



«УТВЕРЖДАЮ»

ректор КемГУ

д.т.н., профессор

А.Ю.Просеков

«24 » марта 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Володько Ольги Станиславовны

«Анализ структуры течений в озере Шира в летний период по результатам математического моделирования и натурных измерений»,

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационной работы.

Изучение соленых озер и соленого озера Шира в частности актуально с той точки зрения, что они представляют собой большую экономическую ценность, так как часто являются центрами рекреационного туризма и медицинскими ресурсами по запасам лечебной грязи и соли. Ценность озера Шира как центрального места отдыха всей Восточной Сибири безусловно велика. Так же как задача сохранения лечебных свойств воды при все возрастающей антропогенной нагрузке.

Исследования соленых озер проводятся по разным направлениям: химия, биология, микробиология, биофизика, гидрофизика. Гидрофизические процессы играют значительную роль в определении переноса гидробионтов, седиментации веществ, интенсивности загрязнения и самоочищения водоёмов.

В диссертационной работе Володько О.С. изучается гидрофизика озера Шира в летний период. В работе используется комплексный подход, включающий в себя теоретические исследования, численные расчеты и анализ данных долговременных измерений температуры и скорости.

Содержание работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка (148 наименований) и приложения. Объем текста составляет 157 страниц.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования, указаны методы исследования. Показаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов, определены личный вклад автора, достоверность полученных результатов и представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена постановке задачи определения ветрового движения неоднородной жидкости: приведена модель трехмерного течения и полученные новые аналитические решения стационарного течения в случае двумерного в вертикальной плоскости и трехмерного течения. *Вторая глава* посвящена адаптации пакета программ ROMS (Regional Ocean Modeling System) к расчету течений в озере Шира, расчетам с модельным ветром и реальными метеорологическими условиями. Адаптация состоит из нескольких этапов, включающих в себя: построение цифровой модели дна по нерегулярным данным измерения батиметрии на основе бигармонической сплайн интерполяции; определение начальных условий расчета и подключение метеорологических данных; выбор наиболее подходящего варианта разностного алгоритма из семейства реализованных в ROMS разностных схем. Верификация пакета проведена на аналитических решениях стационарного течения однородной жидкости, полученных в первой главе. Проводятся расчеты с модельным ветром, показывающие появление внутренних волн двух типов: сейш с вращением и без вращения в зависимости от направления ветра. Приведены результаты расчетов с учетом реальных метеорологических данных на весь летний период. Глава завершается сравнением спектральных характеристик, полученных для натуральных измерений скорости и рассчитанных с использованием пакета программ ROMS.

В третьей главе приводятся результаты обработки данных измерений скорости и температуры в озере Шира в летний период. С использованием метода эмпирических ортогональных функций оценивается степень влияния температуры воздуха на поверхностную температуру, рассчитывается коэффициент вертикального турбулентного обмена.

В заключении сформулированы основные результаты работы. Список цитируемой литературы состоит из 148 наименований, что свидетельствует о большом объеме работы, выполненной соискателем по изучению материала, относящегося к теме диссертации.

В приложении представлено описание приборов серии ADCP, применявшихся для измерения скоростей в озере Шира.

Научная новизна диссертационной работы Володько О.С. заключается в следующем:

- а) получены новые аналитические решения для упрощенных моделей ветрового движения жидкости в модели Экмана и модели стационарного ветрового движения жидкости с учетом горизонтального турбулентного обмена в двумерном и трехмерном случаях;
- б) разработана система тестов для решения одномерного и двумерного уравнения диффузии и на этой основе найдена наилучшая аппроксимация членов конвекции в модели ROMS;
- в) разработана новая методика построения цифровой модели дна;
- г) определены на основе численных расчетов и данных натуральных наблюдений гидрофизические характеристики озера в летний период, в частности, вид и период внутренних волн;
- д) получена оценка спектральных характеристик скорости в период потери озером свойства меромиктичности и сделан вывод об устойчивости этой характеристики;

е) определены коэффициенты вертикального турбулентного обмена и структура течения в верхнем перемешанном слое на основе анализа первой моды, полученной в методе эмпирических ортогональных функций

Теоретическая ценность полученных результатов состоит в нахождении новых аналитических решений упрощенных моделей геофизической гидродинамики и решений для уравнения конвекции-диффузии и возможным применением их для тестирования сложных численных алгоритмов.

Практическая значимость состоит в возможности проведения прогнозных расчетов для озера на основе хорошо зарекомендовавшего себя пакета программ ROMS с использованием разработанной технологии построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии и авторских программ подключения метеорологических данных. Технология построения численной модели неглубокого стратифицированного водоема может быть использована при расчете течений в стратифицированных водоемах, имеющих аналогичные характеристики.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждена проведенными проведенными экспериментальными исследованиями на модельных данных, а также успешным применением разработанных алгоритмов при решении прикладных задач. Выводы, сделанные в диссертации, хорошо аргументированы и обоснованы и не противоречат общепринятым научным представлениям. Все основные результаты диссертационной работы опубликованы в 27-ми работах, в том числе: 1 монография; 3 публикации в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК; 5 публикаций проиндексировано в базе данных Scopus; 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ; 3 статьи в рецензируемых научных журналах; 13 публикаций в трудах и тезисах всероссийских и международных конференций. Результаты обсуждались на многочисленных конференциях, как всероссийских, так и международных.

Замечания.

1. Нет анализа параметров, по которым идентичны озеро Шира и Балтийское море, что давало бы возможность говорить о применении результатов данной работы для моря.
2. Нет точной формулировки, что конкретно дает это исследование для решения задачи сохранения экологического режима озера Шира.
3. Тестирование пакета ROMS желательнее было бы провести на более содержательном решении, чем стационарное.
4. Нет обсуждения возможного продолжения данного исследования.
5. В работе постоянно идут отсылки на модель Экмана, предложенную еще в начале прошлого века. Можно было бы объяснить, почему среди аналитических решений упрощенных моделей геофизической гидродинамики акцент делается именно на эту модель.

Заключение.

Определение гидрофизики конкретного озера – это чрезвычайно сложная задача, связанная с тем, что режим течения определяется большим числом различных факторов. Детальные натурные измерения не всегда осуществимы технически.

Особенностью и отличием данной работы от других работ, посвященных исследованию гидрофизики озера Шира, является возможность расчета течения и температуры в озере за весь летний период. При расчетах используется специальным

образом построенная цифровая батиметрия. Алгоритм проверен на аналитических решениях, работоспособность алгоритма подтверждается совпадением спектральных характеристик горизонтальной скорости и характера изменения температуры, полученных в результате натурных измерений и численных расчетов.

Численные расчеты с использованием метеорологических данных за весь летний период могут составить основу для прогноза течения и температурного режима в озере и оценке его экологического состояния.

Полученные данные длительных измерений скорости и температуры в озере уникальны, их анализ играет существенную роль в понимании процессов, происходящих в озере.

Отмеченные недостатки не снижают достоинств работы, которая выполнена на высоком уровне и соответствует всем квалификационным требованиям.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что диссертационная работа Володько О.С. «Анализ структуры течений в озере Шира в летний период по результатам математического моделирования и натурных измерений» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на научном семинаре «Численные методы и информационные технологии» кафедры ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям КемГУ 17 февраля 2022 года. В работе семинара приняли участие 17 человек, в том числе 4 доктора наук, 7 кандидатов наук. Результаты голосования по диссертации: «за» - 17, «против» - нет, воздержавшихся нет.

Отзыв подготовил профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ доктор физико-математических наук профессор Захаров Юрий Николаевич.

Профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ

д.ф.-м.н.

Захаров Юрий Николаевич

22.03.2022

электронная почта zaharovyn@yandex.ru

Сведения о ведущей организации:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский государственный университет" (КемГУ)
ул. Красная, 6, г. Кемерово, Россия, 650000
т. +7 (3842) 58-38-85
электронная почта rector@kemsu.ru
сайт <https://kemsu.ru>

