

mgr Marta Szubska

„Rozmieszczenie i źródła arsenu w osadach dennych południowego Bałtyku”

Wzrastające zainteresowanie świata naukowego zagadnieniami związanymi z obecnością arsenu w środowisku, jest przede wszystkim wynikiem narażenia dużej części populacji na zatrucie tym pierwiastkiem. Jednym z głównych źródeł arsenu w diecie człowieka są owoce morza, dlatego istotne jest badanie środowiska morskiego pod kątem jego stężenia oraz form w jakich występuje.

Arsen jest pierwiastkiem szeroko rozpowszechnionym w środowisku i występuje we wszystkich jego komponentach. Może dostawać się do morza bezpośrednio z atmosfery, jak również ze splotem lądowym, a kończy swój cykl geochemiczny w ekosystemach morskich, gdzie trafia do osadów dennych i osiąga stężenie nawet rząd wielkości wyższe w porównaniu z obszarami lądowymi. Należy też zwrócić uwagę na fakt, że w warunkach beztlenowych dominują najbardziej toksyczne formy arsenu na III stopniu utlenienia, a dodatkowo może dochodzić do ich uwalniania z osadów w wyniku desorpcji z tlenków żelaza i manganu. Uważa się, że antropogeniczne zanieczyszczenie arsenem obszarów otwartego oceanu jest stosunkowo niewielkie. Natomiast w obszarach przybrzeżnych i estuariach, lądowe źródła arsenu mają ogromne znaczenie dla lokalnych ekosystemów. Ze względu na specyfikę Morza Bałtyckiego i jego częściowo zamknięty kształt, można je uznać za pozostające w całości pod wpływem działalności antropogenicznej. Dodatkowo Morze Bałtyckie jest przykładem akwenu dotkniętego eutrofizacją, która skutkuje wzrostem niedoborów tlenu w warstwie przydennej, dlatego bardzo istotne jest jego badanie pod kątem zanieczyszczenia arsenem.

Powyższe obserwacje stanowiły główną motywację do podjęcia badań nad zagadnieniem obiegu arsenu w środowisku Morza Bałtyckiego. W związku z tym postawiono następujące hipotezy:

- aktualnie, w okresie redukcji emisji metali do środowiska, znaczenie splotu lądowego jako źródła arsenu docierającego do osadów Bałtyku jest mniejsze niż w przeszłości;
- zmiana klimatu, prowadząca do wydłużenia sezonu wegetacyjnego w rejonie Bałtyku prowadzi do powstawania warunków beztlenowych w obszarach przydennych, a w konsekwencji do uwalniania najbardziej toksycznej formy arsenu z osadów powierzchniowych do kolumny wody;
- korozja powłok amunicji chemicznej w rejonach składowania broni, sprawia, że jest to istotne źródło arsenu do osadów Morza Bałtyckiego.

W latach 2011-2018 pobrano próbki osadów powierzchniowych z 483 punktów pomiarowych oraz 16 rdzeni osadów. Próbkę były pobrane z miejsc zlokalizowanych w różnej odległości od brzegu i ujść rzek, o różnej głębokości; zarówno z obszarów dna akumulacyjnego jak i erozyjnego; podlegających wpływowi antropogenicznemu w zmiennym stopniu; ze środowisk o stałym lub sezonowym deficycie tlenowym, a także z obszarów składowisk broni chemicznej, w różnej odległości od obiektów potencjalnie zawierających BST. Osady denne przeanalizowano pod kątem stężenia arsenu całkowitego, a także glinu, żelaza i manganu, zawartości materii organicznej i granulometrii. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej i geostatystycznej.

Wykazano, że stężenie arsenu w osadach Morza Bałtyckiego jest stosunkowo niskie i jedynie w 11% przypadków przekroczyło wartość tła geochemicznego ($20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Wartości współczynników wzbogacania i zanieczyszczenia potwierdzają, że osady bałtyckie w większości obszarów są zanieczyszczone arsenem w stopniu niewielkim, lub co najwyżej średnim. Pomimo istotnego wpływu zlewisk Wisły i Odry na ten rejon, obszar południowego Bałtyku jest także w mniejszym stopniu zanieczyszczony niż rejony północnego i centralnego Bałtyku.

Udowodniono jednak, że w bałtyckich głębiach może dochodzić do uwalniania arsenu z osadów do toni wodnej w wyniku desorpcji z minerałów ilastych, materii organicznej lub tlenków/wodorotlenków żelaza w warunkach beztlenowym. Co więcej, wykazano że w zależności od warunków tlenowych aktualnie panujących w osadach dennych, do których trafia, arsen może być wielokrotnie uwalniany i usuwany z toni wodnej z powrotem do osadów. Oznacza to, że ograniczenie zanieczyszczenia środowiska związkami arsenu nie jest w stanie poprawić kondycji ekosystemu, w którym arsen ze źródeł historycznych krąży w obiegu zamkniętym i może być nadal dostępny dla organizmów morskich.

Uzyskane wyniki wskazują broń chemiczną jako współcześnie najważniejsze źródło arsenu w Bałtyku. Należy jednak przyjąć, że arsen pochodzący z bojowych środków trujących rozprzestrzenia się w osadach jedynie lokalnie, a w pozostałych obszarach wielkość jego stężenia determinują parametry środowiskowe i typ osadu. Nie można wykluczyć, że w przyszłości – w wyniku postępującej degradacji pocisków i pojemników zawierających BST nie dojdzie do poważnego skażenia rejonów składowisk, również arsenem. Istnieje też duże prawdopodobieństwo, że w przeszłości dochodziło już do uwalniania z broni chemicznej do osadów dennych arsenu, który następnie uległ remobilizacji do toni wodnej w wyniku resorpcji w warunkach beztlenowych. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że proces adsorpcji arsenu na składnikach osadu może zachodzić w środowisku zarówno w wyniku bezpośredniego przedostawania się bojowych środków trujących do osadów dennych, ale także na skutek uwolnienia tych związków do kolumny wody.

Pomimo faktu, że zmierzone stężenie arsenu jest stosunkowo niskie w skali całego globu, rozpoznanie obiegu arsenu w tym akwenie może mieć znaczenie dla funkcjonowania całego ekosystemu bałtyckiego. Specyfika Morza Bałtyckiego sprawia, że na skutek postępującej w skali globalnej zmiany klimatu, mogą zachodzić w nim zmiany prowadzące do zwiększania powierzchni obszarów narażonych na deficyty tlenu. Zmieniające się warunki w Morzu Bałtyckim, mogą wywoływać wahania parametrów środowiskowych, wpływających na uwalnianie arsenu z osadów dennych w formie biodostępnej i jednocześnie wysoko toksycznej.