

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.061.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 июня 2022 г. № 7

О присуждении Якшиной Дине Фаруковне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование влияния океанических потоков тепла на состояние морского льда Северного Ледовитого океана на основе численного моделирования» по специальности 25.00.29 - «Физика атмосферы» и гидросферы принята к защите 21 апреля 2022 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д 003.061.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, приказ Минобрнауки России №75/нк-38 от 15.02.2013 г.

Соискатель Якшина Дина Фаруковна (Юсупова Дина Фаруковна, свидетельство о заключении брака П-ЕТ №547263), 18 августа 1983 года рождения, в 2006 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет». В 2010 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук. Соискатель работает научным

сотрудником в лаборатории математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Голубева Елена Николаевна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты

Дианский Николай Ардальянович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», главный научный сотрудник кафедры физики моря и вод суши физического факультета,

Макаренко Николай Иванович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник Лаборатории краевых задач механики сплошных сред,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, г. Москва, **в своем положительном отзыве**, подписанном Репиной Ириной Анатольевной, доктором физико-математических наук, заведующей лабораторией взаимодействия атмосферы и океана и Голицыным Георгием Сергеевичем, академиком, заведующим Отделом динамики атмосферы, указала, что диссертация представляет собой результат грамотного научного исследования, выполненного на высоком профессиональном уровне и отличающегося новизной предложенных методов и подходов к решению поставленных задач. Следует отметить комплексность исследования.

Результаты, полученные автором, представляют интерес для организаций РАН (ИОРАН, ИФА, ИПФ, ИВМ, ИПМ, ИВП, ИКИ), Росгидромета (ГОИН, ААНИИ, ГГО, ИПГ) и других, занимающихся атмосферными, климатическими и прикладными исследованиями. Изложенные в работе результаты могут быть применимы для задач анализа климатических процессов и мониторинга и прогноза динамики океана. Диссертационная работа Д.Ф. Якшиной представляет самостоятельное, законченное и серьезное научное исследование, соответствующее мировым стандартам в области геофизических исследований. Основные цели диссертационной работы достигнуты. Положения, выносимые на защиту, в совокупности составляют научное достижение, сутью которого является получение оценки связи океанских процессов и климатических изменений в Арктическом регионе.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Представленная диссертация «Исследование влияния океанических потоков тепла на состояние морского льда Северного Ледовитого океана на основе численного моделирования», отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Якшина Дина Фаруковна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ (3 работы в базе WoS, 3 работы в базе SCOPUS), и 4 работы представлены в журналах из перечня ВАК (из них в 3 по специальности 25.00.29).

Публикации в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах по теме диссертации. Со стороны соавторов работ диссертанта отсутствуют возражения касаемые результатов, выносимых на защиту.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Golubeva, E.; Kraineva, M.; Platov, G.; **Iakshina, D.**; Tarkhanova, M. Marine Heatwaves in Siberian Arctic Seas and Adjacent Region. Remote Sens. 2021, 13, 4436. <http://dx.doi.org/10.3390/rs13214436> (**Web of Science Q1**)

Личный вклад автора заключался в исследовании чувствительности состояния арктического ледяного покрова в численной модели океана и морского льда к изменчивости начального состояния льда и температуры верхнего слоя океана. Показано, что современное состояние океана и морского льда является существенной предпосылкой для формирования в летний период обширных акваторий СЛО, свободных ото льда, в которых наблюдается аномально высокая для арктических вод температура воды.

Объем публикации: 24 страницы.

2. Голубева Е. Н., Г. А. Платов, Д. **Ф. Якшина**, Численное моделирование современного состояния вод и морского льда Северного Ледовитого океана. // Лёд и Снег 2015, № 2 (130), сс. 81-92, <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2015-2-81-92>, (**перечень ВАК**)

Личный вклад автора заключался в проведении численных экспериментов, направленных на исследование влияния атлантических и тихоокеанских вод на состояние ледяного покрова в Арктике, участие в анализе полученных результатов и подготовке публикации. По результатам численного моделирования показано, что влияние со стороны океана на ледяной покров наиболее высоко в регионах, относящихся к начальной траектории распространения атлантических вод в Арктике. **Объем публикации:** 12 страниц.

3. **Якшина Д.Ф.**, Голубева Е.Н. Исследование механизмов формирования подповерхностного максимума температуры в Канадском бассейне Северного Ледовитого океана. // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 11. С. 980–985. (**Перечень ВАК**)

Личный вклад заключался в проведении численных экспериментов, анализе климатических характеристик на основе версий численной модели с различными параметризациями усвоения солнечной коротковолновой радиации, подготовке публикации. Показано, что учет поглощения коротковолновой солнечной радиации существенно важен при численном моделировании для воспроизведения подповерхностного температурного максимума температуры в водах Северного Ледовитого океана. Формирование подповерхностного максимума температуры, наличие которого подтверждается данными наблюдений, вносит вклад в изменение потоков на границе между океаном и морским льдом. **Объем публикации:** 6 страниц.

4. Platov G; **Iakshina D**; Krupchatnikov V. Characteristics of Atmospheric Circulation Associated with Variability of Sea Ice in the Arctic// Geosciences, 2020, 10(9), 359; <https://doi.org/10.3390/geosciences10090359> (**Web of Science Q2**)

Личный вклад заключался в постановке и проведении численного эксперимента с помощью совместной модели океанических льдов Арктики и Северной Атлантики SibCIOM для оценки характеристик динамики и термодинамики арктического морского льда. **Объем публикации:** 26 страниц.

5. **Iakshina D.F.** Study of the influence of Atlantic water on the ice cover state in the Eurasian basin of the Arctic Ocean using numerical simulation, *Bull. Nov. Comp. Center, Num. Model. in Atmosph., etc.*, 17(2019), p 9–19 (РИНЦ)

Личный вклад: вся статья написана автором. В работе исследуется влияние Атлантических вод на ледовый покров в Евразийском бассейне СЛО с помощью численной модели SibCIOM. Из рассчитанных значений тепловых потоков ко льду получено, что связь потока океан-лед с объемом льда наиболее высока в регионах, прилегающих к проливу Фрама, что может говорить о влиянии тепла атлантических вод на состояние ледового покрова в этом регионе. **Объем публикации:** 9 страниц.

6. Krupchatnikov V., **D F Iakshina**, G Platov, Y Martynova and I Borovko On the interaction of atmospheric dynamics Arctic and mid-latitudes under climate change, В сборнике IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 211, Number 1, 2018 (**Scopus**)

Личный вклад заключался в проведении и анализе численных экспериментов с помощью численной модели SibCIOM для анализа чувствительности состояния ледяного покрова к вариациям динамики атмосферы района Норвежского и Гренландского морей. Основным результатом является вывод о том, что включение дополнительной циклонической циркуляции в районе

Норвежского и Гренландского морей способствует сокращению ледовитости, а антициклонической циркуляции – увеличению ледовитости.

Объем публикации: 11 страниц.

7. **Iakshina D. F.;** E. N. Golubeva. Influence of the vertical mixing parameterization on the modeling results of the Arctic Ocean hydrology//Proc. SPIE 1046 1046657 (30 November 2017); doi: 10.1117/12.2285723 (**Web of Science**)

Личный вклад заключался в сравнительном анализе климатических характеристик на основе версий численной модели с различными параметризациям турбулентного перемешивания. Получено, что среди тестируемых параметризаций отсутствует универсальная, использование которой в модели океана и морского льда SibCIOM дает наилучшее соответствие данным наблюдений. **Объем публикации:** 8 страниц.

8. **Iakshina D.,** Golubeva E. Sensitivity study of a warm Atlantic layer to diffusion parametrization in the Arctic modeling, Bul. Nov. Comp. Center, Num.Model.in Atmosph.,etc., 2014. T. 14. С. 1-15.(РИНЦ)

Личный вклад заключался в проведении и анализе численных экспериментов по оценке чувствительности состояния вод Северного Ледовитого океана в численной модели к параметризации диффузии и вихревого переноса, подготовке публикации. Один из полученных результатов - более интенсивный адвективный перенос, наблюдаемый в картине арктической циркуляции в варианте модели, использующей изопикническую диффузию и параметризацию вихревого переноса, в частности, повышенный приток тепла в Северный Ледовитый океан через пролив Фрама. **Объем публикации:** 14 страниц.

На автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы диссертации, научная новизна и значимость полученных результатов. Авторы всех отзывов на автореферат считают, что представленная диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «физика атмосферы и гидросферы».

1. Отзыв Зеленько Александра Андреевича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Отдела морских гидрологических прогнозов Федерального государственного бюджетного учреждения «Гидрометцентр России», замечаний не содержит

2. Отзыв Алексеева Генриха Васильевича, доктора географических наук, профессора, главного научного сотрудника - заведующего отделом взаимодействия океана и атмосферы ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», замечаний не содержит

3. Отзыв Букатова Антона Алексеевича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника отдела океанографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН», замечаний не содержит.

4. Отзыв Иванова Владимира Владимировича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника кафедры океанологии географического факультета Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова, содержит замечания:

- «Целью... является исследование влияния вод Северного Ледовитого океана...» Словосочетание «влияние вод» звучит несколько непривычно. Вероятно, грамотнее было бы здесь взять формулировку из названия: «влияние океанических потоков тепла»?

- Положения, выносимые на защиту. На мой взгляд, 5 положений,

выносимых на защиту в кандидатской диссертации, избыточно. Более уместно было бы привести меньшее число положений, но повысить их значимость. В предложенной редакции, в положениях 3 и 4 речь идёт о чувствительности модельных результатов к различным параметризациям. Представляется, что объединение положений 3 и 4 в одно, более емкое утверждение звучало бы более фундаментально. Кроме того, начинать положения, выносимые на защиту словосочетанием «проведено исследование» не уместно. В положениях должны сжато констатироваться конкретные научные результаты, которые выносятся на защиту.

- По терминологии: соискатель часто использует термин «ледовый покров». Это не вполне грамотно терминологически. Правильнее говорить: «ледовый режим», но «ледяной покров».

5. Отзыв Пономарева Владимира Ивановича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории физической океанологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук, содержит замечания:

- Третий абзац сверху на стр. 13 пункт 2.
«Исследуется чувствительность состояния ледового покрова к изменчивости начального состояния льда и температуры верхнего слоя океана. Полученное в ходе контрольного эксперимента распределение ледяного покрова отражает его катастрофическое состояние в последнее десятилетие. Сокращение ледового покрова сопровождается формированием акваторий с аномально высокой поверхностной температурой.»

Замечание к этому предложению

Наибольшее сокращение площади сплоченного ледяного покрова моделируется и наблюдается в последнее десятилетие именно в сентябре. Это экстремально низкая концентрация ледяного покрова в сентябре, но нет

оснований называть эту аномалию катастрофической.

- «Рис.8. Разность в сентябрьском распределении льда 2020 г. (слева, в м.) и поверхностной температуры (справа) через 1 год расчета (декабрь 2019 - декабрь 2020 гг.) между экспериментом с начальными условиями для 2004 г. и контрольным экспериментом (рис. 1а).».

Замечание 2 к подписи к рис. 8. Поскольку на рис. „1а приведена концентрация льда в контрольном эксперименте, что указано в подписи к этому рисунку, то и на рис. 8 слева приведена разность концентрации льда в сентябре..... между полученной в эксперименте с начальными условиями для 2004 г. и в контрольном эксперименте (рис. 1а).

- Вопрос ко второму предложению первого абзаца текста ниже подписи у рис.9. на стр. 14:

«Уменьшение скорости таяния льда на его границе с океаном летом из-за более холодного состояния океана способствует сохранению ледяного покрова.»

Что здесь имеется в виду «уменьшение скорости таяния в прикромочной зоне ледяного покрова СЛО, на границе со свободной ото льда акваторией СЛО?

6. Отзыв Ушакова Константина Викторовича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Группы моделирования изменчивости климата океанов и морей Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, содержит следующее замечание:

- методы корреляционного анализа (рис. 5 автореферата), хоть и до настоящего времени широко используются в геофизических работах, тем не менее, не дают много информации о причинно-следственных связях. Между двумя коррелирующими сигналами физическая причинно-следственная связь может быть как в одну, так и в другую сторону, а может вообще отсутствовать (если они оба следствие какого-то третьего процесса). Поэтому хотелось бы порекомендовать автору обратиться в дальнейшем к более перспективным

методам, например, грейнджеровскому анализу.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области исследований океанических процессов, изменений климата Арктики, в частности изучения аномалий ледяного покрова, большим опытом выполнения научно-исследовательских работ, наличием недавних публикаций по указанной тематике, а также их профессиональной способностью оценить научную новизну, достоверность и практическую и научную ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана модификация численной крупномасштабной модели океана ИВМиМГ СО РАН SibCIOM, на основе учета современных параметризаций подсеточного масштаба: изопикнической диффузии и вихревого переноса, включения семейства турбулентных моделей для параметризации вертикального турбулентного и конвективного перемешивания;

предложено оригинальное научное исследование роли океанических потоков тепла в современном процессе сокращения арктического морского льда на основе трехмерного моделирования с помощью численной модели океана и морского льда и данных реанализа атмосферы;

доказана применимость модифицированной модели океана для исследования климатической изменчивости вод и морского льда Северного Ледовитого океана.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность предложенной методики трехмерного численного моделирования в исследовании климатических процессов в СЛО;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы эффективные методы численного моделирования

термодинамики океана, основанные на аппроксимации системы нелинейных уравнениях гидротермодинамики океана в приближениях Буссинеска и гидростатики, с применением методов расщепления по физическим процессам и с применением явных, неявных и полунеявных численных схем по времени; **изложены** этапы построения вычислительных алгоритмов, постановка численных экспериментов и анализ их результатов;

раскрыты особенности формирования интегральных характеристик океана путем альтернативного использования в численной модели океана и морского льда параметризаций вертикального турбулентного перемешивания различного уровня замыкания;

изучены зависимости между характеристиками верхнего слоя океанических вод, потоками тепла, поступающими от океана ко льду и состоянием морского льда Северного Ледовитого океана в условиях современного климата;

проведена модернизация численной модели океана посредством введения современных параметризаций подсеточного масштаба: изопикнической диффузии и вихревого переноса, а также вертикального турбулентного и конвективного перемешивания.

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

разработан комплекс вычислительных программ параметризаций подсеточных процессов и **используется** в рамках численной модели океана и морского льда ИВМиМГ СО РАН;

определены возможности и перспективы использования численной модели для анализа пространственно-временной изменчивости океана и морского льда, исследования причинно-следственных отношений между компонентами климатической системы;

созданы вычислительные программы, включающие параметризацию изопикнической диффузии и вихревого переноса, и блок обмена данными между крупномасштабной моделью и пакетом турбулентных моделей;

представлены результаты численных экспериментов по воспроизведению климатической изменчивости Северного Ледовитого океана с середины прошлого столетия по настоящее время, результаты, демонстрирующие усиление влияния тепловых потоков от атлантических и тихоокеанских вод на состояние ледяного покрова в Арктике во втором десятилетии 21 столетия.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Теория основана на известных законах гидротермодинамики океана с использованием традиционных для крупномасштабного моделирования приближений и применении устойчивых численных схем и алгоритмов;

идея базируется на анализе, обобщении и развитии мирового опыта исследования состояния вод и морского льда Северного Ледовитого океана;

использовано сравнение результатов численного моделирования с данными наблюдений океанических и ледовых характеристик, анализ которых представлен в научных публикациях, а именно: траекториями распространения, глубиной верхней границы и температурой атлантических и тихоокеанских вод, вертикальным распределением температуры океана, содержанием пресной воды в море Бофорта и состоянием ледяного покрова;

установлено, что полученные автором в ходе численных экспериментов результаты качественно согласуются с данными наблюдений и результатами аналогичных исследований других авторов;

для проведения численных экспериментов **использованы** данные атмосферного реанализа, для верификации результатов моделирования **использованы** также данные дистанционных и контактных наблюдений, находящиеся в открытом доступе, отражающие современное состояние вод и морского льда Северного Ледовитого океана.

Личный вклад соискателя состоит в: усовершенствовании численной модели океана за счет модификации блока, отвечающего за параметризацию подсеточных процессов, непосредственном участии в обсуждении постановок

задач и выборе методов их решений, проведении численных экспериментов, анализе и интерпретации результатов и их сопоставлении с результатами имеющихся исследований, представлении результатов исследований на семинарах и конференциях, подготовке публикаций по выполненной диссертационной работе.

В дискуссии принял участие д.ф.-м.н. Яковенко С.Н. В ходе дискуссии критических замечаний не поступило. Соискатель Якшина Д.Ф. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

На заседании **29 июня 2022 г.** диссертационный совет принял решение **присудить** Якшиной Д.Ф. **ученую степень кандидата физико-математических наук** по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета Д 003.061.01,
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН

Михайлов Геннадий
Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.061.01,
доктор физико-математических наук

Рогозинский Сергей
Валентинович



29 июня 2022 г.