

## Analiza wpływu norfluoksetyny na wybrane szlaki metaboliczne i obronne bezkręgowców wykorzystując *Mytilus trossulus* jako gatunek modelowy

Kinga Hoszek<sup>1</sup>, Justyna Świeżak<sup>2</sup>, Katarzyna Smolarz<sup>2</sup>

kinga.hoszek@phdstud.ug.edu.pl

<sup>1</sup>Pracownia Transformacji Substancji Toksycznych w Środowisku Morskim,  
Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego,  
Instytut Oceanografii, Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański,  
al. Marszałka Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia

<sup>2</sup>Zakład Funkcjonowania Ekosystemów Morskich,  
Instytut Oceanografii, Wydział Oceanografii i Geografii,  
Uniwersytet Gdański, al. Marszałka Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia

Zanieczyszczenie farmaceutykami jest globalnie występującym problemem ekosystemów morskich, a mimo to wiedza na ten temat wciąż nie jest powszechna. Współczesne metody oczyszczania ścieków nie działają na szereg farmaceutyków i ich pochodnych. Zrzut wód z oczyszczalni często następuje bezpośrednio do akwenów przybrzeżnych, a farmaceutyki są odnajdywane zarówno w matrycach abiotycznych (woda, osad) jak i biotycznych (fauna, flora) w stężeniach sięgających mikrogramów. Fluoksetyna i jej metabolit, norfluoksetyna, są najczęściej badanymi lekami z grupy selektywnych inhibitorów wychwytu zwrotnego serotoniny (ang. selective serotonin reuptake inhibitors, SSRI). Oba związki są powszechnie stosowane w leczeniu zaburzeń depresyjnych, zaburzeń obsesyjno-kompulsywnych (OCD), bulimii, lęku napadowego i przedmiesiączkowego zaburzenia dysforycznego. Struktura chemiczna norfluoksetyny zapewnia jej stabilność i lipofilność, co zwiększa prawdopodobieństwo bioakumulacji oraz zwiększony stopień retencji w układach biologicznych. Organizmy morskie są narażone na kontakt z tym związkiem bezpośrednio w środowisku ich życia, jednakże efekt takiej przypadkowej i długotrwałej ekspozycji nie jest jeszcze dokładnie poznany. Szczególnie narażone są organizmy sesylne, takie jak małże, do których należy *Mytilus trossulus*.

Przeprowadzone badania miały na celu określenie stopnia toksyczności norfluoksetyny (NFL), aktywnego metabolitu fluoksetyny, na bezkręgowce morskie z wykorzystaniem omułków jadalnych *Mytilus trossulus* jako gatunku modelowego. W tym celu przeprowadzono eksperyment ekspozycyjny, w którym przez sześć dni dorosłe osobniki *Mytilus trossulus* zostały poddane działaniu norfluoksetyny o stężeniu 500ng/L. Aby określić toksyczność ogólną badanego związku przeprowadzono analizy histologiczne oraz analizy biochemiczne - pomiar markerów świadczących o aktywacji komórkowych procesów ochronnych, w tym procesu detoksyfikacji (aktywność enzymów takich jak CAT, SOD, GST, stężenie GSH), markerów świadczących o wystąpieniu stresu oksydacyjnego (stężenie MDA, CBO) i markerów neurotoksyczności (AChE). Uzyskane wartości porównano z wynikami analiz przeprowadzonych na grupie kontrolnej (nie ekspozowanej na NFL). W powyższych badaniach wykazano wpływ norfluoksetyny na ogólny stan zdrowia oraz na wybrane parametry biochemiczne. Analizy histologiczne wykazały, iż farmaceutyk ten zintensyfikował częstotliwość występowania zmian takich jak oedema, atrezja gonad, atrofia pęcherzyków trawiennych wątrobotrzustki, czy stany zapalne. Zmiany te wystąpiły w wielu narządach wewnętrznych badanych małży. Ekspozycja na norfluoksetynę istotnie statystycznie obniżyła aktywność enzymów antyoksydacyjnych: CAT i SOD przy jednoczesnym wzroście stężenia produktu peroksydacji lipidów – MDA. Zaobserwowano także istotną statystycznie inhibicję enzymu II fazy detoksyfikacji – GST oraz spadek aktywności AChE, biomarkera neurotoksyczności. Nie wykazano istotnych statystycznych zmian stężenia GSH oraz CBO. Podsumowując, uzyskane wyniki sugerują wpływ norfluoksetyny na badane małże zarówno na poziomie tkanek, jak i na poziomie komórkowym.

”Transport via ocean currents of human pharmaceutical products and their impact on marine biota in the European Arctic” (PHARMARINE), Umowa nr UMO-2019/34/H/NZ8/00590.

## Zmienność oraz przybliżone zależności opisujące rzeczywiste właściwości optyczne cząstek zawieszonych w wodzie morskiej w arktycznych fiordach zachodniego Spitsbergenu

Dagmara Litwicka<sup>1</sup>, Sławomir B. Woźniak<sup>1</sup>, Joanna Stoń-Egiert<sup>1</sup>, Dariusz Stramski<sup>2</sup>

dlitwicka@iopan.pl

<sup>1</sup>Zakład Fizyki Morza, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk,  
ul. Powstańców Warszawy 55, 81 – 712, Sopot,

<sup>2</sup>Marine Physical Laboratory, Scripps Institution of Oceanography, U  
niversity of California San Diego, La Jolla, CA 92093-0238, USA

Prezentujemy wyniki realizacji pierwszego etapu projektu, którego głównym celem jest precyzyjne scharakteryzowanie zmienności rzeczywistych właściwości optycznych wody morskiej w relacji do stężenia, składu i rozkładu rozmiarów zawiesin w wybranych fiordach zachodniego Spitsbergenu. Rzeczywiste właściwości optyczne oraz wybrane właściwości biogeochemiczne cząstek zawieszonych w przypowierzchniowej warstwie wody morskiej zmierzono dla próbek zebranych latem 2021 roku, w czterech arktycznych fiordach: Hornsund, Kongsfjord, Krossfjord oraz Isfjord. Wśród mierzonych rzeczywistych właściwości optycznych były spektralne współczynniki absorpcji światła przez ogół zawiesin, przez fitoplankton oraz cząstki niealgalne, a także współczynniki rozpraszania oraz rozpraszania wstecz światła przez ogół cząstek zawiesin. Właściwości biogeochemiczne próbek zostały scharakteryzowane poprzez pomiar sumarycznego stężenia masowego zawiesin (SPM), stężeń frakcji organicznej i nieorganicznej (POM i PIM) oraz stężeń pigmentów fitoplanktonu, w tym chlorofilu *a* (Chl $a$ ). Badane fiordy arktyczne charakteryzują się dużą zmiennością analizowanych właściwości zawiesin. W zebranych próbkach wody stężenie SPM zmienia się o ponad dwa rzędy wielkości, a stężenie Chl $a$  waha się od wartości poniżej granicy wykrywalności do ponad 3 mg m<sup>-3</sup>. Udział frakcji organicznej w ogóle zawiesiny wynosi od 5% do 45%, a zmienność stosunku Chl $a$ /SPM obejmuje łącznie trzy rzędy wielkości, z maksymalną wartością rzędu 10<sup>-3</sup>. O ponad dwa rzędy wielkości zmieniają się również wszystkie analizowane rzeczywiste właściwości optyczne. Zebrany materiał pozwolił na przeprowadzenie szczegółowych analiz zależności pomiędzy współczynnikami optycznymi a wielkościami charakteryzującymi stężenie i skład cząstek. Udokumentowaliśmy m.in. znaczącą zmienność specyficznych masowych współczynników optycznych, tj. współczynników normowanych do stężeń masowych wybranych składników, takich jak SPM lub Chl $a$  (dla analizowanych wielkości zarejestrowano współczynniki zmienności (CV) wynoszące od 30% do 50%, lub większe). Aby w praktyce móc uwzględnić występującą tego typu zmienność, sprawdziliśmy możliwość przybliżonego opisywania współczynników optycznych modelami nieliniowymi wykorzystującymi jedną, wybraną charakterystykę stężenia masowego istotnego składnika, w tym m.in. w postaci funkcji potęgowych. Dodatkowo, aby ułatwić zrozumienie oraz interpretację obserwowanej zmienności specyficznych masowych współczynników optycznych, przeanalizowaliśmy wpływ jaki na ich wartości ma skład zawiesiny, sparametryzowany w uproszczeniu wybranymi stosunkami stężeń: POM/SPM oraz Chl $a$ /SPM. Rezultatem tych analiz są sformułowane nowe warianty przybliżonych relacji pomiędzy współczynnikami optycznymi a wybranymi właściwościami biogeochemicznymi zawiesiny, które można wykorzystywać w praktyce. Wśród opracowanych wariantów znajdują się zarówno zależności przyjmujące postać funkcji jednej jak i dwóch zmiennych, gdzie zmiennymi niezależnymi są wybrane wielkości opisujące stężenie oraz przybliżony skład cząstek zawieszonych. Osiągnięte wyniki powinny w przyszłości umożliwić zwiększenie dokładności badań środowiska morskiego Arktyki prowadzonych metodami optycznymi.

Środki finansowe na przedstawione tu badania przyznano S.B.W. w ramach finansowania projektu Narodowego Centrum Nauki zatytułowanego "Zmienność rzeczywistych właściwości optycznych wody morskiej w relacji do stężenia, składu i rozkładu rozmiarów zawiesin w wybranych fiordach zachodniego Spitsbergenu" (nr projektu: 2019/35/O/ST10/02874)

## Wpływ zaniku lodu morskiego i cofania się lodowców na wody przybrzeżne w Oceanie Arktycznym i Południowym

Marlena Szeligowska<sup>1</sup>, Deborah Benkort<sup>2</sup>, Bernabe Moreno<sup>3</sup>, Anna Przyborska<sup>4</sup>, Anna Maria Dąbrowska<sup>5</sup>,  
Rafał Boehnke<sup>1</sup>, Emilia Trudnowska<sup>1</sup>, Katarzyna Błachowiak-Samołyk<sup>1</sup>

lena@iopan.pl

<sup>1</sup>Pracownia Funkcjonowania Biocenoz Pelagialu, Zakład Ekologii Morza, Instytut Oceanologii PAN, Powstańców Warszawy 55, 81-712 Sopot,

<sup>2</sup>Institute of Coastal Systems -Analysis and Modeling, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Germany

<sup>3</sup>Pracownia Funkcjonowania Ekosystemów, Zakład Ekologii Morza, Instytut Oceanologii PAN, Powstańców Warszawy 55, 81-712 Sopot

<sup>4</sup>Pracownia Modelowania Procesów Fizycznych w Morzu i Atmosferze, Zakład Dynamiki Morza, Instytut Oceanologii PAN, Powstańców Warszawy 55, 81-712 Sopot

<sup>5</sup>Pracownia Badań Morskich Protista, Marine Ecology Department, Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences, Sopot, Poland

Zanik lodu morskiego i cofanie się lodowców pływowych w Oceanie Arktycznym i Południowym stworzyło nowe siedliska morskie, w których zaobserwowano znaczny wzrost zakwitów fitoplanktonu. Takie rozszerzające się wody przybrzeżne mogą zwiększyć wiązanie i sekwestrację antropogenicznego dwutlenku węgla oraz stanowić jedno z nielicznych negatywnych sprzężeń zwrotnych na zmiany klimatu. Przegląd dotychczasowej wiedzy pokazuje jednak, że organizmy zasiedlające nowopowstałe zatoki przylodowcowe są szczególnie narażone na negatywne skutki ocieplenia klimatu. Celem badań była analiza interakcji między atmosferą, oceanem, kriosferą i lądem w wodach przybrzeżnych Zachodniego Spitsbergenu (archipelag Svalbard, europejska Arktyka) oraz (2) ocena zmian w glonach lodowych, planktonie pierwotniakowym oraz zooplanktonie w wyniku zaniku lodu morskiego oraz cofania się lodowców pływowych i zwiększonego zrzutu osadów wraz z wodami roztopowymi. Na podstawie danych satelitarnych oraz *in situ* wyznaczono zmiany zasięgu fiordów, koncentracji lodu morskiego, temperatury powierzchniowej wody i powietrza oraz chlorofilu *a*. Wykorzystano również dane monitoringowe dla chlorofilu *a*, cząstek zawieszonych, sedymentacji, pierwotniaków i zooplanktonu oraz sprzężony model fizyczno-biogeochemiczny (GOTM-ECOSMO). Wraz z zanikiem lodu morskiego po 2006 roku oraz wycofaniem lodowców pływowych i zwiększeniem powierzchni fiordów Zachodniego Spitsbergenu o ponad 200 km<sup>2</sup> od 1976 roku wzrósł stopień oddziaływania wód roztopowych transportujących materię z lądu. Zwiększona ilość zawiesiny zagraża, bezpośrednio i pośrednio, producentom pierwotnym i wtórnym, a tym samym ich potencjałowi do wychwytywania i magazynowania węgla. Dalsze ocieplenie może mieć znaczący wpływ na zdolność nowych obszarów morskich do udziału w ścieżkach sekwestracji węgla w przyszłości. Sprzężone modele fizyczno-biogeochemiczne pozwalają symulować różne scenariusze w najbardziej dotkniętych regionach, których transformacje pozostawią globalny ślad.

Badania finansowane z projektu NCN OPUS 2018/29/B/NZ8/02463 (CoastDark), DAAD Short-Term Grant, 2020 (57507441) i NAWA Bekker (BPN/BEK/2021/1/00258).

## Gatunek obcy zmieraczka *Platorchestia platensis* na wybrzeżu Zatoki Gdańskiej - wstępne badania

Agnieszka Zimoch, Marta Peschke, Urszula Janas

a.zimoch.500@studms.ug.edu.pl

Zakład Ekologii Eksperymentalnej Organizmów Morskich, Instytut Oceanografii,  
Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański,  
al. Marszałka Józefa Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia;

*Platorchestia platensis* – gatunek obcy zmieraczka znaleziony po raz pierwszy w Øresund przez ponad 70 lat zasiedla coraz to nowsze obszary Morza Bałtyckiego (począwszy od wybrzeży Szwecji na Półwyspie Helskim kończąc). Od 2005 roku, kiedy pierwszy raz znaleziono *P. platensis* na Półwyspie Helskim, w przeciągu 12 lat zdołał rozprzestrzenić się wzdłuż wybrzeża Zatoki Gdańskiej. Obecnie wykazano współistnienie tego gatunku z innymi gatunkami Talitridae. Z innych rejonów wiadomo, że gatunek ten posiada szybkie tempo reprodukcji, długi okres rozrodczy oraz sprawniejszy sposób ucieczki przed drapieżnikami w porównaniu z innymi zmieraczkowatymi. Te cechy umożliwiły *P. platensis* wyprzeć współistniejący z nim gatunek *Orchestia gammarellus* w niektórych miejscach szwedzkich wybrzeży Morza Bałtyckiego. Dodatkowo o możliwej konkurencji pomiędzy nadmienionymi gatunkami wspomniano również w badaniach w rejonie wybrzeży Republiki Południowej Afryki. Niewiele wiadomo na temat polskiej populacji *P. platensis*. Obecnie znane jest jedynie rozmieszczenie gatunku wzdłuż polskiego wybrzeża. Dlatego też, celem badań było wstępne scharakteryzowanie populacji *P. platensis* zasiedlającej Półwysep Helski.

W sumie przeanalizowano 1163 osobniki *P. platensis* w sierpniu i grudniu 2018 roku z rejonu Kuźnicy. Określono zagęszczenie oraz oznaczono płeć i wielkość osobników. Opisano również osobniki młodociane.

Średnie zagęszczenie osobników w sierpniu wynosiło 2828 os. $\cdot$ m<sup>-2</sup>, natomiast w okresie zimowym było dziewięciokrotnie większe. Długość całkowita plasuje się w zakresie od 2 do 15 mm, przy czym samce są większe niż samice. W strukturze płci, w sierpniu wykazano dominację osobników młodocianych, natomiast w grudniu osobników dorosłych. Wykazano silną i statystycznie istotną zależność pomiędzy długością całkowitą, a długością głowy ( $p < 0,0001$ ). Zależność ta pozwoli w przyszłości na wykonywanie łatwiejszych pomiarów długości głowy i na tej podstawie oszacowanie długości całkowitej zmieraczek.

Badania te są wstępem do całorocznych badań populacji *P. platensis* zasiedlającej wybrzeże Półwyspu Helskiego.

Źródło finansowania: DS./531-0150-D880-22