

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.061.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.10.2018 г. № 6

О присуждении Богомолу Василию Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, **ученой степени кандидата физико-математических наук.**

Диссертация «Параметризация внутренних водоемов суши в модели Земной системы»;

по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; **принята к защите** 29 мая 2018 года протокол № 4 диссертационным советом Д 003.061.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, созданным приказом Минобрнауки России №105.нк-209 от 11.04.2012 г.

Соискатель Богомол Василий Юрьевич 1982 года рождения в 2004 году **окончил** Государственное образовательное учреждение профессионального образования «Томский государственный университет». В 2007 году **окончил** очную аспирантуру Государственное образовательное учреждение профессионального образования «Томский государственный университет». **Работает** научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Международном исследовательском центре климато-экологических исследований Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор, Гордов Евгений Петрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, международный исследовательский центр климато-экологических исследований, руководитель, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Елисеев Алексей Викторович – доктор физико-математических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики атмосферы, ведущий научный сотрудник;

Платов Геннадий Алексеевич – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере, и.о. заведующего лабораторией - **дали положительные отзывы на диссертацию**

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации», г. Москва **в своем положительном заключении, подписанном** Рубинштейном Константином Григорьевичем, доктором физико-математических наук, с.н.с, отдел долгосрочных прогнозов погоды, в.н.с, **указала, что** диссертация Богомолова Василия Юрьевич соответствует паспорту специальности 05.03.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (п.1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», п.4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента», п.6 «Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента», п.8 «Разработка систем компьютерного и имитационного

моделирования»). Диссертационная работа В.Ю. Богомолова является научно-квалификационной работой, в которой успешно решена задача включения модели внутренних водоемов в единственную отечественную глобальную климатическую модель Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН). Эта задача имеет важное значение для развития математического моделирования процессов в Земной системе.

Диссертация отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно достоин присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18.

Полученные результаты можно рекомендовать к применению в научно-исследовательских организациях и центрах по моделированию атмосферных и гидросферных процессов, в том числе, в организациях, занимающихся оперативным численным прогнозированием погодных явлений: институтах РАН (ИВМ РАН, ИВМиМГ СО РАН, ИФА РАН), Росгидромета (ФГБУ "Гидрометцентр России", СибНИГМИ, ГГО), университетах (МГУ им. М.В. Ломоносова, РГТМУ, ТГУ).

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ; в рецензируемых научных изданиях 8 работ. Работы представляют собой статьи в научных журналах (8 статей в журналах, включенных в перечень ВАК и в базы WoS и Scopus), а также материалы и тезисы конференций, общим объемом 35.2 печ. л., в полном объеме отражают содержание диссертации. В работах отражены результаты исследований соискателя, а именно: создание вычислительно эффективной одномерной модели пресного водоёма, предназначенной для включения в модель Земной системы (INMCM); сравнение результатов использования различных турбулентных замыканий в модели озера, как для идеализированных так и для реальных объектов, возможность качественного воспроизведения термического режима водоемов при использовании сравнительно простой параметризации коэффициента теплопроводности и достаточно больших шагов по времени в рамках климатической модели Института вычислительной математики Российской академии наук. Наиболее значимые работы по диссертации:

1. Богомолов В.Ю. Степаненко В.М. Сравнение турбулентных замыканий в одномерной модели водоема. Труды МФТИ. том 9, № 4(36), с. 50-64, 2017 г.

В статье соискателем проанализированы турбулентные замыкания $k-\epsilon$ и параметризация Хендерссон-Селлерс. Показано, что модель LAKE как с параметризацией Хендерссон-Селлерс, так и с замыканием $k-\epsilon$, качественно воспроизводит распределение температуры по глубине и динамику перемешанного слоя. При этом одинаковое по качеству воспроизведение поля температуры в водоеме по сравнению с данными наблюдений при использовании параметризации Хендерссон-Селлерс достигается при более грубом временном разрешении, чем с турбулентным замыканием $k-\epsilon$.

2. V. Bogomolov, V. Stepanenko and E. Volodin. Development of lake parametrization in the INMCM climate model. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.2016.V.48.012005.doi:10.1088/1755-1315/48/1/012005.

В статье представлены результаты численных экспериментов с измененной моделью INMCM4 и показано существенное влияние параметризации на температуру и потоки тепла водоемов даже на климатических масштабах времени.

В этой статье соискателю принадлежат результаты включения в модель LAKE параметризации Хендерссон-Селлерс для расчета коэффициента теплопроводности, показавшие возможность увеличения шага по времени для модели водоема. Модифицированная таким образом соискателем модель LAKE включена в модель земной системы INMCM4 с двухсторонним взаимодействием. С помощью созданного соискателем пакета программ построены новые карты распределения типов землепользования, включающие пресные водоемы.

3. Богомолов В.Ю., Гордов Е.П., Крупчатников В.Н. Моделирование региональных полей метеорологических величин с высоким пространственным шагом. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009, Выпуск Кузбасс-2, с. 50-53.

Вклад соискателя состоит в подготовке данных и выполнении расчетов полей климатических характеристик для Западной Сибири во второй половине XX века (1958 по 2000 год), с использованием системы усвоения данных “WRF obs. nudging” (<http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/ObsNudgingGuide.pdf>) на многопроцессорной системе.

4. Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М., Гордов Е.П., Богомолов В.Ю. Программный комплекс анализа и визуализации данных мониторинга и прогноза климатических изменений // Вычислительные методы и программирование, 2013. Т. 14. С. 123-131.

Вклад соискателя состоит в реализации технологии запуска климатической модели, интегрированной в специализированную систему анализа и визуализации климатических данных. Разработана алгоритмическая система запуска климатической модели на многопроцессорных комплексах посредством организации последовательности программных вызовов. Выполнение алгоритма инициируется пользователем при взаимодействии со специализированным Веб-ГИС порталом. Соискателем создана система автоматической подготовки данных для запуска модели в зависимости от запроса пользователя.

5. Шульгина Т.М., Богомолов В.Ю., Генина Е.Ю., Гордов Е.П. Изучение поведения температуры на территории Сибири по данным наблюдений и реанализа. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009, Выпуск Кузбасс-2, с. 275-279.

Соискателем разработана методика анализа данных приземной температуры, полученных посредством моделирования, и их сравнения с данными метеорологических измерений.

6. Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г., Богомолов В.Ю., Шульгина Т.М., Генина Е.Ю. Геоинформационная веб-система для исследования региональных природно-климатических изменений и первые результаты ее использования // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 02. С. 137-143.

В работе соискателю принадлежат созданные и интегрированные в специализированную информационно-вычислительную систему поддержки научных исследований блоки анализа, моделирования, обработки и визуализации климатических и метеорологических данных. Показана возможность анализа, по запросу пользователя, региональных особенностей динамики основных климатических характеристик и их взаимосвязей.

7. Гордов Е.П., Богомолов В.Ю., Генина Е.Ю., Шульгина Т.М. Анализ региональных климатических процессов Сибири: подход, данные и некоторые

результаты // Вестник НГУ. Серия информационные технологии. – 2011. – Т. 9. – Выпуск 1. – С. 56-66.

Вклад соискателя состоит в представлении результатов анализа данных, полученных при моделировании с использованием входных данных модели, таких как распределение типов землепользования, необходимых климатических характеристик и т.д. Сравнение результатов моделирования с высоким пространственным разрешением порядка 10 км. с данными «реанализа», в частности, ERA-40 с разрешением порядка 150 км на 150 км, показывает проявление существенных неоднородностей в полях климатических характеристик в приземном слое, которые связаны с более подробным учетом типов землепользования в модели и соответствующих им физических параметризаций. Это позволяет анализировать влияние конкретных экосистем, связанных с этими типами, на региональный климат.

8. Богомолов В.Ю., Богушевич А.Я., Гордов Е.П., Корольков В.А., Крупчатников В.Н., Тихомиров А.А. Информационно-измерительная система для регионального мониторинга и прогноза опасных метеорологических явлений // Оптика атмосферы и океана. том 24, 2011, № 01, стр.52-59.

В работе продемонстрированы результаты реализации запуска и выполнения на многопроцессорном комплексе модели прогноза погоды. Соискателем создана технология с использованием библиотеки OpenMP, включающая подготовку входных данных и организацию работы модели на многопроцессорных системах в автоматическом режиме. Показана методика корректирования получаемого прогноза на основе данных измерений АМК-03 станции посредством метода “WRFobs.nudging”

(<http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/ObsNudgingGuide.pdf>).

На автореферат поступило 2 отзыва. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечено что диссертационная работа соответствует специальности 05.13.18 – математическое моделирование и численные методы и комплексы программ.

1. Отзыв на автореферат, подписанный к.г.н Тороповым П.А., доцентом кафедры метеорологии и климатологии Географического факультета

Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва. Отзыв положительный, содержит замечания:

- положения, выносимые на защиту, звучат как результаты, сформулированные в общем виде, а не как положения;
 - некоторые рисунки читаются очень плохо – их следовало сделать крупнее, то же самое относится и к таблице – «шапка» организована сумбурно, таблица плохо читается;
 - систематическое завышение температуры поверхности крупных водоемов на 1.5 – 2 градуса означает постоянную ошибку только лишь в потоках явного тепла порядка 25 Вт/м² (при условии, что эта ошибка распространяется на приповерхностный слой толщиной 0.25 м), то есть за сутки крупные озера являются дополнительным источником энергии на уровне 2.2 мДж/ м², что представляется весьма существенным;
 - почему-то влияние параметризации LAKE на примере Байкала проявилось зимой, когда озеро покрыто льдом;
 - температура поверхности Байкала может существенно корректироваться (по сравнению с предыдущей более простой параметризацией) вертикальным перемешиванием воды, сейшами, и т.д., почему это не проявилось в результатах автора, остается непонятным;
 - создается впечатление, что включение модели LAKE вызвало повышение температуры поверхности на большей части Канады, Амазонии и азиатской территории России, что совершенно нереалистично.
2. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Репиной И.А., заведующей Лабораторией взаимодействия атмосферы и океана Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы и океана имени А.М. Обухова, г. Москва. Отзыв положительный, содержит замечания:
- отсутствует ссылка на используемую климатическую модель ИВМ РАН и, хотя бы, краткое ее описание;
 - не ясно, что подразумевается под летним периодом, конкретные

месяцы или безледный период: для озер Виктория и Ладога;

- утверждается, что отклонения в представлении моделью динамики перемешанного слоя не оказывают влияния на воспроизведение температуры поверхности водоема;
- откуда берется температура поверхности водоема - это спутниковые данные или контактные измерения;
- учитывается ли эффект холодной пленки;
- как выхолаживание поверхности может быть связано с заглублением перемешанного слоя;
- в зимний период приводится температура поверхности льда, но при этом не указывается, использовалась ли модель формирования ледяного покрова;
- присутствует небрежность в оформлении автореферата, не расшифрованы используемые обозначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в области физики атмосферы и гидросферы, включая математическое моделирование, а также способностью оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана вычислительно эффективная модификация одномерной модели водоема LAKE (и сопутствующие пакеты программ) для включения её в многокомпонентную климатическую модель Земной системы INMCM;

предложена модифицированная автором параметризация Хендерссон-Селлерс для расчета коэффициента турбулентной диффузии, которая позволяет без потери точности расчета основных характеристик, например, температуры поверхности водоема, обеспечить существенное уменьшение времени расчета по сравнению с более чувствительными к шагу по времени турбулентными замыканиями;

доказана, на основе анализа результатов расчётов, перспективность использования предложенной параметризованной схемы учета совокупности внутренних водоемов деятельного слоя суши в моделях Земной системы;

введены новые способы параметризации турбулентных процессов совокупности

водоемов подсеточного масштаба в моделях Земной системы; создан программный комплекс для реализации предложенных параметризаций и интеграции их в модели климатической системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана, на основании анализа результатов численных экспериментов, возможность организации прямых и обратных связей в модели климатической системы за счет параметризованного учета вкладов от деятельности совокупности водоемов в динамический и термический режимы климатической системы; возможность описания термодинамических процессов в водоемах в рамках климатической модели с приемлемым разрешением по времени при использовании относительно простой параметризации коэффициентов теплопроводности в одномерной модели водоема;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы как классические, так и современные достижения вычислительной математики, теории разностных схем, физики атмосферы и гидросферы, моделирования климатических систем и параллельных вычислений;

изложены основные положения, преимущества и проблемы параметризации процессов подсеточных масштабов при учете совокупности водоемов в модели системы Земли;

раскрыто влияние учета совокупности водоемов деятельного слоя суши на приземные характеристики атмосферы;

изучены прямые и обратные связи в интегрированной системе, учитывающей влияние водоемов на формирование процессов в климатической системе;

проведена модернизация существующей модели климата ИВМ РАН, одномерной модели водоема LAKE, параметризации коэффициента турбулентной диффузии Хендерссон-Селлерс;

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

разработаны и внедрены (указать степень внедрения) пакеты программ и параметризации в климатическую модель ИВМ РАН, участвующую в международном проекте по сравнению климатических моделей CMIP. Результаты

работы использовались при выполнении исследований в рамках проекта РНФ «Исследование процессов взаимодействия атмосферного пограничного слоя умеренных и высоких широт с деятельным слоем суши и водоёмами: разработка параметризаций для моделей Земной системы», под руководством Лыкосова В.Н., а также в ФЦП «Исследование и разработка распределенного исследовательского центра для мониторинга и прогнозирования региональных климатических и экологических изменений» под руководством Гордова Е.П.;

определены направления использования созданной универсальной параметризации водоемов;

создана универсальная параметризация водоемов, способная работать в составе моделей климата и прогноза погоды;

представлены выводы о применимости предложенных параметризаций, алгоритмических и программных решений для моделирования климатических процессов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ соответствие результатов численных экспериментов данным, как идеализированных экспериментов, так и натуральных наблюдений, опубликованных в открытых источниках;

теория построена на известных подходах моделирования процессов в деятельном слое суши;

идея базируется на необходимости качественного учета влияния внутренних водоемов деятельного слоя суши, возникшего вследствие улучшения пространственного разрешения климатических моделей и, в свою очередь, обусловленного ростом производительности суперкомпьютеров;

использованы опубликованные данные по рассматриваемой тематике, с которыми сравнивались результаты, полученные автором;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в опубликованных источниках;

использованы современные методики сбора информации с измерительных комплексов и обработки исходной информации для моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в создании параметризации, учитывающей влияние совокупности водоемов деятельного слоя суши, и

интеграции её в модель Земной системы; в анализе результатов использования различных турбулентных замыканий модели водоема; в создании пакета программ, способного на основе цифровой базы распределения водоемов создать цифровую карту распределения их площадей и средних глубин с различным пространственным разрешением; реализации пакетов программ на многопроцессорных вычислительных системах, подготовке публикаций и докладов по результатам работ.

На заседании 16 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Богомолу В.Ю. ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 14 докторов наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 16, против — 1, недействительных бюллетеней — 1.

Зам. председателя

диссертационного совета Д 003.061.02

доктор физико-математических наук,
профессор

Пененко В.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 003.061.02

доктор физико-математических наук,
доцент



Сорокин С.Б.

«16» октября 2018 г.