

Nowy ślad globalnych zmian klimatu w arktycznych deltach: Geneza i ewolucja architektury sieci koryt rozprowadzających (Deep-Arc)

Delty rzeczne zdominowane przez lód należą do najbardziej dynamicznych systemów geomorfologicznych na świecie. Jednak podwodna architektura kanałów dystrybucyjnych pozostaje słabo poznana ze względu na długotrwałe zaleganie pokrywy lodowej oraz wysokie koszty badań. Projekt Deep-Arc wypełnia tę lukę wiedzy, analizując wyjątkowo głębokie formy erozyjne dna, określane jako „deep scour holes”, które niedawno potwierdzono w arktycznych sieciach kanałów dystrybucyjnych. Autorzy wniosku zidentyfikowali łącznie 43 takie obiekty (36 w Delcie Mackenzie w Kanadzie oraz 7 w estuarium Kołymy w północno-wschodniej Syberii). Osiągają one głębokości 20–48 m, długości 600–1700 m i szerokości 65–250 m. Ich znaczne zagęszczenie (średnio jedna forma na 2,5 km długości kanału) oraz występowanie zarówno w lokalizacjach typowych (zakola i konfluencje), jak i nietypowych (odcinki proste oraz inne hydraulicznie nietypowe miejsca) podkreślają ich istotne znaczenie geomorfologiczne. Wiele z tych form jest częściowo wypełnionych biogenicznymi osadami bogatymi w materię organiczną, co sugeruje ich podwójną rolę: jako długoterminowych pułapek węgla oraz epizodycznych „punktów wycieku” w czasie ekstremalnych zdarzeń hydrologicznych i lodowych. Może to stanowić dotąd nierozpoznany podwodny wskaźnik zmian klimatu w deltach kontrolowanych przez zmarzlinę.

Celem projektu jest wyjaśnienie genezy i ewolucji deep scour holes, ilościowe określenie ich roli w funkcjonowaniu delt arktycznych oraz ocena możliwości przeniesienia uzyskanych wniosków na inne delty, przy traktowaniu Delty Mackenzie jako modelowego systemu badawczego. Kluczowe pytania badawcze obejmują: jakie procesy geomorfologiczne prowadzą do powstawania arktycznych scour holes w kanałach dystrybucyjnych i jakie czynniki odpowiadają za ich wyjątkowo duże rozmiary w porównaniu z klasycznymi formami typu scour? Czy ich rozmieszczenie jest losowe, czy systematycznie związane z bifurkacjami, przewężeniami, strefami zakoli oraz historycznymi korytarzami jeziorno-korytowymi? Czy są to formy efemeryczne, czy trwałe elementy podwodnego krajobrazu delt arktycznych? Czy deep scour holes stanowią istotny składnik bilansu węgla organicznego w Delcie Mackenzie i innych deltach arktycznych? Czy analogiczne formy występują w innych dużych deltach Arktyki oraz czy podobne uwarunkowania kontrolują ich morfologię i częstość występowania?

Plan badań obejmuje kompilację i interpretację archiwalnych danych geologicznych, geofizycznych i batymetrycznych w celu scharakteryzowania uwarunkowań geologicznych i paleohydrologicznych. Przewidziano również wysokorozdzielcze mapowanie trzech reprezentatywnych deep scour holes przy użyciu wielowiązkowej echosondy (MBES). Rejestratory wieloparametrowe instalowane na kołnierzach wypornościowych z mechanizmem wyzwalania akustycznego, umożliwiając będą roczny monitoring dynamiki kolumny wody oraz sygnałów wymiany koryto–talik. Planowany jest pobór rdzeni osadów o długości 1–2 m z trzech deep scour holes, dwóch jezior równiny zalewowej i stanowisk referencyjnych. Rdzenie zostaną rozcięte, opisane, sfotografowane i zeskanowane metodą mikro-XRF z rozdzielczością 1 mm. Analizy paleoekologiczne typu multiproxy oraz analizy sedymentologiczne/uziarnienia posłużą do rekonstrukcji historii depozycji i zmian środowiskowych. Analizy biogeochemiczne umożliwią określenie źródeł materii organicznej i procesów jej transformacji. Realizowane będzie dwu- i trójwymiarowe modelowanie hydrodynamiki i transportu osadów, co pozwoli określić pola prędkości, naprężenia ścinające przy dnie, wzorce erozji i depozycji oraz czasy retencji w i wokół tych głębokich form. Eksperymenty w korytach laboratoryjnych i w ośrodkach porowatych odtworzą inicjację głębokiego rozmycia, recyrkulację i mechanizmy wymiany koryto–talik. Dokonana zostanie integracja obrazowań radarowych z danymi optycznymi w środowisku GIS w celu mapowania zmian linii brzegowej, anomalie krzywizny, przewężenia i poszerzenia oraz strefy erozji. Zostanie opracowana biblioteka sygnatur morfodynamicznych skalibrowana na danych MBES i obserwacjach terenowych, a następnie wytrenowane zostaną detektory uczenia maszynowego do predykcji regionalnej i testów transferowalności na wielu deltach arktycznych. Ostatnie z zadań przewiduje integrację wszystkich danych w relacyjnej geobazie, stosując statystykę przestrzenną, analizy wielowymiarowe i uczenie maszynowe w celu identyfikacji głównych czynników kontrolujących erozję, ilościowej oceny konsekwencji dla obiegu osadów i węgla w warunkach postępującego ocieplenia klimatu.