

# Численное исследование эффекта силы Кориолиса на характер эволюции термобара

ЦЫДЕНОВ БАИР ОЛЕГОВИЧ

*Томский государственный университет (Томск), Россия*

e-mail: [tsydenov@math.tsu.ru](mailto:tsydenov@math.tsu.ru)

Работа посвящена исследованию влияния силы Кориолиса, связанной с вращением Земли, на характер формирования и развития явления термобара методами математического моделирования. Под термобаром понимается узкая зона в глубоком озере умеренных широт, в которой происходит погружение имеющей наибольшую плотность воды от поверхности до дна. С целью оценки влияния силы Кориолиса на динамику распространения термобара проведены вычислительные эксперименты, в которых эта сила исключена из математической модели. Различие результатов служит доказательством значимости эффекта вращения Земли при исследовании явления термобара численными методами.

Математическая постановка задачи основана на негидростатической модели в приближении Буссинеска для конвективного течения, включающей в себя уравнения движения, неразрывности, энергии, турбулентных характеристик, баланса солености и концентрации примеси в озере.

Решение задачи основано на методе конечного объёма, согласно которому скалярные величины (температура, солёность и т.д.) определяются в центре сеточной ячейки, в то время как компоненты вектора скорости – в средних точках на границах ячеек. В целях приближения расчётной области к прибрежному профилю озера применяется метод блокировки фиктивных областей [1]: приравниваются нулю компоненты скорости в выключенной зоне за счёт использования больших значений коэффициентов вязкости в этой зоне. Численный алгоритм нахождения поля течения и температуры опирается на разностную схему Кранка – Николсон. Конвективные слагаемые в уравнениях аппроксимируются по противопотоковой схеме QUICK [2] второго порядка. Для согласования рассчитываемых полей скорости и давления разработана процедура SIMPLED [3] для течений с плавучестью, представляющая собой модификацию метода SIMPLE Патанкара [1]. Системы сеточных уравнений на каждом шаге по времени решаются методом нижней релаксации или явным методом Н. И. Булеева [4].

Исследования, проведенные на основе численного моделирования, показали, что сила Кориолиса на начальном этапе развития термобара препятствует его продвижению в центральную часть озера.

## Список литературы

1. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. Патанкар ; под ред. В. Д. Виоленского. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 124 с.
2. Leonard B. A Stable and Accurate Convective Modeling Procedure Based on Quadratic Upstream Interpolation // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 1979. – Vol. 19, № 1. – P. 59–98.

3. Цыденов Б. О. Численная модель взаимодействия систем «река – озеро» на примере весеннего термобара в озере Камлупс / Б. О. Цыденов, А.В. Старченко // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2013. – № 5(25). – С. 102–115.

4. Булеев Н. И. Метод неполной факторизации для решения двумерных и трехмерных разностных уравнений типа диффузии // Журн. вычисл. матем. и матем. физ. – 1970. – Т. 10, № 4. – С. 1042–1044.