

Generación de Ondas Internas No Lineales por Flujo sobre Topografía: Efectos Rotacionales

Cifuentes S, Janssen

Introducción

Las ondas internas no lineales en fluidos estratificados en densidad han sido estudiadas extensivamente debido a su importancia en procesos oceanográficos. Estudios recientes han explorado los efectos de la rotación en estos fenómenos. En este trabajo, analizamos la generación de dichas ondas inducidas por la topografía bajo la influencia de la rotación utilizando la ecuación de Ostrovsky forzada (Referencia).

Modelo Teórico

Se utiliza la ecuación de Ostrovsky forzada para modelar las ondas internas. La ecuación en forma no dimensional es:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} - \Delta \frac{\partial A}{\partial x} + \epsilon A \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + F \frac{\partial A}{\partial x} \right) = \alpha A$$

Donde $A(x, t)$ representa la amplitud de las ondas, F es el número de Prandtl interno y α toma en cuenta los efectos rotacionales.

Respuesta Lineal

Se explica el comportamiento de las ondas generadas por una corriente de fondo que pasa sobre una topografía bajo la ecuación de Ostrovsky forzada. Detalla cómo se forman ondas estacionarias y no estacionarias, contrastándose en la solución lineal analítica, que incluye tanto ondas estacionarias como transitorias. También explora cómo el número de onda y la velocidad de grupo son afectados por el parámetro de rotación.

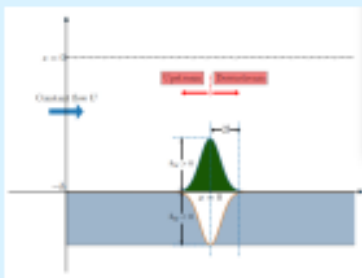


Figure 1: Esta figura representa el sistema de coordenadas para la ecuación de Ostrovsky forzada. Muestra una topografía Gaussiana como $b_M \exp\left(-\left(\frac{x}{\epsilon}\right)^2\right)$ donde $b_M > 0$ representa una depresión submarina, como un cañón, y $b_M < 0$ representa una elevación submarina, como una cresta.

Simulación Numérica

Se describe la implementación de métodos pseudo-espectrales para simular la ecuación de Ostrovsky forzada. Incluye detalles sobre la discretización del dominio, el paso de tiempo y las condiciones de frontera para prevenir reflexiones de las ondas. La sección contrasta el comportamiento lineal y no lineal de las ondas sobre la topografía, con ejemplos que muestran la formación de ondas estacionarias y paquetes de ondas no estacionarias.

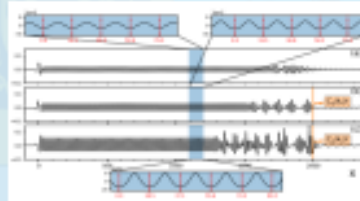


Figure 2: Esta figura muestra simulaciones numéricas para la ecuación de Ostrovsky linealizada y completa. Las instantáneas en el tiempo $t = 5000$ muestran los resultados para un caso transcrítico. Los paneles ilustran diferentes comportamientos basados en el signo y la magnitud del forzamiento topográfico.

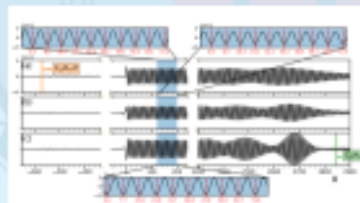


Figure 3: Esta figura se enfoca en un escenario subcrítico, donde la corriente de fondo es menor que la velocidad de las olas ($\Delta < 0$). Muestra la generación de ondas no estacionarias que se propagan aguas arriba y compara los casos de forzamiento positivo y negativo, con ondas no lineales más grandes apareciendo en el caso de forzamiento positivo.

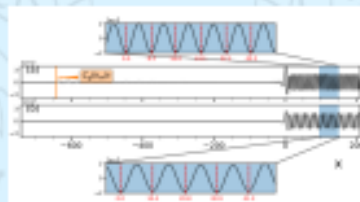


Figure 4: Esta figura examina el papel de la rotación en un caso subcrítico, mostrando los efectos de variar los parámetros de rotación. Destaca que la rotación puede suprimir la generación de olas aguas arriba, permitiendo que rotaciones más débiles favorezcan la formación de ondas no lineales.

Resumen y Conclusiones

Esta sección resume los hallazgos, enfatizando el papel de la rotación de la Tierra en la generación de ondas internas bajo la ecuación de Ostrovsky forzada. Resulta la comparación entre los regímenes de flujo subcrítico, transcrítico y supercrítico, así como el impacto de las no linealidades y las características topográficas en la formación de las ondas. La sección también sugiere futuras investigaciones sobre el papel de la rotación en condiciones oceánicas realistas.

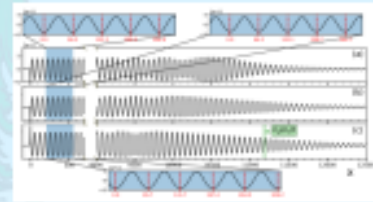


Figure 5: Esta figura presenta los resultados para un caso supercrítico, mostrando la influencia del forzamiento topográfico. Compara los efectos del forzamiento positivo y negativo, indicando que los paquetes de ondas coherentes no se forman como en los casos subcrítico y transcrítico.

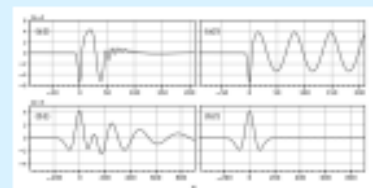


Figure 6: Esta figura explora el efecto del ancho de la topografía en el comportamiento de las olas en un caso supercrítico. Demuestra cómo las topografías anchas producen ondas estacionarias, mientras que las estrechas generan diferentes dinámicas. Los paneles muestran instantáneas en dos momentos distintos.