

Математическое моделирование термобара и его экологических последствий в районе впадения р.Селенги в оз.Байкал

ЦЫДЕНОВ БАИР ОЛЕГОВИЧ
Томский государственный университет (Томск), Россия
e-mail: tsydenov@math.tsu.ru

Аннотация

По прогнозам директора Института водных проблем РАН Данилова–Данильяна В. И. глобальный водный кризис ожидается в интервале от 2025 до 2035–2040 гг. К истощению водных ресурсов ведет не рост расходуемой воды, а её загрязнение. Огромное количество пресной воды хранится в озерах. Только в Байкале сосредоточено около 20% мировых запасов пресной воды и более 80% запасов России. К числу явлений, которое может оказать существенное влияние на процессы распространения загрязнения в водоёме, относится термобар. Под *термобаром* понимается узкая зона в глубоком озере умеренных широт, в которой происходит погружение имеющей наибольшую плотность воды от поверхности до дна.

Математическая постановка задачи основана на негидростатической модели в приближении Буссинеска, включающей в себя уравнения количества движения, неразрывности, энергии, солёности, концентрации. Турбулентное замыкание осуществляется при помощи известной двухпараметрической $k-\omega$ модели Уилкокса, сопряжённой с алгебраическими соотношениями для коэффициентов турбулентной диффузии. В качестве уравнения состояния выбрано принятое UNESCO уравнение Чена–Миллеро, связывающее плотность воды с температурой, давлением и солёностью.

Решение конвективно-диффузионных уравнений основано на конечно-разностном методе конечного объёма. Численный алгоритм нахождения поля течения и температуры опирается на разностную схему Кранка–Николсон. Для согласования поля скорости и давления предложена оригинальная процедура SIMPLER, представляющая собой модификацию известного алгоритма SIMPLE Патанкара и Сполдинга. Системы разностных уравнений на каждом шаге по времени решаются методом нижней релаксации или явным методом Булеева.

В качестве исследуемой области выбрано поперечное сечение на границе Южного и Среднего Байкала: протока Средняя (устье р. Селенги) – Бугульдейка. Данные о рельефе дна, соответствующие указанному сечению, взяты из батиметрической электронной карты озера Байкал. По результатам вычислительных экспериментов анализируются особенности развития термобара на Селенгинском мелководье и характер распространения загрязняющих веществ под действием сил естественной конвекции.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов (СП-71.2012.5), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013» (соглашение №14.В37.21.0667), Министерства образования и науки РФ (задание №8.4859.2011).