

# OD ELEKTROANALITYCZNEJ KONWEKCJI DO STRUKTURY AMALGAMATÓW

## FROM ELEKTROANALYTICAL CONVECTION TO AMALGAM STRUCTURES

**Cezary Gumiński\***

*Pracownia Elektroanalizy Chemicznej, Wydział Chemii, Uniwersytet  
Warszawski, Pasteura 1, 02093 Warszawa, Poland*

*\*e-mail: cegie@chem.uw.edu.pl*

Dedykowane Prof. Dr. Zbigniewowi Galusowi  
z okazji 90 urodzin

---

Abstract

Wykaz stosowanych symboli i oznaczeń

Wprowadzenie

1. Elektroanaliza

2. Złożone amalgamaty złota

3. Rozpuszczalności metali i związków międzymetalicznych w rtęci

4. Struktura amalgamatów prostych

5. Rozpuszczalności w ciekłych metalach alkalicznych

6. Rozpuszczalności halogenków metali ziem rzadkich w wodzie

7. Ciekawostka

Uwagi końcowe

Piśmiennictwo cytowane

---

**Dr Cezary Gumiński** urodził się w 1944 r. w Warszawie. W 1967 r. uzyskał tytuł magistra na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. W 1975 r. obronił pracę doktorską z chemii na tym samym Wydziale. Był zatrudniony na Wydziale do 2014 r., ostatnio jako starszy wykładowca. Odbył staże naukowe w Instytucie Maxa Plancka w Getyndze oraz w Kernforschungs Zentrum w Karlsruhe. Działalność naukową rozpoczął od badania konwekcji w eksperymentach elektroanalitycznych. Potem przez wiele lat badał rozpuszczalność metali i połączeń międzymetalicznych w rtęci oraz w ciekłych metalach alkalicznych. W ostatnich dekadach zajął się krytyczną oceną danych rozpuszczalności soli metali ziem rzadkich w wodzie. Jego dorobek stanowi autorstwo i współautorstwo w ponad 100 publikacjach, 10 tomach z serii rozpuszczalności dla IUPAC, 3 rozdziały w monografiach oraz redakcja książki dedykowanej chemii rtęci.



<https://orcid.org/0009-0001-9221-5185>

---

**ABSTRACT**

The author described in short the cooperation with Professor Galus on field of electroanalysis and investigations of physico-chemical features of amalgams. This cooperation was a very important inspiration to preparation of subsequent critical elaborations for the International Union of Pure and Applied Chemistry related to solubility of all elements in liquid alkali metals as well as to solubility of halogens of rare earth metals in aqueous solutions. It was strongly underlined that various physico-chemical properties related to binary and multicomponent systems ought to be intermittently verified. It was observed that solubilities as well as phase diagrams of certain systems (metals and non-metals in mercury) correlate quite well with positions of component elements in the periodic table.

Keywords: electroanalysis, solubility, simple and complex amalgams, liquid alkali metals, halogens of rare earth metals

Słowa kluczowe: elektroanaliza, rozpuszczalność, amalgamaty proste i złożone, ciekłe metale alkaliczne, halogenki metali ziem rzadkich

---

---

**WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW**

$D_M$	- współczynnik dyfuzji metalu w rtęci
$k$	- stała Boltzmann
$T$	- temperatura w skali bezwzględnej
$r_M$	- promień atomowy metalu
$\eta_{\text{Hg}}$	- lepkość rtęci
$K_{\text{so}}$	- iloczyn rozpuszczalności

## WPROWADZENIE

To stara prawda, że w życiu należy spotkać właściwych ludzi we właściwym momencie. Ja mam przekonanie, że w sensie zarówno naukowym, jak i prywatnym, to szczęście właśnie mnie spotkało. Ponieważ wybranymi aspektami elektrochemii zajmowałem się tylko okresowo, myślę, że na temat rozległych osiągnięć elektrochemicznych Profesora Galusa, mojego bossa i mentora, napiszą szerzej moi koledzy. Jego pełne pasji zaangażowanie w zgłębianie mechanizmów procesów elektrodowych stało się szybko uznane nie tylko w kraju, ale i na świecie a słynny podręcznik do elektroanalizy jego autorstwa [1] doczekał się tłumaczenia nawet na język chiński.

### 1. ELEKTROANALIZA

#### 1.1. Konwekcja w metodach prostych

Dla mnie wszystko zaczęło się od pracy magisterskiej. Wprawdzie na studiach interesowała mnie synteza organiczna, miałem preparować takie związki i badać polarograficznie w Pracowni Profesora Marka Kalinowskiego. Los sprawił, że trafiłem do Pracowni Profesora Galusa a przedmiotem mojej pracy magisterskiej była ocena wpływu konwekcji podczas elektrolizy w warunkach chronopotencjometrycznych. W tamtych czasach studenci po skończeniu studiów byli kierowani do konkretnego zakładu pracy. Moja praca magisterska okazała się być na tyle dobrą, że dostałem propozycję zatrudnienia w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej prowadzonej jeszcze wtedy przez Profesora Wiktora Kemulę. Konkretnie znalazłem się w Pracowni Elektroanalizy Chemicznej prowadzonej przez Profesora Galusa.

Większość moich kolegów w grupie zajmowała się wtedy procesami elektrodowymi kompleksów metali przejściowych, ja kontynuowałem badania udziału konwekcji również w warunkach chronoamperometrycznych i chronowoltamperometrycznych (w skrócie woltametrycznych) [2]. Ponieważ otrzymywane w licznych eksperymentach krzywe były bardzo mało powtarzalne, można było analizować tylko ich średnie wielkości o pokaźnym rozrzucie statystycznym.

W tych rodzajach eksperymentów przebadano 3 rodzaje elektrod: z w poprzek uciętą kapilarą, kapilarą ściętą w stożek oraz kapilarą wyciągniętą w formie igły. Wykazano, że najbardziej zbliżone wyniki eksperymentalne względem zależności teoretycznych uzyskuje się dla dyfuzji sferycznej do kulistej elektrody wiszącej z kapilary uciętej w poprzek, gdy elektroliza z  $10^{-3}$  M roztworu soli depolaryzatora w 1M elektrolicie trwa w warunkach chronoamperometrycznych krócej niż 40 s, chronopotencjometryczny czas przejścia jest krótszy niż 30 s a woltametryczna prędkość polaryzacji jest nie wolniejsza niż 0.1 V/min. Wpływ

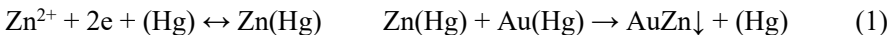
konwekcji zaznacza się silniej, gdy promień elektrody wiszącej jest mniejszy niż 0.35 mm.

## 1.2. Zależności dla elektroanalitycznych procesów cyklicznych

Kolejne badania, które prowadziłem w Pracowni, dotyczyły zależności stosunku prądów redukcji i utlenienia w woltametrii jedno-cyklicznej oraz stosunku czasów przejścia w chronopotencjometrii ze zmianą kierunku prądu [3]. Dotyczyło to przypadku, gdy metal otrzymany w etapie redukcji tworzył dobrze rozpuszczalny amalgamat w wiszącej kropli rtęci. Wyznaczone empirycznie zależności znalazły potem potwierdzenie teoretyczne.

## 2. ZŁOŻONE AMALGAMATY ŻŁOTA

Kontynuując prace pod kierunkiem Profesora Galusa zająłem się na ponad dekadę strukturą prostych i złożonych amalgamatów wykorzystując poznane techniki elektroanalityczne z użyciem elektrod wiszącej a niekiedy błonkowej. Było bowiem rzeczą istotną zbadać, co się dzieje w fazie rtęci po etapie redukcji metalicznego jonu. Zaobserwowano bowiem, że gdy kropelka rtęci wisi siłami napięcia powierzchniowego na złotym druciku, niektórych metali nie można w pełni odzyskać w pół-cyklu utlenienia, niektóre zaś można. Ten sam efekt występował, gdy cykl utleniania/redukcji prowadzono na wiszącej elektrodzie wypełnionej amalgamatem złota lub na elektrodzie błonkowej na bazie złota. Wtedy też zredukowany metal reagował ze złotem rozpuszczonym w rtęci tworząc trwałe związki. Tego typu oddziaływania były przedmiotem mojej rozprawy doktorskiej [4] ze szczególnym uwzględnieniem układu reakcji elektrochemicznej i następczej chemicznej [5]:



Jak wykazały wielostronne badania eksperymentalne w fazie rtęci powstają krystaliczne związki międzymetaliczne (jak w tym przypadku AuZn), najczęściej o takiej samej prostej stechiometrii jak w binarnych stopach. Ich trwałość termodynamiczna opisywana jest iloczynem rozpuszczalności a kinetyka powstawania jest powiązana z procesami krystalizacji. Reakcje takie, gdy powstałe związki charakteryzują się znaczną trwałością, można wykorzystać do elektroanalitycznego oznaczania stężenia metali szlachetnych (Au, Pt, Pd) w rtęci [6], a wykorzystując reakcję (1) udało się nawet wyznaczyć współczynnik złota w rtęci [7].

## 3. ROZPUSZCZALNOŚCI MEATLI I ZWIĄZKÓW MIĘDZYMETALICZNYCH W RTĘCI

Ponieważ w Pracowni przebadano cały szereg analogicznych reakcji międzymetalicznych w rtęci i uznając nas za ekspertów w tej dziedzinie Komisja Danych Rozpuszczalności przy Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i stosowanej

(IUPAC) zaproponowała Profesorowi i mnie opracowanie krytyczne danych rozpuszczalności związków międzymetalicznych w rtęci z całej literatury światowej [8]. Ponieważ szereg składowych metali posiada małą rozpuszczalność w rtęci, rzetelne opracowanie tego zagadnienia wymagało wcześniejszego dokonania krytycznej oceny danych rozpuszczalności dla pojedynczych metali w rtęci [9]. Powstał duży projekt, którego wykonanie wymagało kilku lat benedyktyńskiej pracy. Po opublikowaniu tomu naszą monografię wyróżniono nagrodą ministerialną.

Z pracy tej wynikało kilka ważnych wniosków uogólniających. Trudno jest znaleźć laboratorium, które zawsze osiągałoby najbardziej wiarygodne dane eksperymentalne dla różnych metali. Wraz z postępem nauki otrzymujemy rezultaty wprawdzie szybciej, co absolutnie nie oznacza, że są one dokładniejsze. Nierzadko autorzy nie doprowadzają danego układu do stanu równowagi i podawane rezultaty są w różnym stopniu zafałszowane. Badanie trudno rozpuszczalnych metali przejściowych wiąże się też z wieloma problemami technicznymi. Bardzo częstą niedostatecznością przy interpretacji własnych rezultatów przez różnych badaczy jest porównywanie otrzymanych wyników jedynie z dowolnie wybranym pierwszym lub drugim źródłem literaturowym, gdy de facto istnieje już takich źródeł o wiele więcej.

Z wydaniem tej ponad 400-stronnicowej książki [9] wiąże się pewna historia. Długo poszukiwano edytora dla naszej pracy, a gdy go znaleziono, trzeba było bardzo szybko dokonać korekty wstępnego wydruku. Byliśmy akurat z Profesorem na Zjeździe IUPAC w Lyonie i mieliśmy tekst ze sobą. Samolot powrotny do Polski spóźnił się nam powiedzmy 8 godzin. Wykorzystaliśmy cały ten czas na dokonanie korekty wstępnego wydruku książki robiąc to w poczekalni lotniska. Profesor Galus czytał tekst z mnóstwem liczb – ja sprawdzałem i dokonywałem odpowiednich poprawek. Niejeden uznałby, że takich rzeczy nie wolno dokonywać „w warunkach bojowych”. Pan Profesor imponująco nie widział konieczności robienia korekty wyłącznie w zaciszu gabinetu.

#### 4. STRUKTURA AMALGAMATÓW PROSTYCH

W Pracowni Elektroanalizy wyznaczono chronoamperometrycznie cały szereg współczynników dyfuzji metali w rtęci [10, 11]. Badania te wniosły cenny wkład w poznanie struktury ciekłych amalgamatów. Okazuje się, że atomy metali, które słabo oddziałują z atomami rtęci (również kiedy entalpia rozpuszczania danego metalu w rtęci jest większa od -6 kJ/mol) dobrze spełniają prostą teoretyczną zależność Sutherlanda-Einsteina określającą wielkość współczynnika dyfuzji:

$$D_M = k T/4\pi r_M \eta_{Hg} \quad (2)$$

Natomiast metale silniej oddziałujące z rtęcią (których entalpia rozpuszczania jest mniejsza od -10 kJ/mol) wykazują wyraźnie odchylenia od teoretycznej zależności, bo ich atomy dyfundują w środowisku rtęci wraz z otoczką

od jednego do kilku atomów rtęci. Można więc postulować, że atomy tych metali oddziałujących z rtęcią są przez atomy rtęci solwatowane. Inne opisane w literaturze badania fizyko-chemiczne potwierdzają taką tezę. Co ciekawe, podobna analiza współczynników dyfuzji dokonana dla wielu innych ciekłych metali w różnych temperaturach wskazuje, że tworzenie się związków międzymetalicznych pomiędzy pierwiastkiem rozpuszczanym a metalem rozpuszczalnikiem w stałym układzie binarnym sprzyja efektowi silnego oddziaływania między atomami tych pierwiastków także w stanie ciekłym [12]. Również współczynnik aktywności metalu silnie oddziałującego z drugim metalem jest znacznie mniejszy od jedności. Zebranie tych danych termodynamicznych i strukturalnych pozwoliło na dokonanie podziału ciekłych amalgamatów prostych na 4 grupy [13].

Praca dotycząca rozpuszczalności metali w rtęci została zauważona przez American Society for Metals i dostałem propozycję opracowania binarnych diagramów fazowych dla wszystkich pierwiastków z rtęcią [14]. W dokonanych analizach krytycznych takich diagramów należało też uwzględnić opisy termodynamiczne poszczególnych układów oraz dane krystalograficzne powstających faz. Pozwoliło to na dokonanie pewnej całościowej oceny istotnych cech diagramów (linie liquidusa, własności termodynamiczne, stechiometria połączeń międzymetalicznych, struktury krystalograficzne) dotyczących układów pierwiastek-rtęć, których atrybuty w dominującej ilości przypadków okazały się być powiązane z miejscem drugiego pierwiastka w układzie okresowym.

#### 4.1. Ambaras z czerwoną rtęcią

Gdzieś w połowie lat 70. koledzy z Wydziału jak i znajomi zapytywali mnie, co to jest czerwona rtęć, a jak wiem, to w konkluzji zapytania często dodawano, że „można na tym dużo zarobić”. Nie wiedziałem nic na ten temat, więc rozczarowywałem pytających. Któregoś dnia wpadł do Pracowni rozemocjonowany Profesor Galus informując, że właśnie odwiedził go w gabinecie przedstawiciel jakiejś ambasady arabskiej proponując duże pieniądze za zsyntezowanie czerwonej rtęci. Profesor odmówił oczywiście dalszych pertraktacji i początkowo sprawa ucichła. Po jakimś czasie do innej pracowni na Wydziale, która również zajmowała się amalgamatami, przyszli agenci naszych służb specjalnych rozpytując, czy ktoś syntezuje tu czerwoną rtęć i co to jest? Z tego co wiem, Pan Profesor nie miał podobnych odwiedzin, ja też nie. Jednakże sprawa nadal mnie nurtowała i dopiero, gdy dla American Institute for Metals opracowywałem diagramy fazowe wszystkich układów binarnych z rtęcią nastąpiło rozwiązanie zagadki. Otóż po rozpadzie Związku Radzieckiego odtajniono szereg raportów i w jednym z nich natrafiłem na informację, że czerwona rtęć to związek międzymetaliczny plutonu z rtęcią, niezbędny do produkcji bomby neutronowej. Kryształy tego związku posiadają czerwony połysk i są bardzo gorące, stąd chyba taka ich nazwa [15].



## 5. ROZPUSZCZALNOŚCI W CIEKŁYCH METALACH ALKALICZNYCH

Po zamknięciu projektu rozpuszczalności metali i połączeń międzymetalicznych w rtęci zaproponowałem Komisji Rozpuszczalności przy IUPAC-u opracowanie krytyczne rozpuszczalności metali i niemetalu w ciekłych metalach alkalicznych [16 – 18]. W tym celu nawiązałem niezwykle owocną i wieloletnią współpracę z Dr. Hansem-Ulrichem Borgstedtem z Kernforschungs Zentrum w Karlsruhe, który posiadał wieloletnie doświadczenie eksperymentalne w tej materii oraz rozległą wiedzę. Techniczny aspekt badania takich układów jest całkiem skomplikowany i bardzo kosztowny. Natomiast otrzymywane rezultaty są niezwykle istotne z punktu widzenia rozwoju techniki jądrowej i tworzenia przyszłościowych metod transformacji olbrzymich energii.

Rozpuszczanie trudno-rozpuszczalnego metalu w ciekłym metalu alkalicznym wydaje się być procesem stricte fizycznym z ewentualnym wytworzeniem stałej równowagowej fazy międzymetalicznej. Tymczasem w praktyce nawet śladowe ilości tlenu, wodoru, węgla, czy azotu, obecne zarówno w rozpuszczanym metalu jak i ciekłym metalu alkalicznym, powodują, że obserwowane wartości rozpuszczalności mogą być zawyżone nawet o kilka rzędów wielkości. Ślady wspomnianych niemetalu mogą tworzyć w tych warunkach tlenowe sole (jak  $\text{NaCrO}_2$ ), węgliki (jak  $\text{Fe}_3\text{C}$ ), czy złożone azotki (jak  $\text{Li}_5\text{TiN}_3$ ), które nieraz mocno zawyżają wartości rozpuszczalności, jakie powinny być obserwowane w idealnie czystym układzie - badanego metalu w ciekłym metalu rozpuszczalniku [19]. Stąd każda eksperymentalna praca z takimi systemami powinna być niezwykle starannie przeprowadzona z precyzyjnym określeniem poziomu czystości obu metali, co niestety nie zawsze znajduje miejsce w opisach prac eksperymentalnych.

Gdy dokonać uszeregowania wartości rozpuszczalności przebadanych metali w rtęci, w ciekłych metalach alkalicznych i w innych łatwo-topliwych metalach (Ga, In, Sn, Pb, Bi) w zależności od liczby atomowej rozpuszczanych metali, to otrzymane tak przebiegi będą jakościowo całkiem do siebie zbliżone kształtami [19, 20]. Trudnotopliwe metale będą zajmować najczęściej najniższe pozycje w takich przebiegach a łatwotopliwe metale będą usytuowane na pozycjach wyższych. Zależności tego typu posiadają charakter periodyczny i odzwierciedlają miejsce rozpuszczanego metalu (czy ogólnie pierwiastka) w układzie okresowym [21]. Analogicznie jak to było w przypadku rtęci dokonano przeglądu binarnych diagramów fazowych pierwiastków z litem [22] i też zaobserwowano zależność kształtów takich diagramów od położenia drugiego pierwiastka w układzie okresowym. Zmiany przebiegów linii liquidusa na diagramach fazowych oraz linii odzwierciedlających tworzenie się połączeń dla danej grupy pierwiastków (np. metali ziem alkalicznych) zmieniają się najczęściej w sposób dość płynny przechodząc od diagramu do diagramu a nie w sposób drastyczny.

## 6. ROZPUSZCZALNOŚĆ HALOGENKÓW METALI ZIEM RZADKICH W WODZIE

Ponieważ nagła śmierć kolegi Dr. Tomasza Mioduskiego przerwała jego działalność w Komisji Rozpuszczalności IUPAC, zostałem poproszony o wykończenie rozpoczętych przez niego prac na temat rozpuszczalności halogenków metali ziem rzadkich w środowiskach wodnych. Oprócz ponownego przestudiowania zebranego wcześniej materiału, należało uaktualnić zbiór odpowiednich danych eksperymentalnych. Jednakże wiele nowych publikacji z tej dziedziny było napisanych po chińsku. Ta praca okazała się też być kolejnym wieloletnim projektem, w którym do współpracy zaprosiłem Prof. Dewena Zenga z Uniwersytetu w Changsha w Chinach. O ile rezultaty rozpuszczalności chlorków [23], bromków i jodków [24] w roztworach wodnych nie nastroczały specjalnych kłopotów interpretacyjnych, o tyle opracowanie i wyselekcjonowanie rozpuszczalności fluorków [25] metali ziem rzadkich stanowiło już pewne wyzwanie.

Najczęściej badanym układem był  $\text{LaF}_3\text{-H}_2\text{O}$ , na temat którego popełniono około 50 prac eksperymentalnych, najczęściej w temperaturze pokojowej. Zebrane wartości wyznaczonego w nich iloczynu rozpuszczalności  $K_{so}=[\text{La}^{3+}][\text{F}^-]^3$  w wodzie mieściły się w przedziale od  $10^{-14}$  do  $10^{-30} \text{ M}^4$  w 298 K! W tej sytuacji wyciąganie z zebranych rezultatów jakichkolwiek wartości średnich, nawet w skali logarytmicznej, jest pozbawione naukowego sensu. Aby zinterpretować te spektakularnie rozrzucone wyniki, trzeba było wnikliwie prześledzić, jakie zjawiska mają miejsce podczas strącania  $\text{LaF}_3$  czy ewentualnego rozpuszczania  $\text{LaF}_3$  w roztworze wodnym.

Gdy mamy do czynienia ze świeżo strąconym osadem jego wzór jest  $\text{LaF}_3(3\text{-}4)\text{H}_2\text{O}$  a obserwowana wartość  $K_{so}$  jest około  $10^{-15} \text{ M}^4$ . Po kilku dniach osad taki będzie stopniowo tracił wodę a rozpuszczalność malała. Po kilku tygodniach osad stanowi już  $\text{LaF}_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  lub nawet  $\text{LaF}_3$  w formie najprawdopodobniej amorficznej. Dla takiej formy  $\text{LaF}_3$ ,  $K_{so}$  jest około  $10^{-20} \text{ M}^4$  i właściwie nie ulega już dalszym zmianom w czasie. Natomiast gdy wprowadzimy do wody monokryształ  $\text{LaF}_3$  wtedy  $K_{so}$  wyniesie około  $10^{-30} \text{ M}^4$ . Jeżeli zaś wprowadzimy polikrystaliczny  $\text{LaF}_3$  zaobserwujemy wartość  $K_{so}$  około  $10^{-25} \text{ M}^4$ . Niestety większość badaczy nie porównywała dogłębnie wyników własnych z literaturowymi a jako zadowalającego punktu odniesienia używała do porównania pierwszy lepszy otrzymany wcześniej rezultat, a było tu z czego wybierać.

Z ciągu krytycznych opracowań dla IUPAC-u wynika niezbyt optymistyczny wniosek. Przy wszechogarniającym „wyścigu szczurów” mało badaczy śledzi dogłębnie krytyczną literaturę naukową. Częstym postępowaniem jest cytowanie wartości fizyko-chemicznych z tabel znajdujących się w książkach, w których dane te nie były od dawna weryfikowane, niekiedy nawet od pół wieku. Modne w ostatnich dekadach modelowanie, jeżeli nie jest oparte na dobrze wyznaczonych danych

podstawowych, wprawdzie rozwija intelektualnie, ale czy faktycznie przybliży nas do ilościowego opisu natury?

## 7. CIEKWOSTKA

Pan Profesor włączał młodych pracowników do pisania prac zbiorowych, które okazywały się potem w formie książkowej [26]. Uczestniczyliśmy też w elektrochemicznych sympozjach międzynarodowych. Potem tłumaczyliśmy na polski wystąpienia zaprezentowane przez znakomitych gości. Po jednym z sympozjów miałem za zadanie przetłumaczenie prezentacji pewnego Rosjanina. Ze zrozumieniem jego komunikatu po angielsku miałem poważny kłopot. Proszony o wyjaśnienia autor nie odpisywał, a czas naglił. Z opresji wybawił mnie Pan Profesor, który doradził: „Niech Pan przetłumaczy jego ostatni artykuł z literatury”. Tak też postąpiłem [27]. Trzeba tu wyjaśnić, że w latach 70. nawet takie elektrochemiczne znakomości jak Profesor Frumkin z Moskwy przybywały do Warszawy z młodszym „opiekunem”, także naukowcem. Akurat mnie przypadło w udziale tłumaczenie wystąpienia najprawdopodobniej „opiekuna”. Profesor Frumkin znał doskonale angielski, ale towarzyszący mu młodszy kolega nie bardzo.

## UWAGI KOŃCOWE

To będzie brzmiało paradoksalnie, ale jestem Panu Profesorowi niesłychanie wdzięczny, że nie mobilizował mnie do przygotowywania rozprawy habilitacyjnej. W tamtym czasie zainteresowanie trującą rtęcią spadało i tematyka stawała się mało atrakcyjna. Ja miałem natomiast poważne problemy rodzinne i nie stać mnie było na poświęcenie więcej czasu na sprawy naukowe oraz na ewentualne prowadzenie własnego zespołu w przyszłości. Los wydzielał mi nieregularnie czas na sprawy naukowe, ale starałem się go zawsze wykorzystać. Zostałem więc na stanowisku starszego wykładowcy, ale swojego dorobku naukowego nie muszę się wstydzić. Dzięki katalitycznemu wspieraniu mych działań przez Pana Profesora nawiązałem współpracę z wieloma naukowcami z różnych stron świata, stałem się współautorem ponad setki publikacji i raportów technicznych, dziesiątki tomów z serii krytycznej oceny danych rozpuszczalności dla IUPAC-u, kilku rozdziałów w monografiach [28, 29,30] oraz edytorem książki o chemii rtęci [31].

## PODZIĘKOWANIE

Jeszcze raz najserdeczniej dziękuje Panie Profesorze, za właściwe pokierowanie moją aktywnością naukową i imponujące zrozumienie mojej sytuacji prywatnej.

## PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Z. Galus, *Teoretyczne Podstawy Elektroanalizy Chemicznej*, Wydawnictwo PWN, Warszawa, 1977.
- [2] C. Gumiński, Z. Galus, *Roczniki Chemii*, 1970, **44**, 1767.
- [3] C. Gumiński, Z. Galus, *Roczniki Chemii*, 1969, **43**, 2147.
- [4] C. Gumiński, *Rozprawa doktorska*, Uniwersytet Warszawski, 1975.
- [5] C. Gumiński, Z. Galus, *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Chim.* 1971, **19**, 771.
- [6] C. Gumiński, *J. Less-Common Met.* 1991, **168**, 329.
- [7] C. Gumiński, Z. Galus, *J. Electroanal. Chem.*, 1977, **83**, 139.
- [8] Z. Galus, C. Gumiński, *Intermetallic Compounds in Mercury*, IUPAC Solubility Data Series, Vol. 51, J. Osteryoung, M. Schreiner, Eds., Pergamon Press, Oxford, 1992.
- [9] Z. Galus, C. Gumiński, *Metals in Mercury*, IUPAC Solubility Data Series, Vol. 25, C. Hirayama, Ed., Pergamon Press, Oxford, 1986.
- [10] Z. Galus, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 1975, **4**, 359.
- [11] C. Gumiński, *J. Mater. Sci.*, 1989, **24**, 2661.
- [12] C. Gumiński, *Liquid Metal Systems*, H.U. Borgstedt, G. Frees, Eds., Plenum Press, New York, 1995, s. 345.
- [13] C. Gumiński, *J. Mater. Sci.*, 1989, **24**, 3285.
- [14] C. Gumiński, *Polish J. Chem.*, 2004, **78**, 1733 i wszystkie odnośniki tam cytowane.
- [15] C. Gumiński, *J. Phase Equil. Diff.*, 2005, **26**, 77.
- [16] H.U. Borgstedt, C. Gumiński, *Metals in Liquid Alkali Metals*, Pt. 1, IUPAC Solubility Data Series, Vol. 63, Oxford University Press, Oxford, 1996.
- [17] H.U. Borgstedt, C. Gumiński, *Metals in Liquid Alkali Metals*, Pt. 2, IUPAC Solubility Data Series, Vol. 64, Oxford University Press, Oxford, 1996.
- [18] H.U. Borgstedt, C. Gumiński, *Non-metals in Liquid Alkali Metals*, IUPAC Solubility Data Series, Vol. 75, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2001, **30**, 835.
- [19] H.U. Borgstedt, C. Gumiński, *Monatsh. Chem.*, 2000, **131**, 917.
- [20] C. Gumiński, *Z. Metallk.* 1990, **81**, 105.
- [21] C. Gumiński, *Pure Appl. Chem.*, 2015, **87**, 477.
- [22] C. Gumiński, H.U. Borgstedt, *Arch. Metall. Mater.* 2004, **49**, 523.
- [23] T. Mioduski, C. Gumiński, D. Zeng, *Rare Earth Metal Chlorides in Water and Aqueous Systems*, IUPAC-NIST Solubility Data Series, Vol. 87, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2008, **37**, 1765.
- [24] T. Mioduski, C. Gumiński, D. Zeng, H. Voigt, *Rare Earth Metal Iodides and Bromides in Water and Aqueous Systems*, IUPAC-NIST Solubility Data Series, Vol. 94, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2012, **41**, 013104-1.
- [25] T. Mioduski, C. Gumiński, D. Zeng, *Rare Earth Metal Fluorides in Water and Aqueous Systems*, IUPAC-NIST Solubility Data Series, Vol. 100, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2014, **43**, 013105-1.
- [26] *Praca zbiorowa, Elektroanalityczne Metody Wyznaczania Stałych Fizykochemicznych*, Z. Galus, Red., Wydawnictwo PWN, Warszawa, 1979.
- [27] *Praca zbiorowa, Kinetyka Procesów Elektrodowych*, III Sympozjum Elektrochemiczne P.T.Ch., Jabłonna, 1975, Z. Galus, Red., Wydawnictwo PWN, Warszawa, 1978., s.111.
- [28] C. Gumiński, H.U. Borgstedt, *The Experimental Determination of Solubilities*, Ch. 4.4, *Solubilities of Metals and Non-Metallic Substances in Liquid Metals*, G.T. Hefter, R.P.T. Tomkins, Eds., J. Wiley, Chichester, 2003, s.433 .
- [29] C. Gumiński, *Intermetallic Compounds*, Vol.3, Ch. 2, *Amalgams*, J.H. Westbrook, R.L. Fleisher, Eds., J. Wiley, Chichester, 2002, s.21.

- 
- [30] C. Gumiński, *Methods for Phase Diagram Determination*, Ch. 9, *Determinations of Phase Diagrams with Reactive or Volatile Elements*, J.C. Zhou, Ed., Elsevier, Amsterdam, 2007, s. 292.
- [31] L.F. Kozin, S.C. Hansen, *Mercury Handbook*, C. Gumiński, Ed., RSC Publishing, Cambridge, 2013.

Praca wpłynęła do Redakcji 26 kwietnia 2024 r.

