

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.141.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ
УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ В.М. МАТРОСОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И
ИНФОРМАТИКИ» МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И
МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 апреля 2022 г. № 57

О присуждении Володько Ольге Станиславовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Анализ структуры течений в озере Шира в летний период по результатам математического моделирования и натурных измерений» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 14 февраля 2022 г., протокол № 54, диссертационным советом Д 999.141.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, ФИЦ ИВТ, пр. Академика Лаврентьева, 6, г. Новосибирск, Россия; Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики систем и теории управления имени В. М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, ИДСТУ СО РАН, ул. Лермонтова, 134, г. Иркутск, Россия; Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет

телекоммуникаций и информатики» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 630102, СибГУТИ, ул. Кирова, 86, г. Новосибирск, Россия. Приказ Минобрнауки России от 09 ноября 2012 г. № 717/нк.

Соискатель Володько Ольга Станиславовна 1985 года рождения, в 2008 году окончила федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», в 2011 году окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, работает младшим научным сотрудником в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в отделе вычислительной математики. Диссертация выполнена в отделе вычислительной математики Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Компаниец Лидия Алексеевна, старший научный сотрудник отдела вычислительной математики Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Муратова Галина Викторовна, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный

университет», г. Ростов-на-Дону, профессор Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича, ведущий научный сотрудник лаборатории «Вычислительная механика» Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича,

Пененко Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, старший научный сотрудник лаборатории математического моделирования гидродинамических процессов в природной среде,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, в своем положительном заключении, подписанном Захаровым Юрием Николаевичем, доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям Института фундаментальных наук в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет», указала, что диссертация Володько О. С. полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а сам соискатель заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 27 опубликованных научных работ (в скобках в числителе указан общий объем этого типа публикаций в печатных листах, в знаменателе – объем, принадлежащий лично автору), в том числе 1 монография (6.5 п.л./1.6 п.л.), 3 статьи (2.3 п.л./0.7 п.л.) в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для представления основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, 5 статей (4.1 п.л./1.5 п.л.) в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 3 статьи в рецензируемых научных изданиях (1.7 п.л./1.3 п.л.), 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, а также 13 работ,

опубликованных в материалах и тезисах всероссийских и международных конференций (5.3 п.л./2.6 п.л.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Компаниец, Л. А. Аналитические решения для задач стационарного ветрового движения жидкости / Л. А. Компаниец, Т. В. Якубайлик, Л. В. Гаврилова, **О. С. Володько** – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 114 с.

Компаниец, Л. А. Анализ характеристик озера Ши́ра на основе натуральных наблюдений / Л. А. Компаниец, Т. В. Якубайлик, **О. С. Володько** // Вестник Бурятского государственного университета: математика, информатика. – 2012. – выпуск 9. – С. 167–176.

Компаниец, Л. А. Аналитическое решение одной модели ветрового движения вязкой жидкости (трехмерный случай) / Л. А. Компаниец, Т. В. Якубайлик, **О. С. Питальская (Володько)** // Вычислительные технологии. – 2011. – Т. 16. – № 3. – С. 50–64.

Компаниец, Л. А. Аналитическое решение одной модели ветрового движения вязкой жидкости / Л. А. Компаниец, Т. В. Якубайлик, **О. С. Питальская (Володько)** // Вычислительные технологии. – 2009. – Т. 14. – № 4. – С. 46–57.

Shchepetkin, A. F. A method for reconstructing bottom topography for an enclosed basin from scattered, sparse measurement data / A. F. Shchepetkin, **O. S. Volodko** // Океанологические исследования. – 2018. – Т. 46. – № 3. – С. 67–84.

Компаниец, Л. А. Сезонная динамика течений в озере Ши́ра по натурным наблюдениям 2014–2015 гг. / Л. А. Компаниец, Н. Н. Голенко, **О. С. Володько**, О. А. Липина // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте: Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2 (14). – С. 417–423. Режим доступа: https://www.muiiv.ru/vestnik/pdf/pp/pp_2016_2_417-423.pdf

Компаниец, Л. А. Точные решения модели Экмана трехмерного ветрового движения однородной жидкости с учетом геострофической составляющей / Л. А. Компаниец, **О. С. Питальская (Володько)** // Компьютерные исследования и моделирование. – 2009. – Т. 1. – № 1. – С. 57–66.

Kompaniets, L. A. Analysis of vertical distribution of speed in lake Shira on the basis of data processing of long-term measurements in summer period / L. A. Kompaniets, **O. S. Volodko**, L. V. Gavrilova // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – V. 2033. – P. 202–206.

Володько, О. С. Программа для формирования данных ветрового воздействия для численного моделирования течений в соленых стратифицированных озерах / О. С. Володько, А. С. Богатилов — Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615635 от 27.05.2020 г.

Володько, О. С. Программа для формирования данных тепловых потоков для численного моделирования течений в соленых стратифицированных озерах / О. С. Володько, А. С. Богатилов – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615636 от 27.05.2020 г.

Volodko, O. Analysis of the velocity profile in Lake Shira in summer using principal component analysis / O. Volodko, L. Kompaniets, L. Gavrilova // International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Conference Proceedings. – 2017. – V. 17. – № 31. – P. 831–838.

Volodko, O. S. Empirical orthogonal analysis of temperature and vertical velocity in lake Shira / O. S. Volodko, L. A. Kompaniets, L. V Gavrilova. // International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2018. – V. 18. – № 3(1). – P. 251–258.

Volodko, O. S. Analysis of vortex structure in a shallow stratified lake / O. S. Volodko, L. A. Kompaniets, L. V. Gavrilova // International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2019. – V. 19. – № 3(1). – P. 41–48.

Volodko, O. S. Processing of in-situ measurements of surface velocity and temperature in lake Shira / O. S. Volodko, L. A. Kompaniets, A. P. Tolomeev, A. V. Drobotov, L. V. Gavrilova // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – V. 2534. – P. 321–326.

Борисенко, Д. А. Исследование свойств разностных схем для уравнения переноса-диффузии в двумерном случае / Д. А. Борисенко, **О. С. Володько**, Л. А. Компаниец // Материалы всероссийской конференции с международным участием «Решетневские чтения». – Красноярск, 2018. – С. 5–6.

Володько, О. С. О структуре течения в озере Шира при различных ветровых воздействиях [Электронный ресурс] / О. С. Володько, Л. А. Компаниец // Материалы XXIV Международной научно-практической конференции

«Решетневские чтения»: в 2 ч. – Красноярск, 2020. – Ч. 2. – С. 24–25 – Загл. с экрана (дата обращения: 17.12.2020).

Володько, О. С. Анализ внутренних волн в озере Шира с использованием региональной модели (ROMS) / О. С. Володько, Л. А. Компаниец // Сборник тезисов Международной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения акад. Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2020 г., с. 77-78.

Помимо отзывов от оппонентов и ведущей организации на диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва (все отзывы положительные).

Это отзывы от: 1) **Зацепина А. Г.** (д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», г. Москва); 2) **Минакова А. М.** (к.ф.-м.н., директор Института инженерной физики и радиоэлектроники СФУ, г. Красноярск); 3) **Голенко М. Н.** (к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», Атлантическое отделение, г. Калининград).

В отзывах высказаны следующие критические замечания (приведены наиболее существенные):

- 1) Отсутствие качественного описания картины течения в озере Шира, при различных направлениях ветра. Из текста и рисунков не ясно, возникает ли при ветровом воздействии общая горизонтальная циркуляция вод, и, если возникает, как она зависит от интенсивности и направления ветра, какова величина скорости течения, быстро ли оно затухает после прекращения (ослабления) ветра, и т.п. Рис. 10, на котором представлены аномалии уровня свободной поверхности, явно недостаточен для интерпретации динамики вод.
- 2) В связи с оценками коэффициента вертикального турбулентного обмена, было бы полезно рассчитать значения сдвигового числа Ричардсона, величина которого существенно влияет на интенсивность турбулентного перемешивания.
- 3) Во второй главе проведен сравнительный анализ известных схем аппроксимации конвективного члена уравнения конвективно-диффузионного переноса. Между тем хорошо известно, что схемы

повышенного порядка аппроксимации являются немонотонными при решении этого уравнения, особенно при наличии малого параметра у второй производной. Из текста автореферата неясно как автор решил эту проблему.

- 4) Из текста автореферата также неясно проводилось ли автором исследование на сеточную сходимость разработанного им численного алгоритма, и определялся ли практический порядок аппроксимации реализованных разностных схем.
- 5) На рис. 6, иллюстрирующем соответствие аналитического решения уравнения адвекции-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.
- 6) 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.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью тематики исследования оппонентов и ведущей организации к теме диссертации Володько О. С., а также тем, что результаты, полученные за последние годы оппонентами и в ведущей организации, публикуются в ведущих мировых журналах по тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены новые аналитические решения для оценки ветрового движения жидкости в модели Экмана с условием проскальзывания на дне и в модели стационарного ветрового движения жидкости с учетом горизонтального турбулентного обмена в двумерном и трехмерном случаях;

разработана методика построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии, основанная на использовании бигармонической сплайн-интерполяции;

проведен 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 конвекции-диффузии наименьшую погрешность численного решения;

поэтапно адаптирована численная модель ROMS к исследованию динамики гидрофизических характеристик в озере Шира;

верифицирована численная модель ROMS на полученных аналитических решениях упрощенной модели стационарного ветрового движения однородной жидкости;

проведена валидация математической модели путем качественного и количественного сравнения полученных результатов численных расчетов с данными натурных измерений в летний период;

определена динамика основных гидрофизических характеристик озера Шира по результатам численных расчетов и результатам анализа данных натурных измерений;

оценена величина коэффициента вертикального турбулентного обмена.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (с получением обладающих новизной результатов) использованы методы математического моделирования и математической физики, численные методы и методы обработки данных;

изложены алгоритмы получения предложенных аналитических решений упрощенных моделей ветрового движения жидкости и элементы теории используемых численных методов;

изучены существующие аналитические решения для оценки ветрового движения жидкости и обоснована необходимость получения новых;

показана возможность использования полученных аналитических решений упрощенных моделей ветрового движения и полученных аналитических решений для уравнения конвекции-диффузии для анализа сложных численных алгоритмов, применяемых для решения задач ветрового движения неоднородной жидкости.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны программы для подключения данных метеорологических наблюдений в пакет программ ROMS;

разработаны технология построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии и технология построения численной модели стратифицированного водоема; результаты работы были использованы в проекте РФФИ 15-05-04198 «Наблюдение и моделирование инерционных колебаний в Балтийском и Черном морях» в части сравнения колебательных движений в стратифицированных водоемах;

показано, что полученные с помощью разработанной технологии построения численной модели стратифицированного водоема результаты численного моделирования могут быть использованы для исследования динамики гидрофизических характеристик стратифицированных по плотности водоемов, в частности озер Хакасии и Красноярского края.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается:

строгостью математических выкладок;

количественными и качественными совпадениями с результатами других авторов;

совпадением спектральных характеристик численных решений, описывающих течения в озере Шира, и спектральных характеристик данных натурных измерений.

Личный вклад соискателя состоит в получении аналитических решений модели ветрового движения однородной жидкости для двумерной модели с учетом горизонтального турбулентного обмена и трехмерной модели для дрейфовой составляющей модели Экмана в случае частных ветровых воздействий. Вклад автора в нахождение аналитического решения для трехмерной модели ветрового движения жидкости с учетом горизонтального турбулентного обмена совместно с к.ф.-м.н. Т. В. Якубайлик заключается в его численной реализации.

Численное моделирование течений в озере выполнено на основе свободно распространяемой под лицензией GNU системы моделирования ROMS, разработанной Н. G. Arango и А. F. Shchepetkin. Личный вклад автора заключается в адаптации модели для расчетов течений в озере Шира с помощью

данных натуральных измерений; верификации модели на полученных аналитических решениях; разработке методики построения цифровой модели рельефа дна по нерегулярным данным батиметрии; в выборе численного алгоритма расчета течений с помощью созданной системы тестов; в создании программ для задания ветрового воздействия и учета тепловых потоков (созданных совместно с А. С. Богатиковым); в проведении численных расчетов для озера Шира на весь летний период с учетом модельного и реального ветра; в интерпретации результатов численного моделирования; в валидации полученных численных решений на натуральных наблюдениях.

Натурные измерения скоростей в озере Шира с помощью акустических доплеровских профилографов течения проводились как автором лично, так и совместно с к.ф.-м.н., научным сотрудником ИВМ СО РАН Т. В. Якубайлик. Натурные измерения температуры и солености проводились совместно с к.б.н., старшим научным сотрудником ИБФ КНЦ СО РАН А. П. Толмеевым. Анализ натуральных данных с использованием метода главных компонент проведен как автором лично, так и совместно с к.ф.-м.н., доцентом СФУ Л. В. Гавриловой.

На заседании 21 апреля 2022 г. диссертационный совет принял решение **присудить Володько О. С. ученую степень кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 18, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Председатель
диссертационного совета
академик



Шокин Юрий Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м.н.

Лебедев Александр Степанович

25 апреля 2022 г.