

Wody powierzchniowe obfitują w cząstki różnorodnego pochodzenia takie jak okruchy mineralne, obumarłe mikroorganizmy, mikroplastiki oraz ich porowate agregaty (tzw. śnieg oceaniczny). Znaczna część opada pod wpływem grawitacji na dno oceanów i jezior biorąc w tym czasie udział w procesach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Opadające cząstki pełnią szereg istotnych funkcji: transportują węgiel z powierzchni na dno oceanów, są miejscem żerowania i zwiększonej aktywności mikroorganizmów, które powodują remineralizację materii organicznej, mikroplastiki zagrażają organizmom morskim stając się częścią łańcuchów pokarmowych. Tempo sedymentacji ma wpływ na wielkoskalowe procesy takie jak cykle biogeochemiczne włączając transport dwutlenku węgla z atmosfery na dno oceanu, produktywność oceanu oraz klimat, które wpływają na całą planetę. W związku z tym zrozumienie dynamiki opadania cząstek ma istotne znaczenie nie tylko dla pogłębienia wiedzy na temat procesów zachodzących na Ziemi, ale jest także istotne w kontekście społecznym.

W oceanach i jeziorach panują złożone warunki fizyczne, które wpływają na dynamikę opadania pojedynczych cząstek i interakcji pomiędzy nimi, a w rezultacie na tempo sedymentacji w zbiornikach wodnych. Na te warunki składają się m.in. stratyfikacja i reologiczne własności wód naturalnych.

Stratyfikacja (uwarstwienie gęstości) jest wywołana pionową zmiennością zasolenia i/lub temperatury. Badania wykazały, że skokowe zmiany gęstości wraz z głębokością (pyknokliny) powodują znaczące zmniejszenie prędkości opadania, obracanie cząstek niekulistych, oraz sprzyja łączeniu się cząstek w agregaty. W rejonie pyknokliny następuje akumulacja mikroorganizmów i obserwowane są znaczące stężenia polimerów zewnątrzkomórkowych (egzopolimerów) wydzielanych przez te mikroorganizmy.

Egzopolimery modyfikują własności reologiczne wód naturalnych. Reologia zajmuje się odkształceniem i przepływem materiałów pod wpływem działania naprężeń. Bada materiały, które wykazują cechy cieczy i ciała stałego charakteryzowane odpowiednio przez lepkość i sprężystość. Woda jest cieczą newtonowską, tzn. jej lepkość jest stała dla danej temperatury i ciśnienia. Woda z rozpuszczonymi egzopolimerami staje się płynem nienewtonowskim, tzn. nabiera połączonych cech cieczy i ciała stałego, a jej lepkość zmienia się wraz z szybkością odkształcenia.

Z badań w zakresie reologii płynów nienewtonowskich wiadomo, że dynamika opadania cząstek w takich płynach odbiega znacznie od zachowania cząstek opadających w wodzie. Brakuje jednak badań dotyczących wodnych roztworów soli o składzie występującym w naturze z dodatkiem egzopolimerów. Niniejszy projekt ma na celu dostarczyć wiedzę niezbędną do poznania dynamiki opadania cząstek w naturalnym środowisku wodnym o złożonych własnościach fizycznych.

Celem projektu jest zbadanie w jaki sposób egzopolimery modyfikują własności reologiczne wodnych roztworów jonowych i jak koncentracja egzopolimerów i soli wpływa na dynamikę opadania pojedynczych porowatych i nieporowatych cząstek i interakcję pomiędzy nimi w środowisku wodnym ze stratyfikacją gęstości.

W ramach projektu będą wykonane laboratoryjne eksperymenty hydrodynamiczne i pomiary reologiczne. Zostanie przeanalizowany wpływ soli występujących w naturalnych systemach wodnych na własności reologiczne jonowych wodnych roztworów egzopolimerów. Następnie zostanie zbadany wpływ zasolenia i koncentracji egzopolimerów na reologię sztucznej wody morskiej z rozpuszczonymi egzopolimerami. Zostanie wykonana seria eksperymentów laboratoryjnych w małej skali, aby odnieść się do fundamentalnych procesów opadania cząstek o różnorodnych kształtach w złożonych warunkach panujących w oceanach i jeziorach. Kuliste i niekuliste nieporowate cząstki oraz porowate kule będą opadały w specjalnie zaprojektowanych zbiornikach wypełnionych jonowymi roztworami wody, również sztucznej wody morskiej, z dodatkiem rozpuszczonych egzopolimerów. Rozpatrywane będzie opadanie cząstek w jednorodnej cieczy oraz przez granicę gęstości i własności reologicznych cieczy. Opadające cząstki będą filmowane, a zdjęcia zostaną przeanalizowane za pomocą metod komputerowych w celu określenia prędkości opadania cząstek, zmianę orientacji przestrzennej cząstek niekulistych, oddziaływania pomiędzy cząstkami oraz strukturę przepływu wokół cząstek. Wszystkie roztwory wykorzystane w eksperymentach zostaną przeanalizowane pod kątem własności reologicznych. Hydrodynamika opadających cząstek zostanie zinterpretowana w świetle własności reologicznych roztworów.

Wyniki uzyskane w tym projekcie przyczynią się do zwiększenia wiedzy podstawowej na temat wpływu egzopolimerów rozpuszczonych w jonowych roztworach wodnych na dynamikę opadania cząstek. Matematyczne zależności opisujące opory oraz modele reologiczne, a także dane, które powstaną w wyniku realizacji projektu będą mogły zostać wykorzystane do rozwoju numerycznych symulacji opadania cząstek przez pyknoklinę ze zmodyfikowanymi własnościami reologicznymi włączając modele transportu cząsteczkowej materii organicznej w oceanie. Wiedza uzyskana w wyniku realizacji projektu może okazać się cenna w przyszłości w kontekście prognozowanego zwiększenia stratyfikacji oceanu oraz zakwitu alg wraz ze zmianami klimatu. Wyniki projektu mają szansę wzbogacić nie tylko Nauki o Ziemi, ale również inne dyscypliny zajmujące się procesami w płynach nienewtonowskich.