

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 551.465.53/.63(265.53)

№ госрегистрации 114042140017

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИР

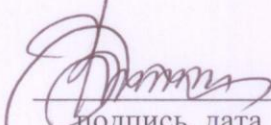
 В.В. Моисеев

 2015 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по теме:

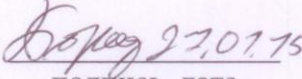
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В
ОХОТСКОМ И ЯПОНСКОМ МОРЯХ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОГО ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УГЛЕВОДОРОДОВ НА ШЕЛЬФЕ О. САХАЛИН
(промежуточный)

Руководитель темы
д-р техн. наук, профессор


подпись, дата

В.М. Пищальник

Нормоконтролёр
канд.пед.наук.


подпись, дата

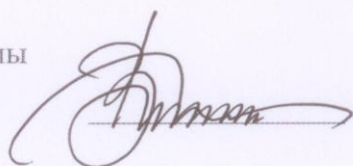
Д.А. Бородулин

Южно-Сахалинск 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

д-р техн. наук



В.М. Пищальник (промежуточный отчет)

Исполнители темы:

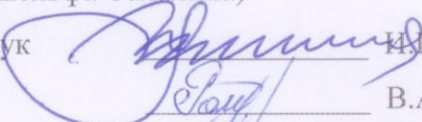
д-р хим. наук, проф.



морских вод шельфа Сахалина)

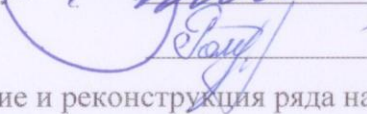
А.В. Леонов (C,N,P,Si-модель, биогидрохимия

канд. ф.-м. наук



Н.Г. Минервин (ледовый режим, районирование)

Ст. преп.

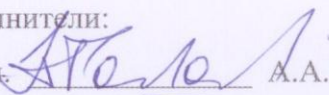


В.А. Романюк (ледовый режим, районирование,

восстановление и реконструкция ряда наблюдений за межгодовой изменчивостью площади ледяного покрова)

Соисполнители:

Ст. преп.



А.А. Гальцев (ведение гидрометеорологической базы данных)

Студентка СахГУ Колесова Е.Г. Колесова (сбор гидрометеорологических данных, ледовый режим, типизация зим)

Студентка СахГУ Батухтина А.С. Батухтина (сбор гидрометеорологических данных, ледовый режим, типизация зим)

Студентка СахГУ Козека А.С. Козека (сбор ДЗЗ, статистическая обработка данных)

Студент СахГУ Корсун А.Л. Корсун (сбор ДЗЗ, статистическая обработка данных)

Программист Бобков А.О. Бобков (разработка программного комплекса «Лёд»)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

РОМ – океаническая модель Пристонского университета

ВОМ – океаническая модель Бергенского университета

БВ – биогенные вещества

БП – биопродуктивность

B_1 – гетеротрофные бактерии

B_2 – НУ-окисляющие бактерии

ЗВ – загрязняющие вещества

НУ – нефтяные углеводороды

ПНУ – потребление нефтяных углеводородов бактериями B_2

F_1 , F_2 , F_3 – доминирующие группы фитопланктона диатомовые, перидиниевые и зеленые водоросли

Z_1 – растительноядный зоопланктон

Z_2 – хищный зоопланктон

C (DOC), N (DON), Si (DOSi) и P (DOP) – растворенные органические формы углерода (C), азота (N), кремния (Si) и фосфора (P)

P (DIP), Si (DISi) и N (NH_4 , NO_2 , NO_3) – растворенные минеральные формы фосфора, кремния и азота (аммоний, нитриты и нитраты)

P (PD), N(ND) и Si (SiD) – взвешенные компоненты детрита, содержащие фосфор, азот и кремний

O_2 – растворенный в воде кислород

N_2 – растворенный в воде азот

РЕФЕРАТ

Отчет 16 с., 4 рис., 11 источников.

Представлены краткие сведения о ходе выполнении работ на подготовительном этапе исследований по пяти тематическим направлениям: - системный анализ результатов математического моделирования условий природной среды на основе современной и исторической информации; - выявление основных закономерностей гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов в шельфовой зоне о. Сахалина и оценка ее состояния; - разработка принципов построения и структуры информационно-аналитических систем для анализа ледовой обстановки в шельфовых зонах, а также требований по составу их информационного и программно-математического обеспечения; - техническая реализация информационно-аналитической системы путем создания геоинформационной системы для имитационного моделирования геоэкологической обстановки в природно-технических комплексах шельфовой зоны Сахалина на базе данных дистанционного зондирования Земли; - восстановление среднемесячных значений ледовитости Охотского и Японского морей, за период 1929-2014 гг. с проведением комплексного анализа сопутствующей гидрометеорологической информации. Представлен список опубликованных и принятых в печать работ, подготовленных коллективом авторов.

Ключевые слова: пространственно-временная изменчивость биогидрохимических параметров морской воды, морское природопользование, эколого-географический подход, вариации площади ледяного покрова, реконструкция межгодовой изменчивости, Охотское и Японское моря.

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами подготовительного этапа исследований в 2014 г. являлись:

1. Системный анализ результатов математического моделирования условий природной среды на основе современной и исторической информации;
2. Выявление основных закономерностей гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов в шельфовой зоне о. Сахалина и оценка ее состояния;
3. Разработка принципов построения и структуры информационно-аналитических систем для анализа ледовой обстановки в шельфовых зонах, а также требований по составу их информационного и программно-математического обеспечения;
4. Техническая реализация информационно-аналитической системы путем создания геоинформационной системы для имитационного моделирования геоэкологической обстановки в природно-технических комплексах шельфовой зоны Сахалина на базе данных дистанционного зондирования Земли.
5. Восстановление среднемесячных значений ледовитости Охотского и Японского морей, за период 1929-2014 гг. с проведением комплексного анализа сопутствующей гидрометеорологической информации.
6. Сбор и анализ данных ДЗЗ о природных процессах на акватории дальневосточных морей (ведение и пополнение базы данных);
7. Обзор и анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках НИР.

Реализация задач 6 и 7 производилась ежедневно в плановом порядке. Для обсуждения текущих и подведения итогов этапных заданий в течение учебного года работал еженедельный научный семинар под руководством проф. Пищальника В.М. Краткие сведения о выполнении задач 1-5 и основные результаты исследований представлены в соответствующих разделах настоящего отчета. В разделе «Список публикаций по теме исследования» перечислены опубликованные и принятые в печать работы, подготовленные коллективом авторов настоящего отчета.

1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННОЙ И ИСТОРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Добыча и транспорт нефти морским путем на акватории шельфа Сахалина осуществляется круглогодично. Данное обстоятельство влечет за собой необходимость четкого представления особенностей сезонной перестройки гидрологических и гидрохимических полей и внутригодовых процессов трансформации органических веществ в морских водах. Особенно важно иметь оценку состояния морской среды в зимний период, когда инструментальные наблюдения из-за наличия ледяного покрова крайне ограничены. В данном исследовании с помощью математического моделирования были исследованы условия биотрансформации соединений органических элементов (C, N, P, Si) и нефтяных углеводородов в водах юго-восточного шельфа Сахалина (ЮВШС). Входные данные для расчетов подготавливались с помощью ГИС «Сахалинский шельф», подбирались из справочной литературы по океанологии и из материалов экспедиционных исследований. Значения расходов воды через границы выделенных районов внутри акватории шельфа и при водообмене с Охотским морем были рассчитаны на океанической модели Бергенского университета по среднемноголетним ежемесячным термохалинным параметрам. Внутригодовые изменения концентраций органических и минеральных соединений C, N, P, Si и нефтяных углеводородов за счет биотрансформации веществ организмами сообщества (бактерии, фито-, зоопланктон) оценивались при расчетах на CNPSi-модели.

Выполненный анализ полученных расчетных данных раскрывает особенности динамики веществ, биомасс организмов, их активности в осуществлении биотрансформации веществ и позволяет сделать следующие выводы:

- реальный вклад внешних источников (речной сток и атмосферные осадки) в биогенную нагрузку на акваторию ЮВШС незначителен из-за малых отношений скоростей поступающей влаги к объемам морских вод верхнего слоя. Основную роль в развитии биогидрохимических процессов в морской среде играет внутренний естественный рецикл и круговорот БВ, определяемый жизнедеятельностью организмов (B_1 , B_2 , F_1 – F_3 , Z_1 – Z_2), осуществляющих потребление веществ-субстратов, выделение в морскую среду продуктов обмена и образующих отмершую биомассу (или детрит);

- внутригодовые изменения концентраций органических и минеральных биогенных веществ (БВ) имеют четко выраженный сезонный ход: зимой в воде нет активного потребления организмами БВ, и в поверхностном слое отмечены концентрации DON,

NO₃, ND, DOP, PD и форм Si повышены; весной при активизации роста биомасс организмов содержание растворенных органических и минеральных БВ снижается; летом при развитии продукционных процессов возрастает запас органических веществ в воде; в конце осени–начале зимы активность организмов снижается, а запас органических и минеральных БВ в водной среде восстанавливается. Несколько максимумов и минимумов в течение года отмечено в изменениях концентраций минеральных БВ (NH₄, NO₂, DIP, DISi) и в детрите (ND, PD и SiD);

- в середине года внутренние потоки по N (продукция, регенерация, перенос, поступление из внешних источников, рецикл) в большей мере способствуют увеличению запасов DON, чем потоки по P способствуют увеличению запасов DOP. Это служит свидетельством изменения направленности и разных тенденций в развитии биотрансформации соединений форм N и P в акватории ЮВШС;

- сезонные максимумы биомасс организмов в зависимости от факторов среды и концентраций субстратов питания в районах 1–3 отличаются по значениям и образуются в разные сроки. Повышенные величины k_0 , обозначающие благоприятные условия для развития биомасс, по срокам предшествуют наибольшим значениям биомасс организмов;

- в водах ЮВШС, как и в Татарском прол., в течение года происходит формирование двух выраженных максимумов биомасс организмов – в начале весны и в конце лета–начале осени. В районах 1–3 может происходить некоторое смещение сроков образования максимумов их биомасс из-за различий в условиях среды: весной – из-за неравномерности пространственного прогрева водной толщи, а летом–осенью – преимущественно из-за различий в условиях естественного рецикла БВ и обеспечения организмов субстратами питания.

Выполненные системные исследования по биогидрохимии морской среды показали хорошую сбалансированность комплекса факторов среды, условий поступления БВ из внешних источников, их переноса, развития биогидрохимических процессов трансформации веществ и биомасс организмов в акватории ЮВШС. На конец года получены такие соотношения концентраций БВ к суммарным концентрациям биогенных элементов, которые близки принятым на начало года. Это служит доказательством естественного потенциала морской среды в осуществлении трансформации веществ, сохранения и восстановления к концу года свойств экосистемы ЮВШС (или исходных тенденций развития биотрансформации и формирования запасов БВ в водной среде) независимо от внутригодовых изменений, от условий естественного рецикла БВ и их участия в переносе водными массами между районами и через границы с открытыми участками Охотского моря.

2. ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ САХАЛИНА И ОЦЕНКА ЕЕ СОСТОЯНИЯ

На первом этапе (который в настоящее время подходит к завершению) исследования выполнялись на отдельных участках шельфа Сахалина. Вначале это были полузамкнутые акватории (зал. Анива – 2002-2003 гг., Татарский прол. – 2006-2009 гг.), затем открытые районы шельфа (северо-восточный шельф – 2012-2013 гг. и в последние три года юго-восточный шельф). Такой подход позволил отработать методологию исследований с использованием трех электронных инструментов (океанической модели Бергенского университета (BOM), ГИС «Сахалинский шельф» и гидроэкологической CNPSi-модели) и подойти к пониманию особенностей гидродинамических и биогидрохимических процессов, протекающих в ограниченных районах шельфа. Однако, при этом оставались открытыми вопросы переноса вод через проливы, отделяющие о. Сахалин от материка и о. Хоккайдо, которые, по-видимому, играют ключевую роль в перераспределении вещества и энергии. Восполнить этот пробел возможно путем расширения границ модельных расчетов и соответствующего обеспечения дополнительной гидрологической информацией новых районов (рис. 1).

В отчетном году была закончена процедура выборка температуры и солёности воды из всего массива исторической информации с вычислением их средних месячных значений на стандартных горизонтах в квадратах 30*30' в Охотского и 15*15' в Японском морях. Отработана методика оценки качества термохалинных характеристик, восстановления и реконструкции их в зимний период, стыковки имеющегося и нового массива данных. Параллельно производилась отладка работы океанической модели Пристонского университета (POM) для расчета характеристик течений на имеющемся рабочем массиве данных. Принципиальное отличие указанных выше моделей заключается в том, что гидрологические данные в POM вводятся в географической системе координат, а в BOM по расчетной сетке. Ввод данных по координатам полностью соответствует идеологии обработки океанографической информации в пространственно фиксированных точках (по станциям на стандартной схеме гидрологических разрезов, имеющейся зоне сахалинского шельфа и прилегающим к нему акваториям), изначально принятой при создании массива гидрологических данных на шельфе острова.

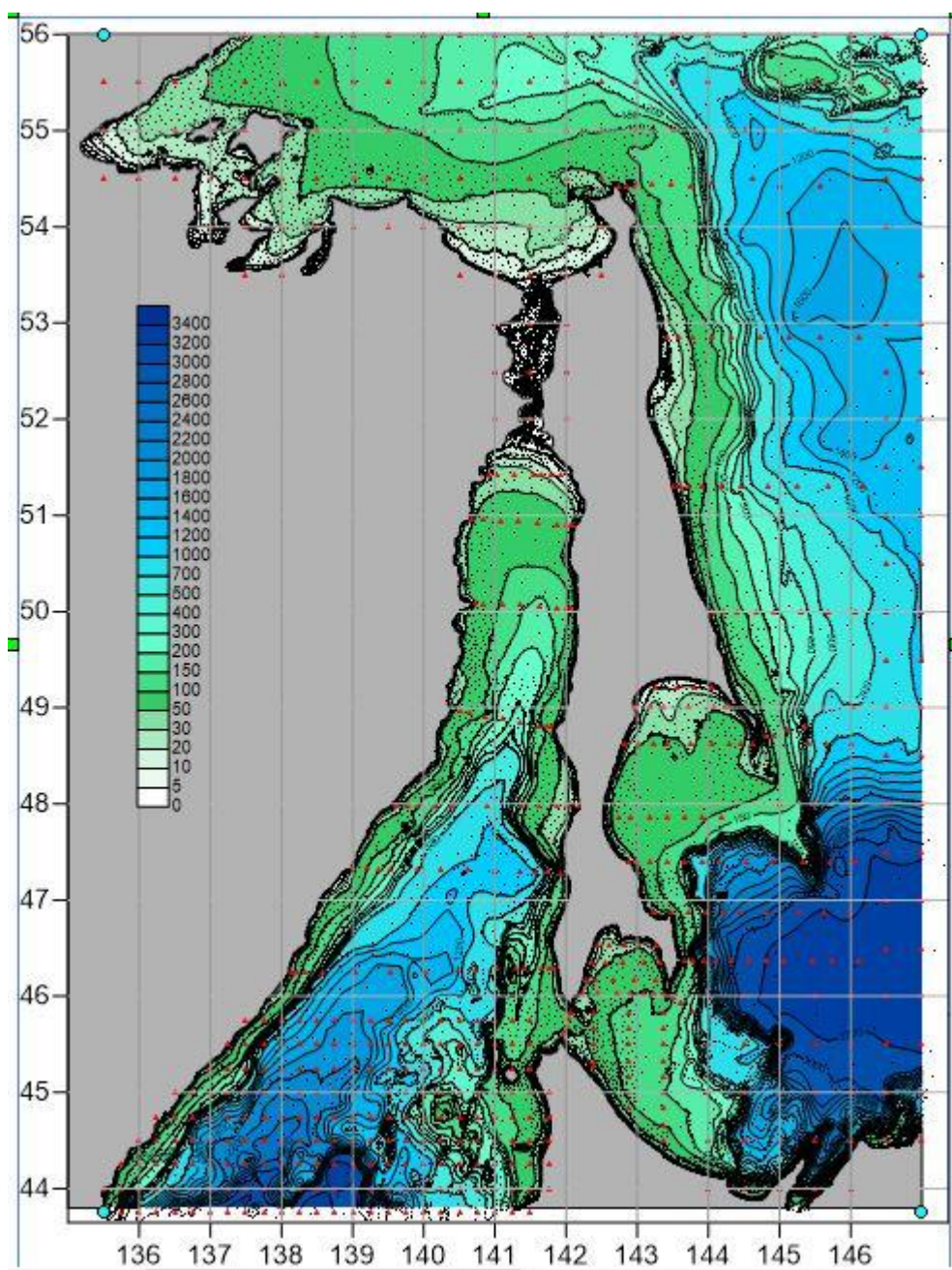


Рис. 1. Схема расположения стандартных гидрологических станций и узлов расчетной сетки в границах модельного расчета циркуляции вод по РОМ

Координатный ввод термохалинных характеристик в сочетании с детализированной батиметрией позволит в значительной степени повысить достоверность расчетных данных и оценить потоки вещества и энергии через проливы. Расчеты по моделям РОМ и ВОМ планируется выполнять в МГУ на суперкомпьютере Ломоносов.

3. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ И СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ, А ТАКЖЕ ТРЕБОВАНИЙ ПО СОСТАВУ ИХ ИНФОРМАЦИОННОГО И ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В основу информационно-аналитической системы для анализа ледовой обстановки в Охотском и Японском морях заложен принцип иерархической классификации ледяного массива для районирования акватории морей по ледово-географическим признакам. В настоящее время на акватории дальневосточных морей выделено 5 ледовых областей регионального масштаба первого уровня площадью $\sim 500 \text{ км}^2$ для выделения колебаний, соответствующих климатическому временному масштабу, 15 ледовых районов второго уровня площадью $50\text{--}500 \text{ км}^2$, которые в силу динамических причин или орографических факторов имеют характерные особенности ледового режима для выделения колебаний, соответствующих сезонному временному масштабу и > 40 ледовых зон третьего уровня (пространственный масштаб $< 50 \text{ тыс. км}^2$) для анализа ледовых процессов синоптического и сезонного масштаба (рис. 2).

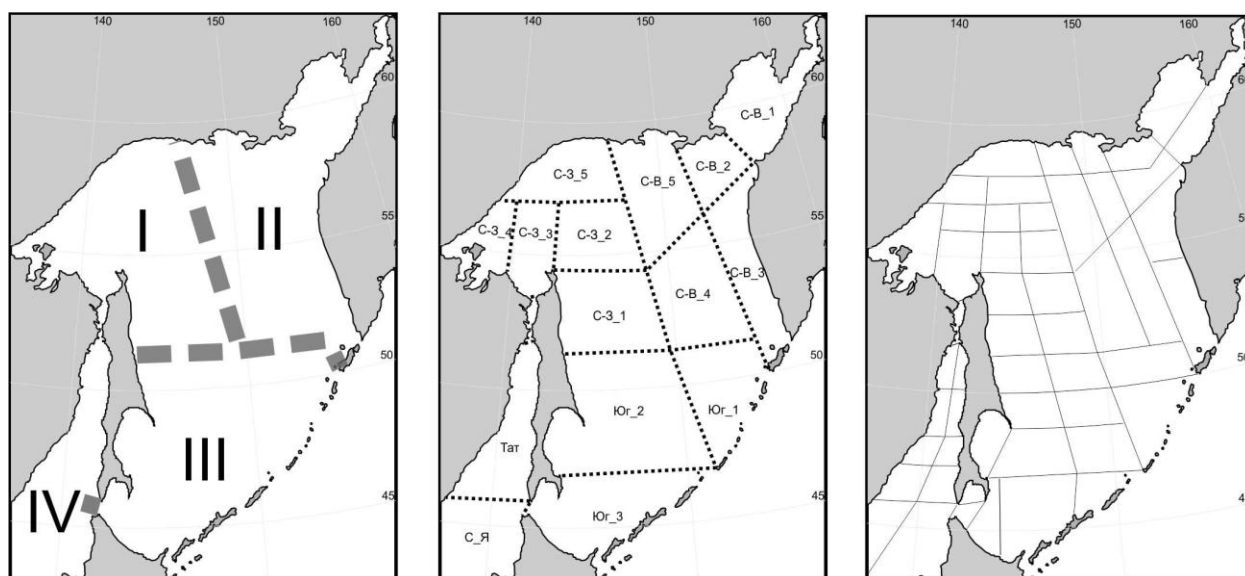


Рис. 2. Схема иерархического районирования ледяного покрова на акватории Охотского и Японского морей. Первый уровень классификации – ледовые области (слева), второй уровень – ледовые районы (в центре) и третий уровень – ледовые зоны (справа)

В областях регионального пространственного масштаба (три в Охотском – северо-западная, северо-восточная и южная площадью 432,3, 592,1 и 578,8 тыс. км^2 соответственно и одна в Японском море площадью 373,3 тыс. км^2) решаются задачи климатического временного масштаба. Крупные региональные ледовые области важны

для понимания климатических процессов в целом. Эти знания позволяют четче интерпретировать и моделировать ледовые процессы в ледовых районах и в ледовых зонах, что в целом существенно повышает качество ледовых прогнозов. Информационной основой для оценки влияния климатических факторов является восстановленный однородный 85-летний ряд наблюдений за вариациями площади льда с месячной дискретностью.

В ледовых районах второго уровня информационной основой является 60-летний ряд ледовых наблюдений с декадной дискретностью. В ледовых зонах статистические характеристики сезонного и синоптического временного масштаба рассчитываются на основе 40-летнего ряда пентадных спутниковых наблюдений с помощью разработанного в СахГУ пакета программ «Лёд». Ледовые области, районы и зоны можно мозаично компоновать в произвольном порядке для выполнения широкого круга производственных и научных задач (ледовое обслуживание зимних судоходных трасс, выполнение морских операций любой сложности, моделирование ледовых процессов различного пространственного и временного масштабов, планирования морских работ и организации мониторинга ледовых условий при гидрометеорологическом обслуживании шельфовых проектов и т. д.).

Предложенная схема районирования является достаточно универсальной и пригодна для решения большинства современных практических задач как в дальневосточных морях, так и морях Арктического бассейна (ледовое обслуживание зимних судоходных трасс, выполнение морских операций любой сложности, моделирование ледовых процессов и т. д.) для различных пространственных и временных масштабов. Использование ее в практической деятельности позволит оптимизировать финансовые затраты и повысить качество прогностической информации для обеспечения безопасности выполнения морских операций. Дальнейшее совершенствование спутниковых наблюдений, например, определение на регулярной основе толщины льда, при условии применения данного методологического подхода позволит оперативное и прогностическое обслуживание вывести на качественно новый уровень.

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ САХАЛИНА НА БАЗЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Дальнейшее расширение возможностей ГИС «Сахалинский шельф» предполагается осуществить путем дополнения ее блоком расчета ледовых характеристик. В отчетном году была завершена разработка специального программного комплекса «Лёд», который позволяет рассчитывать характеристики ледяного массива **в ледовых районах любого иерархического уровня** по картам-схемам, построенным на основе радиолокационного зондирования ледяного покрова (см. рис. 2). **Карты-схемы** Japan Meteorological Agency (JMA) выставляет в Интернете (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) в режиме свободного доступа на 5, 10, 15, 20, 25, и 30-го число каждого месяца в период с ноября по июль. Они **представляют** собой изображения, размером 512x512 пикселей (рис. 3, слева) на котрых четырьмя фиксированными цветами в соответствии с международной номенклатурой льдов обозначены градации сплоченности морского льда 1-3, 4-6, 7-8 и 9-10 баллов. Для расчета значений площади льда в районах всех уровней используется набор цветowych масок (рис. 3, справа). Дополнительный блок программы позволяет вычислять ледовые характеристики в районах с произвольно выбранными границами на акватории морей, что значительно расширяет спектр решаемых задач.

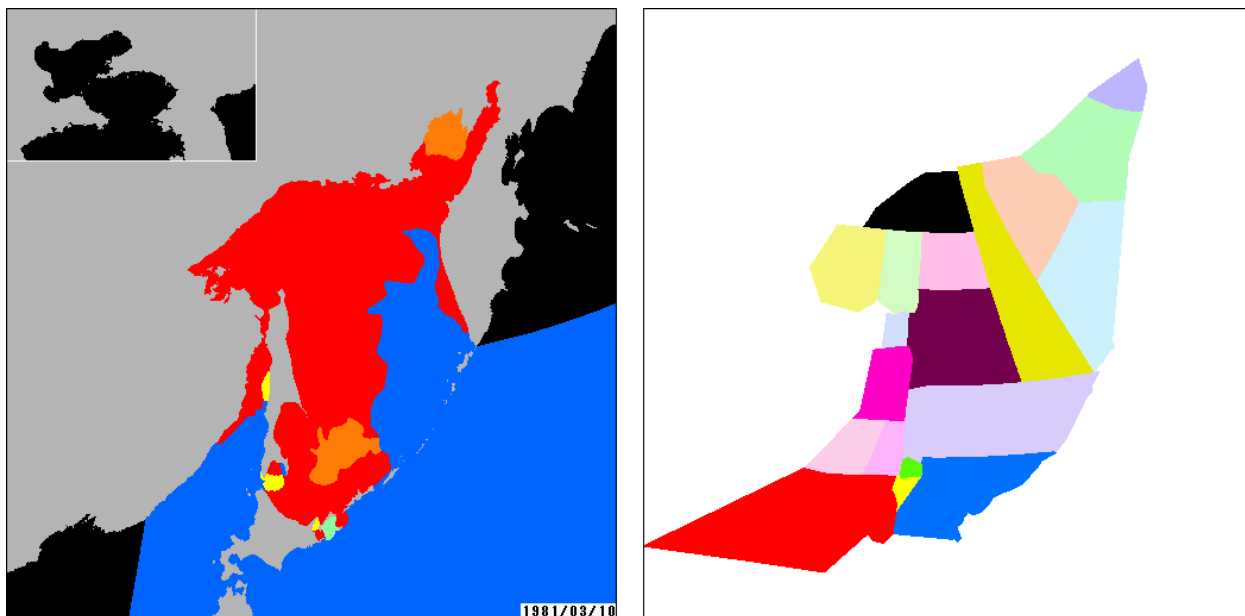


Рис. 3. Вид ледовой карты-схемы JMA (слева) и маска для вычисления площади льда в районах второго иерархического уровня (справа)

Программа сканирует последовательно все пиксели ледовой карты-схемы ЖМА. Если цвет пикселя соответствует одной из градаций сплоченности, программа проверяет цвет пикселя с таким же номером на карте районирования. Если цвет соответствует одному из интересующих нас районов, программа увеличивает на единицу счетчик для этого района. По окончании сканирования показания счетчиков пересчитываются в значения площади путем умножения на коэффициенты, вычисленные для каждого района с учетом картографической проекции.

Проверка точности расчетных данных, выполненных ПК «Лёд», показала, что ошибка вычислений, например, для Охотского моря в максимуме может составлять 31.9 тыс. км², что соответствует 2 % его общей площади. Начата процедура по регистрации пакета программ «Лёд» в качестве интеллектуальной собственности.

В стадии завершения находится разработка методики расчета местоположения кромок ледяного массива с помощью пакета программ ArcGis. Рассчитанное для различных типов зим положение кромок массива льда предполагается интегрировать в виде дополнительной опции в ГИС «Сахалинский шельф», а также издать в виде отдельного практического пособия для повышения безопасности судов, осуществляющих плавание во льдах. Кроме того, анализ положения ледяных кромок может быть использован в качестве дополнительного критерия при оценке климатических сдвигов в природных системах.

5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЛЕДОВИТОСТИ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ, ЗА ПЕРИОД 1929-2014 ГГ. С ПРОВЕДЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА СОПУТСТВУЮЩЕЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

На основе данных судовых, авиационных и спутниковых наблюдений за ледяным покровом в Охотском и Японском морях были восстановлены среднемесячные значения площади льда за период с 1929 по 2014 гг. Исходные данные, полученные различными способами и с разной дискретностью, были приведены к временной однородности. Выполнена оценка точности первичной информации в периоды выполнения совместных наблюдений. Восстановление рядов ледовитости производилось с использованием статистических методов и экспертных оценок с привлечением дополнительной гидрометеорологической информации.

Всю историю наблюдений за площадью ледяного покрова Охотского и Японского морей по способам получения информации можно условно разделить на три этапа. Первый из них *морской* – ледовые сезоны с 1928–1929 по 1959–1960 гг.; второй этап –

авиационный – сезоны с 1955–1956 по 1991–1992 гг.; третий – *спутниковый* – с зимнего сезона 1970–1971 гг. по настоящее время.

При восстановлении значений ледовитости Охотского и Японского морей с 1929 по 2014 гг. были использованы следующие исходные данные:

- ежемесячные данные о площади ледяного покрова Охотского и Японского морей за период с 1929 по 1960 гг. (Крындин, 1964);
- ежедекадные данные о площади ледяного покрова Охотского и Японского морей за период с 1957 по 1992 гг., вычисленные по данным авиационных наблюдений (Плотников, 2002; Проект «Моря» 1998, 2003);
- расчетные площади ледяного покрова Охотского и Японского морей на основе спутниковых наблюдений с 1971 по 2014 гг., предоставленные Японским метеорологическим агентством (JMA) (<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/database.html>);
- расчетные площади ледяного покрова, вычисленные в географических границах Охотского и Японского морей, принятых в Российской Федерации (Границы ..., 2000) на основе карт-схем JMA с использованием разработанного в СахГУ программного комплекса «Лёд» (ПК «Лёд») за период с 1971 по 2014 гг.;
- среднесуточные данные о температуре воздуха для опорных гидрометеорологических станций с 1889 по 2014 г. (Разуваев, 1993; <http://rp5.ru/>; <http://meteo.infospace.ru/>).

Анализ полученных данных позволил выполнить ретроспективный анализ ледовитости морей и выделить квази-30-летние периоды её колебаний (рис. 4).

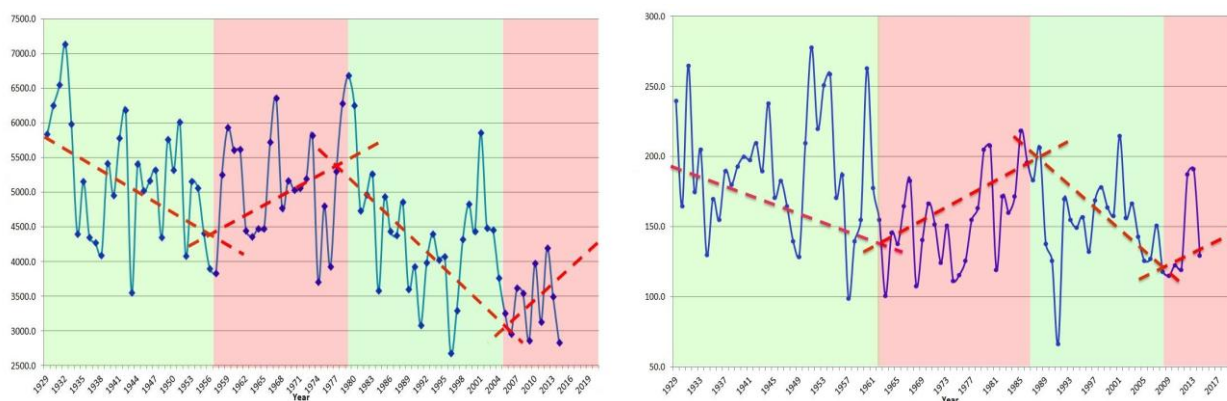


Рис. 4. Квази-30-летние тренды колебаний площади ледяного покрова Охотского (слева) и Японского (справа) морей

Линейный тренд сокращения площади морского льда за 85-летний период наблюдений составил для Охотского моря 20% от его площади и 11% в Японском море (от площади Татарского пролива). Общая продолжительность ледового сезона в середине

фаз активного ледообразования и разрушения массива льда (для Охотского моря в январе и в апреле) сократилась на 30 сут. В Японском море существенные колебания площади ледяного покрова не выявлены. Максимум ледовитости в обоих морях в начале XXI в. наступает в среднем на декаду раньше. При этом средние даты начала и конца ледообразования в обоих морях существенных изменений не претерпели. От сезона к сезону они различаются на 5-10 сут (в зависимости от типа зимы), но в многолетнем плане тренд явно не выражен.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ И ПРИНЯТЫХ В ПЕЧАТЬ РАБОТ, ПОДГОТОВЛЕННЫХ АВТОРАМИ ЗА ОТЧЕТНЫЙ ПЕРИОД ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей / И.Г. Минервин, В.А. Романюк, В.М. Пищальник, П.А. Трусков, С.А. Покрашенко // Вестник РАН, 2015, (**в печати**).
2. Леонов А.В. Биогидрохимия морской среды и особенности трансформации биогенных веществ и нефтяных углеводородов в акватории юго-восточного шельфа Сахалина / А.В. Леонов, В.М. Пищальник, О.В. Чичерина // Водные ресурсы, 2015, (**в печати**).
3. Pishchalnik V.M. On the modern climate shift in the regime of iciness of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan / V.M. Pishchalnik, I.G. Minervin, V.A. Romanyuk, A.S. Batukhtina // Proceedings of the 30th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 2015. (**в печати**).
4. Melkiy V.A. Review of the Environment by remote sensing data in the Sakhalin State University / V.M. Pishchalnik, V.V. Il'in, A.A. Gal'tsev, O.M. Zaripov, A.A. Verkhoturov, I.V. Eremenko, Ya.P. Belyanina // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 2014. – С. 103-106.
5. Пищальник В.М. Восстановление годового хода термохалинных характеристик и циркуляции вод на северо-восточном шельфе Сахалина / В.М. Пищальник, В.С. Архипкин, А.В. Леонов // Водные ресурсы, 2014. – Т. 41. – № 4. – С. 362-374.
6. Минервин И.Г. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей / И.Г. Минервин, В.М. Пищальник // Материалы докладов IV международной науч.-практич. конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии», 16-17 июня 2014 г. – Norht Charleston, USA, 2014. – Том 1. – С. 46-57.
7. Минервин И.Г. Особенности развития ледовых процессов в Охотском море в зимнем сезоне 2013-2014 гг. / Ученые записки Сахалинского государственного университета / И.Г. Минервин, В.М. Пищальник. – Южно-Сахалинск: изд-во СахГУ, 2015. (**в печати**).

8. Pishchalnik V.M. Classification of winters by degree of severity of ice conditions based on the data of remote sensing of the Earth / V.M. Pishchalnik, I.G. Minervin, V.A. Romanyuk // Sheffield. News of Science and Education, 2014. - # 13 (13). – PP. 27-31.

9. Природопользование: определения и термины: учебно-методическое пособие / сост.: А.К. Амбросимов, Я.П. Беянина, А.А. Гальцев и др. ; под ред.: В.М. Пищальника, д-ра техн. наук и В.А. Мелкого, д-ра техн. наук. – Южно-Сахалинск: изд-во СахГУ, 2014. – 308 с.

10. Batukhtina A.S. Character of ice formation in extreme types of winters in the Seas of Okhotsk and the Sea of Japan / A.S. Batukhtina, E.G. Kolesova, V.A. Romanyuk // Proceedings of the 30th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 2015. (В печати).

11. Romanyuk V.A. Recovery ice cover Okhotsk and Sea of Japan for the period from 1929 to 2014 / V.A. Romanyuk, A.S. Kozeka // Proceedings of the 30th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 2015. (В печати).