

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук

УДК 551.46;535.5

№ гос. регистрации 01201363043

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Директор ТОИ ДВО РАН
академик РАН


В.А. Акуличев

« 10 » марта 2015 г.



ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе
по теме 4

СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В СВЯЗИ
С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ И АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг.

«Мировой океан – физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем»

в 2014 г

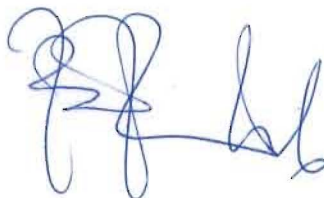
Руководители НИР

Директор ТОИ ДВО РАН
академик



В.А. Акуличев

Зам. директора по научной работе
канд. геогр. наук



В.Б. Лобанов

Владивосток 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководители темы

Директор ТОИ ДВО РАН

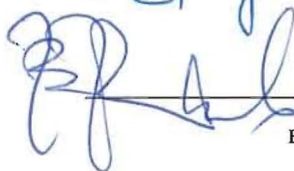
академик



В.А. Акуличев

Зам. директора по научной работе

канд. геогр. наук



В.Б. Лобанов (реферат,
введение, раздел 7, заключение)

Ответственные исполнители

Вед. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук



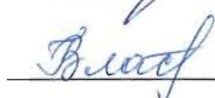
В.И. Пономарев (раздел 1)

Вед. науч. сотр., д-р геогр. наук




В.А. Лучин (раздел 2)

Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук



Г.А. Власова (раздел 3)

Ст. научн. сотр., канд. геогр. наук



В.В. Мороз (раздел 4)

Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук



И.А. Жабин (раздел 5)

Вед. науч. сотр., канд. техн. наук



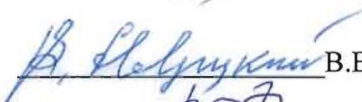
О.О. Трусенкова (раздел 6)

Ст. научн. сотр.



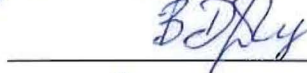
А.Ф. Сергеев (раздел 7)

Гл. науч. сотр., д-р физ.-мат. наук



В.В. Навроцкий (раздел 8)

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук



В.А. Дубина (раздел 9)

Зав. лабораторией, канд. техн. наук



В.А. Горячев (раздел 10)

Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук

А.М. Полякова (раздел 11)

Зав. лабораторией, д-р физ.-мат. наук



М.С. Пермяков (раздел 12)

Зав. лабораторией, д-р физ.-мат. наук



Л.М. Митник (раздел 13, 14)

Зав. лабораторией, канд. физ.-мат. наук



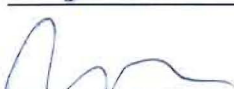
П.А. Салюк (раздел 15, 16)

Науч. сотр., канд. техн. наук



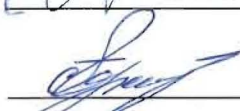
О.Г. Константинов (разд 17)

Зав. лабораторией, канд. геогр. наук



И.Д. Ростов (раздел 18)

Нормоконтролер



А.В. Серeda

РЕФЕРАТ

Отчет 47 с., 18 разделов, 28 рис., 1 таблица, 34 публикации, 2 патента

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ МОРЯ, ТИХИЙ ОКЕАН, ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ОКЕАН И АТМОСФЕРА, АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ВОД, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ИЗ КОСМОСА, КОМПЛЕКСНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

В рамках научно исследовательской работы изучено состояние и изменчивость основных характеристик вод дальневосточных морей России и прилегающей акватории северо-западной части Тихого океана на основе натурных наблюдений, анализа архивных данных и численного моделирования. Исследована разномасштабная изменчивость океанологических полей, выявлены особенности климатических колебаний. Рассчитаны параметры межгодовой изменчивости термического состояния подповерхностных и промежуточных вод Охотского моря. Определены региональные особенности сезонного гидродинамического режима поверхностных вод на акватории северной части Курильской дуги и механизмы формирования разномасштабных неоднородностей термохалинной структуры вод в Курильских проливах, выявлены параметры синоптической динамики вод. Осуществлен анализ изменчивости энергетики синоптических процессов в Японском море. Исследована динамика вод на шельфе залива Петра Великого. Рассмотрено воздействие разрушения внутренних волн на пространственно-временную структуру биологических характеристик в шельфовой зоне моря. Исследованы мезомасштабные особенности ледяного покрова дальневосточных морей. Выявлены характеристики распределения радионуклидов в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана. Определены причины возникновения мегациклонов в северной части Тихого океана. Исследованы характеристики мезомасштабных вихрей в тропических циклонах северо-западной части Тихого океана. Разработаны алгоритмы восстановления параметров океана и атмосферы по данным дистанционного зондирования, проведен анализ опасных морских погодных систем, определены статистические характеристики пространственной изменчивости полей температуры поверхности океана и концентрации хлорофилла по спутниковым данным. Разработан региональный алгоритм определения пыли в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана. Усовершенствованы оптические устройства для проведения подспутниковых экспериментов и мониторинга прибрежных акваторий. Разработана и введена в эксплуатацию КИС «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Особенности климатических колебаний декадного и междекадного масштабов в Охотском и Японском морях, а также их связи с колебаниями климата в Тихом океане, Арктическом бассейне и континентальных районах Азии	6
2 Параметры межгодовой изменчивости термического состояния подповерхностных и промежуточных вод Охотского моря	7
3 Общие закономерности и региональные особенностей сезонного гидродинамического режима поверхностных вод на акватории северной части Курильской дуги	9
4 Механизмы и условия формирования разномасштабных неоднородностей термохалинной структуры вод в Курильских проливах	11
5 Параметры взаимодействия синоптических и мезомасштабных вихрей в Охотском море	12
6 Изменчивость энергетики синоптических процессов в Японском море	15
7 Динамика вод на шельфе залива Петра Великого	17
8 Разрушение внутренних волн на мелководье и их воздействия на пространственно-временную структуру биологических характеристик в шельфовой зоне моря	19
9 Мезомасштабные особенности ледяного покрова дальневосточных морей	21
10 Характеристики распределения искусственных и естественных радионуклидов H-3, Be-7, Cs-134, Cs-137, Co-60 в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана	21
11 Характеристики и причины возникновения мегациклонов в северной части Тихого океана	23
12 Характеристики мезомасштабных вихрей в тропических циклонах северо-западной части Тихого океана	25
13 Алгоритмы восстановления геофизических параметров по данным дистанционного зондирования из космоса	26
14 Анализ опасных морских погодных систем по данным дистанционного зондирования	28
15 Статистические характеристики пространственной изменчивости полей температуры поверхности океана и концентрации хлорофилла по спутниковым данным	32
16 Разработка регионального алгоритма определения пыли в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана	35
17 Усовершенствование оптических устройств для проведения подспутниковых экспериментов и мониторинга прибрежных акваторий	37
18 Разработка и ввод в эксплуатацию КИС «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов Дальневосточных морей России»	40
Заключение	42
Список использованных источников (публикации, патенты)	44

ВВЕДЕНИЕ

В работах по Теме 4 «Состояние и изменчивость океанологических характеристик дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана в связи с климатическими изменениями и антропогенными воздействиями» Программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг. «Мировой океан – физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем» в 2014 г принимали участие лаборатории отделов общей океанологии и спутниковой океанологии ТОИ ДВО РАН.

Основное содержание работ включало изучение механизмов формирования устойчивых режимов и климатических аномалий в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана, оценку состояния и изменчивости характеристик потоков тепла на морской поверхности, напряжений трения ветра и ледяного покрова на основе натурных наблюдений, анализа архивных данных и численного моделирования. По результатам анализа баз океанографических данных были проведены оценки параметров подповерхностных и промежуточных вод Охотского и Берингова морей, неоднородностей структуры вод на акватории Северных Курил. На основе численного моделирования получены схемы течений при различных синоптических ситуациях. Выполнена оценка параметров синоптической динамики вод дальневосточных морей, тенденций изменчивости уровня Японского моря за весь период альтиметрических наблюдений, турбулентных потоков тепла, импульса и энергии в прибрежной зоне, связанных с динамикой внутренних волн. По результатам экспедиционных работ проведен анализ распределения искусственных и естественных радионуклидов в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» и другими последствиями хозяйственной деятельности. Проведены работы по совершенствованию алгоритмов восстановления полей океана и атмосферы в морских погодных системах со штормовыми и ураганскими ветрами по спутниковым данным. Выполнена оценка характеристик мезомасштабной структуры погодных систем над океаном, проведен мультисенсорный анализ циклонических образований, исследованы характеристики и причины возникновения мегациклонов, пространственная изменчивость полей температуры поверхности океана и концентрации хлорофилла. Разработан региональный алгоритм определения пыли в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана. Усовершенствованы оптические устройства для проведения подспутниковых экспериментов и мониторинга прибрежных акваторий. Пополнены ресурсы информационной базы по прибрежно-морской среде дальневосточных морей.

1 Особенности климатических колебаний декадного и междекадного масштабов в Охотском и Японском морях, а также их связи с колебаниями климата в Тихом океане, Арктическом бассейне и континентальных районах Азии

Определены (Пономарев и др., 2014) особенности климатических колебаний декадного и междекадного масштабов в Охотском и Японском море, а также их связи с колебаниями климата в Тихом океане, Арктическом бассейне и континентальных районах Азии. На декадных и междекадных масштабах колебаний климата усиление зимнего муссона, значительное увеличение ледовитости Японского и Охотского морей сопровождается увеличением потока тепла из океана в атмосферу в западной субарктике в случае Японского моря, в западной и центральной субарктике в случае Охотского моря (рисунок 1). Смена многолетнего климатического режима в 70-е годы 20-го века с холодного на теплый в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона сопровождалась сменой знака аномалий ТПО, потока тепла из океана в атмосферу в субарктике Тихого океана и муссонной системы Северо-Восточной Азии. Эта смена климатического режима в АТР соответствует смене фаз квазиполувекового колебания в АТР и Арктике.

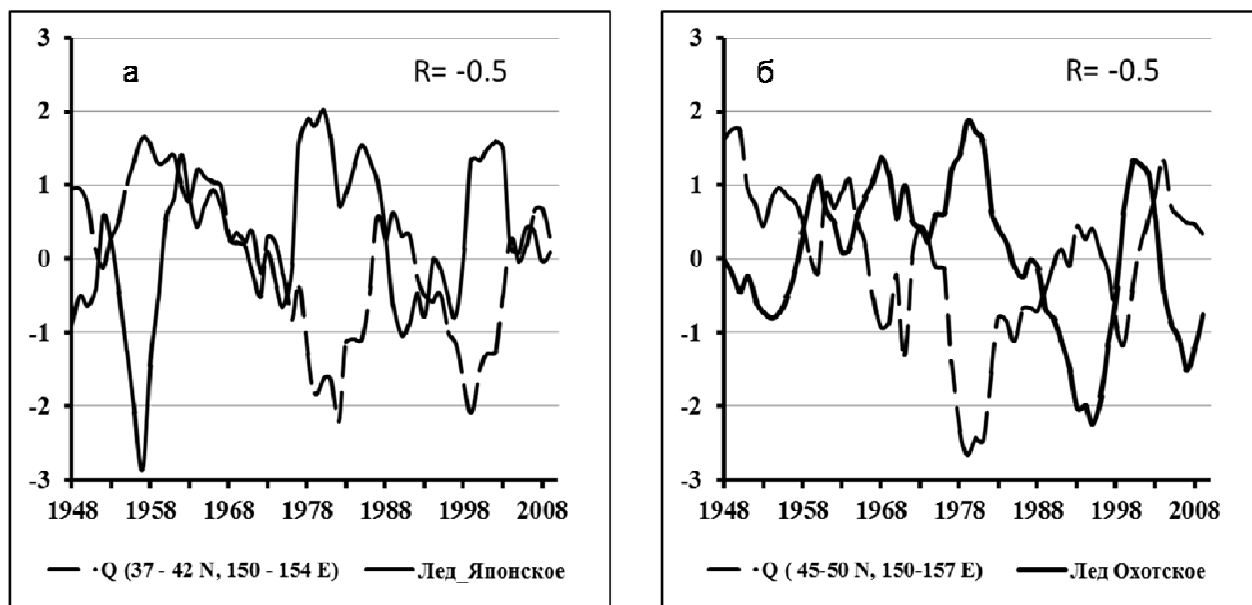


Рисунок 1 - Нормализованные аномалии сглаженных 5-летним фильтром временных рядов ледовитости Японского (а), Охотского (б) морей в феврале и потока тепла Q из океана в атмосферу в зимний сезон с 1948 г. по 2012 г. в областях наибольших по абсолютной величине отрицательных коэффициентов корреляции

Показана (Бышев и др., 2014) роль тихоокеанских событий Эль-Ниньо в формировании климатических аномалий в субарктических и арктических районах Дальневосточном регионе России (ДВР). В субарктических районах ДВР, включающих Охотское море, северо-западную часть Японского моря событиям сильных Эль-Ниньо сопутствует усиление зимнего муссона (ветер западных и северо-западных румбов) и увеличению ледовитости этих морей. Аномалии атмосферной циркуляции в период сильных Эль Ниньо приводят к дефициту осадков на юге ДВР и падению уровня в водохранилище Артёмовское - Многоудобное под Владивостоком (рисунок 2). В арктических районах ДВР и Беринговом море при сильных Эль Ниньо усиливаются восточный перенос и отмечаются значительные положительные аномалии приземной температуры воздуха.

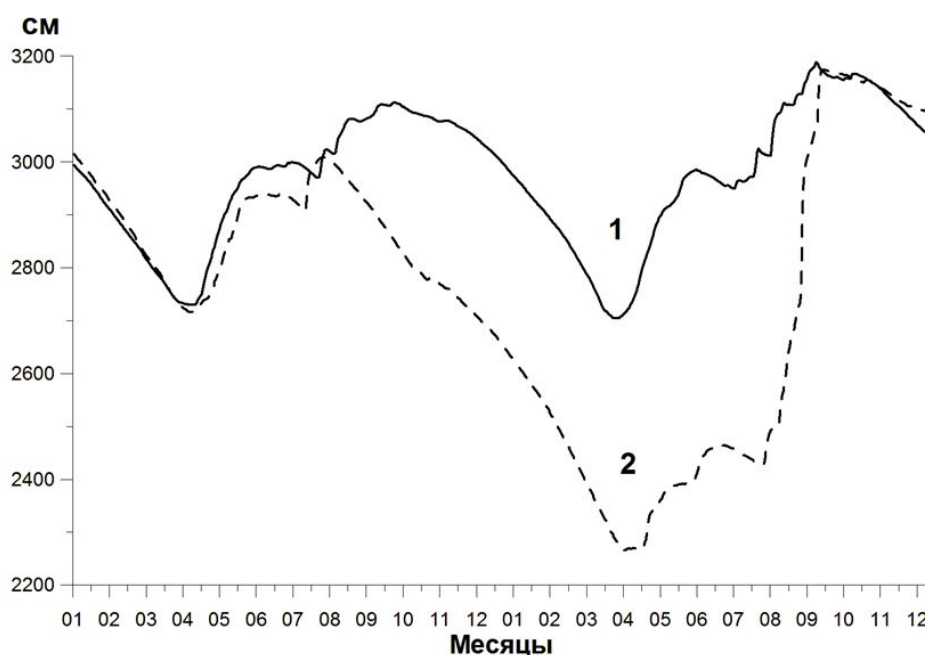


Рисунок 2 - Годовой ход уровня водохранилища Артёмовское-Многоудобное в обычные годы (1): 1980-81, 1987-88, 1989-90, 1993-94, 1995-96, 1999-2000, 2006-07 и в годы продолжительных и сильных Эль-Ниньо (2), начинавшихся в весенний сезон 1982-1983, 1991-1992 и 1997-1998 гг.

2 Параметры межгодовой изменчивости термического состояния подповерхностных и промежуточных вод Охотского моря

Параметры подповерхностных и промежуточных вод Охотского моря получены с использованием двух массивов данных. В первый массив, по которому рассчитаны параметры подповерхностных вод, включены данные за май-июль от поверхности до горизонта 290 м (48 7768 станций, выполненных с 1932 по 2009 гг.). Во второй массив, по которому рассчитана

нижняя граница промежуточных вод, вошли данные за январь-декабрь от горизонта 300 м до дна (27 413 станций, выполненных с 1933 по 2009 гг.). На каждой океанографической станции проведена линейная интерполяция значений температуры на горизонты кратные 10 м. Информация этих двух массивов сортировалась в сферические трапеции (с шагом по широте и долготе 2 градуса).

Основой для исследования межгодовой изменчивости являются интегральные содержания тепла отдельно для охотоморской и промежуточной водных масс, границы которых были определены в работе (Круц, Лучин, 2013). Имея значения верхних и нижних границ конкретной водной массы, в каждом квадрате были рассчитаны интегральные содержания тепла (согласно Levitus et al., 2012).

Анализ выполнен с использованием только 2-х первых составляющих разложения массивов интегральных содержаний тепла по ЭОФ. В полях первых компонент наблюдаются синхронные колебания в пределах всего моря. Вторые компоненты отражают противофазность межгодовых колебаний западной и восточной частей моря.

Анализ многолетней изменчивости полученных временных рядов проведен в два этапа. На первом этапе оценено наличие трендовой составляющей. Для этой цели использован фильтр, выделяющий линейную функцию времени из смеси с белым шумом (Плотников, 2003). На втором этапе проведен спектральный анализ анализируемых рядов. При этом, для корректности получаемых спектральных оценок, предварительно проведена фильтрация трендовых составляющих. Анализ частотных спектров анализируемых рядов получен методом максимальной энтропии (Привальский, 1985). Все расчеты проведены для 95% уровня значимости.

Для синхронных межгодовых колебаний охотоморской водной массы (ядром которой является холодный подповерхностный слой – ХПС) характерны 25, 6-7 и 2-3-летние периодичности. В межгодовых колебаниях ее второй компоненты разложения по ЭОФ выделены 33 и 2-3-летние периодичности.

Для синхронных межгодовых колебаний промежуточных вод выделен значимый линейный тренд, свидетельствующий о росте температуры промежуточных вод. Спектральный анализ временного коэффициента первого вектора разложения показал следующие доминирующие периоды изменчивости: от 2 до 4 лет, 5-6-летнюю и декадную (от 10 до 20 лет). В межгодовых колебаниях второй компоненты разложения по ЭОФ выделены 16-17, 5 и 2-3-летние периодичности. Расчеты также показали отсутствие значимого линейного тренда в межгодовых колебаниях второй компоненты.

3 Общие закономерности и региональные особенностей сезонного гидродинамического режима поверхностных вод на акватории северной части Курильской дуги

Основной целью выполненных работ являлось изучение общих закономерностей и региональных особенностей сезонного гидродинамического режима поверхностных вод на акватории северной части Курильской дуги под влиянием «северо-западного» типа атмосферных процессов (Полякова, 1992) на основе численного моделирования.

По итогам численных расчетов был построен комплект карт поверхностной циркуляции вод для всех календарных месяцев за период 1949-2010 гг. Как показали расчеты, на акватории Северных Курил наблюдается сложная гидродинамическая картина течений с круговоротами и вихрями различного масштаба и знака, с локальными особенностями пространственно-временной сезонной изменчивости гидродинамических структур (Власова, Деменок, 2013).

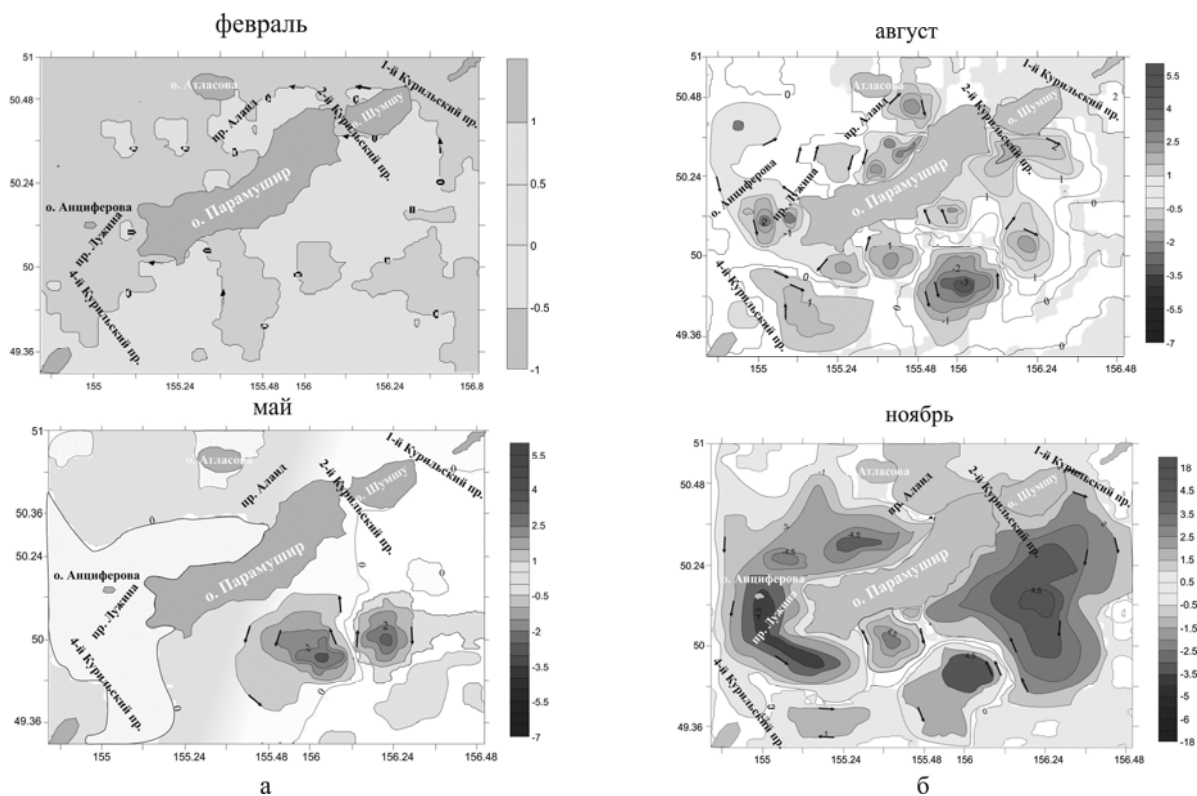


Рисунок 3 – Циркуляция вод на поверхности (1×10^7 см³/сек) в феврале, мае (а) и августе, ноябре (б) за период 1949-2010 гг. под влиянием «северо-западного» типа атмосферных процессов в зоне проливов Северных Курил

В ходе выполнения работ были выявлены следующие важнейшие результаты:

- проведен анализ полученных сезонных схем циркуляции вод за 61-летний период с охотоморской и тихоокеанской сторон Северных Курил под влиянием «северо-западного» типа

атмосферных процессов. Близлежащая к островам охотоморская акватория практически во все сезоны характеризуется преимущественно циклонической деятельностью, но с наличием квазистационарного слабо выраженного антициклонического вихря в летне-осенний сезон на северо-западе острова Парамушир. Циркуляция вод со стороны Тихого океана с мая по декабрь характеризуется наличием квазистационарного антициклонического круговорота вблизи о-вов Парамушир и Шумшу (рисунок 3 а,б).

- исследован водообмен в проливах Северных Курил. Установлено, что во все сезоны основная роль в пополнении бассейна Охотского моря тихоокеанскими водами принадлежит Четвертому Курильскому и Лужина проливам. Основной вынос охотоморских вод осуществляется через Первый и Второй Курильские проливы. В весенний период, когда происходит активное таяние льда в Охотском море гидродинамическая ситуация несколько меняется, сток охотоморских вод в разной степени происходит практически через все проливы (таблица 1).

Таблица 1 - Водообмен в проливах Северных Курил

Месяцы	Проливы				
	Первый Курильский	Второй Курильский	Алаид	Лужина	Четвертый Курильский
март	↑	↑	↔	↕	↕
апрель	↓	↓	↔	↑	↕
май	↓	↑	↔	↓	↕
июнь	↓	↓	↔	↕	↕
июль	↓	↓	↔	↕	↕
август	↓	↓	↔	↕	↕
сентябрь	↓	↓	↔	↕	↕
октябрь	↓	↓	↔	↕	↕
ноябрь	↓	↓	↔	↕	↕
декабрь	↓	↓	↔	↕	↕
январь	↓	↑	↔	↑	↕
февраль	↑	↑	↔	↕	↕

4 Механизмы и условия формирования разномасштабных неоднородностей термохалинной структуры вод в Курильских проливах

В районе Курильской островной гряды на основе материалов информационной базы данных ТОИ ДВО РАН (<http://pacificinfo.ru/>), включающей массивы гидрологических данных экспедиционных исследований 1970 – 2005гг изучены механизмы трансформации структуры вод в переходной зоне Охотское море – Курильские проливы – Тихий океан. Выявлена (Мороз, 2014; Mогоz, 2014) определяющая роль региональных особенностей приливных явлений в проливах гряды, таких как сопровождающие их процессы вихреобразования и фронтогенеза, при формировании локальных неоднородностей термохалинной структуры вод и вторичных температурных минимумов.

Продуцируемые приливными процессами такие их составляющие, как приливные течения и колебания уровня, имеют свои региональные особенности в проливах Курильской гряды. Изрезанность береговой линии островов и сложный рельеф дна проливов усложняют структуру приливной волны. Из-за пространственной неравномерности скоростей приливных течений, связанной с трением приливного потока о дно и берега проливов, их взаимодействия с постоянными течениями и между собой в проливах наблюдается фронтогенез, генерируются вихри различного масштаба (рисунок 4а).

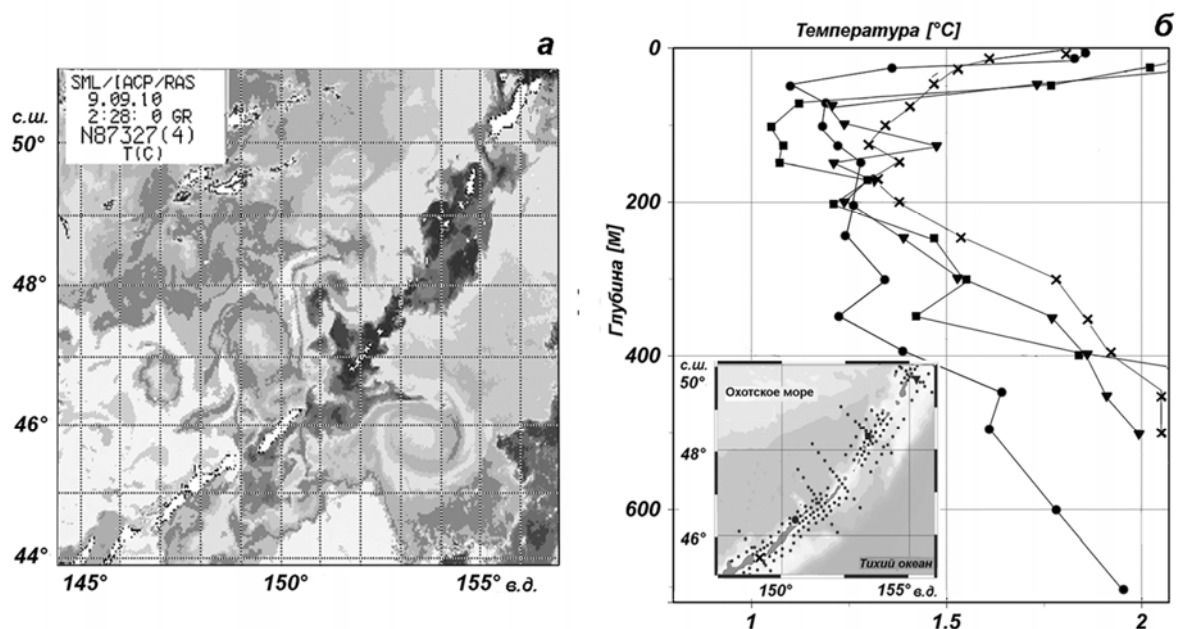


Рисунок 4 – Вихревая структура поля поверхностной температуры по спутниковым ИК-изображениям (а), профили температуры в основных проливах гряды (б)

Данные процессы, в комплексе, приводят не только к трансформации вертикальной термохалинной структуры вод - формированию в проливах Курильской ее разновидности, а также

играют определяющую роль в формировании неоднородностей структуры вод. Это - образование интрузий вод различного происхождения, формирование линзообразных ядер в холодном промежуточном слое (ХПС) и формирование вторичных более глубоких локализованных минимумов температуры (рисунок 4б). Трансформация структуры вод в приливном цикле и интрузионное переслоение имеет место как на шельфе, так и в глубоководных зонах. На шельфе – это механизм диапикнического проникновения вод с иными характеристиками. В глубоководных зонах данный механизм важный, но, как показали исследования, не единственный при значительной динамической активности района. Интрузии с аномальными характеристиками возникают в процессе приливной адвекции в случаях неравномерного сдвига фронтальных разделов на различных горизонтах, а также “захвата” отдельных мелкомасштабных вихрей и переноса через зону пролива из прилегающих акваторий порций вод с практически неизменными характеристиками. С интрузиями низкотемпературных охотоморских вод связан механизм формирования вторичных заглубленных ядер ХПС. Формирование структуры вод с двухядерным ХПС обнаружено во всех основных проливах гряды.

Вихреобразование и фронтогенез, сопровождающие приливные процессы играют определяющую роль и в формировании особенностей гидроакустических характеристик вод Курильского района, в частности – поля скорости звука. Как и для поля температуры, здесь выявлены неоднородности. В плоскостях карт и разрезов они представляют собой области, ограниченные замкнутыми изотаксами. Наличие таких локализованных областей выявлено и в области минимума скорости звука – зоне подводного звукового канала (ПЗК), соответствующей ядру ХПС. Подобные особенности структуры поля скорости звука свидетельствуют о том, что наряду с типичным ПЗК - плоскостным волноводом, здесь происходит формирование локализованных трехмерных ПЗК. Этот факт достаточно важен и говорит о том, что формирование трехмерных ПЗК в зоне Курильской гряды предопределяется особенностями региональной структуры вод, а именно, формированием неоднородностей в ХПС.

5 Параметры взаимодействия синоптических и мезомасштабных вихрей в Охотском море

Мезомасштабные процессы (вихри, фронты, струйные течения, характерный пространственный масштаб 0.1 -20 км) играют важную роль в горизонтальном и вертикальном переносе массы, плавучести и трассеров в верхнем слое океана. Мезомасштабные процессы рассматриваются как важное промежуточное звено в переносе энергии между движениями синоптического масштаба (20-100 км) и мелкомасштабной турбулентностью. В настоящее время

спутниковые наблюдения являются одним из основных инструментов исследования океана. Исходя из вышесказанного, была сформулирована цель исследований – на основе данных спутникового дистанционного зондирования исследовать взаимодействие синоптических и мезомасштабных вихрей в глубоководной Курильской котловине Охотского моря (Жабин и Андреев, 2014).

Анализ многолетнего ряда спутниковых инфракрасных (AVHRR NOAA, MODIS Terra/Aqua и) и альтиметрических (объединенный массив альтиметрических наблюдений за уровнем океана AVISO, 2000-2011 гг) наблюдений показал, что циркуляция вод в Курильской котловине определяется тремя квазистационарными антициклоническими вихрями синоптического масштаба (рисунок 5).

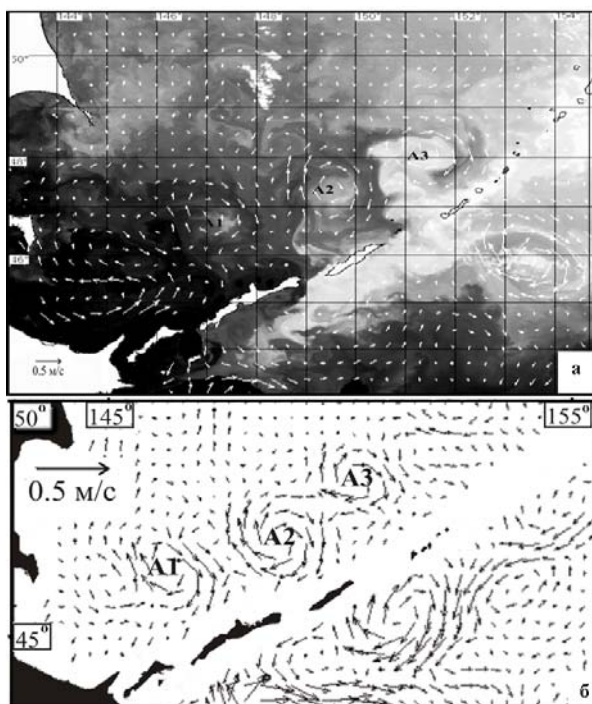


Рисунок 5 - Инфракрасное изображение Охотского моря (а), полученное 12 сентября 2010 г. (AVHRR NOAA) и среднее поле поверхностных геострофических течений в сентябре (б), рассчитанное по данным объединенной спутниковой альтиметрии AVISO для периода с 2000 по 2011. На ИК-изображение нанесены вектора поверхностных геострофических течений, полученные по данным спутниковой альтиметрии AVISO (9 - 13 сентября 2010 г). Холодным водам соответствует светлый тон ИК-изображения, теплым – темный. Квазистационарные синоптические вихри обозначены символами А1, А2 и А3

По данным скаттерометра SeaWind спутника QuikSCAT в теплую половину года над глубоководной частью Охотского моря наблюдается отрицательная завихренность поля напряжения ветра, которая формирует антициклоническую циркуляцию вод, состоящую из

синоптических вихрей. Анализ спутниковых ИК-изображений высокого разрешения (съемочная аппаратура, установленная на спутниках серии Landsat) показал, что мезомасштабные процессы (мелкомасштабные вихри и стримеры) определяют взаимодействие мезомасштабных вихрей с водами зоны интенсивного приливного перемешивания, расположенной на шельфе Курильских островов. Мезомасштабные циклонические вихри формируются на фронтах приливного перемешивания и в районе пролива Буссоль, расположенного в центральной части Курильской гряды.

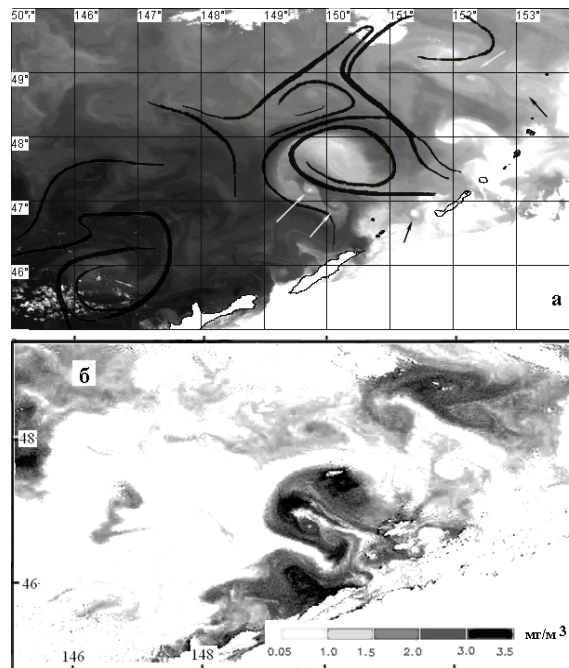


Рисунок 6 - Инфракрасное изображение северо- западной части Курильской котловины Охотского моря, полученное 5 сентября 2005 г. (а, NOAA AVHRR, холодным водам соответствует светлый тон изображения, теплым водам– темный) и хлорофилла а (б, MODIS Aqua, 5 сентября 2005 г) . На инфракрасном изображении показано распределение наибольших показателей Ляпунова, рассчитанных на 5 сентября 2005 г. ($\lambda > 0.5$ день⁻¹). Стрелками показано положение мезомасштабных вихрей

В последнее время в океанологии начали использоваться методы и средства, разработанные в нелинейной динамике и теории динамических систем (Samelson, 2013). Лагранжева диагностика, основанная на расчете различных локальных показателей Ляпунова, позволяет выделять устойчивые во времени и в пространстве динамические структуры в поле скорости поверхностных течений. Показатели Ляпунова, определенные по масштабу, дают возможность рассмотреть эффекты, связанные с относительной дисперсией (горизонтальным неоднородным перемешиванием вод) и выделить районы и структуры с различным динамическим режимом. Лагранжева диагностика, основанная на данных спутниковой альтиметрии (рисунок 6 а) показала,

что субмезомасштабные вихри, которые формируются на фронте приливного перемешивания и в Курильских проливах распространяются по периферии северного синоптического вихря в пределах адвективного стримера, ограниченного транспортными барьерами. Формирование и разрушение мезомасштабных вихрей за счет горизонтального перемешивания приводит к поступлению холодных и богатых биогенными элементами вод зоны интенсивного приливного перемешивания в глубоководную Курильскую котловину. По спутниковым данным (рисунок 6 б) за счет взаимодействия синоптических и мезомасштабных вихрей в поверхностном слое северо-восточной части Охотского моря в летний период наблюдаются повышенные концентрации хлорофилла а.

6 Изменчивость энергетики синоптических процессов в Японском море

Изменчивость энергетики синоптических процессов в Японском море исследована на основе оценки вихревой кинетической энергии (ВКЭ) по данным спутниковой альтиметрии за 1993–2013 гг. Средняя величина ВКЭ, в том числе ее зональной и меридиональной составляющих, возрастает с мая по октябрь – ноябрь и уменьшается с декабря по март – апрель (рисунок 7а). Эти сезонные изменения синфазны с годовым ходом интенсивности циркуляции вод Японского моря (Трусенкова, Каплуненко, 2013) и с сезонной изменчивостью старшей моды полей ВКЭ, описывающей генерацию ВКЭ за счет гидродинамической неустойчивости (Трусенкова, 2014). Межгодовая изменчивость ВКЭ описывается эмпирическими модами (Intrinsic Mode Functions – IMF), полученными с помощью преобразования Хуанга, на основе чего возможна оценка долговременных тенденций на фоне сильного короткопериодного сигнала, в данном случае – годового хода (Huang, Wu, 2008). По среднему временному ряду ВКЭ получено 7 эмпирических мод, причем периоды колебаний возрастают с увеличением номера моды, при этом IMF 6 описывает квазидвухлетние колебания, а IMF 7 – наиболее долгопериодную изменчивость (рисунок 7а). Однонаправленной тенденции не обнаружено, а увеличение IMF 6 и 7 в конце периода наблюдений можно объяснить аномально большой величиной средней ВКЭ в 2013 г.

Средняя (по времени) величина ВКЭ в субтропической части Японского моря на порядок больше, чем в субарктической, причем локальные максимумы наблюдаются в районах котловин Цусимской и Ямато, что также имеет место для зональной и меридиональной составляющих (рисунок 7б). Зоны, в которых отношение зональной составляющей к меридиональной существенно отличается от единицы, связаны с батиметрическими или динамическими структурами. Зональная составляющая превышает меридиональную в районе Приморского течения у побережья южного Приморья и в зоне восточного участка САФ; обратное соотношение

имеет место в зоне западных пограничных течений у корейского побережья, вдоль западного склона поднятия Ямато и в зоне Цусимского течения вдоль берега о. Хоккайдо (рисунок 7б).

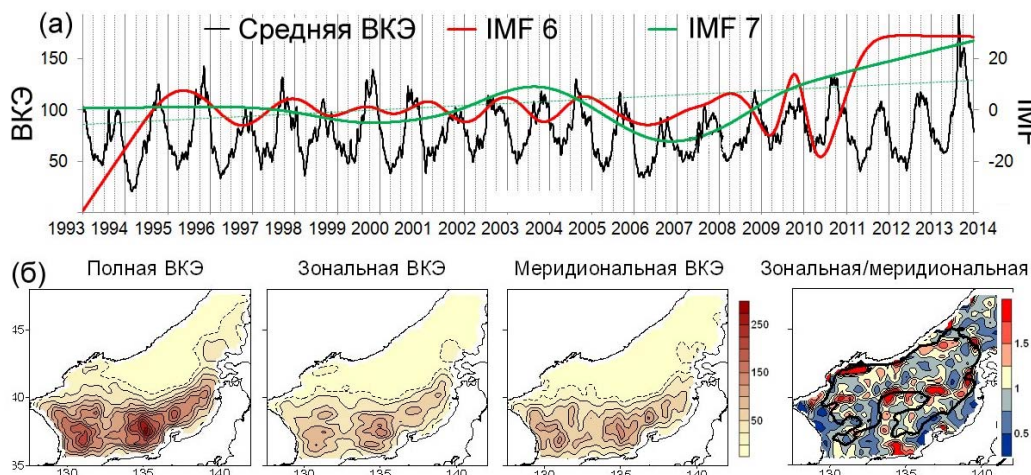


Рисунок 7 – Средняя (по акватории моря) величина ВКЭ ($\text{см}^2/\text{с}^2$) и 6-я и 7-я IMF (а). Средняя (по времени) величина ВКЭ, ее зональной и меридиональной составляющих ($\text{см}^2/\text{с}^2$) и отношение зональной составляющей к меридиональной; показана изобата 2000 м (б)

Для оценки изменчивости ВКЭ в районе к востоку от побережья Приморья, куда происходит подток теплых вод с востока из зоны Цусимского течения, выполнено преобразование Хуанга сглаженной величины ВКЭ, осредненной в районе ($41^\circ\text{--}43^\circ$ с.ш., $135^\circ\text{--}137^\circ$ в.д.). Всего выделено 4 эмпирические моды, причем IMF 1 описывает полугодовые, IMF 2 – годовые, IMF 3 – квазидвухлетние колебания ВКЭ, а IMF 4 – наиболее долгопериодную изменчивость (рисунок 8). При этом однонаправленной тенденции за весь период наблюдений не обнаружено, однако с середины 2008 г. величина ВКЭ в этом районе уменьшается (Трусенкова, 2014).

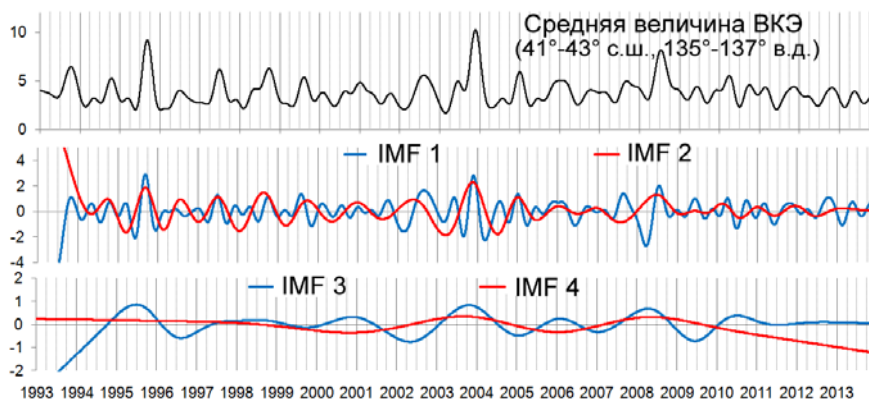


Рисунок 8 – Средняя величина сглаженной ВКЭ ($\text{см}^2/\text{с}^2$) в районе ($41^\circ\text{--}43^\circ$ с.ш., $135^\circ\text{--}137^\circ$ в.д.) и ее эмпирические моды (IMF 1–4)

7 Динамика вод на шельфе залива Петра Великого

Исследования по проекту выполнялись в морских экспедициях, организованных ТОИ ДВО РАН в 2014 г - рейс №66 этап 2 НИС "Академик М.А. Лаврентьев" (14-15 мая) и рейс №64 НИС «Профессор Гагаринский» (20-24 ноября). Экспедиционные работы включали выполнение гидрологических, гидрохимических и биологических исследований в заливе Петра Великого и прилегающей части Японского моря, в том числе, с использованием автономных заякоренных буйковых станций (АБС). Целью работ являлось изучение изменчивости системы течений и процессов водообмена шельфа и глубокого моря, прежде всего, процессов осеннего апвеллинга и зимней конвекции, ответственных как за вентиляцию вод залива, так и изменение характеристик глубинных вод всего Японского моря. Был осуществлен подъем и обработка данных шести АБС, установленных на шельфе, склоне и присклоновой области залива Петра Великого осенью 2013 г., постановка и подъем АБС в заливе Восток в осенний период. Одновременно была выполнена комплексная съемка залива Восток, где планируется строительство крупного нефтехимического комбината ВНХК, для оценки состояния вод залива и воздействия апвеллинга на изменение их характеристик и вентиляцию прибрежной зоны.

Ранее нами была показана важная роль апвеллинга и адвекции морских вод в разрушении летней гипоксии Амурского и Уссурийского заливов. По результатам работ 2014 г подтверждено (Лобанов и др. 2014, Lobanov et al., 2014) существенное влияние осеннего апвеллинга на характеристики вод прибрежной зоны Приморья. На рисунке 9 по данным АБС в заливе Восток показано, что на фоне общего понижения температуры воды в период наблюдений (октябрь-ноябрь) 26-27 октября отмечалось её резкое падение в придонном слое на 8 градусов (с 11°C до 3°C), обусловленное апвеллингом (поднятием на шельф вод открытого моря).

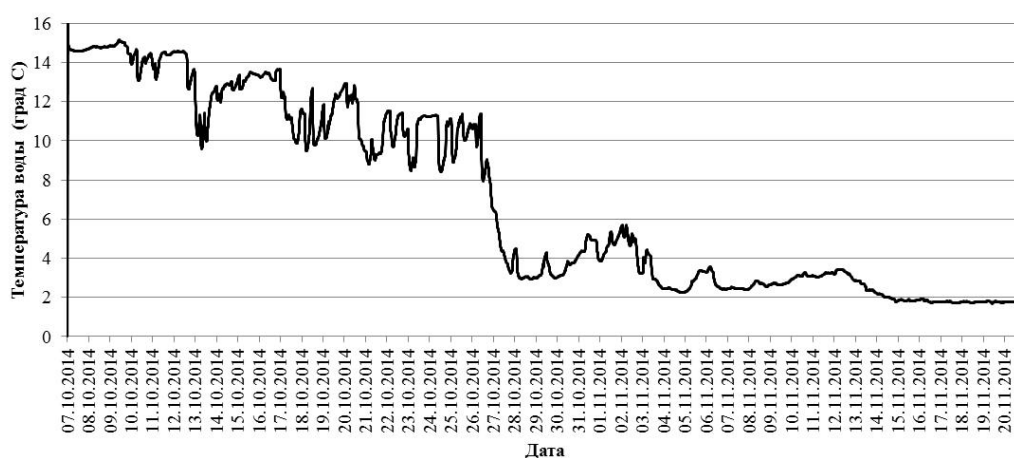


Рисунок 9 – Временная изменчивость температуры воды (°C) в придонном слое залива Восток.

Резкое понижение 26-27 октября 2014 г. связано с началом апвеллинга

Результаты АБС показывают преобладание в заливе Восток в осенний период потоков южного направления, в сторону открытого моря (рисунок 10). Течения усиливаются при северных и северо-западных ветрах до 66 см/с в поверхностном и 22 см/с в придонном слоях, обеспечивая быстрый вынос загрязненных вод. Полученные данные позволяют рассчитать характеристики, необходимые для моделирования течений и распространения примеси, оценке экологического состояния исследуемой акватории, реакции экосистемы залива на планируемое антропогенное воздействие при строительстве и эксплуатации нефтеперерабатывающего комбината.

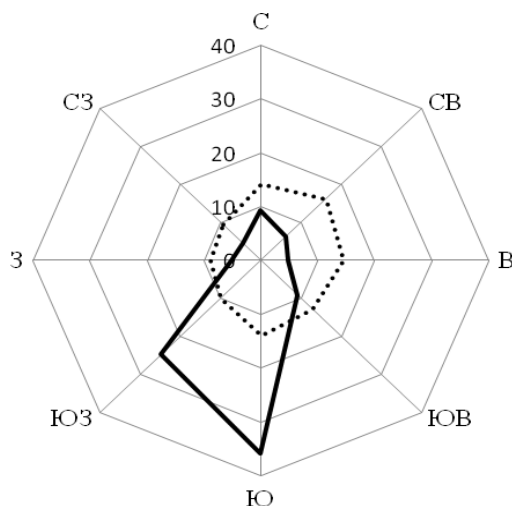


Рисунок 10 – Статистические характеристики суммарных течений в заливе Восток в приповерхностном (сплошная линия) и придонном (пунктир) слоях по данным АБС в октябре-ноябре 2014 г.

Кроме того, было продолжено исследование склоновой конвекции в заливе Петра Великого, условий и очагов формирования и распространения высокоплотных вод в осенне-зимний период. Впервые с помощью донной буйковой станции, установленной на континентальном склоне залива Петра Великого, зарегистрирован эпизод каскадинга вод с отрицательной температурой до глубины более 1000 м. Установлено (Лобанов и др. 2014, Lobanov et al., 2014), что придонные воды с максимальной плотностью могут образовываться не только в Амурском заливе, но и в северо-восточной части Уссурийского залива. В январе эти воды могут быть основным источником вод высокой плотности, определяющим геострофическую динамику вод на шельфе и процесс каскадинга на склоне залива.

8 Разрушение внутренних волн на мелководье и их воздействия на пространственно-временную структуру биологических характеристик в шельфовой зоне моря

Необходимость проведения экспериментальных исследований обусловлена тем, что в шельфовой зоне моря происходят самые активные физические, химические и биологические взаимодействия между морем и сушей. Основой физико-биологических взаимодействий являются динамические процессы, осуществляющие перенос массы, импульса, тепла и энергии. т.е. ведущие к вертикальному и горизонтальному перемешиванию вод. В шельфовой зоне наиболее эффективными являются приливы, внутренние гравитационные волны (ВВ), турбулентность. При этом приливы являются основными генераторами ВВ над континентальным склоном вблизи границы шельфа, ВВ переносят энергию на большие расстояния, а порождаемая при их разрушении турбулентность осуществляет локальное перемешивание вод, результаты которого распространяются по шельфу приливными течениями.

Основными методами экспериментальных работ были длительные измерения колебаний температуры и скорости течений на 20-30 горизонтах в прибрежной зоне моря (глубины 15-35 м) и пространственные разрезы с зондированием вертикальной структуры полей температуры, солености, флуоресценции, мутности, содержания кислорода.

В результате проведенных комплексных экспериментов в шельфовой зоне Японского моря было показано (Кукарин В.Ф. и др., 2013; Navrotsky et al., 2013, 2014; Навроцкий, 2013; Навроцкий, Павлова, 2013; Павлова, 2013), что внутренние волны в приближающемся ко дну термоклине не разрушаются сразу, а преобразуются в дискретную последовательность объемов холодной воды («болюсы»), которые распространяются в сторону берега довольно далеко от зоны контакта термоклина с дном в зону отсутствия плотностной стратификации (рисунок 11). Этот процесс аналогичен заплеску поверхностных волн на пологом пляже. При движении к берегу ВВ и болюсы разрушаются постепенно: а) начиная с тонкого придонного слоя в случае резкого термоклина при долгопериодных волнах; б) одновременно сверху и снизу в короткопериодных волнах и при нерезком термоклине.

Разрушающиеся ВВ и болюсы в мелководном термоклине приводят: а) к резкому увеличению горизонтальных и вертикальных компонент скорости течений в тонком придонном слое (толщиной 2-3 м в наших экспериментах); б) к генерации трехмерной и горизонтальной турбулентности, и тем самым к горизонтальным и вертикальным потокам массы, импульса и энергии того же порядка, что и поверхностном слое ветрового перемешивания (рисунок 12).

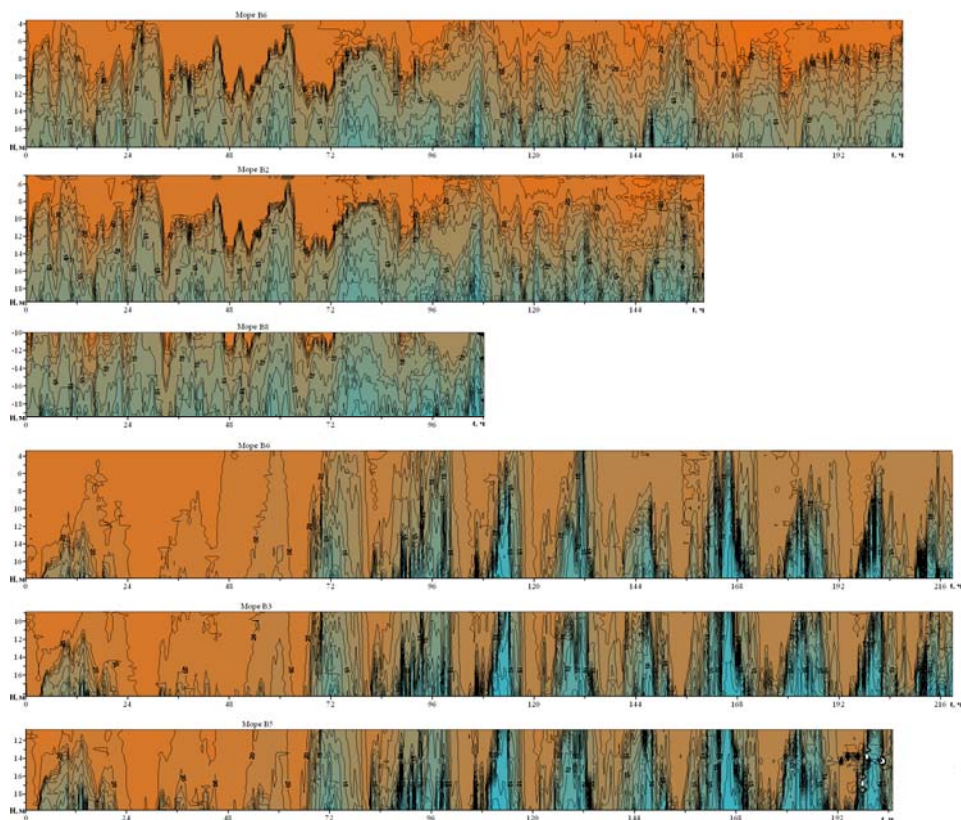


Рисунок 11 - Внутренние волны (три верхних разреза) и болюсы (три нижних разреза) по измерениям на трех гирляндах при различной структуре и глубине контакта термоклина с дном

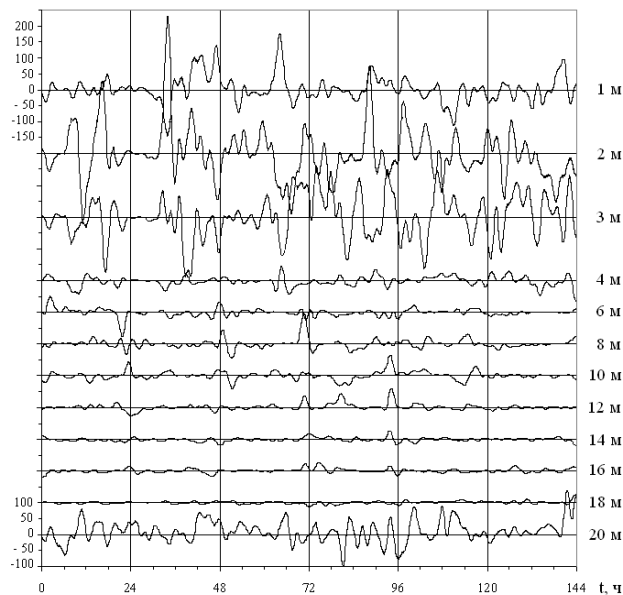


Рисунок 12 - Осредненные за три часа горизонтальные потоки импульса на различных горизонтах.

Глубина дна 22 м.

Анализ пространственной и временной структуры полей температуры и флуоресценции показал, что зоны максимальной концентрации хлорофилла четко отслеживают пространственно-временные колебания термоклина, обусловленные внутренними волнами и их трансформацией в прибрежной зоне моря.

9 Мезомасштабные особенности ледяного покрова дальневосточных морей

Дополнены базы данных ледовой информации и специализированные архивы спутниковых изображений ледяного покрова дальневосточных морей. Изучено влияния атмосферных процессов на состояние ледяного покрова Берингово моря и восточного сектора Арктики (Вакульская, Плотников, 2014; Вакульская и др., 2014). На основе изображений, полученных спектрометрирами MODIS, установленными на спутниках Terra и Aqua, а также измерений, выполненных со спутников серии Landsat исследованы мезомасштабные особенности ледяного покрова залива Петра Великого, Татарского пролива, северо-восточного шельфа о. Сахалин. Получены новые данные об эволюции припая (Плотников, Дубина, 2014) и дрейфе льда (Дубина и др., 2014) в этих районах. На рисунке 13 показан процесс образования полыньи в припая Амурского залива по данным спектрометрира MODIS за 24 декабря 2010 г., 1 и 6 января 2011 г. К 12 января толщина льда в замерзшей полынье составляла 12 см, в то время, как к северу от неё лёд имел толщину 28 см, а к востоку – около 16 см

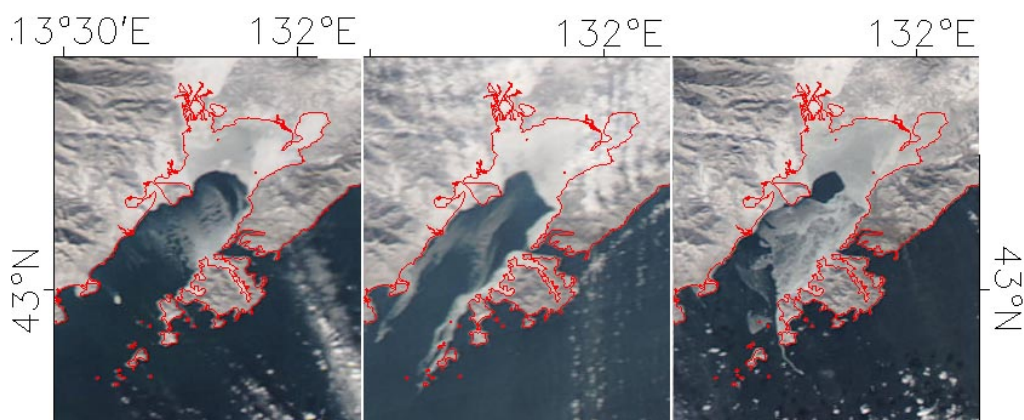


Рисунок 13 - Формирование полыньи в припая Амурского залива на видимых изображениях MODIS, принятых 24 декабря 2010 г., 1 и 6 января 2011 г. (слева направо)

10 Характеристики распределения искусственных и естественных радионуклидов Н-3, Ве-7, Cs-134 Cs-137, Со-60 в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана

Выполнены измерения содержания искусственных радионуклидов в пробах морской воды, отобранных в Японском море, в рейсе №45-3 НИС «Академик Опарин», проходившем 02-07.04.2013 г в районе залива Петра Великого и в пробах, отобранных 27.10.2013 г. с различных горизонтов, на одной из станций (ст.3, 40°40.114' с.ш., 132°30.104' в.д.), в рейсе №64 НИС «Академик М.А.Лаврентьев», в южной части Центральной котловины Японского моря.

Результаты гамма-спектрометрических измерений, показали отсутствие во всех пробах радионуклидов Co-60, Cs-134.

В заливе Петра Великого до границы территориальных вод результаты показали изменение концентрации ^{137}Cs в пробах поверхностной воды 1.3-2.0 Бк/м³ при средней величине 1.7 Бк/м³, за исключением ст. 31, что соответствует фоновой концентрации этого изотопа в Японском море (рисунок 14). В поверхностной воде ст. 31 зарегистрирована концентрация 4.2 Бк/м³, более чем в 2 раза превышающая фон.

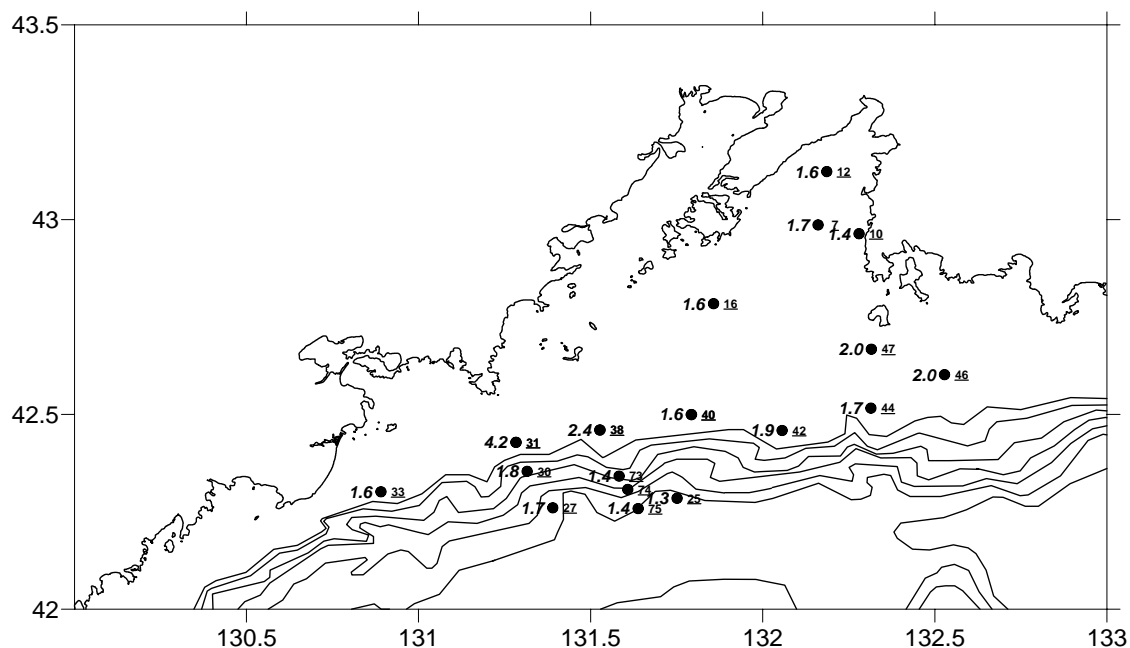


Рисунок 14 – Положение станций (подчеркнутые значения – номера станций) с отбором проб на содержание искусственных радионуклидов, рейс №45-3 НИС «Академик Опарин», 02-07.04.2013 г. Значения без подчеркивания – концентрация Cs-137 в поверхностном слое в Бк/м³

В вертикальном распределении в верхнем 500 метровом слое концентрация Cs-137 в пределах ошибки измерения остается практически неизменной 1.4-1.7 Бк/м³. Далее с глубиной концентрация снижается до 0.3-0.4 Бк/м³ в придонном слое (ст.75, 2684 м, рейс НИС «Академик Опарин» и ст.3, 3358 м, НИС «Академик М.А.Лаврентьев»). Это связано с тем, что вдали от берегов, где могут располагаться объекты ядерного энергетического комплекса, источником искусственных радионуклидов является атмосфера, откуда Cs-137 попадает в верхний слой Мирового океана. Медленное проникновение Cs-137 в глубинные слои приводит к снижению его концентрации как за счет распада ($T_{1/2}=30.07$ лет), так и в результате перемешивания с водами имеющими более низкую концентрацию.

Проведены исследования эффективности извлечения радионуклидов сорбентом АНФЕЖ из морской воды в зависимости от рН пробы. Установлено, что при снижении рН от 7.6 до 2.4

эффективность извлечения Cs-137 снижается от 98.2% до 23%, и Co-60 от 68% до 3%. Этот факт следует учитывать при извлечении радионуклидов с использованием сорбента АНФЕЖ из проб подвергавшихся консервации с использованием кислот. В этом случае перед процедурой извлечения следует довести рН пробы щелочью до значений не менее 7.5.

11 Характеристики и причины возникновения мегациклонов в северной части Тихого океана

В связи с повсеместно наблюдаемыми изменениями климата значительно увеличилось число опасных природных явлений (ОПЯ), которые приносят колоссальный материальный ущерб и приводят к гибели людей. Многие жители, особенно Дальневосточного региона России, руководители предприятий, органы государственного управления сталкиваются с такими проявлениями ОПЯ как опасные погодные системы, связанные с образованием и эволюцией сверхглубоких циклонов - "мегациклонов".

Объектом исследований являлись типы атмосферной циркуляции (ТАЦ) и экстремальные атмосферные процессы в приземном слое над акваторией северной части Тихого океана в виде сверхглубоких внетропических циклонов, которые в значительной мере определяют характер гидрометеорологических явлений в Тихом океане. В ходе этих исследований использовался Календарь ТАЦ над северной частью Тихого океана, составленный автором с использованием ежедневных срочных приземных синоптических карт за пятидесятилетний ряд наблюдений (http://pacificinfo.ru/climate/calendar/calend_t) и современные данные.

Цель работ состояла в изучении причин и закономерностей возникновения мегациклонов в северной части Тихого океана и оценке их характеристик.

Задачи проводимых исследований:

- 1) продление Календаря ТАЦ до 2013 г. включительно и анализ хода выявленных типов и траекторий циклонов за весь ряд наблюдений;
- 2) обнаружение по данным регулярных синоптических наблюдений в северной части Тихого океана сверхглубоких циклонов глубиной ниже 950 гПа;
- 3) прослеживание процессов их образования при различных ТАЦ и траекторий инициирующих циклонов-катализаторов на сборнокинематических картах.

В качестве исходных данных использовались ежедневные приземные синоптические карты Японского метеорологического агентства за 4 основных синоптических срока за период 2010-2013 гг. В основу этих карт положены данные береговых гидрометеостанций, судовые наблюдения и спутниковая информация. Всего было проанализировано 4380 карт. Более ранние годы не

Тайвань, а также у восточного и западного побережий южной Японии. Предшествующим типом атмосферных процессов при образовании мегациклонов в подавляющем большинстве случаев был ША тип и только в январе 2011 г. - тип Цн (Полякова, 1999). Сопутствующим типом синоптических процессов был преимущественно СЗ и только в январе 2012 г. – ОА. Траектории большинства циклонов-катализаторов, а затем и мегациклонов соответствуют типовой траектории северо-западного типа атмосферных процессов - от Японских островов на северо-восток.

12 Характеристики мезомасштабных вихрей в тропических циклонах северо-западной части Тихого океана

Мезомасштабная структура тропических циклонов в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана изучалась с использованием данных о скорости и направлении приводного ветра скаттерометров SeaWinds на спутнике QuikSCAT, ASCAT на спутнике Metop-a. Мезомасштабные структуры в циклонах выделялись и анализировались так же в полях грозовой активности по данным всемирной сети локализации молниевых разрядов (World Wide Lightning Location Network (WWLLN)). Разработаны алгоритмы и программы обработки данных для оценки параметров структуры циклонов и оценки основных характеристик мезомасштабных вихрей по данным о приводном ветре (Пермяков и др., 2014; Пермяков, Поталова и др., 2014; Shevtsov et al., 2014). Разработана методика, позволяющая связывать параметры грозовой активности (частоту и интенсивность, пространственное распределение грозовых разрядов) со структурой циклонов над океаном, интенсивностью и формами мезомасштабных образований в них, выделяемых по полям вихря приводного ветра скаттерометров и по спутниковым изображениям в видимом и инфракрасном диапазоне. На примере отдельных ТЦ проанализированы связи частоты и плотности молниевых разрядов в области влияния ТЦ с пространственным распределением вихря приводного ветра. Проведен анализ мезомасштабной структуры в полях ветра и грозовой активности тропических циклонов 2005 – 2013 годов, достигших интенсивности тайфунов. Показано (Пермяков и др., 2014; Пермяков, Поталова и др., 2014; Shevtsov et al., 2014), что почти во всех случаях за сутки – двое первому сообщению о ТЦ предшествовало скопление мезомасштабных вихрей, выделяемых в полях приводного ветра. В отдельных случаях отмечено совпадение мезовихрей с областями повышенной плотности и частоты грозовых разрядов, регистрируемых мировой сетью WWLLN.

13 Алгоритмы восстановления геофизических параметров по данным дистанционного зондирования из космоса

13.1 Паросодержание атмосферы, водозапас облаков и приводный ветер

Опасные и особо опасные атмосферные явления, к которым относятся внетропические и полярные циклоны и холодные вторжения, сопровождающиеся штормовым ветром и осадками, изучались по микроволновым (МВ) радиометрическим данным со спутников Aqua (2002-2011 гг.), Global Change Observing Mission - Water 1st - (GCOM-W1) (2012 - по настоящее время), Global Precipitation Mission (GPM) и Метеор-М № 1 и № 2 (2009 – по настоящее время) и показаниям скаттерометров на спутниках QuikSCAT, MetOp-A, MetOp-B и OceanSAT-2.

В 2002-2011 гг. усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) со спутника Aqua измерял яркостные температуры $T_{\nu}^{B,G}(\nu)$ на 6 частотах ν в диапазоне 6,9-89,0 ГГц на вертикальной (в) и горизонтальной (г) поляризациях. По $T_{\nu}^{B,G}(\nu)$ определялись паросодержание атмосферы V , водозапас облаков Q , температура поверхности океана t_o и скорость приводного ветра W . Мощная облачность и осадки фильтровались, если разность T_{ν} на $\nu = 36,5$ ГГц $\Delta T_{\nu}(36) = T_{\nu}^B(36) - T_{\nu}^G(36)$ была < 40 К. Для быстро перемещающихся и быстро эволюционирующих погодных систем (Митник, Митник, 2014; Zabolotskikh et al., 2014c), ключевое значение имеет временное и пространственное разрешение МВ данных. Самым высоким разрешением обладают данные AMSR2 со спутника GCOM-W1.

Поля V , Q и W восстанавливались по оригинальным алгоритмам, разработанным с использованием модельных массивов $T_{\nu}(\nu)$, которые были получены путем численного интегрирования уравнения переноса МВ излучения в системе подстилающая поверхность – атмосфера (Митник, Митник, 2014). Коэффициенты и аппроксимации, используемые в ранее разработанных алгоритмах, были скорректированы по уточненным спектрам поглощения в водяном паре, диэлектрической проницаемости и коэффициентов излучения пресной и солёной воды, приращения коэффициентов излучения океана при ветре и спутниковым МВ измерениям (Zabolotskikh et al., 2014a). Фильтрация пикселей с мощной облачностью и осадками выполняется при этом не по величине $\Delta T_{\nu}(36)$, а по пороговому значению нового параметра - полного поглощения в атмосфере на $\nu = 10,7$ ГГц $\tau(11)$, что позволяет оценивать V , Q и W в штормовых условиях, если $\tau(11) \leq 0,1$. (Zabolotskikh et al., 2014b). Алгоритмы успешно применялись нами ранее для оценки полей V , Q и W в морских погодных системах (Митник, Митник, 2014; 2015; Митник и др., 2015). Для совершенствования алгоритмов необходимы экспериментальные данные о спектре коэффициента излучения морской поверхности при скорости ветра $W > 20$ м/с при различных углах визирования (Zabolotskikh et al., 2014b).

13.2 Морской лед

Для оперативной работы и исследований климата необходимы сведения о ледовой обстановке, в частности, карты сплоченности льда C . Актуальной самостоятельной задачей является оценка сплоченности C и толщины d молодых льдов. Молодые льды, а также примыкающие к ним полыньи и разводья, которые являются зонами активного образования нового льда, оказывают существенное влияние на обмен энергией между атмосферой и океаном, на динамику многолетнего ледяного покрова, на поступление соли в океан во время роста льда. Карты сплоченности, которые строятся по алгоритмам NASA Team 2 (NT2) и Basic Bootstrap Algorithm (BBA) на основе спутниковых измерений $T_{\text{я}}$ на $\nu = 18.7$ и 36.5 ГГц на В- и Г-поляризациях, дают заниженные оценки C для молодых льдов - особенно при наличии облачности.

Поля сплоченных молодых льдов часто наблюдаются в Татарском прол. и в зал. Петра Великого Японского моря, у северного и северо-западного побережья и в заливах Терпения и Анива Охотского моря. Зимний муссон выносит лед от побережья и поддерживает районы постоянного формирования льда. Альbedo A тонкого льда мало и на спутниковых видимых изображениях он выглядит темным. Альbedo льда A растет от значений, близких к альbedo воды (ледяное сало, темный нилас) до значений альbedo снега. Сплоченность льда, найденная по величине альbedo поверхности из измерений спектрорадиометра MODIS, превышает здесь 8-9 баллов, в то время как по алгоритмам NT2 и BBA $C = 4-8$ баллов. По величине альbedo определялась сплоченность молодых льдов, что позволило найти новые значения MV коэффициентов излучения на частотах AMSR-E. Алгоритм, использующий новые расчетные спектры $T_{\text{я}}^{\text{B,Г}}(\nu)$, дает более высокие значения C молодых льдов по сравнению с алгоритмами NT2 и BBA.

Совместный анализ измерений в видимом, ИК и МВ диапазонах существенно повышает правильность классификации типов льда и оценку его толщины. Вариации яркости видимых изображений определяются типом льда и степенью его заснеженности. По экспериментальным данным, с ростом толщины льда до $d \approx 40-50$ см (серый, серо-белый лед) значения A растут, а ИК яркостная температура падает. Облачность, однако, препятствует применению видимых и ИК изображений. Решающая роль принадлежит поэтому пассивному и активному зондированию в МВ диапазоне.

Спутниковые РСА отображают распределение ледяного покрова с высокой детальностью, включая надежную индикацию, а, следовательно, и оценку толщины таких типов льда, как ледяное сало, нилас. Разнообразие типов льда, шероховатости и других характеристик поверхности, приводят в ряде случаев к неоднозначной интерпретации как МВ яркостных температур, так и полей удельной эффективной площади рассеяния на частотах спутниковых РСА,

что требует привлечения при анализе ледовой обстановки дополнительной спутниковой и наземной информации (Митник, Хазанова, 2015).

14 Анализ опасных морских погодных систем по данным дистанционного зондирования

14.1 Анализ атмосферных процессов со штормовыми и ураганскими ветрами над северо-западной частью Тихого океана. Внетропические циклоны

Для мониторинга морских погодных систем и для оценки параметров океана и атмосферы в зоне опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений применялся метод анализа мультисенсорных спутниковых данных в сочетании с сопутствующей информацией. В качестве сопутствующей информации использовались синоптические карты приземного анализа и барической топографии, и данные радиозондирования.

Комплексный анализ данных показал, что в период декабрь 2013 г. - февраль 2014 г. на погодные условия СЗТО влияло 9-11 внетропических циклонов со штормовыми (≥ 25 м/с) и ураганскими (≥ 33 м/с) ветрами с максимумом в январе (11 циклонов). В переходные периоды количество штормовых циклонов составляло 8 в марте и по 6 в октябре и ноябре.

Из анализа полей гидрометеорологических параметров по данным *AMSR2* (Митник, Митник, 2011) следует, что максимальное количество паросодержания атмосферы V (от 20 до ≥ 40 кг/м²) и водозапаса облаков Q (от 0,4-0,6 кг/м² до ≥ 1 кг/м²) концентрируется в облачности фронтальной системы циклонов. В полях Q выявляется вероятное наличие и распределение зон осадков. Структура фронтальной системы также проявляется в полях скорости приводного ветра W .

На рисунке 16 на примере внетропического циклона 6 марта 2014 г. показано, что с большой точностью можно определить положение резких границ горизонтального сдвига V , Q и W , мезомасштабные вариации его скорости ветра и т. д. Яркой по тону мощной облачности (рисунок 16а) соответствуют участки со значениями V до 40 кг/м² (рисунок 16б), Q до 1 кг/м², (рисунок 16а) и W порядка 30 м/с (рисунок 16г). Облачные гряды за холодным фронтом в тылу циклона являются индикатором адвекции холода и проявляются в полях V и Q низкими значениями – 10-15 кг/м² и 0,1-0,2 кг/м² соответственно.

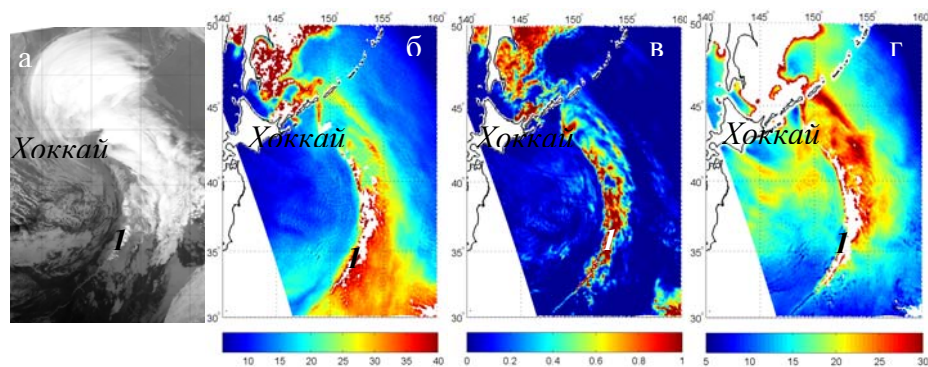


Рисунок 16 – ИК-изображение облачности по данным радиометра VIIRS (спутник Suomi NPP) за 03:15 Гр. (а), поля паросодержания атмосферы (б), водозапаса облаков (в) и приводного ветра (г) по данным микроволнового радиометра AMSR2 за 02:55 Гр. Шкалы: (а, б) – $\text{кг}/\text{м}^2$, (в) – $\text{м}/\text{с}$.

При комплексном анализе активных и пассивных микроволновых измерений снижается погрешность восстановления скорости ветра и улучшается временное разрешение (рисунок 17).

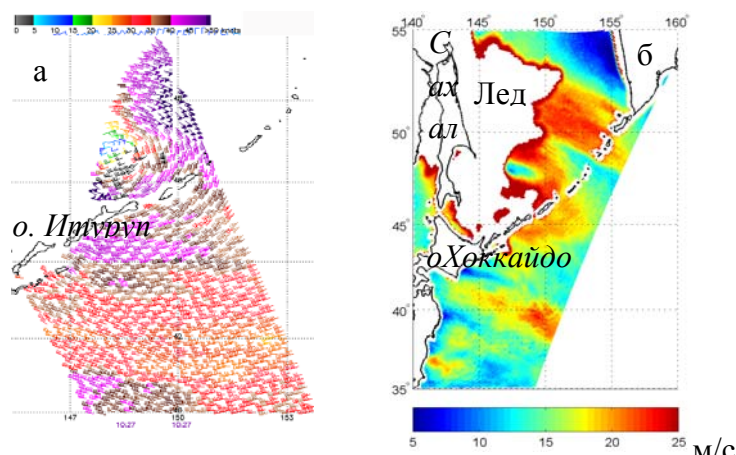


Рисунок 17 – Поля ветра по измерениям скаттерометра ASCAT (спутник MetOp-A) за 10:27 Гр. (а) и радиометра AMSR2 (спутник GCOM-W1) за 16:31 Гр. (б) 6 марта 2014 г. Шкала на (а) в узлах

Несмотря на разницу в 6 час, поля W по измерениям *ASCAT* (рисунок 17а) и *AMSR2* (рисунок 17б) идентичны по причине низкой скорости перемещения циклона в максимальной стадии развития. Четко определяется его маловетренный центр и штормовые зоны к северо-востоку и юго-западу от центра, где $W \geq 25 \text{ м}/\text{с}$.

14.2 Характеристики и причины возникновения мезоциклонов над северо-западной частью Тихого океана и восточным сектором Арктики

Пополнен архив спутниковых изображений интенсивных мезоциклонов (МЦ) за холодный период года (октябрь-апрель) над ДВ морями до настоящего времени. Начато формирование таблиц с координатами центров МЦ для последующего уточнения статистических характеристик

их пространственного распределения. Исследована структура и характеристики 6 МЦ над восточным сектором Арктики по данным *AMSR-E* (спутник *Aqua*) и *AMSR2* (спутник *GCOM-W1*). Результаты исследований представлены в публикациях (Гурвич, Заболотских, 2014; Заболотских и др., 2015).

МЦ над СЗТО в большинстве случаев возникают на фоне холодных вторжений с континента, под холодными высотными депрессиями и в центральной части окклюдированных циклонов. Мезомасштабный циклогенез в этом районе зависит от интенсивности зимнего муссона, которая проявляется в количестве и продолжительности холодных вторжений, а также в количестве, интенсивности и траекторий внетропических циклонов. По данным *AMSR2* были уточнены количественные параметры МЦ, полученные ранее по данным радиометра *AMSR-E* (спутник *Aqua*).

На рисунке 18 представлен пример мезомасштабной циклонической деятельности над Беринговым морем. В полях водяного пара, капельной влаги и приводного ветра отчетливо проявляется спиральная структура двух МЦ одинаковой интенсивности, образующих вихревую цепочку. Размер каждого вихря примерно 400 км. В западной части МЦ $W = 15-20$ м/с (рисунок 18а). В зоне максимальных ветров паросодержание атмосферы составляет 8-10 кг/м² (рисунок 18б). Водозапас облаков в облачной системе мезоциклонов близок к 0,1 кг/м², хотя на отдельных ее участках превышает 0,2 кг/м² (рисунок 18в). Вероятность выпадения жидких осадков из облачности таких МЦ мала, возможен слабый или умеренный снег.

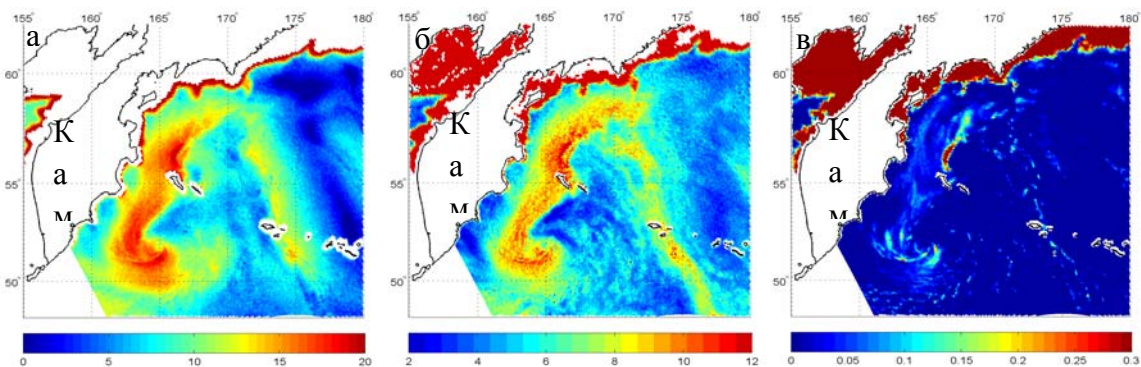


Рисунок 18 – Поля паросодержания атмосферы (а), водозапаса облаков (б) и приводного ветра (в) по данным микроволнового радиометра *AMSR2* за 01:25 Гр. 24 января 2014 г. Шкала на (а) в м/с, шкалы на (б, в) в кг/м²

14.3 Характеристики холодных вторжений

В работе исследована изменчивость параметров системы океан-атмосфера в Японском море во время Холодных Вторжений (ХВ) – экстремальных погодных условий, характеризующихся сильным / штормовым ветром, высоким волнением и интенсивным теплообменом на границе

раздела морская поверхность–атмосфера. Характеристики вторжений получены по данным спутникового дистанционного зондирования за 12 холодных (ноябрь - март) сезонов, начиная с 2000 года – времени начала успешной работы спутников QuikSCAT и Terra. Анализ режима турбулентного теплообмена у морской поверхности выполнен по данным массива Objectively Analyzed air-sea heat Fluxes (OAFlux) (Yu, Weller, 2008), содержащим среднесуточные поля потоков явного (S) и скрытого (LE) тепла с пространственным разрешением $1^\circ \times 1^\circ$. Выявлена значительная пространственная неоднородность средних многолетних потоков в зимние месяцы, особенно выраженная в январе (рисунок 19). Выделенные области локальных максимумов турбулентного теплообмена (рисунок 19а) соответствуют результатам (Пичугин, Пономарев, 2013), полученным с использованием независимых данных массива the Japanese Ocean Flux Data Sets with use of Remote Sensing Observations, version 2 (J-OFURO2) (Kubota et al., 2002; Tomita et al., 2010). Максимальные значения суммарных среднесуточных потоков ($S+LE$) наблюдаются в районе основной ветви теплого Цусимского течения, прилегающего к западному побережью о-ва Хонсю, преимущественно за счет регулярных холодных вторжений, достигая в отдельных случаях $1000 - 1200 \text{ Вт/м}^2$ (Pichugin, Ponomarev, 2014).

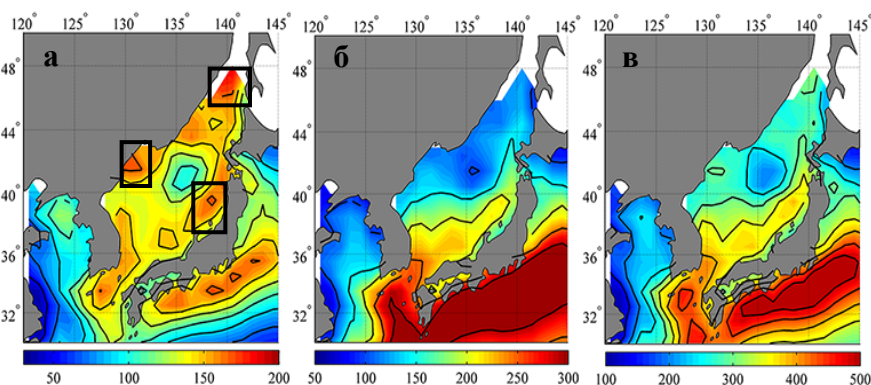


Рисунок 19 – Направленные в атмосферу от морской поверхности вертикальные потоки явного S (а), скрытого LE (б) и суммарного $S+LE$ (в) тепла (Вт/м^2), осредненные за январь с 2000 по 2012 г. Черные прямоугольники–районы локальных максимумов потоков S

ХВ надежно регистрировались над Японским морем на спутниковых видимых и инфракрасных (ИК) изображениях облачности по характерным мезомасштабным конвективным грядам, открытым и закрытым ячейкам, возникающим в пограничном слое воздуха. Видимые и ИК изображения подкреплялись полями скорости и направления ветра, полученными по данным скаттерометров SeaWinds (спутник QuikSCAT), ASCAT (спутники MetOp-A, B), OSCAT (спутник Oceansat-2). Во время вторжений дул северо-западный ветер со скоростью более $10 - 12 \text{ м/с}$ (Чечин, Пичугин, 2015).

В результате исследования были получены временные ряды нормализованных относительно среднеквадратического отклонения аномалий осредненных с ноября по март турбулентных потоков тепла с поверхности Японского моря и количества (F) и суммарной продолжительности (D) ХВ за 12 холодных сезонов с 2000 по 2012 гг. Следует отметить соответствие значительных аномалий потоков S и LE аномалиям D и F (коэффициент корреляции 0.7–0.8), что подтверждает предположение об определяющем воздействии последних на режим турбулентного теплообмена всего моря в холодный сезон года (Пичугин, Пономарев, 2013).

15 Статистические характеристики пространственной изменчивости полей температуры поверхности океана и концентрации хлорофилла по спутниковым данным

Исследовано (Салюк и др., 2014; Salyuk et al., 2014) воздействие тропических циклонов на поля концентрации хлорофилла-а (хл.-а) в северо-западной части Тихого океана в 1979-1986 и 1996-2010 гг. В анализе использованы спутниковые данные по цвету морской поверхности сканеров CZCS, OCTS, SeaWiFS, MODIS-Aqua и данные Японского метеорологического агентства, содержащие траектории тропических циклонов (ТЦ), скорости ветра и радиусы воздействия на верхний слой океана. Всего, данные позволили проанализировать воздействие 123 ТЦ на изменение концентрации хл.-а на 1389 акваториях в период 1979-1986 и 1996-2010 гг., и воздействие 135 ТЦ на изменение температуры поверхности моря в 1412 акваториях в период 2002-2010 гг. Показано, что повышение концентрации хл.-а зафиксировано в 81% случаев, понижение температуры в 76%. В исследованиях проанализированы недостатки спутниковых данных, связанные с возможностью наблюдать только верхний слой океана. Сделаны оценки различий видимого со спутника повышения концентрации хл.-а, и реального роста количества клеток фитопланктона. Наиболее вероятное изменение видимой со спутника концентрации хл.-а составило +18%, температуры -3%. Развитие роста клеток фитопланктона начинается на 2-4 день после прохождения тропического циклона и продолжается около двух недель. Оценка среднего увеличения количества клеток фитопланктона в результате прохождения ТЦ составила +46%. Проанализировано изменение произведенной первичной продукции (ПП) клетками фитопланктона вследствие воздействия ТЦ. Показано, что наблюдается более сильное увеличение ПП по сравнению с концентрацией хл.-а. Повышение в 85% случаев, наиболее вероятное изменение +26%. Также оценено общее воздействие ТЦ на годовое производство ПП в регионе, которое составило около 2% от общей ПП, произведенной за год.

Глобальная оценка воздействия ТЦ на функционирование фитопланктонных сообществ получена для с.з. части Тихого океана впервые. Аналогичных оценок для других районов

Мирового океана в литературе не найдено. Необходимо иметь в виду, что полученные результаты актуальны для текущего состояния климатической системы и не отражают возможную тенденцию увеличения количества ТЦ при увеличении глобальной температуры, что в свою очередь может привести к увеличению стимулирования развития фитопланктонных сообществ. Результаты могут быть использованы при разработке комплексных климатических моделей, учитывающих функционирование фитопланктонных сообществ, как одного из значимых климатообразующих факторов.

На рисунке 20 показан пример воздействия тайфуна Юке на верхний слой океана в период 27.08.2006-07.09.2006. Виден четкий след от движения тропического циклона, проявляющийся, как на поле гидрологических параметров морской воды, так и на поле биооптических параметров.

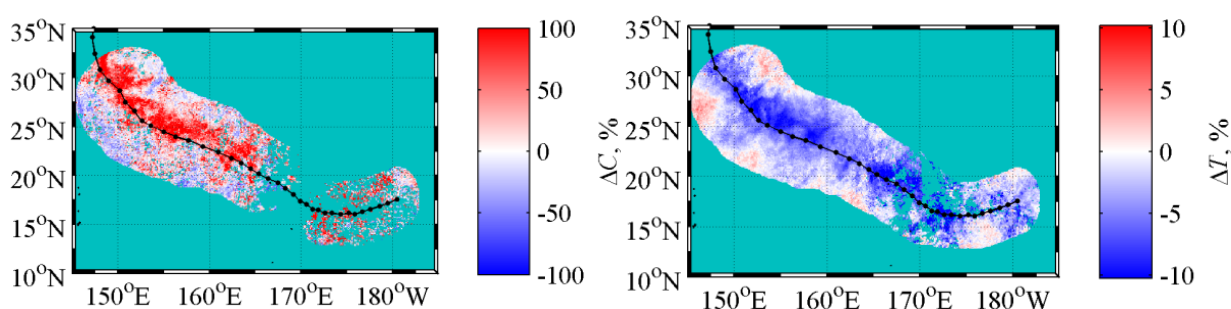


Рисунок 20 – Пример воздействия тайфуна FI на верхний слой океана, 7 сентября 2007 года. (а) относительное изменение хл.-а; (б) относительное изменение температуры

На рисунке 21 представлены результаты анализа относительного изменения концентрации хл.-а на 1389 акваториях и температуры на 1412 акваториях. На рисунке 22 представлено изменение концентрации хлорофилла-а и температуры по времени.

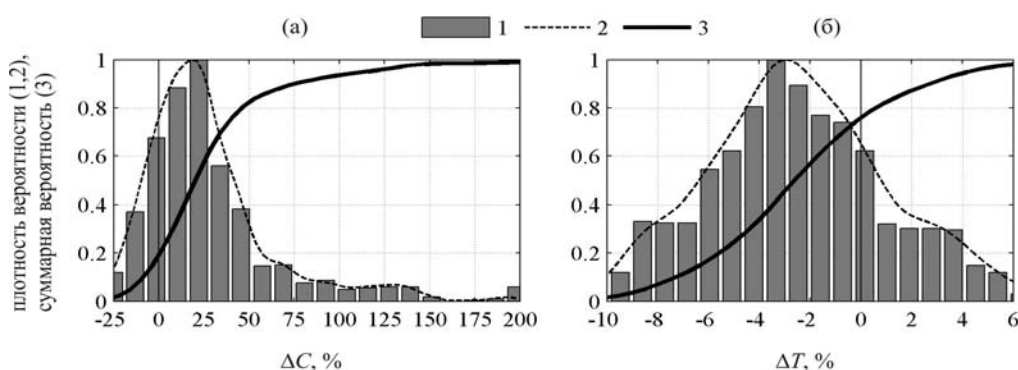


Рисунок 21 – Анализ относительных изменений концентрации хл.-а (а) и температуры (б) в с.з. части Тихого океана. 1 – гистограмма, 2 – функция распределения плотности вероятности, 3 – функция распределения суммарной вероятности

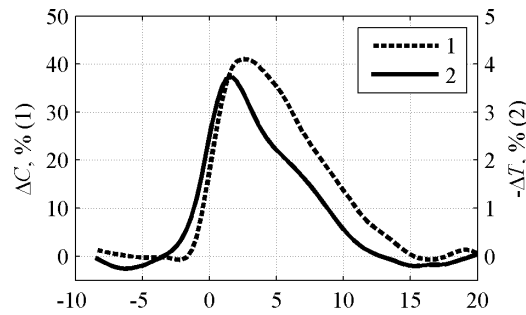


Рисунок 22 – Среднее временное распределение изменения концентрации хл.-а и температуры при прохождении тропического циклона в с.з. части Тихого океана

Рассчитана эмпирическая функция, определяющая изменчивость ПП в зависимости от исходного состояния верхнего слоя океана и скорости ветра. Параметры функции получены путем использования линейных регрессий и сплайновых аппроксимаций и дальнейшей минимизации среднеквадратичного отклонения между расчетными и реально наблюдаемыми изменениями первичной продукции. Используя 1-дневные климатические данные (усредненные за весь период наблюдений со спутников) параметров верхнего слоя океана и траектории тропических циклонов проведена оценка общего воздействия ТЦ на производство ПП в с.з. части Тихого океана. На рисунке 23 показаны траектории всех проанализированных ТЦ и годовой ход доли произведенной ПП, вызванной прохождением ТЦ в регионе.

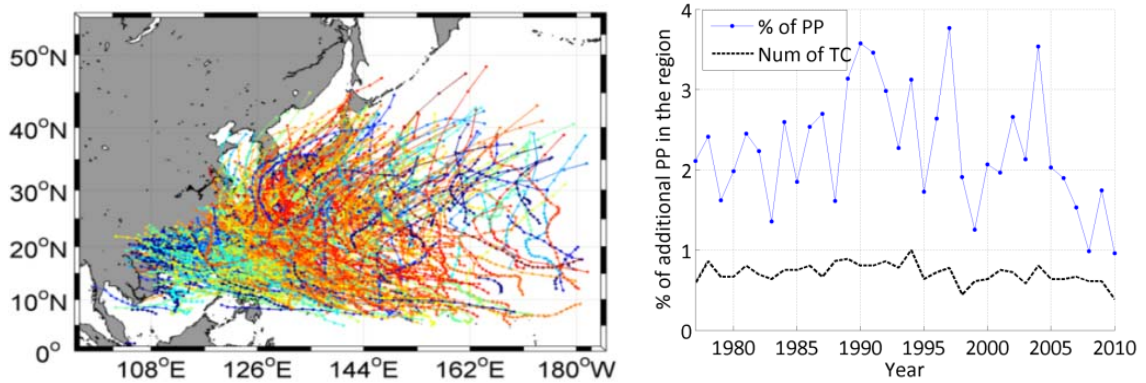


Рисунок 23 – (а) Рассматриваемый район. (б) Годовой ход вклада (в %) ТЦ на производство первичной продукции в регионе

16 Разработка регионального алгоритма определения пыли в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана

На рисунке 24 представлено пространственное распределение концентрации пыли, рассчитанной по модели RIAM-CFORS, аэрозольной оптической толщины (АОТ) на 869 нм и коэффициента Ангрстрема на 531 нм. Данные усреднены за каждый сезон в период с 2003 по 2014 гг. На представленных результатах отчетливо видны две траектории с повышенными значениями АОТ: I – 30-40 градус с.ш., II – 10-15 градус с.ш. Видно сезонное увеличение АОТ и смоделированной пыли весной вдоль траектории I. Вдоль траектории 2 увеличение АОТ происходит в зимний период, при этом наблюдаются низкие значения коэффициента Ангрстрема.

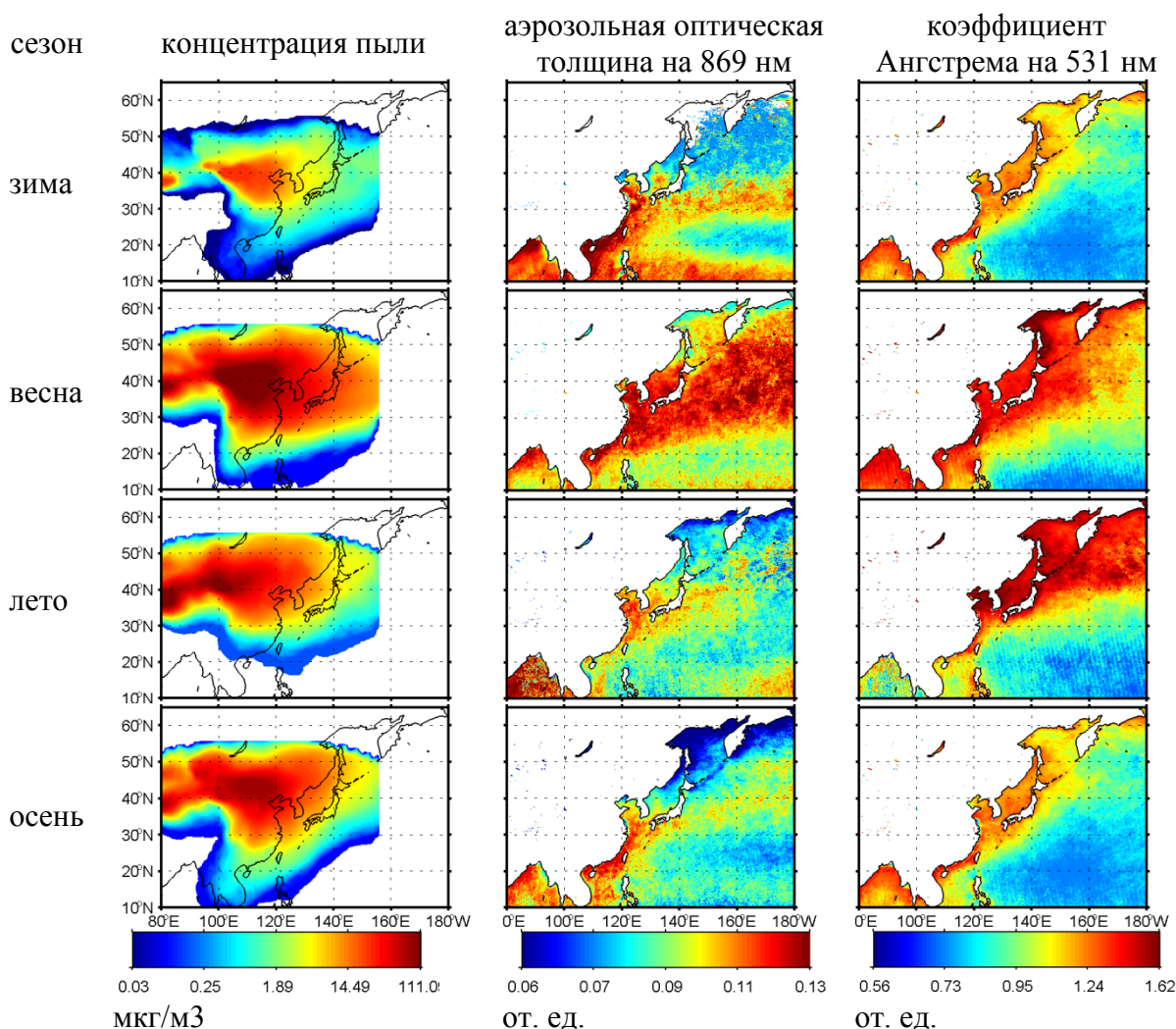


Рисунок 24 – Среднее по сезонам пространственное распределение концентрации пыли, рассчитанной по модели RIAM-CFORS, аэрозольной оптической толщины на 869 нм и коэффициента Ангрстрема на 531 нм. Период накопления 2003-2014 гг. Данные 2-го и 3-го столбца построены с пространственным разрешением 4 км.

Другим инструментом, который может быть использован для идентификации пыли является спутниковый лидар CALIOP, данные которого, усредненные за весенние сезоны с 2007 по 2013 гг., показаны на рисунке 25. Двумерная пространственная гистограмма наличия пылевого аэрозоля в весенний период показана на рисунке 25а, где видна основная траектория переноса пылевого аэрозоля вдоль траектории I. На рисунке 25б построено пространственное распределение средней минимальной высоты, на которой регистрируется пылевой аэрозоль в весенний период. Виден канал переноса пылевого аэрозоля на север Японского моря (который, однако, наблюдается редко, если проанализировать рисунок 25а), и основной перенос вдоль Японских островов по траектории I. По данным CALIOP также видно, что основными зонами выпадения пыли являются Желтое, Восточно-Китайское и Японское моря.

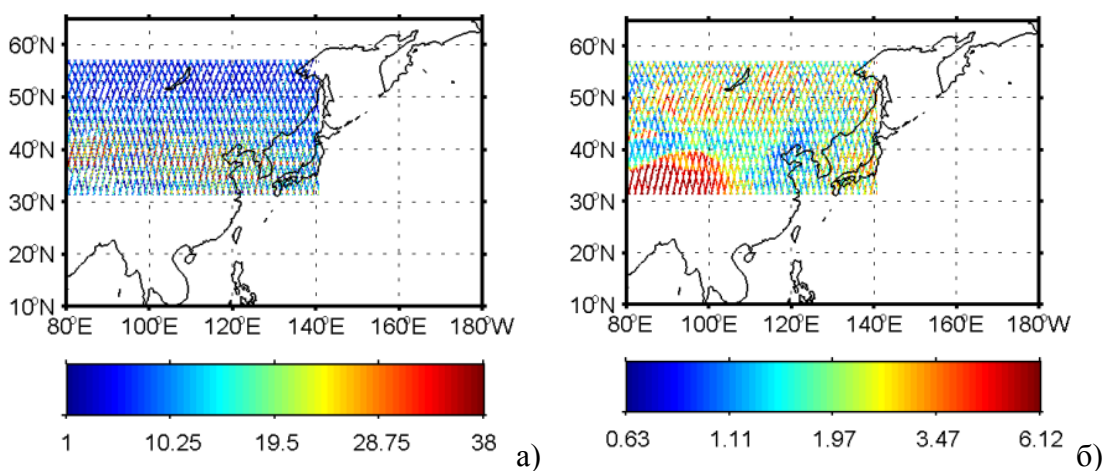


Рисунок 25 – Данные спутникового лидара CALIOP. а) Количество пылевых событий, зарегистрированных в весенние периоды с 2007 по 2013 гг. б.) Средняя минимальная высота, на которой зарегистрирован пылевой аэрозоль.

На рисунке 26 показано изменение средней по району АОТ, коэффициента Ангстрема на 531 нм и смоделированной концентрации пыли во время пылевого события над Японским морем в апреле 2006 года. Пылевое событие привело к одновременному повышению АОТ и понижению коэффициента Ангстрема. Представленный подход хорош с точки зрения избирательности, однако требует чистой атмосферы без облачности, и кроме этого, резкого перехода от чистой атмосферы к запыленной.



Рисунок 26 – Временной ход оптической толщины аэрозоля на длине волны 869 нм (красный цвет), коэффициента Ангрстрема на 531 нм (зеленый цвет) и смоделированного содержания пыли в период пылевой бури с 05/04/2006 по 15/04/2006. Величины параметров нормированы на максимумы (0.119 м⁻¹, 1.530, 45.031 мкг/м³ соответственно)

Основными проблемами представленных данных при идентификации пыли является следующее: 1) модельные значения RIAM-CFORS «размазаны» в виду специфики применения модельного подхода, основанного на ограниченном количестве точечных измерений; 2) применение только данных АОТ не корректно по причине того, что повышение АОТ может быть связано с наличием водного аэрозоля; 3) данные CALIOP являются наиболее достоверными с точки зрения качественного детектирования пылевого события и его привязки к местности и высоте, однако они обладают следующими недостатками: существенные пропуски между рядами данных, достигающие единиц градусов; временное разрешение над одной точкой составляет 1-2 недели.

Таким образом, необходим подход, основанный на комплексном применении судовых и спутниковых данных различного происхождения, применение анализа относительных изменений анализируемых параметров во времени.

17 Усовершенствование оптических устройств для проведения подспутниковых экспериментов и мониторинга прибрежных акваторий

Для исследования гидродинамических процессов в прибрежной зоне, проведения подспутниковых экспериментов и решения задач экологического контроля используется панорамная поляризационная видеосистема контроля состояния морской поверхности.

Панорамная съемка морской поверхностью имеет ряд особенностей. Поверхность моря находится в постоянном движении и известные алгоритмы «сшивки» панорам из отдельных фрагментов при отсутствии береговых реперов непригодны для использования. Применение зарубежных промышленных камер и поворотных устройств не обеспечивает необходимую точность позиционирования. Преимущества поляризационной видеосистемы, разработанной в ТОИ ДВО РАН - высокая точность позиционирования, формирование панорам в реальном масштабе времени, непрерывный мониторинг физических характеристик поверхности моря, возможность постобработки, широкий диапазон оцениваемых параметров:

- контроль динамики сликков, загрязнений поверхностью активными веществами, нефтепродуктами и мусором;
- оценка приповерхностной скорости ветра;
- регистрация динамических характеристик вихрей, внутренних волн и пенных образований;
- оценка активности маломерного флота в прибрежной зоне;
- регистрация пространственно временных характеристик волнения;
- проведение подспутниковых измерений.

На основе анализа временных и пространственных спектров волн была апробирована (Константинов и др., 2014) методика измерений характеристик волнения (высота, период, направление) и поверхностных течений в прибрежной зоне на удалении от съемочной системы более 1500м в секторе до 260 градусов в реальном масштабе времени с помощью панорамного видеополяриметра, установленного на морской экспериментальной станции ТОИ ДВО РАН м.Шульца на вышке на высоте 95 м (рисунок 27).



Рисунок 27 - Элементы и схема установки панорамной камеры: а) панель с элементами горизонтирования; б) вышка

За счет оптимизации аппаратного комплекса интервал регистрации панорамных изображений был уменьшен до 20 сек. При таком периоде съемки морфологические характеристики яркостных неоднородностей, которые вызваны неравномерностью скорости ветра

над поверхностью моря, меняются незначительно. Это позволяет следить за их скоростью и направлением перемещения и оценивать поле скорости ветра над морской поверхностью. Программное обеспечение выполняет функции регистрации и анализа временной последовательности изображений. Аппаратура поляризационной видеорегистрации морской поверхности обеспечивает оценку высоты волн, скорости и направления их перемещения, скорости приповерхностного ветра, скоростей и направлений приповерхностных течений по результатам анализа временных и пространственных спектров поверхностного волнения в поле зрения видеополяриметра в реальном масштабе времени.

Оцениваются пространственно - временные характеристики поверхностных проявлений внутренних волн (ВВ) и вихревых образований (ВО), степень их проявления в зависимости от гидрометеороусловий. Применение цифровой обработки к временной последовательности панорамных изображений с привязкой к географической системе координат позволяет оценить положение и размеры изучаемых объектов и их динамические характеристики : скорость перемещения органической пленки и изменения ее площади, фазовая скорость распространения внутренних волн, скорость перемещения вихря как целого и структура поля скоростей внутри тела вихря. Совместный анализ судовых и береговых поляризационных наблюдений поверхностных проявлений вихревых образований, внутренних волн, снимков естественного и искусственного происхождения позволяет оценивать влияние трансформации спектра поверхностных волн различных пространственных масштабов в формирование поляризационного контраста.

В качестве примера цифровой обработки видеопоследовательности панорамных изображений на рисунке 28 приведены изображения морской поверхности в присутствии морских внутренних волн, распространяющихся в прибрежной области полуострова Гамова, а именно - быстрая трансформация одиночной волны в цуг внутренних волн.

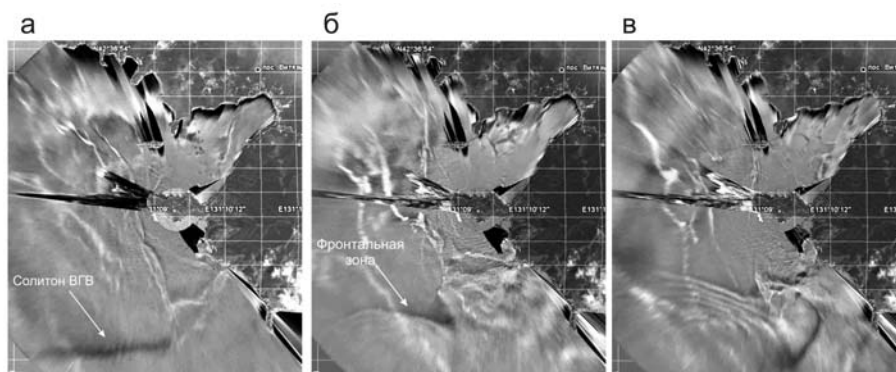


Рисунок 28 - Фазы трансформации солитона ВВ в прибрежной зоне полуострова Гамова: а) изображение исходного солитона (07:03 местного времени); б) изображение солитона в начальной фазе трансформации (08:50); в) активная фаза трансформации солитона в цуг ВВ (10:03)

18 Разработка и ввод в эксплуатацию КИС «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России»

Объектом исследований в рамках данного раздела темы являлись государственные, ведомственные и международные информационные ресурсы (ИР) по океанографии и состоянию морской среды тихоокеанского региона, а также технологии их представления и интеграции для эффективного использования и распространения.

Цель работ состояла в развитии и вводе в действие средств и ресурсов по регулярной оценке состояния морской среды, экологической обстановки, изменения климата и природно-ресурсного потенциала в Азиатско-Тихоокеанском регионе для информационно-аналитической поддержки природопользовательской деятельности и устойчивого развития дальневосточных побережий России и сопредельных районов.

Основными задачами проводимых НИР являлось развитие методов, технологий, баз данных (БД) и специализированной информационной продукции для поддержки научных исследований и информационного обеспечения различных видов морской деятельности и прибрежно-морского природопользования по тихоокеанскому региональному направлению:

- пополнение ресурсов информационной базы по прибрежно-морской среде дальневосточных морей и сопредельным районам;
- доработка, тестирование и введение в постоянную эксплуатацию Комплексной информационной системы (КИС) «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России»;

Проведение работ обеспечивалось за счет применения и совершенствования компонентов информационных технологий, разработанных в ТОИ по тематике проекта с учетом опыта, стандартов и документов принятых при развертывании Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

В ходе проведения работ получены следующие результаты:

- пополнена БД экспедиционных наблюдений ТОИ за 2012-2014 гг. материалами, поступившими в 2013-2014 гг. Данные обработаны и отправлены в Госфонд в установленном порядке (6 рейсов);
- составлен полный каталог прибрежных и морских экспедиций ТОИ за всю историю наблюдений для последующей организации АРМа хранения и коллективного доступа к этим данным через локальную сеть;
- подготовлена картографическая информация (пространственные данные - ГИС слои) по экологии бухт зал. Петра Великого и другим районам (Ростов и др., 2015);

- с использованием ресурсов лаб. 1/6 (автор В.А. Дубина и др., 2014) на платформе КИС подготовлен и развивается новый компонент "Негативные и опасные явления природного и техногенного происхождения по данным спутникового дистанционного зондирования".

- проведена актуализация информационных ресурсов, завершено тестирование макета и введена в эксплуатацию КИС «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России» (Ростов и др., 2014; Природопользование..., 2014).

По полноте решений полученные результаты соответствуют поставленным задачам, плановым показателям и срокам календарного плана. Их можно определить как обновленные версии специализированных технологий и информационных продуктов в области создания информационных баз данных и региональных систем в предметной области. В дальнейшем они могут быть использованы для изучения природы океана и климата дальневосточного региона и решения других научно-прикладных задач в области изучения и освоения морских акваторий с целью обеспечения устойчивого развития региона.

Научно-техническая продукция апробирована и введена в действие:

- в организации-исполнителе работ (<http://www.poi.dvo.ru/>) в разделе <http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/>;

- на портале дальневосточного регионального телекоммуникационного узла ЕСИМО РИТУ ДВ <http://portal.esimo.ferhri.ru/portal/> (раздел "Сервисы") в форме АРМа, представляющего интерфейсы средств анализа и представления информации пользователю, включая пространственные данные.

Данные экспедиционных наблюдений обработаны, занесены в базу данных ТОИ <http://pacificinfo.ru/databases/db1/poi/catalog/> и переданы на хранение в Госфонд ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск.

Результаты работ рекомендуется использовать для обеспечения потребностей научных, хозяйственных организаций различных ведомств и административных органов дальневосточного региона, деятельность которых связана с использованием информации о состоянии морской природной среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных работ в рамках исследований в 2014 г. были получены новые научные результаты:

- определены особенности климатических колебаний декадного и междекадного масштабов в Охотском и Японском море, а также их связи с колебаниями климата в Тихом океане, Арктическом бассейне и континентальных районах Азии;

- показана роль тихоокеанских событий Эль-Ниньо в формировании климатических аномалий в субарктических и арктических районах в Дальневосточном регионе России;

- оценены параметры межгодовой изменчивости термического состояния подповерхностных и промежуточных вод Охотского моря на основе специализированных массивов океанографических данных за весь период инструментальных наблюдений;

- получены сезонные схемы циркуляции вод за 61-летний период с охотоморской и тихоокеанской сторон Северных Курил под влиянием «северо-западного» типа атмосферных процессов;

- выявлены основные механизмы трансформации структуры вод в переходной зоне Охотское море – Курильские проливы – Тихий океан на основе материалов информационной базы данных ТОИ ДВО РАН (<http://pacificinfo.ru/>), включающей массивы гидрологических данных экспедиционных исследований 1970 – 2005 гг.;

- исследовано взаимодействие синоптических и мезомасштабных вихрей в глубоководной Курильской котловине Охотского моря на основе данных спутникового дистанционного зондирования;

- исследована изменчивость энергетики синоптических процессов в Японском море на основе оценки вихревой кинетической энергии по данным спутниковой альтиметрии за 1993–2013 гг.;

- изучены изменчивость системы течений, термохалинной структуры, биогеохимических характеристик прибрежных вод Приморья и процессы осеннего апвеллинга и зимней конвекции, ответственных как за вентиляцию вод залива, так и изменение характеристик глубинных вод всего Японского моря;

- исследовано разрушение внутренних волн на мелководье и их воздействия на пространственно-временную структуру биологических характеристик в рамках проведенных комплексных экспериментов в шельфовой зоне Японского моря;

- дополнены базы данных ледовой информации и специализированные архивы спутниковых изображений ледяного покрова дальневосточных морей. Изучено влияния атмосферных процессов на состояние ледяного покрова Берингово моря и восточного сектора Арктики;

- исследованы характеристики распределения искусственных и естественных радионуклидов H-3, Be-7, Cs-134 Cs-137, Co-60 в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» и другими последствиями хозяйственной деятельности;
- пополнены временные ряды календаря типов атмосферной циркуляции и проанализирован ход атмосферных типов за весь ряд наблюдений; составлена сводная таблица кинематических и физических характеристик мегациклонов над северной частью Тихого океана за 2011-2013 гг., построены карты динамики этих образований с привязкой к выделенным типам атмосферной циркуляции;
- получены характеристики мезомасштабных вихрей в тропических циклонах северо-западной части Тихого океана;
- разработаны алгоритмы восстановления геофизических параметров по данным дистанционного зондирования из космоса, получены оценки параметров океана и атмосферы в зоне опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений,
- пополнен архив спутниковых изображений интенсивных мезоциклонов за холодный период года над дальневосточными морями до настоящего времени, начато формирование информационной базы статистических характеристик циклонов;
- исследована изменчивость параметров системы океан-атмосфера в Японском море во время холодных вторжений – экстремальных погодных условий, характеризующихся сильным либо штормовым ветром, высоким волнением и интенсивным теплообменом на границе раздела морская поверхность–атмосфера;
- исследовано воздействие тропических циклонов на поля концентрации хлорофилла-а в с-з части Тихого океана в 1979-1986 и 1996-2010 гг.;
- разработан региональный алгоритм определения пыли в атмосфере над северо-западной частью Тихого океана;
- усовершенствованы оптические устройства для проведения подспутниковых экспериментов и мониторинга прибрежных акваторий;
- пополнена БД экспедиционных наблюдений ТОИ за 2012-2014 гг. материалами, поступившими в 2013-2014 гг. Данные обработаны и отправлены в Госфонд в установленном порядке;
- подготовлена картографическая информация по экологии бухт зал. Петра Великого и другим районам;
- проведена актуализация информационных ресурсов, завершено тестирование макета и введена в эксплуатацию КИС «Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ (ПУБЛИКАЦИИ, ПАТЕНТЫ)

Андреев А.Г. Межгодовые изменения параметров морской воды и концентрации хлорофилла-а в Японском море в осенний период // Метеорология и гидрология. 2014. № 8. С. 55-65.

Буров Б.А., Лазарюк А.Ю., Лобанов В.Б. Исследование теплового потока на границе вододонные осадки в Амурском заливе Японского моря в зимний период // Океанология. 2014. Т. 54. № 6. С. 744-753.

Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цурикова Т.В. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России // Доклады Академии наук. География. 2014. Т. 458. № 1. С. 92-96.

Вакульская Н.М., Плотников В.В. Оценки параметров состояния ледяного покрова Берингова моря // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 1. С. 92-100.

Вакульская Н.М., Плотников В.В., Пустошнова В.И. Сопряженность ледовых условий Берингова моря с ледовыми условиями в морях восточного сектора Арктики и тихоокеанского бассейна // Вестник ДВО РАН. 2014. № 5. С. 18-24.

Власова Г.А. Гидродинамический режим прибрежных вьетнамских вод под воздействием южных тропических циклонов Южно-Китайского моря в переходный весенний период // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 05 (21). С. 42-48.

Гайко Л.А. Изменчивость температуры воды и воздуха вдоль побережья залива Петра Великого (Японское море) // Актуальные проблемы современной науки. 2014. № 2 (76). С. 250-255.

Дубина В.А., Плотников В.В., Кот Н.С. Дрейф льда в заливе Петра Великого // Известия ТИНРО. 2014. Т. 178. С. 148-156.

Дубина В.А., Ростов И.Д., Рудых Я.Н., Митник Л.М., Митник М.Л., Гурвич И.А., Пичугин М.К. Опасные морские погодные системы северо-западной части Тихого океана / Свидетельство о гос рег. в Роспатенте № 2014621618, заявка от 15.10.2014, зарегистрирована в Реестре баз данных Роспатента 05.12. 2014 г.

Жабин А.И., Андреев А.Г. Взаимодействие мезомасштабных и субмезомасштабных вихрей в Охотском море по данным спутниковых наблюдений // Исследование Земли из космоса. 2014. № 4. С. 75-86.

Жабин И.А., Дмитриева Е. В. Сезонная и синоптическая изменчивость ветрового апвеллинга у побережья южного Приморья (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2014. № 5. С. 25-31.

Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин В.А., Мезенцева Л.И., Пономарев В.И., Соколов О.В., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Ушакова Р.Н., Хен Г.В. Глава 5.4. Дальневосточные моря России // В кн.: Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. - Москва, Росгидромет, 2014. С. 684-743.

Мельниченко Н.А., Тювеев А.В., Лазарюк А.Ю., Савченко В.Г., Харламов П.О., Юрцев А.Ю., Марьина Е.Н. Вертикальное распределение содержания рассола, температуры и солености в припайных льдах бухты Новик (о. Русский) залива Петра Великого // Вестник ДВО РАН. 2014. № 5. С. 32-38.

Митник Л.М., Митник М.Л. Мультисенсорный спутниковый мониторинг явлений и процессов в океане и атмосфере // Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана: в 2 кн. / Гл. ред. В.А. Акуличев; ТОИ ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2014. Кн. 1. С. 208-230.

Митник Л.М., Митник М.Л. Спутниковое микроволновое зондирование Камчатки и окружающих морей // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015 (в печати).

Митник Л.М., Митник М.Л., Чернявский Г.М., Чёрный И.В. Выкочко А.В., Пичугин М.К. Приводный ветер и морской лёд в Баренцевом море по данным микроволновых измерений со спутников Метеор-М № 1 и GCOM-W1 в январе-марте 2013 г. // Исследование Земли из космоса. 2015, № 3 (в печати).

Митник Л.М., Хазанова Е.С. Формирование ледяного покрова в области Новосибирских островов по данным РСА со спутника Sentinel-1A // Труды XXI симпозиума по радиолокационному зондированию природных сред. ВКА им. А.Ф. Можайского. Санкт-Петербург. 2015 (в печати).

Мороз В.В. Воздействие приливных процессов на гидрофизические характеристики вод в проливах Курильской гряды // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2014. № 3. С. 29-35.

Мороз В.В. Приливные процессы как доминирующий фактор формирования структуры вод в районе Курильской островной гряды // Естественные и технические науки. 2014. № 4. С. 72-75.

Плотников В.В., Дубина В.А. Характеристика ледяного покрова Амурского залива в районе полуострова Ломоносова, включая бухты Перевозная и Нарва // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы III Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. Ч. I. С. 233-236.

Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов Дальневосточных морей России [Электронный ресурс] / Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2014. - DVD диск. Доступно из URL <http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/>, <http://portal.esimo.ferhri.ru/portal>.

Рогачев К.А., Шлык Н.В. Струйное течение Шантарского архипелага по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2014. № 5. С. 68-75.

Ростов И.Д., Ростов В.И., Рудых Н.И., Дмитриева Е.В., Голик А.В. Компоненты информационной поддержки морской деятельности и природопользования в Дальневосточном регионе России // Океанология. 2014. Т. 54. № 3. С. 425–427.

Ростов И.Д., Ростов В.И., Рудых Н.И., Дмитриева Е.В. Ресурсы и технологии информационной поддержки морской природопользовательской деятельности и научных исследований в ДВ регионе России // Материалы международной конференции "Современные информационные технологии для фундаментальных научных исследований в области наук о земле", Петропавловск-Камчатский, 8-13 сентября 2014 г. Владивосток: Дальнаука. 2014. С. 133.

Ростов И.Д., Рудых Н.И., Марченко С.С. База пространственных данных прибрежной зоны России в дальневосточных морях / Свидетельство о гос рег. в Роспатенте № 2015620168, заявка от 04.12.2014, зарегистрирована в Реестре баз данных Роспатента 29.01. 2015 г.

Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Алексанин А.И., Голик И.А. Анализ воздействия тропических циклонов на поля концентрации хлорофилла-*a* в северо-западной части Тихого океана в 1979-1986 и 1996-2010 гг. с использованием данных пассивного спутникового зондирования цвета океана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 2. С. 219-227.

Трусенкова О.О. Оценка изменчивости вихревой кинетической энергии в Японском море по данным спутниковой альтиметрии // Океанология. 2014. Т. 54. № 1. С. 12-21.

Храпченков Ф.Ф., Ярошук И.О., Кошелева А.В., Дубина В.А. Ветровой апвеллинг в заливе Петра Великого по спутниковым и морским наблюдениям // Исследование Земли из космоса. 2014. № 3. С. 33-40.

Штрайхерт Е.А., Захарков С.П., Гордейчук Т.Н., Шамбарова Ю.В. Концентрация хлорофилла-*a* и био-оптические характеристики в заливе Петра Великого (Японское море) во время зимне-весеннего цветения фитопланктона // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 148-162.

Шулькин В.М., Жабин И.А., Абросимова А.А. Оценка влияния стока р. Амур и процессов в Амурском лимане на биогехимический цикл железа в Охотском море // Океанология. 2014. Т. 54. № 1. С. 44-51.

Lobanov V., A. Sergeev, I. Gorin, P. Shcherbinin, A. Voronin, D. Kaplunenko, O. Popov and T. Gulenko. Observations of dense water cascading along the Peter the Great Bay slope in the northwestern Japan Sea // Int. Conf. Fluxes and Structures in Fluids, Selected Papers. Eds. Yu.D. Chashechkin, V.G. Baydulov, M: MAKS Press, 2014. P. 142-150.

Luchin V., Panteleev G. Thermal regimes in the Chukchi Sea from 1941 to 2008 // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2014. № 109. P. 14-26.

Moroz V.V. The Kuril Island Straits water characteristics peculiarities formed by tides and the climate variability // IX IOS/WESTPAC Symposium. Vietnam, Nha Trang. April, 2014. P.134.

Zabolotskikh E., Mitnik L., Chapron B. An updated geophysical model for AMSR-E and SSMIS brightness temperature simulation over ocean // Remote sensing. 2014. V. 6. № 3. P. 2317-2342.

Zabolotskikh E., Mitnik L., Chapron B. GCOM-W1 AMSR2 and MetOp-A ASCAT wind speed for the extratropical cyclones over the North Atlantic // Remote Sensing of Environment. 2014. № 147. P. 89-98.

Zabolotskikh E.V., Mitnik L.M., Bobylev L.P., Chapron B. Satellite passive microwave methods for the Arctic cyclone studies / In: Typhoon Impacts and Crisis Management. Eds: Danling Tang, GuangJun Sui. 2014c. P.81-92.