

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Володько Ольги Станиславовны «Анализ структуры течений в озере Шира в летний период по результатам математического моделирования и натурных измерений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность работы. Основной целью диссертационной работы Володько О.С. является изучение динамики основных гидрофизических характеристик озера Шира в летний период. Это чрезвычайно сложная задача и для ее решения привлекались и теоретические исследования, и численные методы, и анализ данных натурных измерений.

В работе первая глава посвящена получению и анализу аналитических решений упрощенных моделей стационарного ветрового движения жидкости. Вторая глава содержит сравнительный анализ разностных схем повышенного порядка аппроксимации, применяемых для расчетов в модели ROMS, на основе которой проводилось численное решение соответствующих уравнений геофизической гидродинамики. Сравнение осуществлено для уравнений конвекции-диффузии на полученных автором аналитических решениях. В третьей главе выполнен анализ натурных данных гидрофизических и гидродинамических характеристик озера Шира, проведено их сравнение с полученными аналитическими решениями и данными численного моделирования на основе ROMS. Получено, что для измеренных по всей толще озера долговременных рядов скорости поведение первой моды, описывающей около 86% общей дисперсии, однотипно и согласуется с полученными аналитическими решениями и численными расчетами на основе ROMS.

Проведенное исследование представляется актуальным, поскольку изучение динамики озера Шира, являющегося центром рекреационной зоны Красноярского края, необходимо для прогноза качества воды и биоразнообразия. Учитывая, что натурные эксперименты могут носить лишь фрагментарный характер, возникает потребность в численном моделировании.

Научная новизна. К новым результатам диссертационной работы относятся следующие:

1. Получены новые аналитические решения для оценки ветрового движения жидкости по модели Экмана с условием проскальзывания на дне и по

модели стационарного ветрового движения жидкости с учетом горизонтального турбулентного обмена в двумерном и трехмерном случаях. На основе исследования полученных аналитических решений сделан вывод о применимости более простой модели Экмана на удалении от берегов и определен тип граничных условий на дне (условие проскальзывания) для проведения численных расчетов в озере Шира.

2. Выполнен сравнительный анализ широкого класса разностных схем повышенного порядка аппроксимации, применяемых для расчетов в модели ROMS, на основе которого была выбрана схема, дающая на аналитических решениях одномерного и двумерного уравнений адвекции-диффузии наименьшую погрешность численного решения.

3. Разработана методика построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии, основанная на использовании бигармонической сплайн-интерполяции. На основе разработанной методики построена модель рельефа дна озера Шира

4. Определена изменчивость основных гидрофизических и гидродинамических характеристик озера Шира по результатам численных расчетов и результатам анализа данных натурных измерений. В частности, определены условия возникновения, вид и периоды внутренних волн в зависимости от силы и направления ветра.

5. На основе численного моделирования и спектрального анализа внутренних волн в озере Шира сделан вывод об устойчивости гидрофизических характеристик в период потери озером свойства меромиктичности.

Практическая значимость. Комплексное исследование динамики основных гидрофизических характеристик озера Шира позволяет сделать прогноз его экологического состояния с целью сохранения лечебных свойств воды и рекреационного потенциала озера. Разработанная технология построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии может быть использована при построении цифровой модели дна в других водоемах.

К достоинствам работы следует отнести то, что полностью реализована классическая цепочка принципа математического моделирования: исследована математическая модель (уравнения движения неоднородной жидкости); для озера Шира на основе пакета ROMS реализован численный алгоритм, позволяющий проводить расчеты течения и температуры в озере в течение всего летнего периода; проанализированы долговременные измерения температуры и скорости в озере и проведено их сравнение с результатами численных расчетов.

По тексту автореферата можно сделать следующие замечания:

1. На рис. 6, иллюстрирующем соответствие аналитического решения уравнения конвекции-диффузии численным решениям, полученным при помощи ROMS с использованием различных аппроксимаций первой производной по

пространству, визуально не наблюдается отличий. Поэтому в тексте автореферата не хватает информации о значениях абсолютной ошибки для каждой из использованных схем и характеристик ее изменения со временем.

2. Не хватает пояснения к рис. 5, каков вертикальный шаг сетки у дна в рассматриваемой точке в модели ROMS, на каком расстоянии от дна приведены данные ROMS.

Указанные недостатки не снижают ценность работы, которая посвящена решению актуальных научных задач, носит законченный характер, дает перспективу для дальнейших исследований и удовлетворяет требованиям ВАК. Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в рецензируемых журналах и материалах российских и международных конференций.

Соискатель Володько Ольга Станиславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», Атлантическое отделение

к.ф.-м.н.

18 апреля 2022г.

Голенко Мария Николаевна

Адрес: 236022, г. Калининград, пр. Мира, 1

Рабочий телефон: +7 (401)2530171

E-mail: m.golenko@yahoo.com

Подпись М.Н. Голенко заверяю
Ученый секретарь АО ИО РАН, к.б.н.



М.Ф. Маркиянова