



WYDZIAŁ FARMACEUTYCZNY
KATEDRA I ZAKŁAD BROMATOLOGII

Gdańsk, 24.04.2013 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej autorstwa mgr Michała Miotk pt. "Biodostępność i potencjał metylacyjny rtęci w środowisku morskim na przykładzie Morza Bałtyckiego i Morza Grenlandzkiego"

wykonanej w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza Instytutu Oceanologii PAN
w Sopocie pod kierunkiem

Prof. dr hab. inż. Janusza Pempkowiaka i
opiekuna naukowego dr Jacka Bełdowskiego

Niektóre zanieczyszczenia chemiczne mogą stanowić poważne zagrożenie dla właściwego funkcjonowania biotycznych jak i abiotycznych składowych środowiskowych, co z kolei stwarza ryzyko zakłócenia równowagi ekologicznej ekosystemów wodnych. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku ekosystemów poddanych antropopresji, m.in. na wpływ metali ciężkich, w tym toksycznej rtęci. Podlega ona migracji biogeochemicznej, czemu towarzyszyć może proces jej bioakumulacji wzdłuż kolejnych ogniw morskiego łańcucha pokarmowego. Co więcej, jest ona jednym z nielicznych metali podatnych na tzw. biomagnifikację prowadzącą do znaczącego zwielokrotnienia jej stężeń na wyższych poziomach troficznych. W szczególności organiczne pochodne rtęci takie jak neurotoksyczna metylortęć ulegają selektywnej biomagnifikacji np. w mięśniach ryb stwarzając tym samym poważne zagrożenie zdrowotne w stosunku do ich potencjalnych konsumentów. Z tego względu określenie specjacji jest bardzo istotnym zadaniem badawczym umożliwiającym rozpoznanie biodostępności oraz toksyczności tego metalu, a więc bezpieczeństwa zdrowotnego jadalnych zasobów morskich. Należy podkreślić fakt, że ta istotna problematyka badawcza związana z, najogólniej rzecz ujmując, potencjalnymi

zagrożeniami bioakumulacji i biomagnifikacji rtęci w morskim łańcuchu pokarmowym ściśle wpisuje się w obszar tematyczny przedłożonej do zaopiniowania rozprawy doktorskiej.

Otóż głównym celem pracy mgra Michała Miotk była ocena biodostępności i potencjału metylacyjnego rtęci w środowisku morskim na podstawie danych pomiarowych uzyskanych dla Mórza Bałtyckiego i Grenlandzkiego.

Ustosunkowując się do tak nakreślonego celu pracy oraz zaprezentowanych przez Autora celów cząstkowych recenzent stwierdza, że w sposób jasny i przekonujący uzasadniono konieczność podjęcia się właściwie zdefiniowanych zadań badawczych.

Licząca 176 stron praca doktorska składa się z 5. wielozłonowych rozdziałów, nieponumerowanego spisu literatury obejmującego łącznie 205 pozycji piśmiennictwa specjalistycznego. Układ pracy jest typowy, obejmujący swoim zakresem wstęp, cel pracy i zakres badań, część teoretyczną, badania własne, omówienie wyników, dyskusję, podsumowanie, wnioski oraz spis literatury światowej. Dane pomiarowe są dobrze udokumentowane, bowiem wydruk komputerowy zawiera łącznie 26 tabel i 46 rycin, często kilkusegmentowych (schematy, diagramy, wykresy, fotografie, mapki). Autor dodatkowo zamieścił spis tabel i rysunków na końcu swojej rozprawy doktorskiej.

Cel pracy jak i hipotezy badawcze zostały właściwie zdefiniowane.

Część teoretyczną pracy poświęcono zagadnieniom związanym z występowaniem rtęci w środowisku morskim, tj. w atmosferze, wodzie, organizmach i osadach dennych z uwzględnieniem ich źródeł pochodzenia w naturalnych zasobach przyrodniczych. Doktorant scharakteryzował toksyczność rtęci, a także procesy transformacji, a w szczególności metylacji, jakim metal ten podlega w ekosystemach wodnych. Część wprowadzającą pracy kończy charakterystyka występowania rtęci w Morzu Bałtyckim.

Ustosunkowując się do tak skonstruowanej części pracy należy podkreślić, że została ona właściwie zredagowana umiejętnie wprowadzając czytelnika w całokształt zagadnień rozważanych w dalszej części pracy, tj. w omówieniu wyników. A tak na marginesie, szkoda, że Autor nie scharakteryzował, chociażby bardzo krótko, współczesnych metod analitycznych mających szerokie zastosowanie w określeniu zawartości specjatów rtęci w próbkach środowiskowych. Przecież, uzyskane przez Niego analityczne dane pomiarowe stanowią bardzo istotny udział w całej pracy.

W kolejnej części pracy, tj. badaniach własnych Doktorant uzasadnia wybór obszaru objętego badaniami oraz definiuje tzw. potencjał metylacyjny rtęci podając zmodyfikowane wzory na jego oszacowanie w osadach dennych i toni wodnej. Część eksperymentalną pracy rozpoczyna zwięzły, a zarazem wyczerpujący opis sposobu pobierania i przechowywania

próbek osadów dennych i zawiesiny pobranych na obszarze obu badanych akwenów, tj. Morza Bałtyckiego i Morza Grenlandzkiego. Autor przedstawił wnikliwie poszczególne procedury analityczne związane z ekstrakcją sekwencyjną i oznaczeniem całkowitej zawartości rtęci jak i jej specjatów w badanych próbkach.

W celu sprawdzenia wiarygodności przeprowadzonych pomiarów analitycznych, Doktorant przeprowadził analizę czterech właściwie dobranych certyfikowanych materiałów odniesienia, tj. NIST Standard Reference Material 2584, BCR Reference Material No 579, Seawater No 267, BCR Reference Material No 580. Uzyskał wysoce zadowalający odzysk całkowitej rtęci jak i metylortęci (jako miarę dokładności) oraz względne odchylenie standardowe (jako miarę precyzji).

Opisał właściwie inne analizy, a mianowicie analizy granulometryczne, pomiaru aktywności ^{210}Pb w osadach dennych, wieku osadu i szybkości sedymentacji i zawartości węgla organicznego rozpuszczonego i zawieszzonego. Ponadto, analizował odczyn wody, potencjał redoks, stężenie tlenu i zasolenie, a także określał liczbę bakterii siarkowo-redukcyjnych (SRB).

Odnosnie analizy statystycznej uzyskanych danych pomiarowych Autor powinien jednak wyodrębnić, jak to się powszechnie czyni, w części metodycznej pracy podrozdział pt. „Techniki statystyczne”, pomimo rutynowego, powszechnie stosowanego wykorzystywania tego typu obróbki statystycznej w pracach środowiskowych.

Podsumowując część eksperymentalną pracy można powiedzieć, że badania zostały od strony analitycznej właściwie zaplanowane, a założone cele konsekwentnie zrealizowane; stąd warsztat analityczny nie budzi zastrzeżeń.

Przedstawiona w części opisowej pracy interpretacja uzyskanej bazy danych charakteryzuje się znaczną dozą ostrożności, tak niezbędną na etapie uogólniania zaobserwowanych tendencji i związków funkcyjnych.

Uzyskane dane pomiarowe zostały zestawione w tabelach, a zaobserwowane zmiany stężeń zilustrowano w postaci licznych najczęściej kilku-segmentowych diagramów. Za szczególnie interesujące należy uznać wyniki uzyskane m.in. dla labilnych form rtęci, a także zwraca uwagę statystyczne zestawienie na wykresie „ramka – wąsy” wyników zawartości rtęci w wodach porowych związanej z kwasami humusowymi, fulwowymi i osadami dennymi na całym obszarze objętym badaniami.

W kolejnym rozdziale „Dyskusja” Autor wnikliwie interpretuje uzyskane przez siebie rezultaty badań w kontekście rozmieszczenia biodostępnych form rtęci nieorganicznej i organicznej w osadach dennych, a ponadto poddaje ocenie statystycznej relacje pomiędzy

stężeniem rtęci całkowitej, rozpuszczonej i zawieszanej a głębokością toni wodnej na trzech Głębiach, tj. Gdańskiej, Bornholmskiej i Gotlandzkiej oraz w różnych warstwach toni wodnej w rejonie ujścia Wisły i Odry w odniesieniu do Spitsbergenu. Tę część pracy, zresztą bogato zilustrowaną wielosegmentowymi diagramami i wykresami, kończy obszerny i zarazem interesujący rozdział poświęcony zarówno dogłębnej interpretacji zaobserwowanej zmienności potencjału metylującego jak i zaproponowanym przesłankom dla jego weryfikacji.

Ustosunkowując się do obu tych rozdziałów, tj. wyników oraz dyskusji należy stwierdzić, że Autor przejrzysto omawia i właściwie interpretuje w świetle wyników analizy statystycznej uzyskane przez siebie dane pomiarowe, analizując bardzo starannie oraz w pogłębiony sposób zarejestrowane zmiany analizowanych parametrów. Tę poprawnie zredagowaną część pracy kończy podsumowanie i wnioski oraz bogate zestawienie licznych, bo 205. właściwie dobranych pozycji literaturowych.

Doktorant stwierdził, że:

- Stężenia nieorganicznych biodostępnych form rtęci w osadach dennych i zawiesinie wahały się w szerokich zakresach stężeń różniących się o dwa rzędy wielkości, podczas gdy stężenia metylortęci w zawiesinie zmieniały się od poziomów śladowych do ok. 2 ng/g s.m.
- Uzyskane przez Doktoranta stężenia, zarówno rtęci całkowitej jak i metylortęci w ekosystemie bałtyckim są typowe dla akwenów morskich o średnim stopniu zanieczyszczenia. Niższe poziomy stężenie zaobserwowane dla osadów dennych i zawiesiny Morza Grenlandzkiego wskazują, wg Doktoranta, na dopływ rtęci do rejonów arktycznych ze źródeł zewnętrznych, zarówno trajektornią atmosferyczną jak i przy udziale prądów morskich czy też za pośrednictwem guana ptaków wędrownych.
- Zaproponowany sposób matematycznego oszacowania potencjału metylacyjnego (PM) rtęci w osadach dennych i toni wodnej został pozytywnie zweryfikowany w oparciu o wyniki badań własnych dotyczących zawartości metylortęci i rtęci całkowitej w toni wodnej i osadach dennych Morza Bałtyckiego i Spitsbergenu.

- Średnie wartości PM zmieniającego się dla osadów bałtyckich i toni wodnej w granicach dwóch rzędów wartości są znacząco wyższe od wartości zaobserwowanych dla obu ww. składowych abiotycznych w rejonie Spitsbergenu.
- Wartości PM i stężenia biodostępnych form rtęci osiągają wyższe wartości w przypadku deficytu tlenowego, przykładowo odnotowanego w osadach dennych Głębi Gdańskiej.
- Przydatność wskaźnika PM poddano weryfikacji poprzez wyznaczenie współczynnika determinacji (R^2) pomiędzy PM a zawartością rtęci, a właściwie metylortęci, w mięśniach ryb zważywszy, że ww. związek metaloorganiczny jest dominującą formą (>90%) w tej tkance. Uzyskana wysoka wartość R^2 kształtująca się na poziomie 0,80 skłania Autora do konkluzji, że wskaźnik PM może okazać się przydatny w takim oszacowaniu, chociaż Jego zdaniem aby przeprowadzić dokładną weryfikację przydatności PM należałoby przeprowadzić dalsze badania dotyczące m.in. określenia czasu przebywania analizowanych gatunków ryb w danym akwenie.

Recenzja nie byłaby pełna gdyby nie zawierała uwag krytycznych, chociaż w zdecydowanej większości przypadków mających charakter polemiczny. Recenzent spodziewa się, że w czasie obrony tej pracy Doktorant ustosunkuje się przynajmniej do większości z nich. Otóż:

- Kandydat nie podał tak ważnych parametrów walidacyjnych jak granica wykrywalności (LOD)/granica oznaczalności (LOQ), co przecież jest szczególnie ważne w przypadku analizy specjacyjnej.
- Jakie było kryterium podziału wyznaczenia trzech stopni istotności wartości PM (str. 125, 130), tzn. od 0 do 1, od 1 do 15 i powyżej 15 dla osadów dennych i od 0 do 2, od 2 do 4 i powyżej 4 dla toni wodnej. Czyżby te zakresy wartości skategoryzowano arbitralnie?
- Autor w przypadku graficznego opisu zaobserwowanych związków korelacyjnych (rys. 37-40, 42, 45 i 46) posługiwał się wyłącznie współczynnikiem determinacji „ R^2 ”, a nie podał poziomu istotności „P”, jako najlepszej miary siły związku korelacyjnego. Jednak na podstawie charakteru lokalizacji punktów zmiennych wzdłuż krzywej regresji wydaje się wysoce prawdopodobne, że we wszystkich zaprezentowanych przypadkach uzyskano

statystycznie istotne zależności funkcyjnych, co najmniej na poziomie istotności $P < 0,05$.
Nasuwa się zatem pytanie, jakie wartości P uzyskał Autor dla poszczególnych relacji.

- Szkoda, że Autor nie skomentował większości krzywych regresji (rys. 37-40, 42, 45 i 46) w tak wnikliwy sposób jak to uczynił w przypadku zależności zaprezentowanej graficznie na rys. 40 i zinterpretowanej na str. 138 tym bardziej, że poszczególne parametry takich równań przytoczono także w tab. 25 i 26.
- Brak matematycznego opisu owych równań regresji (rys. 37-39, 42, 45 i 46) w pewnym sensie uniemożliwia bardziej pogłębioną i wnikliwą interpretację zaobserwowanych tendencji czy związków funkcyjnych. Przykładowo, wartość stała a zwana współczynnikiem kierunkowym pozwala na określenie tempa akumulacji; przykładowo $a = 1$ oznacza, że tempo wzrostu zawartości całkowitej rtęci organicznej w zawieszynie jest identyczne z tempem wzrostu stężenia rtęci labilnej w tej składowej abiotycznej. Innymi słowy, przyrostom zawartości pierwszej formy chemicznej rtęci odpowiadają identyczne przyrosty stężeń drugiej formy. Natomiast wartości współczynnika kierunkowego mniejsze lub większe od jedności wskazują na odpowiednio większe lub mniejsze przyrosty stężeń jednej formy rtęci w stosunku do drugiej.
- Doktorant nie ustosunkował się również do wartości stałej b zwanej wyrazem wolnym. Może byłoby warto podjąć taką próbę?
- Dla diagramów typu „ramka – wąsy” brakuje poziomu istotności „ p ”, bowiem w przypadku występowania znaczącego odchylenia standardowego „ SD ” zachodzi obawa braku istotnego statystycznie zróżnicowania stężeń.
- Czy Autor stosował test U-Manna Whitney’a umożliwiający ocenę stopnia zróżnicowania zawartości analizowanych zmiennych w każdym z porównywanych akwenów.
- Po interpretacji krzywych regresji dla zależności pomiędzy wartością PM a stężeniem $MeHg$ i całkowitej Hg_{org} w próbkach osadów dennych z trzech głębi bałtyckich Autor stwierdza, że „współczynniki korelacji (powinien użyć określenia „współczynniki determinacji”) we wszystkich omawianych przypadkach są statystycznie istotne” i dalej pisze że, „Odwrotne wartości współczynnika determinacji otrzymano dla osadów z

rejonów ujść rzek Wisły i Odry (rys. 37d).”, tzn. wynoszące 0,86 dla relacji MeHg – PM oraz 0,91 dla relacji: całkowita Hg_{org} – PM. Nadmienając o odwrotnej wartości R² Autor zapewne miał na myśli zupełnie inną relację przedstawioną na rys. 38, tzn. zależność otrzymaną dla osadów dennych pochodzących ze Spitsbergenu.

- Niekiedy używane są nieprawidłowe lub nieściśle określenia, jak np. na str. 30 jest „abiotycznych” zamiast „biotycznych”, na str. 50 - „naważki” zamiast „odważki” czy też „przy prażeniu” zamiast „po prażeniu”, na str. 53 - „materiału referencyjnego” zamiast „materiału odniesienia”, na str. 56 – „pomiaru pojedynczej próbki” – zamiast „pojedynczego pomiaru analitu”, str. 74 - „limitu detekcji” zamiast „granicy wykrywalności”.

Praca pod względem redakcyjnym została w zasadzie przygotowana starannie, chociaż Doktorant nie ustrzegł się błędów redakcyjnych, potknięć, niezręczności stylistycznych czy przejęzyczeń w zakresie nazewnictwa, które zostały wyszczególnione w załączonym do niniejszej recenzji szczegółowym wykazie.

Na uwagę zasługują estetycznie i przejrzyste skonstruowane ryciny.

Odnośnie spisu piśmiennictwa światowego, Autor nie zawsze stosuje jednakowy sposób zapisu nazw czasopism naukowych, tj. podaje naprzemiennie ich skróty lub pełne nazwy, np. *Marine Chemistry*, a w innym miejscu używa skrótu *Mar. Chem., Water, Air and Soil Pollution* zamiast *Water Air Soil Pollut., Atmospheric Environment* zamiast *Environ. Atmos., Environmental Pollution* zamiast *Environ. Pollut., Applied Geochemistry* zamiast *Appl. Geochem.*, (szczegółowy wykaz w załączeniu).

Recenzent zastrzega, że niedostrzeżone oraz nieskorygowane przez Doktoranta błędy głównie natury redakcyjnej nie wpływają znacząco na ogólną wysoką ocenę pracy.

Podsumowując, praca doktorska mgra Michała Miotk jest oryginalnym i interesującym opracowaniem dotyczącym oceny biodostępności i potencjału metylacyjnego rtęci w osadach dennych i toni wodnej Morza Bałtyckiego i Morza Grenlandzkiego.

Doktorant wykazał się dużą konsekwencją, a nawet determinacją w czasie realizacji trudnych i zarazem ambitnych przedsięwzięć badawczych.

Przeprowadzone z dużym rozmachem pogłębione badania umożliwiły otrzymanie bardzo istotnych oraz wysoce interesujących wyników rzucających nowe światło na szereg

zagadnień, zwłaszcza związanych z uwieńczoną sukcesem próbą oszacowania potencjału metylacyjnego rtęci, co warunkuje wysoki poziom merytoryczny rozprawy.

Cel pracy należy uznać za ambitny, a przeprowadzone przez Doktoranta badania za właściwie zaplanowane oraz poprawnie wykonane. Wykazał się On dużą dociekliwością na etapie interpretacji prawidłowo oszacowanych danych pomiarowych.

Rozprawa wyróżnia się nowoczesnym i oryginalnym ujęciem tematu. Wnioski o dużym ciężarze gatunkowym zostały zredagowane z właściwą dozą ostrożności i znajdują pełne pokrycie w bogatym materiale faktograficznym.

Przedstawiona do oceny rozprawa Pana mgra Michała Miotk pt. "Biodostępność i potencjał metylacyjny rtęci w środowisku morskim na przykładzie Morza Bałtyckiego i Morza Grenlandzkiego" w pełni odpowiada kryterium stawianym pracom doktorskim. W związku z tym Kandydat całkowicie spełnia warunki określone w ustawie o stopniach i tytułach naukowych i z tym przekonaniem wnoszę o Jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z uwagi na interesującą i aktualną tematykę badawczą, istotne elementy nowości naukowej, fakt opublikowania części wyników badań w czasopismach z listy filadelfijskiej, a także duży ciężar gatunkowy wysnutych wniosków, recenzent z pełnym przekonaniem zwraca się do Wysokiej Rady z wnioskiem o wyróżnienie pracy. Najistotniejszym, właściwie udokumentowanym oryginalnym osiągnięciem naukowym pracy jest zaproponowanie przez Doktoranta znacząco zmodyfikowanego potencjału metylacyjnego (PM). Zgodnie z zasadami wyróżniania rozpraw doktorskich przyjętymi przez Radę Naukową IO PAN zostały jednoznacznie spełnione wszystkie kryteria merytoryczne dla postawienia takiego wniosku.

KIEROWNIK
Katedry i Zakładu Broniatologii

prof. dr hab. Piotr Szejer

Szczegółowy wykaz błędów redakcyjnych i przejęzczeń

Szczegółowy wykaz dostrzeżonych przez recenzenta błędów redakcyjnych został zestawiony poniżej:

- str. 9, jest „PM być potwierdzona” zamiast „PM powinna być potwierdzona”
- str. 10, jest: „potencjał metylacyjny” zamiast „potencjału metylacyjnego”
- str. 11, jest „ilości bakterii” zamiast „liczby bakterii”
- str. 11, jest „algorytmów obliczania” zamiast „algorytmów do obliczania”
- str. 12, jest „srebrno-białym metalem” zamiast „srebrzystobiałym metalem”
- str. 21, jest „ $\text{Hg}(\text{NO}_3)^2$ ” zamiast „ $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ”
- str. 25 (Tab. 6), jest „hydroperoksydaza” zamiast jest „hydroperoksydazę”
- str. 25, jest „pomiedzy” zamiast „pomiędzy”
- str. 27, jest „ CH_3 -tetrahydrofolian” zamiast „ CH_3 -tetrahydrofolianu”
- str. 28, jest „siarczki” zamiast „siarczków”
- str. 28, jest „wodnej. Sunderland” zamiast „wodnej, Sunderland”
- str. 28, jest „rejony Polarne” zamiast „rejony polarne”
- str. 28 (Rys. 2), jest „ CH_3 ” zamiast „ CH_3 ”
- str. 30, jest „abiotycznych” zamiast „biotycznych”
- str. 31, jest „ $\mu\text{g g}^{-1}$ ” zamiast „ $\mu\text{g g}^{-1}$ ”
- str. 31, jest „(wątrobie, mięśniach i nerkach)” zamiast „(wątroba, mięśnie, nerki)”
- str. 31, jest „najwyższe stężenia Hg zaobserwowano w” zamiast „wykazały najwyższe stężenia Hg w”
- str. 37, jest „tony” zamiast „t”
- str. 40, jest „pochodzące” zamiast „pochodzących”
- str. 42, jest „z współpracownikami” zamiast „ze współpracownikami”
- str. 44, jest „ cm^3 ” zamiast „ml”
- str. 45, jest „30 cm^3 ” zamiast „30 ml”
- str. 50, jest „naważki” zamiast „odważki”
- str. 50, jest „przy prażeniu” zamiast „po prażeniu”
- str. 51, jest „wierzch mej” zamiast „wierzchniej”
- str. 52, jest „wyrażoną RSD” zamiast „wyrażoną w RSD”
- str. 52, jest „LKSD- 1” zamiast „LKSD-1”
- str. 53, jest „ftalany” zamiast „ftalanu”
- str. 53, jest „materiału referencyjnego” zamiast „materiału odniesienia”
- str. 53, jest „oraz redox” zamiast „potencjału redoks”
- str. 56, jest „pomiaru pojedynczej próbki” – nie dokonuje się pomiaru próbki tylko analitu
- str. 63 (Tab. 9), istnieją rozkonfigurowane napisy: „Isfjord en” lub oraz „Madga lenefjo rden”
- str. 71, jest „formy” zamiast „form”
- str. 73, jest „W sezonie” zamiast „w sezonie”
- str. 74, jest „limitu detekcji” zamiast „granicy wykrywalności”
- str. 94, jest „sezonie wiosna” zamiast „sezonie wiosennym”
- str. 94, jest „haloklliną” zamiast „halokliną”
- str. 103, jest „odnotowano w osadach dennych” zamiast „charakteryzują się osady denne”
- str. 126, jest „która wykazał” zamiast „którzy wykazali”
- str. 134 (Rys. 37c, współrzędna prostokątna Hg_{org}), jest „0,2” zamiast „0,25”
- str. 149, jest „Hg w wodzie” zamiast „Rtęć w wodzie”
- str. 151, jest „osady denne” zamiast „w osadach dennych”
- str. 151, jest „Pm” zamiast „PM”

Odnosnie pozycji literaturowych:

jest: *Science of the Total Environment* zamiast *Sci. Total Environ.*, *Marine Chemistry* zamiast *Mar. Chem.*, *Atmospheric Environment* zamiast *Environ. Atmos.*, *Oceanological and Hydrobiological Studies* zamiast *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, *Russian Meteorology and Hydrology* zamiast *Russian Meteorol. Hydrol.*, *Analytica Chimica Acta* zamiast *Anal. Chim. Acta*, *Environmental Pollution* zamiast *Environ. Pollut.*, *Applied Geochemistry* zamiast *Appl. Geochem.*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* zamiast *Geochim. Cosmochim. Acta*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* zamiast *Coast. Shelf Sci.*, *Atmospheric Environment* zamiast *Atmos. Environ.*, *Water, Air and Soil Pollution* zamiast *Water Air Soil Pollut.*, *Trends in Analytical Chemistry* zamiast *Trends Anal. Chem.*, *Environmental Toxicology and Pharmacology* zamiast *Environ. Toxicol. Pharm.*, *Environmental Research* zamiast *Environ. Res.*, *Limnology and Oceanography* zamiast *Limnol. Oceanogr.*, *Earth – Science Review* zamiast *Earth – Sci. Rev.*, *Environmental International* zamiast *Environ. Intern.*, *Journal of Marine Systems* zamiast *J. Mar. Systems*, *Ecological Modelling* zamiast *Ecol. Model.*, *Journal of Environmental Economics and Management* zamiast *J. Environ. Econ. Manag.*, *International Journal of Hygiene and Environmental Health* zamiast *Intern. J. Hyg. Environ. Health*, *Global Biogeochemical Cycles* zamiast *Global Biogeochem. Cycl.*, *Food Chemistry* zamiast *Food Chem.*, *Ecotoxicology and Environmental Safety* zamiast *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, *Journal of Hazardous Materials* zamiast *J. Hazard. Mater.*, *Journal of Environmental Radioactivity* zamiast *J. Environ. Radioact.*

KIEROWNIK
Katedry i Zakładu Bromatologii

prof. dr hab. Piotr Szefer