

Katarzyna Misiura

Wydział Fizyki

Uniwersytet Warszawski

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. „Numeryczne symulacje ewolucji rzek jedno- i wielokorytowych na Ziemi i Tytanie”

Celem niniejszej pracy doktorskiej było: 1) zbadanie właściwości rzek ziemskich i określenie ich ewolucji dla dużych nachyleń koryta (w zakresie od 0,01 do 0,04 rad); 2) zbadanie właściwości rzek na Tytanie i określenie ich ewolucji oraz porównanie ich z rzekami na Ziemi (m.in. w celu zrozumienia problemów sedymentacji i ulepszenia interpretacji obserwacji struktur sedymentacyjnych na Tytanie); 3) zbadanie rzek ziemskich płynących przez bazaltowe podłoże; 4) rozważenie klasyfikacji rozpatrywanych rzek, w tym próba zastosowania obecnie przyjętych klasyfikacji, określenie problemów tu napotkanych i sugestie pewnych modyfikacji.

Badano głównie rzeki na podłożu aluwialnym. W pracy zdecydowano się na wykorzystanie symulacji numerycznych jako podstawowej metody badawczej. W tym celu zaadaptowano i wykorzystano pakiet numeryczny CCHE2D, stworzony przez naukowców z National Center for Computational Hydroscience and Engineering z Uniwersytetu w Missisipi. CCHE2D to pakiet numeryczny bazujący na dwuwymiarowych, uśrednionych po głębokości równaniach Naviera-Stokesa oraz trójwymiarowym, konwekcyjno-dyfuzyjnym równaniu transportu osadów. Pakiet CCHE2D jest powszechnie stosowany, zwłaszcza w celach praktycznych, np. inżynierskich.

Pierwsza część pracy polegała na sprawdzeniu stosowalności programu do warunków innych niż ziemskie. Kolejnym punktem było znalezienie i dostosowanie odpowiednich parametrów przepływu i transportu, niezbędnych do rozpoczęcia symulacji (np. gęstości i lepkości cieczy, rozkładu uziarnienia), które pasowałyby do obecnej wiedzy na temat Tytana i jego powierzchni. Następnie, wykonano żmudne i długotrwałe symulacje numeryczne oraz przystąpiono do opracowywania danych i ich analizy. Oczywiście uzyskane wyniki konfrontowano również z istniejącymi publikacjami i danymi.

Wykonano obliczenia dla różnych czasów symulacji i różnych geometrii rzeki. Początkowe, krótkie (do kilku dni) symulacje przeprowadzono dla geometrii rzeki East Fork.

Miały one na celu rozeznanie zależności zachowania modelu od poszczególnych parametrów. Kolejne symulacje, również przeprowadzone dla geometrii East Fork, tym razem trwały do 22-66 dni. Miały na celu sprawdzenie, czy założona geometria rzeki meandrującej pozwoli na przekształcenie rzeki w inny typ i w jakich warunkach jest to możliwe. Kolejnym etapem były długie symulacje (do ok. 240 dni), przeprowadzone, dla stworzonej przez autorkę, geometrii rzeki o prostym, neutralnym kształcie (kształt ten nie narzuca późniejszej ewolucji rzeki). Symulacje te różniły się od poprzednich, poza geometrią, także monofrakcyjnym uziarnieniem oraz zastosowaniem kilku różnych materiałów osadów. Symulacje wykonano w przypadku Ziemi - dla kwarcu i bazaltu oraz wody jako cieczy. W przypadku Tytana - dla lodu wodnego oraz cieczy będącej mieszką metanu i azotu, odpowiadającej składowi tytanowemu deszczowi.

W wyniku przeprowadzonych prac potwierdzono istnienie znaczących różnic w ewolucji rzek na Ziemi i Tytanie. Po pierwsze, wstępne wyniki wykazały, że trzy różne, założone dla Tytana ciecze, dają podobne pola prędkości co usprawiedliwia zastosowanie tylko jednej z nich w dalszych symulacjach. Po drugie, transport zawieszinowy jest głównym sposobem transportu osadów w rzekach na Tytanie. Na Ziemi zarówno transport zawieszinowy jak i denny są istotne, przy czym denny jest znacząco wyższy niż na Tytanie. Różnice w ewolucji rzek na Ziemi i Tytanie wynikają z różnego tempa erozji osadów budujących dno rzek oraz różnego tempa transportu i akumulacji osadów. Wstępne wyniki krótkich symulacji pokazały, że dla tych samych warunków na Ziemi i Tytanie, mogą wykształcać się różne typy rzek. Wynik ten zachęcił autorkę do zbadania warunków w jakich powstają różne typy rzek, a zwłaszcza rzeki jedno- i wielokorytowe. Wykonane symulacje długie, które obejmowały szeroki zakres parametrów, pozwoliły na wstępne określenie obszarów parametrów, gdzie z większym prawdopodobieństwem występuje dany typ rzeki. Do zaklasyfikowania rzek posłużono się dwoma metodami bazującymi na: (1) czasowych i przestrzennych zmianach w rzece, (2) wartości współczynnika roztokowania. Wiele rzek uzyskanych w długich symulacjach, klasyfikowanych zarówno jedną jak i drugą metodą, stanowią rzeki przejściowe. Porównanie z publikacjami wykazało, że metoda pierwsza daje wyniki bardziej zbliżone do terenowej klasyfikacji, podczas gdy metoda druga momentami daje wyniki odbiegające od oczekiwań. Wyniki pozwoliły na wyciągnięcie wniosków dotyczących ulepszenia zasad klasyfikacji rzek. Wskazano na potrzebę pełniejszego uwzględnienia ewolucji rzeki w ogólnej klasyfikacji, a zwłaszcza doprecyzowanie skali czasu i długości rozpatrywanego

odcinka rzeki. Podjęto próbę określenia tych skal (czasu i długości), bazując na parametrach użytych w modelu.

Podsumowując, niniejsza praca pogłębia zrozumienie procesów kształtujących powierzchnię Tytana, wskazuje na podobieństwa i różnice w ewolucji rzek na Tytanie i Ziemi, podejmuje próbę wypunktowania wad istniejących dotąd klasyfikacji rzek oraz sugeruje sposoby usunięcia wad.