

УТВЕРЖДАЮ

И.О. ректора РГГМУ



Михеев В.Л.

2015 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (ФГБОУ ВО «РГГМУ»)

Диссертация Зимина Алексея Вадимовича «Закономерности субмезомасштабных процессов и явлений в Белом море», представлена на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности наук 25.00.28 – «Океанология», выполнена в Санкт-Петербургском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Зимин Алексей Вадимович работал по основному месту работы в Санкт-Петербургском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук в Лаборатории геофизических пограничных слоев в должности ведущего научного сотрудника, и.о. заведующего лабораторией, заведующего лабораторией.

В 1997 году Зимин А.В. окончил Российский государственный гидрометеорологический институт по специальности инженер-океанолог. В 2000 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в диссертационном совете, созданном на базе Российского государственного гидрометеорологического университета. С 2000 по 2004 годы работал в лаборатории промысловой океанографии Атлантического института рыбного хозяйства и океанографии. С 2004 года по настоящее время работает в Санкт-Петербургском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук в Лаборатории геофизических пограничных слоев последовательно занимая должности в старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника, и.о. заведующего лабораторией, заведующего лабораторией. С 2005 года с перерывами по совместительству работает в должности доцента кафедры океанологии Российского государственного гидрометеорологического университета. С 2009 по 2012 годы обучался в докторантуре Российского государственного гидрометеорологического университета. В 2009 г. Зимин А.В. утвержден в звании доцента решением Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки.

Научный консультант – Родионов Анатолий Александрович, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., проф., директор Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

По результатам обсуждения диссертации принято следующее **заключение:**

Диссертационная работа Зимина А.В. является законченной и самостоятельной научно-исследовательской работой и посвященной решению фундаментальной научной проблемы, а именно формированию представлений о физико-географических закономерностях, обуславливающих



субмезомасштабную изменчивость процессов и явлений в шельфовом приливом море. Для получения и систематизации сведений в качестве объекта исследований выбрано весьма разнообразное по своим гидрологическим условиям Белое море.

В силу несовершенства теоретического описания и трудностей экспериментальных наблюдений субмезомасштабных структур короткопериодные явления и обусловленная ими изменчивость гидрофизических полей оказались недостаточно изученными в прошлые десятилетия, особенно в морях российской Арктики, где в последние годы отмечаются заметные изменения климатических характеристик вод. Это препятствует эффективному описанию и прогнозированию гидрологических условий, важных для решения прикладных задач, имеющих оборонное и хозяйственное значение при развитии Арктической зоны Российской Федерации. Поэтому исследования, направленные на создание системы взглядов на пространственно-временные особенности субмезомасштабных процессов в Белом море в условиях современного меняющегося климата, являются актуальным.

Концепция исследования заключается в том, что субмезомасштабные структуры формируются под влиянием разных по физической природе процессов и в совокупности на акватории моря образуют единую систему, являющуюся переходным звеном от мезомасштабных (приливных) движений к микроструктуре, для их исследования следует применять специальную методологию, сочетающую наблюдения и совокупный анализ широкомасштабных дистанционных и учащенных контактных измерений.

В работе рассматривается широкий класс задач, касающихся методов проведения судовых и дистанционных океанологических наблюдений, их обработки и анализа; исследований процессов пространственно-временной изменчивости гидрофизических полей и динамических процессов (волны, вихри, фронты). В диссертации впервые представлены закономерности формирования и взаимодействия разномасштабных океанологических явлений и процессов, обуславливающих изменчивость гидрофизических полей на субмезомасштабном интервале на примере Белого моря. Полученные представления могут быть перенесены на другие арктические моря. Разработанная совокупность методов специальных наблюдений за пространственно-временной изменчивостью характеристик гидрофизических полей также имеет более широкий спектр применения. Выполненное обобщение показало ранее недооценённый вклад изученных явлений и процессов в общую динамику Белого моря. Совокупность полученных результатов можно квалифицировать как крупное научное достижение в области физической географии океана.

**Личный вклад автора** заключается в разработке методов исследований, в сборе и обработке исходного материала, постановке цели и задач исследования, их реализации, аналитическом обобщении полученных результатов. Автор лично организовывал и проводил все исследования, результаты которых представлены в диссертации.

В частности, соискатель планировал, участвовал и руководил ежегодными экспедиционными исследованиями, выполнявшимися в Белом море в 2006–2014 гг. Он разработал оригинальную методику исследования субприливных процессов и явлений. Все гидрологические данные, использованные в работе, получены лично или при его участии. Анализ изменчивости гидрологических полей и процессов был выполнен им самостоятельно.

При его личном участии и методическом руководстве собраны массивы спутниковых данных, послужившие основой исследования, выполнена первичная обработка данных. Им проанализированы карты распределения характеристик короткопериодных внутренних волн, малых вихрей и фронтальных разделов и сделаны выводы о закономерностях изменчивости процессов и явлений на субмезомасштабом интервале в приливном арктическом море.

Автор непосредственно принимал участие в создании программных продуктов для обработки данных и в формировании баз данных. Им разработаны новые технические решения. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежат результаты, которые в диссертации выносятся на защиту.

**Степень достоверности результатов** определяется тем, что они получены на основе обширного массива наблюдений, прошедших контроль качества. Результаты анализа данных спутниковых



измерений сопоставлялись с данными контактных измерений. Для обработки результатов использовались методы количественной оценки, не требующие априорных ограничений и, таким образом, исключающие фактор субъективности. Достоверность и новизна научных результатов подтверждается получением авторских свидетельств, патентов и публикациями в ведущих профильных рецензируемых журналах.

**Научная новизна работы** определяется тем, что в ней **впервые** для Белого моря на основе данных специализированных наблюдений, полученных по оригинальной методике, разработанной соискателем, их анализа и обобщения:

- установлены особенности формирования и количественные параметры изменчивости температуры, солёности, течений на субприливных масштабах в зависимости от морфометрии дна, вертикальной структуры вод и близости фронтальных разделов;
- обосновано, что тонкая структура вод Белого моря формируется в основном под влиянием процессов, связанных с адвекцией, не соответствующей условиям изопикничности;
- определены пространственные особенности распределения характеристик короткопериодных внутренних волн на акватории Белого моря; установлена зависимость их формирования от приливных процессов; выделены районы наибольшей встречаемости и очаги генерации внутренних волн; выделены районы постоянной встречаемости интенсивных короткопериодных внутренних волн;
- получены оценки пространственно-временной изменчивости характеристик субмезомасштабных вихрей на акватории Белого моря, выявлены районы наибольшей и наименьшей встречаемости;
- выявлены особенности синоптической и мезомасштабной изменчивости основных фронтальных разделов и их структурообразующая роль в распределении короткопериодных внутренних волн и субмезомасштабных вихрей;
- оценен вклад субмезомасштабных явлений в горизонтальный и вертикальный турбулентный обмен в разных районах моря.

**Теоретическая и практическая значимость работы** определяется полученными новыми знаниями о процессах, протекающих на масштабах меньше приливного цикла, и ассоциируемых с ними явлений в Белом море. Эти знания могут быть использованы для развития представлений о закономерностях формирования и взаимодействия разномасштабных гидрофизических полей и процессов в других приливных арктических морях. Разработанная совокупность методов наблюдений за субмезомасштабной пространственно-временной изменчивостью характеристик гидрофизических полей может применяться и в других приливных морях. Полученные результаты могут использоваться для валидации высокоразрешающих термогидродинамических моделей, размещения хозяйств аквакультуры, повышения безопасности эксплуатации подводных объектов, решения экологических задач и минимизации возможных негативных последствий от природных катастрофических явлений.

При разработке методов были разработаны новые технические решения, относящиеся к области измерительной техники, а более конкретно – к системам и устройствам для измерения топографии пикноклина и термоклина, и программное обеспечение. Они могут быть использованы в специализированных системах наблюдения за короткопериодной изменчивостью океанологических полей. Массивы накопленной информации, включающей данные судовых и спутниковых наблюдений, уникальны по своему объему и набору параметров. Они могут использоваться для дальнейшего анализа, выявления закономерностей и моделирования.

Диссертация выполнялась в рамках реализации плановых исследований по базовым темам государственного задания Института океанологии РАН, программе Президиума РАН №23, Мега-гранта Правительства РФ (договор № 11.G34.31.0078), гранта Правительства РФ (договор № 14.Z50.31.0012), гранта РФН ("Мировой океан в XXI веке: климат, экосистемы, ресурсы, катастрофы №14-50-00095), федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, грантов РФФИ и хоздоговорных работ с Министерством обороны РФ. Результаты работ по теме диссертации вошли составной частью в отчеты по этим темам и грантам.

Итоги исследований используются в учебном процессе в Российском государственном



гидрометеорологическом университете в рамках курсов:

-«Общая океанология» (направление: «прикладная гидрометеорология», профиль: «прикладная океанология», квалификация: бакалавр);

-«Методы специальных океанологических измерений» (направление: «прикладная гидрометеорология», профиль: «прикладная океанология», квалификация: магистр).

**Результаты работы докладывались и обсуждались** на следующих научных конференциях и семинарах: Международных конференциях «Потоки и структуры в жидкостях» (Санкт-Петербург, 2007; Москва, 2009, Санкт-Петербург, 2013, Светлогорск, 2015); Международных и Всероссийских конференциях «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», Санкт-Петербург, 2008; 2010; 2012, 2014); Четвертой межведомственной конференции «Проявление глубинных процессов на морской поверхности» (Нижний Новгород, 2009); Международной конференции «Current Problems in Optics of Natural Waters» (Санкт-Петербург, 2009; 2013, 2015); Международной конференции «Морские исследования полярных областей земли в международном полярном году 2007/2008» (Санкт-Петербург, 2010); Молодежных конференциях «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (Санкт-Петербург, 2011; 2013, 2015); Международных научно-технических конференциях «Методы и средства океанологических измерений» (Москва, 2011; 2013; 2015); International Conference on Marine Technology (Kuala Terengganu, 2012); Всероссийских открытых ежегодных конференциях «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 2012; 2013, 2014, 2015); XXIX Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера» (Мурманск, 2013); XII Международной конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря» (Петрозаводск, 2013); семинарах кафедры океанологии и итоговых сессиях ученого совета РГГМУ (Санкт-Петербург, 2009; 2010; 2011; 2012; 2013); заседаниях Научного совета по проблемам фундаментальной и прикладной гидрофизики СПб НЦ РАН (Санкт-Петербург, 2011; 2013); секции ученого совета СПбФ ИО РАН (Санкт-Петербург, 2011; 2012, 2013, 2014); ученом совете Физического направления ИО РАН (Москва, 2012); семинаре «Система Белого моря» ИО РАН (Москва, 2012).

По теме диссертации более 50 научных работ, включая 1 раздел в коллективной монографии, 17 статей в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, входящих в Перечень изданий, рекомендованных ВАК. Кроме того, диссертантом получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 7 свидетельств о регистрации баз данных и 3 патента.

Диссертация «Закономерности субмезомасштабных процессов и явлений в Белом море» Зимина Алексея Вадимовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.28 – «Океанология».

Заключение принято на научном семинаре проводившегося в рамках расширенного заседания кафедры океанологии. Присутствовало на заседании 17 человек.

Результаты голосования:

«за» – 11,

«против» – 1,

«воздержались» – 5.

Протокол № 4 от «22» декабря 2016 г.

Председатель научного семинара  
доктор физико-математических наук, профессор

*Царев В. А.*

Царев В. А.

Личную подпись Царев В. А.  
Иван. Ученов от Управление кадров РГГМУ  
Управление кадров РГГМУ  
Иванов В. В.  
2016 г. 28.12.2016