



Załącznik nr 3

Autoreferat

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w związku z ubieganiem
się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

dr Barbara Feist

Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii
Instytut Chemii
Zakład Chemii Analitycznej

Katowice, 2019

Spis treści

1. Dane osobowe	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wykazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników	5
Wprowadzenie	5
Cel badań	8
Wyniki badań	9
Podsumowanie	17
Wnioski końcowe	18
Literatura uzupełniająca	19
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	22
6. Syntetyczne dane dotyczące dorobku naukowego	28

1. Imię i nazwisko

Barbara FEIST

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- Doktor nauk chemicznych
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Zastosowanie jonowych asocjatów z udziałem amin heterocyklicznych i ksantenowych barwników kwasowych do grupowego zatężania wybranych metali ciężkich”
Praca doktorska została wykonana w Zakładzie Chemii Analitycznej Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 2005 r.
Promotor: prof. zw. dr hab. Franciszek Buhl
- Magister chemii
Tytuł pracy magisterskiej: „Grupowe oznaczanie śladowych zawartości wybranych metali ciężkich metodą spektrometryczną ICP-OES z wykorzystaniem współstrącania z oksynianem lantanu”
Praca doktorska została wykonana w Zakładzie Chemii Analitycznej Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 1998 r.
Promotor: prof. zw. dr hab. Franciszek Buhl
Opiekun: dr Barbara Mikuła

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 01.10.2010 – nadal Uniwersytet Śląski, Instytut Chemii,
Zakład Chemii analitycznej,
stanowisko: adiunkt
- 01.10.2006 – 30.09.2010 Uniwersytet Śląski, Instytut Chemii,
Zakład Chemii analitycznej,
stanowisko: asystent naukowo-dydaktyczny, pełny etat
- 01.11.2004 – 30.09.2006 Uniwersytet Śląski, Instytut Chemii,
Zakład Chemii analitycznej,
stanowisko: asystent naukowo-dydaktyczny, 9/10 etatu
- 01.12.2000 – 31.10.2004 Uniwersytet Śląski, Instytut Chemii,
Zakład Chemii analitycznej,
stanowisko: chemik
- 01.09.1998 – 30.11.2000 Uniwersytet Śląski, Instytut Chemii,
Zakład Chemii analitycznej,
stanowisko: starszy technik

4. Wykazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 822 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

Jako podstawę osiągnięcia habilitacyjnego wybrałam 7 publikacji [H1–H7] o spójnej tematyce. We wszystkich tych publikacjach jestem autorem wiodącym oraz autorem do korespondencji. Wszystkie wymienione prace są opublikowane w czasopismach z listy filadelfijskiej. Pełne teksty publikacji oraz oświadczenia autorów opisujące indywidualny wkład w powstanie prac znajdują się w załącznikach 6 i 7.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

POCHODNE 1,10-FENANTROLINY ORAZ ADSORBENTY WĘGLOWE W ANALIZIE ŚLADOWEJ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH

4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:

L.p.	Publikacja	MNiSW	IF	Cytowania	
				WoS	Scop
[H1]	B. Feist , B. Mikula, Preconcentration of heavy metals on activated carbon and their determination in fruits by inductively coupled plasma optical emission spectrometry, Food Chemistry, 147 (2014) 302-306.	40	3,391	56	56
[H2]	B. Feist , Selective dispersive micro solid-phase extraction using oxidized multiwalled carbon nanotubes modified with 1,10-phenanthroline for preconcentration of lead ions, Food Chemistry, 209 (2016) 37-42.	40	4,529	23	23
[H3]	B. Feist , R. Sitko, Preconcentration of trace lead via formation of the bis(2,2-bipyridyl) complex and its adsorption on oxidized multiwalled carbon nanotubes, Microchimica Acta, 181 (2014) 1035-1040.	35	3,741	3	4
[H4]	B. Feist , R. Sitko, Method for the determination of Pb, Cd, Zn, Mn and Fe in rice samples using carbon nanotubes and cationic complexes of batophenanthroline, Food Chemistry, 249 (2018) 38-44.	40	4,946	7	11

[H5]	B. Feist , R. Sitko, Fast and sensitive determination of heavy metal ions as batophenanthroline chelates in food and water samples after dispersive micro-solid phase extraction using graphene oxide as sorbent, <i>Microchemical Journal</i> , 147 (2019) 30-36.	35	2,746	0	0
[H6]	B. Feist , Comparison of the sorption capacities of 1,10-phenanthroline and 2,2-bipyridyl complexes with cadmium on activated carbon and graphene oxide, <i>Microchemical Journal</i> 145 (2019) 588-595.	35	2,746	0	0
[H7]	B. Feist , M. Pilch, J. Nycz, Graphene oxide chemically modified with 5-amino-1,10-phenanthroline as sorbent for separation and preconcentration of trace amount of lead(II), <i>Microchimica Acta</i> 186 (2019) 91-98.	40	5,705	0	1
(dane z dnia 11.04.2019)		265	27,804	89	95

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

WPROWADZENIE

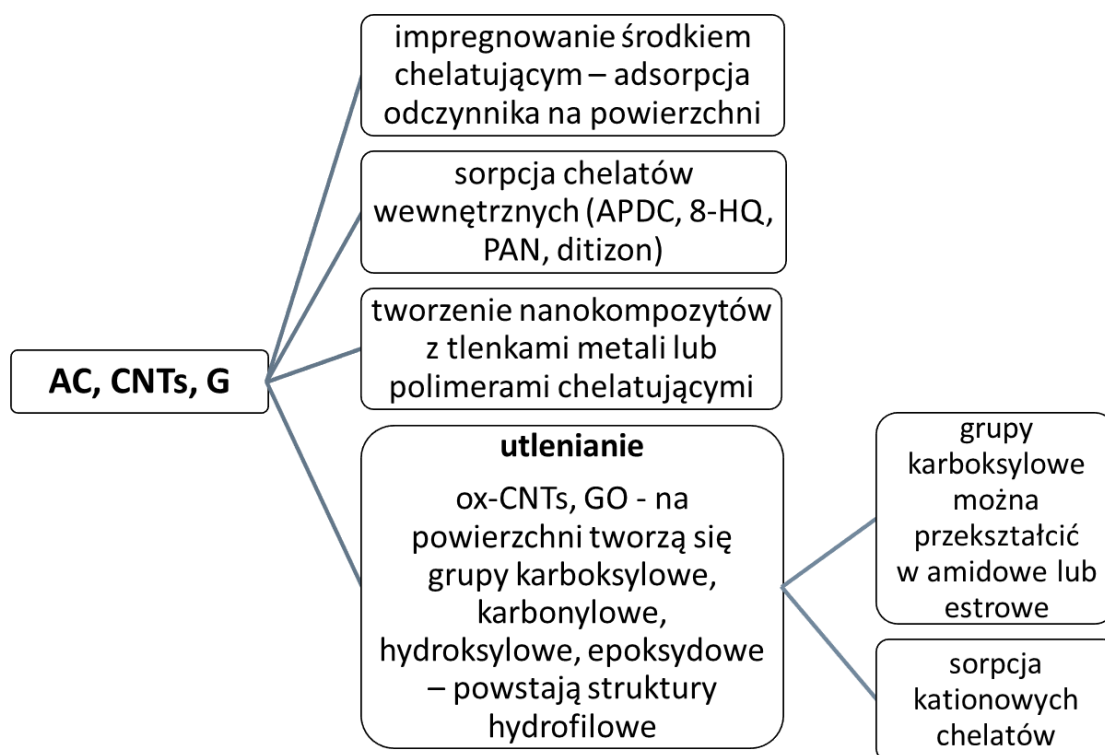
Współczesna analityka oferuje wiele technik spektroskopowych, pozwalających na oznaczanie analitów na poziomie śladowym i ultraśladowym. Często jednak bezpośrednie oznaczenie bardzo niskich zawartości analitów za pomocą technik spektroskopowych, jak np. atomowej spektrometrii absorpcyjnej (FAAS, ETAAS) czy optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-OES) może stwarzać problemy. Chociaż wyżej wymienione techniki uznaje się zazwyczaj za czułe, powtarzalne i dokładne, to jednak złożoność matryc biologicznych lub środowiskowych a także niskie zawartości analitów wymuszają zastosowanie odpowiednich procedur wstępnego oddzielania i/lub wzbogacania. Do wydzielania jonów metali z różnego rodzaju próbek stosowano m.in. współstrącanie z nośnikiem [1], wymianę jonową [2] oraz różne odmiany ekstrakcji, które należą do uniwersalnych i powszechnie stosowanych metod przygotowania próbek do analizy. Wśród wspomnianych metod ekstrakcji możemy wyróżnić m.in. mikroekstrakcję do fazy ciekłej [3], ekstrakcję membranową [4], ekstrakcję w punkcie zmętnienia [5] oraz ekstrakcję do fazy stałej [6]. Mając na uwadze współczesne trendy w chemii, tj. m.in. znaczne zmniejszenie ilości toksycznych rozpuszczalników i odczynników, zredukowanie kosztów i czasu analizy, przyjazność dla środowiska oraz prostotę wykonania, zasadne staje się zastosowanie ekstrakcji do fazy stałej (SPE). Ponadto podstawowym celem SPE jest izolacja i wzbogacenie analitu. Technika ta umożliwia także uzyskanie wysokich współczynników załadowania, czego efektem jest obniżenie granic wykrywalności.

W celu zapewnienia ilościowego oznaczenia analitów należy zadbać o właściwy dobór adsorbentu. Dobór odpowiedniego adsorbentu umożliwia kontrolowanie takich parametrów analitycznych jak: selektywność, pojemność sorpcyjna, kinetyka sorpcji, powinowactwo do odpowiednich jonów czy możliwość adsorpcji jonów metali z próbek zasolonych. Adsorbenty ze względu na swoje pochodzenie dzielimy na nieorganiczne oraz organiczne [7]. Do nieorganicznych adsorbentów zalicza się tlenek glinu [8], minerały glinokrzemianowe, np. zeolity [9] a także żel krzemionkowy [10]. Materiały na bazie żelu krzemionkowego są największą grupą adsorbentów nieorganicznych. Zaletą krzemionki jest jej odporność fizyczna i chemiczna, natomiast istotnymi wadami są mała stabilność w próbkach o wysokim pH [11] oraz słaba selektywność, którą można poprawić poprzez impregnowanie lub chemiczne modyfikowanie organicznym ligandem [12]. Zastosowanie pozostałych adsorbentów nieorganicznych jest raczej ograniczone [13]. Adsorbenty organiczne tworzą dużą grupę materiałów naturalnych oraz syntetycznych. Wśród naturalnych adsorbentów można wyróżnić trzy grupy: (i) biosorbenty (bakterie, drożdże, algi oraz materiały pochodzenia zwierzęcego – róg i jedwab) [14], (ii) adsorbenty na bazie celulozy [15] oraz (iii) chitosan [16]. Do adsorbentów organicznych syntetycznych możemy zaliczyć: (i) materiały niebędące polimerami, np. naftalen [17] oraz materiały węglowe – węgiel aktywny (AC), nanorurki węglowe (CNTs), fulereny [18] oraz grafen i (ii) adsorbenty polimerowe, np. żywice polistyrenowo-diwinylbenzylowe – m.in. Amberlite XAD [19], Chromosorb [20], Chelex [21].

Spośród wymienionych adsorbentów na szczególną uwagę zasługują nanomateriały węglowe, tj. CNTs odkryte w 1991 roku oraz grafen. Od czasu odkrycia fulereny 60 w 1985 roku zastosowanie nanomateriałów na bazie węgla stało się ważnym trendem w SPE [22]. Nanomateriały są odpowiednimi adsorbentami w SPE ze względu na ich specyficzne właściwości fizyczne i chemiczne. Zarówno CNTs, jak i grafen mają uporządkowaną i jednolitą strukturę, co znacznie poprawia powtarzalność wyników podczas sorpcji jonów metali [23,24]. Ponadto są stabilne i wytrzymałe oraz mają dużą powierzchnię właściwą, dzięki czemu charakteryzują się potencjalnie wysokimi pojemnościami sorpcyjnymi. Grafen w przeciwieństwie do CNTs można łatwo otrzymać z grafitu bez użycia katalizatorów metalicznych. CNTs są trudne w otrzymaniu oraz mogą zawierać zanieczyszczenia metaliczne. Zaletą grafenu jest ponadto dostępność obu stron płaskich arkuszy dla analitów w przeciwieństwie do CNTs, których ściany wewnętrzne są niedostępne ze względu na ograniczenia steryczne. Uzasadnione wydaje się rozszerzenie charakterystyki nanomateriałów węglowych o materiały węglowe obejmujące także węgiel aktywny (AC). Spośród adsorbentów opartych na bazie węgla, AC był jednym z pierwszych materiałów stosowanych w SPE. Jest nadal ważnym adsorbentem ze względu na jego dużą powierzchnię właściwą, porowatą strukturę, niską cenę i powszechną dostępność. Można go łatwo i tanio otrzymać z różnych materiałów organicznych. Wadą wymienionych adsorbentów węglowych jest hydrofobowy charakter ich powierzchni oraz trudna dyspergowalność w rozpuszczalnikach

z powodu silnych oddziaływań van der Waalsa, co utrudnia lub uniemożliwia sorpcję jonów metali. Z tego względu adsorpcja jonów wymaga uprzedniego utworzenia kompleksów hydrofobowych – najczęściej wewnętrznych chelatów z analitem. Powstałe w tym przypadku chelaty są adsorbowane na powierzchni adsorbentu za pomocą sił van der Waalsa lub oddziaływań hydrofobowych. Przykładem mogą być chelaty metali z 1-(2-pirydyłazo)-2-naftolem (PAN) [25], ditizonem [26] ditiokarbaminianem amonu (APDC) [27] czy o-krezoloftaleiną [28] zaadsorbowane na CNTs. Adsorpcja jonów metali na powierzchni grafenu także wymaga tworzenia kompleksów hydrofobowych, np. z ditizonem [29], 8-hydroksychinoliną (8-HQ) [30] lub PAN [31]. Znacznie częściej w analityce stosowane są adsorbenty węglowe poddane modyfikacji powierzchniowej, która zmienia charakter powierzchni z hydrofobowej na hydrofilową. Ten warunek spełnia tlenek grafenu (GO), który można w prosty sposób otrzymać w procesie utleniania grafitu, np. metodą Hummersa [32]. Powierzchnia tak otrzymanego GO jest bogata w reaktywne grupy zawierające tlen, takie jak: karboksylowe, hydroksylowe, epoksydowe, karbonylowe. Surowe CNTs oraz AC także można łatwo utlenić, zmieniając charakter ich powierzchni. Utlenianie powierzchni jest najprostszym sposobem modyfikacji. Utlenione adsorbenty można poddać dalszej modyfikacji, np. impregnując ich powierzchnię środkiem chelatującym. Dokonuje się tego przepuszczając odczynnik przez kolumnę wypełnioną adsorbentem [33] lub częściej, przez mieszanie adsorbentu z roztworem środka chelatującego, np. AC z rodaminą 6G [34] lub PAN [35] czy CNTs z PAN [36,37]. Utlenione adsorbenty można także dalej modyfikować poprzez tworzenie wiązań amidowych bądź estrowych. Ten rodzaj modyfikacji chemicznej nazywamy funkcjonalizacją [38-43]. Zastosowanie analityczne mają także kompozyty z tlenkami metali [44,45] oraz kompozyty magnetyczne [46]. Sposoby modyfikacji powierzchni adsorbentów węglowych przedstawiono na rysunku 1.

Do tej pory w sorpcji jonów metali na utlenionych CNTs (ox-CNTs), utlenionym AC (ox-AC) oraz GO spośród związków kompleksowych stosowano kompleksy chelatowe bez ładunku – wewnętrzne chelaty. W literaturze nie znalazłam informacji nt. zastosowania kompleksów jonowych, np. kationowych w adsorpcji jonów metali na utlenionych adsorbentach węglowych. Kationowe związki kompleksowe chelatowe z kationami metali tworzy 1,10-fenantrolina oraz jej pochodne. Powstałe kationowe kompleksy mogą być adsorbowane na ujemnie naładowanej powierzchni adsorbentu. Z tego względu zdecydowałam się na przeprowadzenie badań nad wpływem 1,10-fenantroliny i wybranych jej pochodnych na adsorpcję śladowych ilości jonów metali ciężkich na adsorbentach węglowych.



Rys. 1. Modyfikacje powierzchni materiałów węglowych

CEL BADAŃ

Głównym celem prowadzonych przeze mnie badań było opracowanie nowych procedur analitycznych wykorzystujących związki kompleksowe 1,10-fenantroliny i jej pochodnych oraz adsorbenty węglowe do zateżniania wybranych metali ciężkich w próbkach środowiskowych oraz w wodach. Spośród adsorbentów węglowych do badań wybrano trzy rodzaje utlenionych materiałów węglowych, tj. ox-AC, ox-CNTs i GO. Pochodne 1,10-fenantroliny wybrano ze względu na ich możliwość jonowego oddziaływania z adsorbentem oraz funkcjonalizacji powierzchni adsorbentu poprzez utworzenie wiązania amidowego.

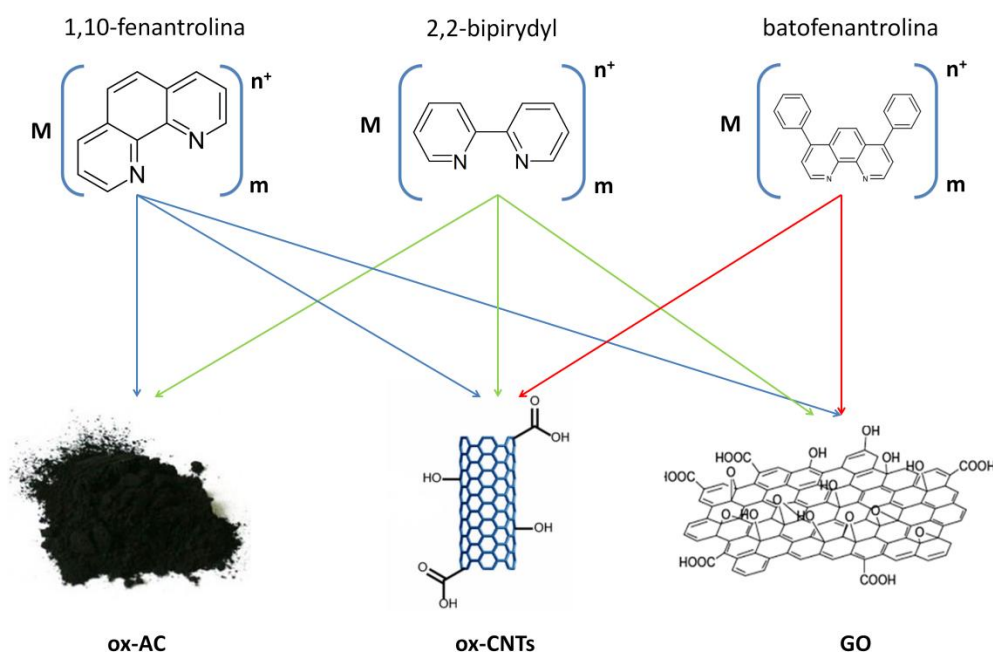
WYNIKI BADAŃ

Węgiel aktywny oraz wielościennie nanorurki węglowe, stosowane w eksperymencie, utleniono przy użyciu stężonego HNO_3 w podwyższonej temperaturze. Tlenek grafenu otrzymano w wyniku utlenienia grafitu metodą Hummersa z użyciem stężonego H_2SO_4 oraz KMnO_4 . Ilość przygotowanych w jednej partii poszczególnych materiałów węglowych wystarczyła do przeprowadzenia całego eksperymentu. Ponadto zsyntezowano na drodze chemicznej funkcjonalizacji nowy adsorbent GO z 5-amino-1,10-fenantroliną. Do tworzenia kationowych chelatów z jonami metali wybrano 1,10-fenantrolinę, 2,2-bipirydył oraz 4,7-difenylo-1,10-fenantrolinę (batofenantrolinę).

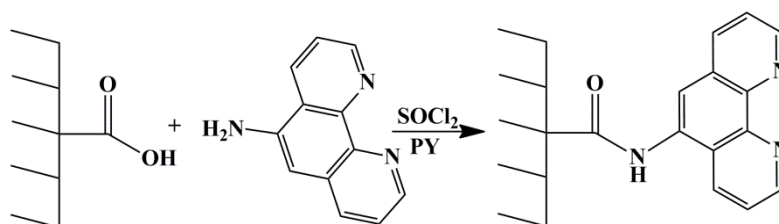
Aby zrealizować cel pracy, przeprowadzono następujące badania:

- przebadano czynniki wpływające na adsorpcję, tj. pH, ilość odczynnika kompleksującego, czas adsorpcji, maksymalną objętość próbki, z której można ilościowo odzyskać anality oraz wpływ jonów potencjalnie zakłócających proces adsorpcji. Anality oznaczono po desorpcji technikami spektroskopowymi, tj. FAAS, ETAAS oraz ICP-OES w roztworze. Z tego powodu zasadnym było dobranie optymalnych warunków desorpcji, tj. rodzaju, stężenia oraz objętości eluentu;
- porównano zdolności sorpcyjne zastosowanych adsorbentów do wybranych jonów metali, tj. selektywność oraz pojemność sorpcyjną;
- opracowane metody po uprzednim zwalidowaniu zastosowano do oznaczania śladowych zawartości jonów metali w wodach oraz w próbkach spożywczych.

Adsorpcję kationowych chelatów 1,10-fenantroliny i jej pochodnych na wybranych materiałach węglowych oraz schemat funkcjonalizowania powierzchni GO 5-amino-1,10-fenantroliną przedstawiono odpowiednio na rysunkach 2 oraz 3.



Rys. 2. Sorpcja kationowych chelatów 1,10-fenantroliny i jej pochodnych na materiałach węglowych



Rys. 3. Funkcjonalizacja powierzchni GO 5-amino-1,10-fenantroliną

Jako metodę załężania wybrano dyspersyjną ekstrakcję do fazy stałej (DSPE). W klasycznej metodzie SPE próbka cieka jest przepuszczana przez kolumnę zawierającą adsorbent, który zatrzymuje anality. Jednak małe rozmiary cząstek stosowanych nanomateriałów są często przyczyną ich wymywania z kolumn. Niekiedy prowadzą także do blokowania kolumny wskutek wnikanía w pory spieku. Problemy ten można wyeliminować, stosując DSPE. W DSPE cząstki adsorbentu są bezpośrednio wprowadzane do analizowanego roztworu. Zabieg ten znacznie skraca czas przygotowania próbki w porównaniu do klasycznej SPE, ponieważ adsorbent jest rozproszony w całej objętości próbki, przez co zwiększa się powierzchnia jego kontaktu z analitem, co wpływa korzystnie na kinetykę sorpcji. Dodatkowo rozproszenie adsorbentu ułatwia analitom z każdej strony dostęp do aktywnej powierzchni w sposób nieograniczony. W kolumnie natomiast adsorbent jest gęsto upakowany. Utrudnia to dostęp jonów metali do grup aktywnych, znajdujących się na powierzchni i może w rezultacie wpływać na obniżenie pojemności sorpcyjnych uzyskiwanych w tradycyjnym

SPE w porównaniu z DSPE. Ponadto niewątpliwą zaletą DSPE jest bardzo mała masa adsorbentu (najczęściej < 5 mg), około 100 – 1000 razy mniejsza niż w przypadku klasycznej SPE.

W pierwszym etapie badań zastosowano ox-AC do równoczesnego zateżniania śladowych zawartości jonów Cd(II), Co(II), Cu(II), Ni(II), Pb(II) oraz Zn(II) bez zastosowania odczynnika kompleksującego. Wyniki badań zostały opublikowane w artykule [H1]. Najważniejszym parametrem decydującym o efektywności adsorpcji jest wartość pH. Odpowiednie pH może poprawić selektywność adsorpcji oraz zmniejszyć zakłócenia pochodzące z matrycy próbki. Wpływ pH na adsorpcję analitów badano w zakresie 2 – 11. Jako optymalną dla adsorpcji wszystkich jonów metali przyjęto wartość pH równą 6. Przy tej wartości pH odzysk wszystkich metali był wyższy lub równy 95%. Anality oznaczano techniką ICP-OES. W celu otrzymania próbek roztworowych, koniecznych do oznaczeń analitów tą techniką, najczęściej stosuje się etap elucji w celu usunięcia zaadsorbowanych jonów metali z adsorbentu i przeniesienia ich do roztworu. Etap ten niesie jednak ze sobą ryzyko niecałkowitego usunięcia analitu z adsorbentu. W pracy [47] użycie dosyć stężonego, bo aż 8 mol L^{-1} roztworu HNO_3 nie przyniosło oczekiwanych rezultatów. Z tego względu w przedstawionej pracy zrezygnowano z etapu elucji, a AC z zaadsorbowanymi analitami zmineralizowano w wysokociśnieniowym mineralizatorze mikrofalowym. Roztwór po mineralizacji rozcieńczono wodą demineralizowaną do objętości 5 mL. Metody zateżniania służą także do obniżenia granic wykrywalności (LOD). Z tego powodu ważne jest wyznaczenie współczynnika zateżniania (PF), który w całym eksperymencie obliczano z ilorazu maksymalnej objętości próbki do jej objętości minimalnej, wystarczającej do wykonania oznaczenia analitów. Im wyższy jest PF, tym niższe można uzyskać LOD. W prezentowanej pracy maksymalna objętość roztworu, z którego można było oznaczyć pierwiastki z odzyskiem $> 90\%$, wynosiła 400 mL. Obliczony PF dla tej metody wyniósł 80. Obliczone granice wykrywalności z uwzględnieniem PF mieściły się w zakresie od $0,17 \mu\text{g L}^{-1}$ dla Cd(II) do $2,6 \mu\text{g L}^{-1}$ dla Ni(II). Powyższą procedurę analityczną zastosowano do oznaczania jonów Cd(II), Co(II), Cu(II), Ni(II), Pb(II) oraz Zn(II) w owocach – gruszkach oraz jabłkach. Dokładność otrzymanych wyników potwierdzono analizując próbki metodą dodatku wzorca oraz certyfikowany materiał odniesienia (NCS ZC85006 – pomidor). Dla zastosowanego adsorbentu wyznaczono pojemności sorpcyjne dla każdego z oznaczanych pierwiastków. Pojemność sorpcyjna jest ważnym parametrem charakteryzującym adsorbent, ponieważ określa ilość adsorbentu wymaganą do ilościowego wydzielenia analitu z danego roztworu. Niestety, otrzymane wartości były bardzo niskie i mieściły się w zakresie od $1,20 \text{ mg g}^{-1}$ dla Co(II) do $2,40 \text{ mg g}^{-1}$ dla Zn(II). Z tego względu w dalszych badaniach postanowiono zastosować 1,10-fenantrolinę oraz jej wybrane pochodne, by stwierdzić, czy ich obecność w procesie adsorpcji wpłynie na poprawę m.in. pojemności sorpcyjnych.

W pracy [H6] użyto 1,10-fenantrolinę oraz 2,2-bipirydyli, których kationowe kompleksy z jonami Cd(II) zaadsorbowano na ox-AC. Adsorpcja obu tych kompleksów zachodziła już w środowisku kwasowym, przy pH równym 4. Dla porównania adsorpcja jonów Cd(II) na ox-AC zachodziła z odzyskiem > 95% w środowisku prawie obojętnym [H1]. Brak użycia ligandów powoduje przy pH = 4 odzysk analitu na poziomie ok. 70%, co jest porównywalne z wynikiem otrzymanym w pracy [H1]. Zastosowanie kationowych kompleksów wpłynęło również na zwiększenie PF, gdyż jony Cd(II), związane w kompleksy kationowe, można było zateżać z odzyskiem > 90% z roztworów o objętości 1000 mL, co miało bezpośredni wpływ na uzyskanie niższych o rząd wielkości wartości LOD niż w przypadku adsorpcji Cd(II) na ox-AC. Dla porównania LOD w przypadku adsorpcji Cd(II) na ox-AC wyniosła $0,17 \mu\text{g L}^{-1}$, natomiast w przypadku adsorpcji kationowego kompleksu Cd(II) z 1,10-fenantroliną wartość ta wyniosła $0,06 \mu\text{g L}^{-1}$. Uzyskane wartości PF wyniosły 250. Z tego powodu uzasadnione jest zastosowanie czynników kompleksujących w adsorpcji jonów metali. Użycie kompleksu z 1,10-fenantroliną pozwala na adsorpcję analitu > 90% już po 15 minutach, natomiast zastosowanie kompleksu z 2,2-bipirydylem wydłuża ten czas do 30 minut. Przeprowadzone badania kinetyczne pokazały, że najlepsze dopasowanie z danymi eksperymentalnymi uzyskano dla modelu kinetycznego reakcji pseudo-drugiego rzędu, co wskazuje na chemisorpcję. W prezentowanej pracy wyznaczono także izotermy adsorpcji Langmuira oraz Freundlicha. Wyniki badań pokazały, że otrzymane izotermy adsorpcji są lepiej dopasowane do modelu Langmuira, co wskazuje na chemiczny proces adsorpcji. Uzyskane maksymalne pojemności sorpcyjne dla kationowych kompleksów Cd(II) z 1,10-fenantroliną i 2,2-bipirydylem są prawie 25 razy większe od pojemności uzyskanych dla adsorpcji samych jonów Cd(II) na ox-AC. Wyniki te potwierdzają słuszność użycia kationowych związków kompleksowych w adsorpcji jonów metali. Przedstawione powyżej nowe procedury analityczne zastosowano do oznaczania jonów Cd(II) w próbkach żywności – w mięśniach ryb oraz w różnych rodzajach wody. Dokładność uzyskanych wyników potwierdzono metodą dodatku wzorca oraz analizą certyfikowanych materiałów odniesienia (ERM-BB186 – nerka wieprzowa oraz SRM 1640a – woda naturalna). Cd(II) w próbkach oznaczono techniką ICP-OES oraz ETAAS.

Kolejne artykuły dotyczą adsorpcji kationowych kompleksów metali na ox-CNTs [H2–H4]. W pracy [H2] badano adsorpcję kationowych kompleksów 1,10-fenantroliny z jonami Cd(II), Co(II), Cu(II), Fe(III), Mn(II), Ni(II), Pb(II) oraz Zn(II) na ox-CNTs. Eksperyment rozpoczęto od zbadania wpływu pH na efektywność adsorpcji. Stwierdzono, że w zakresie pH od 6 do 11 ilościowo adsorbuje się tylko kationowy kompleks 1,10-fenantroliny z jonami Pb(II). Jako optymalne do dalszych badań przyjęto pH = 7. W tych warunkach kompleksy z jonami Mn(II) adsorbują się na poziomie < 50%, kompleksy z Cd oraz Zn poniżej 25%, natomiast pozostałe jony poniżej 10%. Z badań tych wynika, że zastosowanie środka chelatującego ma wpływ na selektywność procesu wydzielania Pb(II). Wpływu takiego nie obserwuje się stosując np. chelat wewnętrzny z APDC [48]. Zaletą użycia 1,10-fenantroliny

i ox-CNTs, oprócz selektywności względem jonów Pb(II), jest także bardzo krótki czas adsorpcji kationowego kompleksu na powierzchni ox-CNTs. Odzysk analitu bliski 100% można już uzyskać po 10 minutach przebiegu procesu. Ponadto zaadsorbowany związek kompleksowy można wyeluować z adsorbentu 2 mL 0,5 mol L⁻¹ HNO₃. Ilość ta jest wystarczająca do oznaczenia Pb(II) techniką FAAS. Maksymalna objętość próbki, z której można ilościowo zaadsorbować jony Pb, wyniosła 400 mL, co przekłada się na PF wynoszący 200. Wyznaczono także pojemność sorpcyjną dla jonów Pb(II), która była wysoka i wynosiła 350 mg g⁻¹ adsorbentu. Nie zaobserwowano wpływu innych jonów na efektywność adsorpcji Pb(II). Opracowaną metodę zastosowano do oznaczania jonów Pb(II) w tkankach ryb, potwierdzając dokładność oznaczeń metodą dodatku wzorca oraz analizując certyfikowany materiał odniesienia (DOLT-3 – wątroba kolenia oraz ERM-BB186 – nerka wieprzowa). Jony Pb(II) oznaczano techniką FAAS oraz ETAAS, uzyskując LOD wynoszące odpowiednio 0,26 µg L⁻¹ oraz 6,4 ng L⁻¹. Wyniki eksperymentu, przedstawione w [H3], w którym badano adsorpcję kationowych kompleksów wybranych jonów metali z 2,2-bipirydylem, również wskazują na selektywność adsorpcji względem jonów Pb(II). Przy optymalnym pH wynoszącym 7, odzyski pozostałych jonów, tj. Cd(II), Co(II), Cu(II) i Mn(II) były na poziomie niższym niż 30%. Jony Fe(III), Ni(II) oraz Zn(II) nie ulegały adsorpcji w tych warunkach. Podobnie jak w przypadku zastosowania kompleksu z 1,10-fenantroliną, optymalny czas adsorpcji był stosunkowo krótki i wynosił 15 minut. Zaadsorbowane jony Pb(II) również łatwo eluowały się przy użyciu 0,5 mol L⁻¹ HNO₃. Maksymalna objętość próbki, z której można było z odzyskiem > 90% oznaczyć jony Pb(II), także wynosiła 400 mL. Uzyskana wartość LOD przy PF wynoszącym 200 była niższa niż w przypadku zastosowania 1,10-fenantroliny i wynosiła 0,12 µg L⁻¹. Wyznaczona pojemność sorpcyjna była również niższa od pojemności uzyskanej w pracy [H2] i wynosiła 165 mg g⁻¹ ox-CNTs. Opracowaną metodę zateżania i oznaczania jonów Pb(II), charakteryzującą się dobrą precyzją oraz dokładnością, zastosowano do oznaczania analitu w wodach techniką FAAS.

Kolejnym etapem pracy było określenie wpływu batofenantroliny jako czynnika kompleksującego na adsorpcję jonów wybranych metali ciężkich na ox-CNTs [H4]. Eksperyment rozpoczęto od zbadania zależności pomiędzy wartością pH a efektywnością procesu adsorpcji. Zaobserwowano, że kationowe kompleksy batofenantroliny z jonami Cd(II), Co(II), Cu(II), Fe(III), Mn(II), Ni(II), Pb(II) i Zn(II) adsorbują się na ox-CNTs z odzyskiem > 90% w środowisku zasadowym, przy pH > 8. Jako optymalne dla adsorpcji wszystkich analitów wybrano pH = 9. W tych warunkach procesowi adsorpcji towarzyszy także współstrącanie. Z uwagi na to, że do oznaczania analitów stosowano technikę FAAS, konieczny był proces elucji zaadsorbowanych jonów. Ilościowa elucja (czyli elucja z odzyskiem > 90%) zachodziła w przypadku jonów Cd(II), Pb(II), Zn(II), Mn(II) oraz Fe(III) przy użyciu 2 mL 0,5 mol L⁻¹ HNO₃. Pozostałe jony, tj. Cu(II), Ni(II) oraz Co(II) nie ulegały ilościowej elucji. Adsorpcja kationowych kompleksów Cd(II), Zn(II) oraz Fe(III) zachodziła ilościowo, z odzyskiem > 95% już po 5 minutach. Odzysk ilościowy dla pozostałych jonów

został osiągnięty po 15 minutach. Maksymalna objętość próbki, z której możliwa była ilościowa adsorpcja analitów, wynosiła 400 mL, podobnie jak dla układu z 1,10-fenantroliną i 2,2-bipirydylem. Uzyskane LOD były niskie i mieściły się w zakresie od 0,13 $\mu\text{g L}^{-1}$ w przypadku Cd(II) do 0,35 $\mu\text{g L}^{-1}$ w przypadku Fe(III). Zaprezentowaną procedurę analityczną zastosowano z dobrą precyzją do oznaczania jonów Cd(II), Pb(II), Zn(II), Mn(II) oraz Fe(III) w próbkach ryżu białego oraz dzikiego. Dokładność metody sprawdzono analizując certyfikowane materiały odniesienia (NCS DC73349 – gałęzie i liście krzewów oraz NCS ZC73029 – ryż) oraz wykonując analizę metodą dodatku wzorca. Wyniki przedstawione w publikacjach [H2–H4] pokazują, że użycie kationowych odczynników chelatujących i ox-CNTs zwiększa selektywność adsorpcji oraz gwarantuje wysokie odzyski analitów a także wysokie współczynniki zateżania i dosyć niskie LOD, co umożliwia wydzielanie i oznaczanie analitów w próbkach wód oraz żywności.

Dalsze badania dotyczyły adsorpcji kationowych kompleksów na GO. GO charakteryzuje się wysoką zdolnością adsorpcji, wynikającą z dużej hydrofilowej powierzchni i dostępności obu stron płaskich arkuszy dla adsorpcji jonów. Ponadto obecność tlenowych grup funkcyjnych sprzyja tworzeniu wiązań jonowych i koordynacyjnych z jonami metali. W pracy [H5] zaproponowano metodę grupowego zateżania jonów Pb(II), Cd(II), Zn(II), Cr(III), Mn(II) oraz Fe(III) w postaci kationowych kompleksów z batofenantroliną na powierzchni GO. W badaniach uwzględniono jeszcze jony Cu(II), Ni(II) oraz Co(II). Odzyski ilościowe (> 90%) uzyskano dla jonów Pb(II), Cd(II), Zn(II), Cr(III), Mn(II), Fe(III) oraz Ni(II) w zakresie pH od 8 do 10. Odzysk Cu(II) oraz Co(II) w tych warunkach był na poziomie nieprzekraczającym 80%. Wartość pH = 8 przyjęto jako optymalną do dalszych badań. Anality w próbkach oznaczano techniką ICP-OES, stąd w kolejnym etapie dobrano optymalny eluent, którym okazał się 0,5 mol L^{-1} HNO_3 w ilości 4 mL. Odzysk jonów Cu(II), Ni(II) oraz Co(II) po elucji był niższy niż 80%, dlatego w dalszych badaniach nie oznaczano tychże jonów. Przeprowadzono także badania kinetyczne, obserwując jednocześnie, jaki wpływ mają czas i objętość próbki na adsorpcję przy zachowaniu stałej ilości GO wynoszącej 2 mg. Najlepsze dopasowanie z danymi eksperymentalnymi uzyskano dla modelu kinetycznego reakcji pseudo-drugiego rzędu, co wskazuje na chemisorpcję. Wyniki eksperymentu pokazały także, że adsorpcję analitów z odzyskiem większym niż 90% można osiągnąć po 30 minutach prowadzenia procesu, dla maksymalnej objętości próbki wynoszącej 200 mL. Zatem PF wyniósł 50. Uzyskane LOD mieściły się w zakresie od 0,06 $\mu\text{g L}^{-1}$ w przypadku Cr(III) do 0,25 $\mu\text{g L}^{-1}$ w przypadku Pb(II). Opracowaną metodę zastosowano do równoczesnego oznaczania analitów w próbkach wątroby drobiowej i wieprzowej oraz w wodach: wodociągowej, rzecznej i morskiej. Dokładność metody sprawdzono wykonując analizę certyfikowanego materiału odniesienia (Tort-2 – trzustka homara). Zaletą tej metody jest fakt, że anality są oznaczane z dobrą precyzją i dokładnością nawet przy wysokich stężeniach jonów matrycowych. Z tego względu może być z powodzeniem stosowana w rutynowej analizie próbek zasolonych.

Do adsorpcji wybranych jonów metali na GO zastosowano także kationowe kompleksy z 1,10-fenantroliną oraz 2,2-bipirydylem [H6]. W pracy tej porównano wpływ obu tych związków na adsorpcję jonów Cd(II). Kationowe kompleksy tych związków z jonami Cd(II) najefektywniej adsorbują na powierzchni GO przy pH w zakresie od 7 – 10. Jako optymalne do dalszych badań wybrano pH = 7. Przy pH < 8 dominującą formą jonową są jony Cd²⁺. Przy pH > 9 może strącać się wodorotlenek kadmu. Zaadsorbowane na powierzchni GO kationowe kompleksy łatwo ulegały desorpcji przy użyciu 4 mL 0,5 mol L⁻¹ HNO₃. Wyznaczono maksymalne wartości pojemności sorpcyjnych. W obu przypadkach wynosiły one około 200 mg g⁻¹ GO i były prawie 7-krotnie wyższe od wartości uzyskanych dla ox-AC. Lepsze dopasowanie uzyskano dla izotermi Langmuira, co świadczy o chemicznym procesie adsorpcji. Przeprowadzono także badania kinetyczne. Na ich podstawie stwierdzono, że adsorpcja kationowych kompleksów z odzyskiem > 90% zachodzi po 15 minutach, w przypadku 1,10-fenantroliny lub po 30 minutach, dla 2,2-bipirydyli. Maksymalna objętość roztworu, z którego można efektywnie prowadzić proces adsorpcji, wynosi 100 mL oraz 50 mL odpowiednio dla kompleksu Cd(II) z 1,10-fenantroliną i 2,2-bipirydylem. Obliczone PF wynoszą 25 oraz 12,5, czyli są 10 oraz 20-krotnie niższe od wyników uzyskanych dla ox-AC.

W pracy [H7] GO poddano modyfikacji chemicznej, funkcjonalizując jego powierzchnię 5-amino-1,10-fenantroliną. Struktura otrzymanego adsorbentu została potwierdzona skaningową mikroskopią elektronową oraz rentgenowską spektroskopią fotoelektronową. Badania wstępne rozpoczęto od ustalenia wpływu pH na efektywność adsorpcji. Adsorpcję prowadzono dla mieszaniny zawierającej jony Pb(II), Cd(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Cr(III), As(III), Sb(III), Se(IV) w zakresie pH od 2 – 10. W badanym zakresie jony Sb(III), Se(IV), As(III) oraz Cr(III) nie ulegały adsorpcji. Jony Pb(II) adsorbowały się ilościowo w zakresie pH 6 – 10. Przy pH = 6 nieznacznie, bo w ilości 20 – 40%, ulegały adsorpcji jeszcze jony Zn(II), Cu(II) oraz Cd(II). Przeprowadzony eksperyment wskazuje na wysokie powinowactwo modyfikowanego GO do ekstrakcji jonów Pb(II). Dalsze badania prowadzono przy pH = 6. Przy tej wartości pH nie wytrąca się wodorotlenek ołowiu(II). Przeprowadzone badania kinetyczne pokazały, że stan równowagi adsorpcji jonów Pb(II) został osiągnięty po 30 minutach. Warto zaznaczyć, że odzysk analitu > 90% uzyskano z dużej objętości roztworu (1000 mL), przy użyciu 1 mg adsorbentu. Biorąc pod uwagę objętość eluentu (4 mL), uzyskano PF wynoszący 250, co miało bezpośrednie przełożenie na bardzo niską wartość LOD – 46 ng L⁻¹. Wyniki przeprowadzonych badań kinetycznych adsorpcji jonów Pb(II) pokazały, że bardzo dobre dopasowanie uzyskano dla modelu kinetycznego reakcji pseudo-drugiego rzędu. Dla modyfikowanego GO wyznaczono także maksymalną pojemność sorpcyjną, która wyniosła prawie 550 mg g⁻¹ adsorbentu. Lepsze dopasowanie izotermi obserwowano dla modelu Langmuira, co potwierdza chemiczny charakter procesu adsorpcji. Mając na uwadze możliwość zastosowania opracowanej metody zateżenia śladowych zawartości jonów Pb(II) do ich oznaczania w próbkach środowiskowych lub biologicznych,

zbadano czy obecność jonów współistniejących w próbce nie zaburza efektywności procesu adsorpcji. Stwierdzono brak istotnego wpływu tych jonów na wyniki oznaczania Pb(II). GO pomimo wielu zalet jest mało odporny na próbki o wysokim zasoleniu. W celu stwierdzenia, czy modyfikacja powierzchni GO ma wpływ na poprawę tej odporności, zbadano wpływ mocy jonowej na adsorpcję. Wyniki badań pokazały, że adsorpcja jonów Pb(II) pozostaje stała i zmniejsza się dopiero przy znacznym wzroście siły jonowej. Fakt ten potwierdza istotność chemicznej modyfikacji powierzchni GO. Metodę zastosowano do oznaczania jonów Pb(II) techniką ICP-OES w próbkach ryb oraz wodach: rzecznej i morskiej. Wiarygodność metody sprawdzono metodą dodatku wzorca oraz analizą certyfikowanych materiałów odniesienia.

Wybrane parametry analityczne opracowanych metod sorpcji jonów metali na nośnikach węglowych z zastosowaniem dyspersyjnej ekstrakcji do fazy stałej zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie metod zatężania będących podstawą pracy habilitacyjnej

Adsorbent	Analit	Pojemność sorpcyjna, mg g ⁻¹	pH	Maksymalna objętość próbki, mL	PF	Detekcja	LOD, µg L ⁻¹	Lit.
ox-AC roztwarzanie mikrofalowe	Cd(II)	1,30	6	400	80	ICP-OES	0,17	H1
	Co(II)	1,20					0,19	
	Cu(II)	1,33					1,6	
	Ni(II)	1,78					2,6	
	Pb(II)	2,36					0,92	
	Zn(II)	2,40					1,5	
ox-AC 1,1-fen	Cd(II)	30,5	4	1000	250	ICP-OES ETAAS	0,006 0,0011	H6
ox-AC 2,2-bip	Cd(II)	33,2	4	1000	250	ICP-OES	0,016	H6
ox-CNTs 1,10-fen	Pb(II) (selektywnie)	350	7	400	200	FAAS ETAAS	0,26 0,0064	H2
ox-CNTs 2,2-bip	Pb(II) (selektywnie)	165	7	400	200	FAAS	0,12	H3
ox-CNTs batofen	Cd(II)	-	9	400	200	FAAS	0,13	H4
	Pb(II)						0,25	
	Zn(II)						0,24	
	Mn(II)						0,32	
	Fe(III)						0,35	
GO 1,10-fen	Cd(II)	227	7	100	25	ICP-OES ETAAS	0,046 0,0053	H6
GO 2,2-bip	Cd(II)	200	7	50	12,5	ICP-OES	0,091	H6
GO batofen	Cd(II)	-	8	200	50	ICP-OES	0,06	H5
	Pb(II)						0,25	
	Zn(II)						0,16	
	Mn(II)						0,12	
	Fe(III)						0,21	
	Cr(III)						0,06	
GO/5-amino- 1,10-fen	Pb(II) (selektywnie)	548	6	1000	250	ICP-OES	0,046	H7

PODSUMOWANIE

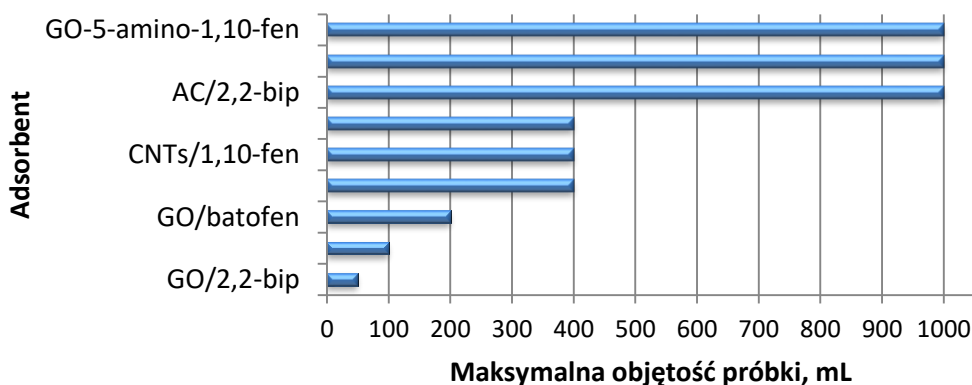
Podsumowując, opracowałam 10 nowych metod analitycznych opartych na adsorpcji jonów metali na utlenionych materiałach węglowych:

- z zastosowaniem utlenionego AC [**H1**];
- z zastosowaniem adsorpcji kationowych kompleksów jonów metali z 1,10-fenantroliną, 2,2-bipirydylem oraz batofenantroliną [**H2–H6**];
- z zastosowaniem modyfikowanego chemicznie GO zawierającego w swej strukturze pochodną 1,10-fenantroliny [**H7**].

Omówione powyżej procedury charakteryzują się dobrą precyzją oraz dokładnością. Ponadto są stosunkowo tanie, szybkie i przyjazne dla środowiska ze względu na zużycie niewielkiej ilości odczynników, co jest zgodne z zasadami „zielonej” chemii analitycznej.

Ponadto:

- metody, w których jako adsorbentu użyto ox-CNTs oraz 1,10-fenantroliny i 2,2-bipirydyli, a także GO chemicznie modyfikowanego, okazały się selektywne w oznaczaniu jonów Pb(II);
- zastosowanie batofenantroliny w połączeniu z ox-CNTs oraz GO dało możliwość analizy wielopierwiastkowej z dobrymi granicami wykrywalności;
- zastosowanie pochodnych 1,10-fenantroliny do modyfikacji powierzchni adsorbentów węglowych przyczyniło się do zwiększenia możliwości oznaczania analitów w próbkach o wysokim zasoleniu;
- maksymalna objętość próbki, z której można ilościowo zatężyć jony metali zwiększa się w szeregu: GO/2,2-bip < GO/1,10-fen < GO/batofen < ox-CNTs/2,2-bip = ox-CNTs/1,10-fen = ox-CNTs/batofen < ox-AC/2,2-bip = ox-AC/1,10-fen = GO-5-amino-1,10-fen, co przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wpływ rodzaju adsorbentu na maksymalną objętość próbki, z której można ilościowo oznaczać analit

WNIOSKI KOŃCOWE

W pracy tej po raz pierwszy kompleksowo przebadano wpływ kationowych związków chelatowych 1,10-fenantroliny i jej pochodnych na adsorpcję śladowych ilości jonów metali na powierzchni wybranych materiałów węglowych. Przedstawione badania przyczyniły się do uzupełnienia wiedzy z tego zakresu i rozszerzyły możliwości zastosowania tej grupy związków kompleksowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano wpływ użytych kationowych związków kompleksowych na adsorpcję wybranych jonów metali:

- na podstawie wyznaczonych izoterm Langmuira oraz modelu kinetycznego równania pseudo-drugiego rzędu stwierdzono, że adsorpcja kationowych kompleksów metali na powierzchni ox-AC, ox-CNTs, GO oraz jonu Pb(II) na powierzchni GO funkcjonalizowanego 5-amino-1,10-fenantroliną ma charakter chemiczny;
- na podstawie badań kinetycznych ustalono, że czas adsorpcji jest stosunkowo krótki, równowaga procesu ustala się do 30 minut;
- pojemności sorpcyjne zależą od materiału węglowego i zwiększają się w szeregu: AC < CNT < GO. Maksymalne pojemności sorpcyjne uzyskane dla adsorbentów modyfikowanych pochodnymi 1,10-fenantroliny są w wielu przypadkach wyższe niż uzyskane na drodze innych modyfikacji [49,50]. Ponadto zastosowanie kompleksów 1,10-fenantroliny oraz 2,2-bipirydyli wpłynęło na znaczne zwiększenie pojemności sorpcyjnych w przypadku adsorpcji kationowych kompleksów Cd(II) na ox-AC w porównaniu do pojemności sorpcyjnej uzyskanej dla nieskompleksowanych jonów;
- użycie kationowych związków chelatujących spowodowało wzrost selektywności adsorbentów względem jonów Pb(II);
- w przypadku zastosowania batofenantroliny zarówno dla GO jak i ox-CNTs procesowi adsorpcji towarzyszy także współstrącanie;
- zastosowanie 1,10-fenantroliny oraz jej pochodnych w połączeniu z adsorbentami węglowymi: ox-AC, ox-CNTs i GO, pozwala na selektywne wydzielanie a następnie oznaczanie śladowych zawartości jonów metali ciężkich technikami spektroskopowymi w próbkach środowiskowych, także tych o wysokim zasoleniu.

Reasumując, użycie adsorbentów węglowych oraz 1,10-fenantroliny i jej pochodnych prowadzi do (i) zwiększenia pojemności sorpcyjnych, (ii) poprawy selektywności oraz (iii) możliwości oznaczania analitów w próbkach o złożonych matrycach.

LITERATURA UZUPELNIAJĄCA

- [1] E. Yildiz, S. Sacmaci, S. Kartal, M. Sacmaci, A new chelating reagent and application for coprecipitation of some metals in food samples by FAAS, *Food Chem.* 194 (2016) 143-148.
- [2] A.N. Anthemidis, S. Xidia, G. Giakissikli, Study of bond Eluts Plexa PCX cation exchange resin in flow injection column preconcentration system for metal determination by flame atomic absorption spectrometry, *Talanta* 97 (2012) 181-186.
- [3] R. Sitko, K. Kocot, B. Zawisza, B. Feist, K. Pytlakowska, Liquid-phase microextraction as an attractive tool for multielement trace analysis in combination with X-ray fluorescence spectrometry: an example of simultaneous determination of Fe, Co, Zn, Ga, Se and Pb in water samples, *J. Anal. At. Spectrom.* 26 (2011) 1979-1985.
- [4] N. Abdullah, R.J. Gohari, N. Yusof, A.F. Ismail, J. Juhana, W.J. Lau, T. Matsuura, Polysulfone/hydrous ferric oxide ultrafiltration mixed matrix membrane: Preparation, characterization and its adsorptive removal of lead(II) from aqueous solution, *Chem. Engin. J.* 289 (2016) 28-37.
- [5] M. Falahnejad, H. Zavvar Mousavi, H. Shirkhanloo, A.M. Rashidi, Preconcentration and separation of ultra-trace amounts of lead using ultrasound-assisted cloud point-micro solid phase extraction based on amine functionalized silica aerogel nano adsorbent, *Microchem. J.* 12 (2016) 236-241.
- [6] Y. Wang, S. Gao, X. Zang, J. Li, J. Ma, Graphene-based solid-phase extraction combined with flame atomic absorption spectrometry for a sensitive determination of trace amounts of lead in environmental water and vegetable samples, *Anal. Chim. Acta* 716 (2012) 112-118.
- [7] A. Tobiasz, S. Walas, Solid-phase-extraction procedures for atomic spectrometry determination of copper, *Trends Anal. Chem.* 62 (2014) 106-122.
- [8] J. Xie, Y. Lin, Ch. Li, D. Wu, H. Kong, Removal and recovery of phosphate from water by activated aluminium oxide and lanthanum oxide, *Powder Technol.* 269 (2015) 351-357.
- [9] M. Kragovic, A. Dakovic, Z. Sekulic, M. Trgo, M. Ugrina, J. Peric, G.D. Gatta, Removal of lead from aqueous solutions by using the natural and Fe(III)-modified zeolite, *Appl. Surf. Sci.* 258 (2012) 3667-3673.
- [10] D. Mendil, Z. Demirci, O.D. Uluozlu, M. Tuzen, M. Soylak, A new separation and preconcentration method for selenium in some foods using modified silica gel with 2,6-diamino-4-phenyl-1,2,5-triazine, *Food Chem.* 221 (2017) 1394-1399.
- [11] J. Płotka-Wasyłka, N. Szczepańska, M. de la Guardia, J. Namieśnik, Modern trends in solid phase extraction: New sorbent media, *Trends Anal. Chem.* 77 (2016) 23-43.
- [12] S. Walas, H. Mrowiec, M. Sadza, Application of a LIX 622 liquid Ion-exchanger of a hydroxime type immobilized onto silica gel for flow injection preconcentration and FAAS determination of copper, *Chem. Anal. (Warsaw)* 51 (2006) 727-737.
- [13] F. Augusto, L.W. Hantao, G. Noroska, S. Mogollon, C. Soraia, G.N. Braga, New materials and trends in sorbents for solid-phase extraction, *Trends Anal. Chem.* 43 (2013) 14-23.
- [14] S. Özdemir, S.A. Mohamedsaid, E. Kılınç, M. Soylak, Magnetic solid phase extractions of Co(II) and Hg(II) by using magnetized *C. micaceus* from water and food samples, *Food Chem.* 271 (2019) 232-238.
- [15] V. Gurnani, A.K. Singh, B. Venkataramani, Cellulose functionalized with 8-hydroxyquinoline: new method of synthesis and applications as a solid phase extractant in the determination of metal ions by flame atomic absorption spectrometry, *Anal. Chim. Acta* 485 (2003) 221-232.

- [16] S.A. Noguchi, M. Oshima, K. Higuchi, S. Motomizu, Application of chitosan functionalized with 3,4-dihydroxy benzoic acid moiety for on-line preconcentration and determination of trace elements in water sample, *Microchim. Acta* 159 (2007) 341-348.
- [17] A.M. Haji Shabani, S. Dadfarnia, N. Nasirizadeh, M.R. Shishehbore, Preconcentration of copper with dithizone-naphthalene for subsequent determination by atomic absorption spectrometry, *J. Anal. Chem.* 62 (2007) 46-50.
- [18] J. Muñoz, M. Gallego, M. Valcárcel, Speciation of copper by using a new fullerene derivative as a mixed-mode sorbent, *J. Anal. At. Spectrom.* 21 (2006) 1396-1402.
- [19] S. Tokalıoğlu, A. Papak, S. Kartal, Separation/preconcentration of trace Pb(II) and Cd(II) with 2-mercaptobenzothiazole impregnated Amberlite XAD-1180 resin and their determination by flame atomic absorption spectrometry, *Arab. J. Chem.* (2017) 10, 19-23.
- [20] B. Buke, U. Divrikli, M. Soylak, L. Elci, On-line preconcentration of copper as its pyrocatechol violet complex on Chromosorb 105 for flame atomic absorption spectrometric determinations, *J. Hazard. Mater.* 163 (2009) 1298-1302.
- [21] D. Voutsas, C. Samara, K. Fytianos, T. Kouimtzis, Comparative study on the preconcentration of copper traces in non-saline waters with chelating resins, *Anal. Bioanal. Chem.* 330 (1988) 596-599.
- [22] Y. Wen, L. Chen, J. Li, D. Liu, L. Chen, Recent advances in solid-phase sorbents for sample preparation prior to chromatographic analysis, *Trends Anal. Chem.* 59 (2014) 26-41.
- [23] R. Sitko, B. Zawisza, E. Malicka, Modification of carbon nanotubes for preconcentration, separation and determination of trace-metal ions, *Trends Anal. Chem.* 37 (2012) 22-31.
- [24] R. Sitko, B. Zawisza, E. Malicka, Graphene as a new sorbent in analytical chemistry, *Trends Anal. Chem.* 51 (2013) 33-43.
- [25] H. Tavallali, V. Fakhraee, Preconcentration and determination of trace amounts of Cd²⁺ using multiwalled carbon nanotubes by solid phase extraction-flame atomic absorption spectrometry, *Int. J. ChemTech Res.* 3 (2011) 1628-1634.
- [26] H. Tavallali, V. Fakhraee, Flame atomic absorption spectrometric determination of trace amounts of Pb (II) after solid phase extraction using multiwalled carbon nanotube, *Int. J. ChemTech Res.* 3 (2011) 1635-1640.
- [27] M. Tuzen, K.O. Saygi, M. Soylak, Solid phase extraction of heavy metal ions in environmental samples on multiwalled carbon nanotubes, *J. Hazard. Mater.* 152 (2008) 632-339.
- [28] A. Duran, M. Tuzen, M. Soylak, Preconcentration of some trace elements via using multiwalled carbon nanotubes as solid phase extraction adsorbent, *J. Hazard. Mater.* 169 (2009) 466-471.
- [29] Y. Wang, S. Gao, X. Zang, J. Li, J. Ma, Graphene-based solid-phase extraction combined with flame atomic absorption spectrometry for a sensitive determination of trace amounts of lead in environmental water and vegetable Samales, *Anal. Chim. Acta* 716 (2012) 112-118.
- [30] Q. Chang, S. Song, Y. Wang, J. Li, J. Ma, Application of graphene as a sorbent for preconcentration and determination of trace amounts of chromium(III) in water samples by flame atomic absorption spectrometry, *Anal. Methods* 4 (2012) 1110-1116.
- [31] Y. Wang, X. Ke, X. Zhou, J. Li, J. Ma, Graphene for separation and preconcentration of trace amounts of cobalt in water samples prior to flame atomic absorption spectrometry, *J. Saudi Chem. Soc.* 20 (2016) 145-152.
- [32] D.C. Marcano, D.V. Kosynkin, J.M. Berlin, A. Sinitskii, Z. Sun, A. Slesarev, L.B. Alemany, W. Lu, J.M. Tour, Improved synthesis of graphene oxide, *ACS Nano* 4 (2010) 4806-4814.
- [33] M.R. Pourjavid, A.A. Sehat, M.H. Hosseini, M. Rezaee, M. Arabieh, S.R. Yousefi, M.R. Jamali, Use of 2-(tert-butoxy)-N-(3-carbamothioylphenyl)acetamide and graphene oxide for separation

- and preconcentration of Fe(III), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) ions in different samples, *Chi. Chem. Let.* 25 (2014) 791-793
- [34] L. Zhang, Z. Li, X. Du, R. L. X. Changa, Simultaneous separation and preconcentration of Cr(III), Cu(II), Cd(II) and Pb(II) from environmental samples prior to inductively coupled plasma optical emission spectrometric determination, *Spectrochim. Acta B* 86 (2012) 443-448.
- [35] Z.A. Alothman, E. Yilmaz, M. Habila, M. Soylak, Solid phase extraction of metal ions in environmental samples on 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol impregnated activated carbon cloth, *Ecotoxicol. Environ Saf.* 112 (2015) 74-79.
- [36] Z.A. ALothman, M. Habila, E. Yilmaz, M. Soylak, Solid phase extraction of Cd(II), Pb(II), Zn(II) and Ni(II) from food samples using multiwalled carbon nanotubes impregnated with 4-(2-thiazolylazo)resorcinol, *Microchim. Acta* 177 (2012) 397-403.
- [37] S. Tajik, M.A. Taher, A new sorbent of modified MWCNTs for column preconcentration of ultra trace amounts of zinc in biological and water samples, *Desalination* 278 (2011) 57-64.
- [38] Z. Tu, Q. He, X. Chang, Z. Hu, R. Gao, L. Zhang, Z. Li, 1-(2-Formamidoethyl)-3-phenylurea functionalized activated carbon for selective solid-phase extraction and preconcentration of metal ions, *Anal. Chim. Acta* 649 (2009) 252-257.
- [39] Z. Li, X. Chang, X. Zou, X. Zhu, R. Nie, Z. Hu, R. Li, Chemically-modified activated carbon with ethylenediamine for selective solid-phase extraction and preconcentration of metal ions, *Anal. Chim. Acta* 632 (2009) 272-277.
- [40] R. Li, X. Chang, Z. Li, Z. Zang, Z. Hu, D. Li, Z. Tu, Multiwalled carbon nanotubes modified with 2-aminobenzothiazole modified for uniquely selective solid-phase extraction and determination of Pb(II) ion in water samples, *Microchim. Acta* 172 (2011) 269-276.
- [41] M. Savio, B. Parodi, L.D. Martinez, P. Smichowski, R.A. Gil, On-line solid phase extraction of Ni and Pb using carbon nanotubes and modified carbon nanotubes coupled to ETAAS, *Talanta* 85 (2011) 245-251.
- [42] M. Tan, X. Liu, W. Li, H. Li, Enhancing sorption capacities for copper(II) and lead(II) under weakly acidic conditions by L-tryptophan-functionalized graphene oxide, *J. Chem. Eng. Data* 60 (2015) 1469-1475.
- [43] X. Zhu, Y. Cui, X. Chang, H. Wang, Selective solid-phase extraction and analysis of trace-level Cr(III), Fe (III), Pb(II), and Mn(II) ions in wastewater using diethylenetriamine-functionalized carbon nanotubes dispersed in graphene oxide colloids, *Talanta* 146 (2016) 358-363.
- [44] B. Yang, Q. Gong, L. Zhao, H. Sun, N. Ren, J. Qin, J. Xu, H. Yang, Preconcentration and determination of lead and cadmium in water samples with a MnO₂ coated carbon nanotubes by using ETAAS, *Desalination* 278 (2011) 65-69.
- [45] Y. Ren, N. Yan, J. Feng, J. Ma, Q. Wen, N. Li, Q. Dong, Adsorption mechanism of copper and lead ions onto graphene nanosheet/ δ -MnO₂, *Mater. Chem. Phys.* 136 (2012) 538-544.
- [46] S. Su, B. Chen, M. He, B. Hu, Z. Xiao, Determination of trace/ultratrace rare earth elements in environmental samples by ICP-MS after magnetic solid phase extraction with Fe₃O₄@SiO₂@polyaniline-graphene oxide composite, *Talanta* 119 (2014) 458-466.
- [47] B. Mikula, B. Puzio, Determination of trace metals by ICP-OES in plant materials after preconcentration of 1,10-phenanthroline complexes on activated carbon. *Talanta* 71 (2007) 136-140.
- [48] R. Skorek, B. Zawisza, E. Margui, I. Queralt, R. Sitko, Dispersive micro solid-phase extraction using multiwalled carbon nanotubes for simultaneous determination of trace metal ions by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry, *Appl. Spectrosc.* 67 (2013) 204-209.

- [49] R. Sitko, P. Janik, B. Feist, E. Talik A. Gagor, Suspended aminosilanized graphene oxide nanosheets for selective preconcentration of lead ions and ultrasensitive determination by electrothermal atomic absorption spectrometry, ACS Appl. Mater. Interfaces, 6 (2014) 20144-20153.
- [50] A. Baranik, R. Sitko, A. Gagor, I. Queralt, E. Margui, B. Zawisza, Graphene oxide decorated with cerium(IV) oxide in determination of ultratrace metal ions and speciation of selenium, Anal. Chem. 90 (2018) 4150-4159.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

A. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

L.p.	Publikacja	MNIŚ W	IF	Cytowania	
				WoS	Scop
A1	M. Zaciera, J. Kurek, B. Feist , H. Pyta, The exposure profiles, correlation factors and comparison of PAHs and nitro-PAHs in urban and non-urban regions in suspended particulate matter in Poland, Polycyclic Aromatic Compounds (2017) 1-9, doi.org/10.1080/10406638.2017.1328448	20	2,000	0	0
A2	R. Sitko, P. Janik, B. Feist , E. Talik, A. Gagor, Suspended aminosilanized graphene oxide nanosheets for selective preconcentration of lead ions and ultrasensitive determination by electrothermal atomic absorption spectrometry, ACS Applied Materials and Interfaces, 6 (2014) 20144-20153.	40	6,723	41	46
A3	R. Sitko, B. Zawisza, E. Talik, P. Janik, G. Osoba, B. Feist , E. Malicka, Spherical silica particles decorated with graphene oxide nanosheets as a new sorbent in inorganic trace analysis, Analytica Chimica Acta, 834 (2014) 22-29.	45	4,513	39	41
A4	B. Feist , B. Mikula, Preconcentration of some metal ions with lanthanum-8-hydroxyquinoline co-precipitation system, Food Chemistry, 147 (2014) 225-229.	40	3,391	27	29
A5	R. Sitko, E. Turek, B. Zawisza, E. Malicka, E. Talik, J. Heimann, A. Gagor, B. Feist , R. Wrzalik, Adsorption of divalent metal ions from aqueous solutions using graphene oxide, Dalton Transactions, 42 (2013) 5682-5689.	40	4,097	307	329

A6	R. Sitko, B. Gliwinska, B. Zawisza, B. Feist , Ultrasound-assisted solid-phase extraction using multiwalled carbon nanotubes for determination of cadmium by flame atomic absorption spectrometry, <i>Journal of Analytical Atomic Spectrometry</i> , 28 (2013) 405-410.	35	3,396	19	18
A7	K. Pytlakowska, B. Feist , Spectrophotometric determination of molybdenum in the presence of tungsten by using of gallein and benzyldodecyldimethylammonium bromide, <i>Journal of Analytical Chemistry</i> , 68 (2013) 39-44.	15	0,812	4	5
A8	M. Zaciera, J. Kurek, L. Dzwonek, B. Feist , A. Jedrzejczak, Seasonal variability of PAHs and nitro-PAHs concentrations in total suspended particulate matter in ambient air of cities of silesian voivodeship, <i>Environment Protection Engineering</i> , 38 (2012) 45-50.	15	0,423	7	9
A9	B. Feist , B. Mikula, K. Pytlakowska, B. Puzio, R. Sitko, Preconcentration via ion associated complexes combined with inductively coupled plasma optical emission spectrometry for determination of heavy metals, <i>Talanta</i> 88 (2012) 391-395.	40	3,498	12	14
A10	B. Zawisza, K. Pytlakowska, B. Feist , M. Polowniak, A. Kita, R. Sitko, Determination of rare earth elements by spectroscopic techniques: A review, <i>Journal of Analytical Atomic Spectrometry</i> , 26 (2011) 2373-2390.	40	3,220	68	74
A11	R. Sitko, K. Kocot, B. Zawisza, B. Feist , K. Pytlakowska, Liquid-phase microextraction as an attractive tool for multielement trace analysis in combination with X-ray fluorescence spectrometry: an example of simultaneous determination of Fe, Co, Zn, Ga, Se and Pb in water samples, <i>Journal of Analytical Atomic Spectrometry</i> , 26 (2011) 1979-1985.	40	3,220	25	25
A12	K. Pytlakowska, B. Feist , The use of Chromazurol S in the presence of a mixture of cationic and non-ionic surfactants for the spectrophotometric determination of iron in cereals, <i>Journal of Analytical Chemistry</i> , 66 (2011) 139-144.	15	0,747	3	3
A13	B. Mikula, B. Puzio, B. Feist , Application of 1,10-phenanthroline for preconcentration of selected heavy metals on silica gel, <i>Microchimica Acta</i> , 166 (2009) 337-341.	20	2,648	14	12

A14	B. Puzio, B. Mikula, B. Feist , Preconcentration of Cd(II), Pb(II), Co(II), Ni(II) and Cu(II) by solid chase extraction method using 1,10-phenanthroline, Journal of Analytical Chemistry, 64 (2009) 786-790.	10	0,604	13	13
A15	B. Feist , B. Mikula, K. Pytlakowska, B. Puzio, F. Buhl, Determination of heavy metals by ICP-OES and F-AAS after preconcentration with 2,2'-bipyridyl and erythrosine, Journal of Hazardous Materials, 152 (2008) 1122-1129.	24	2,975	37	41
A16	B. Puzio, B. Mikula, B. Feist , 1,10-Phenanthroline as a complexing agent for determination of Cd(II) and Cu(II) by ICP-OES after preconcentration using CN group, Microchimica Acta, 160 (2008) 197-201.	20	1,910	11	12
A17	K. Pytlakowska, W. Winkler, B. Feist , Application of gallein in the presence of benzyldimethyldodecylammonium bromide for spectrophotometric determination of molybdenum in steel, Chemical Analysis (Warsaw), 52 (2007) 801-810.	10	0,564	1	1
A18	K. Pytlakowska, B. Feist , W. Winkler, Alternative spectrophotometric method for determination of molybdenum in soil and soil extracts, Chemical Analysis (Warsaw), 52 (2007) 847-856.	10	0,564	0	0
(dane z dnia 11.04.2019)		479	45,307	628	672

B. Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

- B1 M. Zaciera, J. Kurek, L. Dzwonek, **B. Feist**, A. Jędrzejczak, Sezonowa zmienność stężeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i ich nitrowych pochodnych w pyłe zawieszonym w powietrzu atmosferycznym w miastach województwa śląskiego, Współczesne osiągnięcia w ochronie powietrza atmosferycznego, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej, 893 (2010) 401-405.
- B2 B. Puzio, **B. Feist**, B. Mikula, Oznaczanie Cd, Co i Cu techniką ICP-OES w owocach po zagęszczeniu metodą SPE, LAB, 6 (2008) 9-11.
- B3 B. Puzio, **B. Feist**, B. Mikula, Preconcentration of Cd(II), Co(II) and Cu(II) by SPE metod using octyl group columns, Annals of the Polish Chemical Society, 6 (2007) 463.
- B4 B. Mikula, **B. Feist**, B. Puzio, Application of La-2,2'-bipyridyl-bengal rose for preconcentration and determination of microelements in water, Annals of the Polish Chemical Society, 6 (2007) 366.

- B5 B. Mikula, **B. Feist**, Application of oxine in method of microelements enhancement and their determination by means of the ICP-AES method, *Annals of the Polish Chemical Society*, 3 (2004) 334-337.
- B6 F. Buhl, **B. Feist**, B. Mikula, Preconcentration enrichment of a sample using non-chelating acidic xanthene dyes, *Annals of the Polish Chemical Society*, 3 (2004) 338-341.
- B7 F. Buhl, **B. Feist**, B. Mikula, Application of iodeosin in trace analysis, *Annals of the Polish Chemical Society*, 3 (2004) 342-344.

C. Patenty

C1. Udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe:

1. M. Szala, K. Czyż, R. Jędraszczyk, K. Kuna, J. Nycz, **B. Feist**, R. Podsiadły, R. Strzelczyk, A. Grzelakowska, J. Namieśnik, J. Gębicki, D. Konopacka-Łyskawa, Sposób sorpcji jonów metali ciężkich oraz tkanina poliestrowa do realizacji tego sposobu, Uniwersytet Śląski w Katowicach, Politechnika Łódzka, Politechnika Gdańska, P. 228802/2017.

C2. Zgłoszenia patentowe:

1. **B. Feist**, J. Nycz, E. Schab-Balcerzak, R. Sitko, M. Szala, K. Kocot, J. Wantulok, J. Kuczera, B. Ośmiałowski, I. Grela, K. Mroczyńska, Sposób sorpcji jonów metali oraz tlenek grafenu modyfikowany pochodnymi 1,10-fenantroliny. Zgłoszenie patentowe P. 420628, 2017, (Uniwersytet Śląski w Katowicach, Uniwersytet M. Kopernika w Toruniu).
2. K. Kocot, **B. Feist**, R. Sitko, J. Nycz, M. Szala, J. Wantulok, K. Byrdy, Sposób oczyszczania tlenku grafenu. Zgłoszenie patentowe P. 422466, 2017, (Uniwersytet Śląski w Katowicach).

D. Udział w projektach badawczych

1. Grant MNiSW nr N N404 028535, Współwystępowanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i ich nitrowych pochodnych w powietrzu wraz z próbą wyznaczenia korelacji pomiędzy ich stężeniami w środowisku uprzemysłowionych miast, podwykonawca, czas trwania: 2008-2011.

E. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną

1. Nagroda Indywidualna III stopnia JM Rektora za działalność naukowo-badawczą, Uniwersytet Śląski, 2015.

2. Dodatek specjalny JM Rektora Uniwersytetu Śląskiego przyznany za znaczący indywidualny wkład do dorobku kategoryzacyjnego Wydziału w latach 2013-2016.

F. Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

F1. Wygłoszone referaty

1. **B. Feist**, Porównanie efektywności sorpcji kompleksów 1,10-fenantroliny z jonami metali ciężkich na tlenku grafenu oraz utlenionych nanorurkach węglowych, X Polska Konferencja Chemii Analitycznej, Lublin, 1-5.07.2018.
2. **B. Feist**, Badanie wpływu 1,10-fenantroliny oraz jej pochodnych na sorpcję jonów metali na wybranych nośnikach węglowych (wykład na zaproszenie), Komisja Nauk Chemicznych przy oddziale PAN w Katowicach, Katowice, 31.01.2017.
3. **B. Feist**, R. Sitko, Sorpcja kationowych kompleksów jonów metali z pochodnymi 1,10-fenantroliny na węglu aktywnym, nanorurkach węglowych oraz tlenku grafenu, IX Polska Konferencja Chemii Analitycznej, Poznań, 6-10.07.2015.
4. R. Sitko, B. Zawisza, P. Janik, K. Kocot, E. Margui, I. Queralt, E. Talik, **B. Feist**, E. Malicka, B. Walczak, Graphene-based adsorbents in trace and ultratrace inorganic analysis, IUPAC 2015 45th World Chemistry Congress, Busan, South Korea, 9-14.08.2015.
5. **B. Feist**, Metody wzbogacania próbek - ekstrakcja do fazy stałej, IV Szkoła Optycznej Spektrometrii Emisyjnej, Ustroń-Zawodzie, 7-9.10.2015 (wykład na zaproszenie).
6. **B. Feist**, R. Sitko, Zastosowanie kationowych kompleksów 1,10-fenantroliny i jej pochodnych w zateżaniu metali ciężkich na nanorurkach węglowych, XXIII Poznańskie Konwersatorium Analityczne: Nowoczesne Metody Przygotowania Próbek i Oznaczania Śladowych Ilości Pierwiastków, Poznań, 8-9.05.2014.
7. B. Zawisza, K. Kocot, **B. Feist**, R. Sitko, Determination of trace elements in water by X-ray fluorescence spectrometry, XXXIII Konferencja Analityki Hutniczej, Zakopane 11-14.04.2011.
8. **B. Feist**, F. Buhl, B. Mikula, Wzbogacanie składników próbki z zastosowaniem jonowych asocjatorów z udziałem amin heterocyklicznych, VII Polska Konferencja Chemii Analitycznej, Toruń, 3-7.07.2005.
9. **B. Feist**, F. Buhl, Zastosowanie jonowych asocjatorów z udziałem amin heterocyklicznych i ksantenowych barwników kwasowych do grupowego zateżania wybranych metali ciężkich, III Polsko - Słowacko - Czeska konferencja analityki hutniczej, Ustroń-Zawodzie, 11-15.04.2005.
10. **B. Feist**, F. Buhl, Zastosowanie połączeń M - czynnik chelatujący - barwnik kwasowy do grupowego wydzielania i zagęszczania metali ciężkich, Wiosenne Konwersatorium, Instytut Chemii, Uniwersytet Śląski, Katowice, maj 2002.

F2. Sesje plakatowe

Brałam czynny udział w 32 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, podczas których wyniki swoich prac przedstawiłam na 53 plakatach.

G. Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

1. Uniwersytet Karola w Pradze, Republika Czeska, Wydział Farmacji w Hradec Kralove, Zakład Chemii Analitycznej, kwiecień 2015.

H. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

1. Badania międzylaboratoryjne: oznaczanie pierwiastków śladowych w przyszłych nowych materiałach odniesienia: MODAS-3 Herring Tissue, MODAS-4 Cormorant Tissue, MODAS-5 Cod Tissue. Badania wykonano dla Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej.

2. Wykonanie oznaczeń zawartości metali i niemetalu w próbkach (tkankach ludzkich) za pomocą technik AAS oraz ICP-OES, stanowiącej część tematu badawczego *Ocena zawartości metali i niemetalu w płycie miazdżycowej usuniętej z tętnicy szyjnej wewnętrznej u pacjentów z krytycznym zwężeniem tętnic szyjnych wewnętrznych*, 2016-2017. Praca została wykonana na zlecenie Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach.

I. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Recenzowałam publikacje w następujących czasopismach:

Ecotoxicology and Environmental Safety, Food Chemistry, International Journal of Environmental Analytical Chemistry, Talanta, Journal of Environmental Chemical Engineering, Food Control, Microchimica Acta, Applied Surface Science, Journal of the Brazilian Chemical Society, CLEAN - Soil, Air, Water, Analytical Methods, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Toxicological & Environmental Chemistry, Journal of Food Science, ACS Omega, Journal of Separation Science, Journal of Hazardous Materials.

J. Plany badawcze

W toku dalszych prac planuję badania nad wpływem eterów koronowych na sorpcję jonów metali na wybranych nanomateriałach. Duże nadzieje wiąże z selektywnością tych związków co pozwoli na sorpcję konkretnych metali. Wysiłki naukowe będą skierowane także w kierunku opracowania nowych metod zateżniania pierwiastków śladowych.

6. Syntetyczne dane dotyczące dorobku naukowego habilitanta

1.	Opublikowane prace znajdujące się w bazie JCR	25
2.	Prace spoza bazy JCR	7
3.	Całkowita liczba publikacji	32
4.	Liczba publikacji po doktoracie	29
5.	Liczba cytowań publikacji (WoS)	717
6.	Liczba cytowań publikacji (WoS) z wyłączeniem autocytowań	698
7.	Liczba cytowań publikacji (Scopus)	767
8.	Liczba cytowań publikacji (Scopus) z wyłączeniem autocytowań	741
9.	Sumaryczny Impact Factor	73,111
10.	Liczba punktów MNiSW	744
11.	Index Hirsha (WoS)	12
12.	Index Hirsha (WoS) bez autocytowań	12
13.	Sumaryczny Impact Factor prac do cyklu habilitacyjnego	27,804
14.	Sumaryczna liczba punktów MNiSW prac do cyklu habilitacyjnego	265

Barbara Feist