

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОЗПОДІЛІВ ТЕМПЕРАТУРИ І СОЛОНОСТІ ВОДИ У АЗОВСЬКОМУ МОРІ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ РІВНЯ ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ

Вертикальні розподіли температури і солоності води в глибоководній зоні в різні сезони можна визначити за одномірною моделлю. Однак, у реальному водоймі необхідно враховувати мілководні ділянки. Одновимірною моделлю для періоду відсутності крижаного покриву ґрунтується на рішенні одновимірного у вертикальному напрямку рівняння дифузії по підношенню до температури і солоності води. Коефіцієнт вертикального турбулентного обміну визначається за формулою Прандтля – Обухова з урахуванням наближення Екмана. Тепловий потік на водній поверхні обчислюється по відомим емпіричним формулам.

У зимовий період по вертикалі виділяються шар льоду, шар конвективного перемішування і придонний шар. Для визначення динаміки товщини крижаного покриву застосовується спрощена модель, заснована на квазістаціонарному температурному режимі в затверділої області. У солоних озерах при утворенні льоду в результаті кристалізації води вивільняється сіль. Формується нестійка стратифікація щільності, яка веде до інтенсивної вертикальної циркуляції і утворення шару конвективного перемішування. У цьому шарі відбувається вирівнювання температури і солоності. Рівняння стану солоної води приймається в наближенні Буссінеска (щільність лінійно залежить від температури і солоності води).

Передбачається, що конвективне перемішування поширюється до такого горизонту, на якому щільність води стає рівною щільності підстилаючого шару води. На основі цієї гіпотези будується чисельна процедура для визначення глибини поширення конвекції і значень температури, солоності, щільності води у конвективному шарі.

Навесні температура льоду підвищується до температури фазового переходу і відбувається танення крижаного покриву як знизу, так і зверху. Після танення льоду утворюється шар опріснення води, який під впливом вітру перемішується з нижніми шарами води.

Модифікація одновимірної моделі

Період відсутності крижаного покриву. Вертикальні розподіли температури і солоності у морі визначаються з рівняння дифузії, який записується для на горизонтального перерізу:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{S} \cdot \frac{1}{\partial z} \left(S \cdot K \cdot \frac{\partial U}{\partial z} \right) + f.$$

де t – час, z – вертикальна координата, спрямована вниз, $S = S(H - z)$ – площа горизонтального перерізу озера, H – глибина моря, K – коефіцієнт вертикального турбулентного обміну, $C(t, z)$ – температура (солоність) води,

$$U = \frac{1}{S} \int C dz$$

$f(t, z)$ – внутрішні джерела.

Граничні умови

$$K \cdot \frac{\partial U}{\partial z} \Big|_{z=0} = -F_C, \quad K \cdot \frac{\partial U}{\partial z} \Big|_{z=H} = -F_{CH},$$

та початкова умова

$$U(0, z) = U_0(z).$$

1.1. *Зимовий період.* Товщина шару конвективного перемішування визначається з урахуванням обсягу замерзлої води. Так як в зимовий період стратифікація щільності під крижаним покривом, в основному, залежить від солоності води, то зміна солоності води в шарі конвективного перемішування на часовому кроці $\Delta t = t^{n+1} - t^n$ визначається за формулою

$$\Delta S_k^{n+1} = \frac{(S_k^n - S_w)(\Omega_\xi^n - \Omega_\xi^{n+1})}{\Omega_\xi^{n+1} - 0.5\Omega_h^n - 0.5\Omega_h^{n+1}},$$

де S_k^n – солоність в шарі конвективного перемішування при

$t = t^n, \xi_i^n, \xi_i^{n+1}$ – товщини льоду при $t = t^n$ і $t = t^n + 1$ відповідно, $\xi_w = \frac{\rho_i \xi_i}{\rho_w}$,

S_w – солоність льоду, ρ_i – щільність води, ρ_w – щільність льоду.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ
ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ**

МАТЕРІАЛИ

**III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет – конференції
«Теоретичні та прикладні аспекти використання математичних методів та
інформаційних технологій у науці, освіті, економіці, виробництві»
(22 квітня 2016 року)**

**Рекомендовано до друку
вченою радою економіко-
правового факультету
Маріупольського державного
університету
(протокол №7 від 24.03.2016 р.)**

МАРІУПОЛЬ

ББК 74.58(4Укр)я431

УДК [51-7+004](063)

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У НАУЦІ, ОСВІТІ, ЕКОНОМІЦІ ТА У ВИРОБНИЦТВІ: Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет–конференції -Укл.: Благініна О.С., Тимофєєва І. Б.; За заг. редакцією к.е.н., доцента Сирмамїїх І. В.- Маріуполь: МДУ, 2016.- 192 с.

До збірника увійшли матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет – конференції «Теоретичні та прикладні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій у науці, освіті, економіці, виробництві» в яких висвітлюються актуальні питання викладання математичних і комп’ютерно-інформаційних дисциплін у середній та вищій школі, розглядаються також проблеми математичного моделювання економічних та виробничих процесів.

Для науковців, викладачів вищих навчальних закладів, студентів, аспірантів.

Праці в збірнику друкуються мовою авторів тез.

© Автори текстів, 2016 р.

© Кафедра математичних методів та системного аналізу, 2016

© МДУ, 2016