do druku w czasopiśmie, po uwzględnieniu sugestii recenzentów mogą być powtórnie przesłane do czasopisma. W takim przypadku praca traktowana jest jako nowy tekst i ponownie przechodzi pełną procedurę recenzowania.
- Ponadto Komitet Redakcyjny informuje, że tzw. „ghostwiting” (ktoś wniósł znaczący wkład w powstanie publikacji, a nie został przedstawiony jako współautor lub też nie został wymieniony w podziękowaniu zamieszczonym w publikacji) lub „guest authorship” (udział autora jest znikomy lub też w ogóle nie miał miejsca, a mimo to jest współautorem publikacji) są przejawem nierzetelności naukowej. Wszelkie przejawy nierzetelności naukowej, łamanie i naruszanie zasad etyki obowiązującej w nauce będą ujawniane, włącznie z powiadomieniem jednostek zatrudniających autorów.
- Autorzy mają prawo do zaproponowania co najmniej trzech niezależnych recenzentów, jednak ostatecznego wyboru anonimowych recenzentów dokonuje Redakcja.

3. Koszty

Autorzy czasami mogą ponosić częściowe koszty wydania swoich artykułów. Tak jest w przypadku tzw. stron nadliczbowych tj. powyżej 25 stron. Za każdą rozpoczętą nadliczbową stroną jest naliczana opłata w wysokości około 50 zł. Najczęściej- kwota ta pokrywana jest z funduszy pozyskiwanych przez Autorów lub przez Wydziały które wspomagają wydawanie „Wiadomości Chemicznych”.

Niezależnie od rodzaju pracy opłata pobierana jest również za strony drukowane w kolorze (zgodnie z faktycznym kosztem druku).

Redakcja zastrzega sobie możliwość zmiany wysokości opłat, w zależności od wielkości dofinansowania z MNiSW oraz wypracowanych środków własnych. Faktura wystawiana jest po ukazaniu się pracy.

W przypadku prac w serii „Biblioteka Wiadomości Chemicznych”, Redakcja nie posiada środków na finansowanie i zastrzega sobie prawo negocjacji kosztów druku z autorami lub Instytucjami zlecającymi druk.

4. Informacje szczegółowe dotyczące przygotowania maszynopisu do druku

4.1. Wymagania merytoryczne

Tekst należy napisać zwięźle, prostym stylem, według zasad pisowni polskiej, z zachowaniem poprawnego i obowiązującego nazewnictwa fachowego. Nie należy zamieszczać nadmiaru szczegółów odsyłając Czytelnika do piśmiennictwa oryginalnego, które to powinno uwzględniać najnowsze informacje, dotyczące napisanej pracy. Literaturę należy cytować ze źródeł oryginalnych.

4.2. Wymagania techniczne składu tekstu

- W przypadku prac współfinansowanych przez autorów, liczba stron oraz forma kolorystyczna manuskryptu nie jest ograniczona (wymagane jest wcześniejsze uzgodnienie z Redakcją).

- Maszynopisy prac autorów którzy nie chcą ponosić dodatkowych kosztów, nie powinny przekraczać 25 stron całej pracy (po wydruku w czasopiśmie) oraz drukowane będą w wersji czarno białej.

- Główny tekst nadsyłanych prac powinien być napisany w edytorze Word, czcionką Times New Roman, 12p z zachowaniem interlinii 1,5 oraz z 5 cm marginesem z prawej strony. Przy podziale tekstu należy stosować numerację cyfrową wielorzędową. Numerujemy tylko tytuły rozdziałów, nie numerujemy działów: Abstract, Wykaz stosowanych skrótów, Wprowadzenie, Uwagi końcowe, Podziękowanie, Piśmiennictwo cytowane.

Jednolity sposób numeracji konsekwentnie stosuje się wewnątrz tekstu (w całym tekście tj. zarówno przy numerowaniu rozdziałów, przy przytaczaniu piśmiennictwa cytowanego oraz odwoływaniu się do tabel rysunków itp., nie należy stosować odsyłaczy hipertekstowych).

- Tekst powinien być napisany poprawnym językiem, wszystkie skróty muszą być wyjaśnione, oznaczenia i jednostki miar należy podawać według układu SI, pozycje cytowanej literatury należy oznaczać numerami umieszczonymi w nawiasach kwadratowych, w kolejności cytowania wg wzorów [1, 5, 7] (dla prac 1, 5 i 7) lub [1-5, 7] (dla prac od 1 do 5 oraz pracy 7).

- Jeśli w artykułach znajdują się przedruki rysunków, czy innych elementów prac cudzych, w opisach (polskich i angielskich) należy zamieścić stosowną informację.

- Zaleca się umieszczać w tekście pracy rysunki, tabele oraz podpisy (jeśli są przygotowane w edytorze Word), jednak w przypadku plików o bardzo dużych rozmiarach należy zaznaczyć miejsca na ich umieszczenie (zob. Pliki jakie należy przekazać do Redakcji).

- Pierwsza strona pracy powinna zawierać kolejno:

- tytuł pracy w języku polskim (Times New Roman, 14 p, pogrubiony, WERSALIKI), i angielskim (Times New Roman, 14 p, WERSALIKI),
- pełne imię i nazwisko autora (autorów) pracy (Times New Roman, 15p, pogrubione),
- pełne nazwy ośrodków przypisane do autorów pracy (wraz z adresem ośrodka i adresem e-mail autora korespondującego (Times New Roman, 10,5, kursywa),
- spis treści pracy z zastosowaniem następującego podziału:

Abstract

Wykaz stosowanych symboli i oznaczeń

Wprowadzenie

1. Tytuł rozdziału

1.1. Tytuł podrozdziału itp.

Uwagi końcowe

Podziękowanie

Piśmiennictwo cytowane

- Kolejne strony pracy powinny zawierać:

- notki o autorach pracy wraz z tytułami naukowymi (można dołączyć osobno pliki z fotografiami autorów (zob. Pliki jakie należy przekazać do Redakcji),

- obszernie streszczenie pracy w języku angielskim (od 1800 do 2700 znaków ze spacjami) z uwzględnieniem cytowanego piśmiennictwa oraz odsyłaczami do tabel, rysunków zamieszczonych w tekście (Rys. 1, Tab. 1-2, Schemat 1) oraz słowa kluczowe – nie więcej niż 6, uzyskane najlepiej z bazy haseł przedmiotowych podawane w języku angielskim i polskim,

- wykaz stosowanych skrótów – w przypadku niewielkiej liczby skrótów lub akronimów nie jest konieczne zamieszczanie tej pozycji, wówczas, skróty wyjaśniamy w tekście przy pierwszym użyciu. Angielskie skróty należy podać

i wyjaśnić wg poniżej podanego wzoru lub w oparciu o inne prace zamieszczone w „Wiadomościach Chemicznych”. Przykład: dla skrótu SSRI

– selektywne inhibitory zwrotnego wychwytu serotoniny (ang. Selective Serotonin Reuptake Inhibitor),

– dalszy tekst pracy zgodny z podawanym wcześniej spisem treści.

- Tabele, rysunki, fotografie

Tabele i rysunki powinny być zamieszczone w przesyłanym tekście oraz dodatkowo (po zatwierdzeniu pracy do druku, na etapie przygotowywania szcztotki) dołączone w postaci osobnych plików zapisanych w formacie pdf, doc, jpg, tiff.

Tabele i rysunki powinny być przejrzyste, zawierać informacje niezbędne do zrozumienia treści, bez konieczności poszukiwania objaśnień w tekście pracy, należy je numerować cyframi arabskimi oraz podać tytuł (polski/angielski, nad tabelą, pod rysunkiem, Times New Roman, 10 p).

Wszystkie fotografie – należy przesłać w postaci plików zapisanych w formacie tif, jpg lub podobnym, każdą zapisać w oddzielnym pliku o rozdzielczości co najmniej 300 dpi.

- Piśmiennictwo cytowane

Piśmiennictwo należy zestawić numerycznie według kolejności cytowania w tekście, należy cytować wyłącznie pozycje istotne dla treści pracy w sposób precyzyjny.

W przypadku artykułów z czasopism tradycyjnych, opis powinien zawierać kolejno następujące elementy: inicjały imion i nazwisko autora (autorów), skrót tytułu czasopisma zgodny z przyjętymi normami, rok wydania, numer wolumenu zaznaczony pogrubioną czcionką, numer pierwszej strony cytowanej pracy, np.

[1] J. Kowalski, Wiad.Chem., 2007, 61, 473.

[2] W. Kowalski, A. Nowak, Przem. Spoż. 2010, 51, 3.

W przypadku książek najprostszy opis powinien zawierać: inicjały imion i nazwisko autora (autorów), tytuł książki, nazwę wydawcy, miejsce wydania, rok wydania, np.

[1] J. Malinowski, Tytuł książki, PWN, Warszawa, 2004.

[2] W. Kowalski, Tytuł książki, Volumed, Wrocław, 1999

W przypadku zasobów Internetowych najprostszy opis powinien zawierać: inicjały imion i nazwisko autora (autorów), tytuł (artykułu) dokumentu online, [dostęp], wydawca, [data dostępu]. Warunki dostępu, np.

[7] J. Kowalski, Tytuł artykułu. [online], wydawca, [dostęp: 2010-05-

20]. Dostępny w Internecie: <http://www.....>

4.3. Materiały jakie należy przygotować w celu przesłania pracy do Redakcji

Przed podjęciem decyzji o zakwalifikowaniu pracy do druku w celu oceny merytorycznej należy przesłać jeden plik kompletnej pracy zredagowany zgodnie z wymaganiami Redakcji.

Po uzyskaniu pozytywnej recenzji i po ustosunkowaniu się do uwag Recenzenta oraz Redakcji należy przesłać ostateczną wersję pracy w następującej postaci:

- 1 plik tekstu zredagowany zgodnie z wymaganiami Redakcji;
- 1 plik zawierający krótkie notki biograficzne o autorach nadesłanej pracy (każda notka do 150 wyrazów powinna zawierać: tytuł naukowy, miejsce pracy oraz inne ważne informacje o autorze);
- pliki zawierające zdjęcia portretowe autorów, w nazwie powinny wskazywać autora, którego zdjęcie dotyczy (dobrowolne, przesłanie plików jest jednoznaczne ze zgodą na jego opublikowanie);
- 1 plik zawierający: stronę tytułową, streszczenie (abstrakt), słowa kluczowe, podpisy pod rysunki, tabele, schematy (wszystko w obu wersjach językowych); jeśli zachodzi potrzeba to również oddzielne pliki z rysunkami, schematami, tabelami (zob. Tabele, rysunki, fotografie).

Prace nie odpowiadające wyżej wymienionym wymaganiom nie będą przyjmowane do druku. Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania poprawek stylistycznych i skrótów. Autorzy są zobowiązani do wykonania korekty artykułu i jego zwrotu do Redakcji w ciągu kilku dni od otrzymania.

Na etapie przygotowania szrotki, w przypadku przesyłania prac z kolorowymi stronami prosimy o zaznaczenie stron, które w formie druku mają być kolorowe. Brak tej czynności będzie skutkowało czarno-białym wydrukiem wersji papierowej. W przypadku zmian w wersji drukowanej kolorowych rysunków na czarno-białe, prosimy o przesłanie dostosowanych do tego celu rysunków.

Prace prosimy przysyłać pocztą elektroniczną na adres: czasopisma@ptchem.pl, zaś dokumenty wymagające podpisów autorów (np. list intencyjny, oświadczenia autorów, kopie zgody na przedruk potwierdzone za zgodność z oryginałem) pocztą tradycyjną na adres Redakcji.

Redakcja „Wiadomości Chemicznych”

SPIS TREŚCI

Anna DERYŁO-MARCZEWSKA: 80 lat badań i kształcenia w dyscyplinie nauki chemiczne na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie	1043
Renata ŁYSZCZEK: Lubelska chemia koordynacyjna - historia i współczesność	1063
Zbigniew HUBICKI, Dorota KOŁODYŃSKA: Chemia nieorganiczna – 80 lat historii w UMCS	1079
Barbara GAWDZIK, Wit MAJEWSKI: 80 lat historii chemii organicznej i 50 lat historii chemii polimerów w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie	1105
Stanisław CHIBOWSKI, Małgorzata WIŚNIEWSKA, Ewa SKWAREK, Iwona OSTOLSKA, Jan SOLECKI: Od Pracowni Radioizotopowej do Katedry Radiochemii i Chemii Środowiskowej	1129
Andrzej DAWIDOWICZ: Lubelska szkoła chromatografii (Od katedry chemii fizycznej do katedry chromatografii)	1161
Anna DERYŁO-MARCZEWSKA, Irena MALINOWSKA, Jacek GOWOREK: Zjawiska międzyfazowe – 80 lat badań część I – Adsorpcja i chromatografia cieczowa	1177
Lucyna HOŁYSZ, Anna ZDIENNICKA, Agnieszka Ewa WIĄCEK, Małgorzata JURAK, Emil CHIBOWSKI, Bronisław JAŃCZUK: Zjawiska międzyfazowe – 80 lat badań część II – Makroskopowe i mikroskopowe właściwości granic faz.....	1223
Małgorzata GRABARCZYK, Cecylia WARDAK: Powstanie i rozwój elektrochemii na UMCS	1263
Tadeusz BOROWIECKI, Janusz RYCZKOWSKI: Historia technologii i katalizy na UMCS	1285
Anna KOZIOŁ: Kryształy - od mineralogii do rentgenowskiej analizy strukturalnej	1321
Małgorzata BORÓWKO, Jolanta NARKIEWICZ-MICHAŁEK: Historia chemii teoretycznej w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie	1343
Andrzej GORGOL, Małgorzata GIL-KOWALCZYK, Lidia CZYŻEWSKA, Adam PAŹDZIÓR, Krzysztof POTURAJ, Mariusz MAKARA, Aleksander WALEWSKI, Paweł MERGO: Lubelskie światłowodowy	1373
Informacje	1387