

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 551.465.53/.63(265.53)

№ гос. регистрации: АААА-А17-117042810046-6

Инв. №

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по НИР ФГОУ ВО
«Сахалинский государственный
университет»



В.В. Моисеев

«14» сентября 2019 г.

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ОХОТСКОГО И
ЯПОНСКОГО МОРЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
(за 2018 год)
(промежуточный)

Руководитель темы
заведующий Лабораторией
дистанционного зондирования Земли,
д-р техн. наук

подпись, дата

В.М. Пищальник

Нормоконтролёр
нач. отдела по научной
и инновационной работе,
канд. пед. наук.

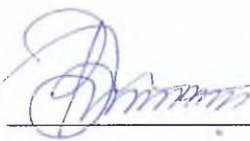
подпись, дата

Д. А. Бородулин

Южно-Сахалинск, 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

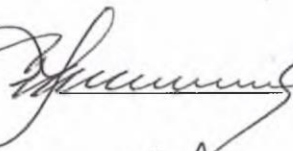
Руководитель темы,
д. т. н., профессор



В.М. Пищальник

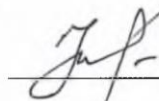
(введение, разд. 1.2, ч. 2, ч. 3, заключение)

Канд. ф.-м. наук,
академик РАН



И.Г. Минервин (ч. 3, ч. 4, редактирование)

Ведущий инженер



Н.С. Терентьев (ч. 1, Приложение 1)

Ведущий инженер



И.В. Никулина (ч. 4)

Ведущий инженер



И.В. Шумилов (ч. 1, ч. 2, Приложение 1)

Аспирант



В.А. Романюк (ч. 2, ч. 3)

Аспирантка



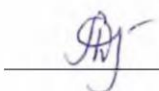
Д.В. Дорофеева (ч. 3)

Аспирантка



Е.В. Никонова (ч. 1)

Студентка



Д.А. Пастухова (ч. 3)

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ	2
СОДЕРЖАНИЕ	3
РЕФЕРАТ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
 1. Разработка цифровой информационной системы «Архив гидрометеорологических характеристик Охотского и Японского морей» Лаборатории ДЗЗ СахГУ	 8
1.1. Идеология построения СУБД на основе Scanex Web-GIS GeoMixer	8
1.2. Сбор и обработка коллекции цветных спутниковых снимков NASA	9
1.3. Структура хранения спутниковой информации	13
1.4. Модуль вычисления местоположения кромок массива льда	14
1.5. Основные задачи для решения в 2019 г.	18
Список литературы	18
 2. Особенности развития ледовых процессов в Охотском море в зимний сезон 2017-2018 гг.	 19
2.1. Материалы и методы исследований	19
2.2. Результаты и их обсуждение	19
2.3. Инцидент с грузопассажирским теплоходом «Игорь Фархутдинов», связанный с неправильным дешифрированием имеющейся в открытом доступе ледовой информацией	22
2.4. Выводы	23
Список литературы	24
 3. Анализ изменчивости многолетнего ряда ледовитости Татарского пролива	 25
Выводы	28
Список литературы	28
	21
 4. Анализ состояния территории мест обитания бурого медведя (<i>Ursus arctos</i> Linnaeus, 1758) по данным спутниковой геопривязки	 29
4.1. Материалы и методика исследования	29
4.2. Результаты исследования и обсуждение	30
4.3. Выводы	36
Список литературы	37
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	 39
 ПРИЛОЖЕНИЯ	 40
Приложение А	41
Приложение Б	44
Приложение В	45
Приложение Г	47
Приложение Д	48

РЕФЕРАТ

Отчёт 48 стр., 22 рис., 6 табл., 5 прилож., 44 источника.

Тема НИР: Исследование особенностей ледового режима Охотского и Японского морей с применением ГИС-технологий.

Ключевые слова: Охотское и Японское моря, районирование, ледовые условия, ледовый режим, многолетняя изменчивость

Объект исследования – изменчивость ледяного покрова Охотского и Японского морей.

Цель работы – разработка цифровой информационной системы для анализа ледового режима различных пространственно-временных масштабов.

Методы проведения работы:

1. Формирование многолетних рядов изменения площади ледяного покрова Охотского и Японского морей в целом и на их отдельных акваториях;
2. Районирование ледяного покрова морей по ледово-географическим признакам;
3. Поиск предикторов и разработка прогностического правила для оценки сезонных вариаций ледовитости морей;
4. Разработка ГИС-технологии для определения местоположения кромок ледяного массива;
5. Разработка методов вычисления объёма льда с использованием данных дистанционного зондирования Земли;
6. Формирование базы данных гидрометеорологических параметров и разработка цифровой информационной системы для анализа ледового режима;
7. Разработка методов поиска и оценки индикаторов состояния морских и наземных экосистем острова на основе данных ДЗЗ и цифровых технологий.

Результаты первого и второго этапов работы:

1. Разработана новая версия Программного комплекса «ЛЁД Сахалин» 2.0, путём
2. внедрения дополнительного программного блока расчёта объёма льда в районах с произвольно заданными границами по данным ДДЗ микроволнового диапазона;
3. Разработан новый модуль к Программному комплексу «ЛЁД Сахалин» 2.0 для вычисления местоположения кромок ледяного покрова по данным дистанционного зондирования Земли;
4. Разработана новая версия ГИС «Сахалинский шельф»;
5. Начата процедура оформления документации для оформления интеллектуальной собственности на ГИС «Сахалинский шельф»;
6. Подготовка монографии «Применение цифровых технологий при моделировании природных процессов». Результаты исследований за 2018 г. опубликованы в двух статьях в реферируемых журналах (в печати), в двух докладах на Международной конференции и в трех докладах на Национальной научно-практической конференции.

Практическая значимость работы. Результаты работы используются для написания научных статей, грантов, диссертаций, выпускных квалификационных работ аспирантов, магистров и бакалавров. Получение новых знаний об изменениях параметров ледового режима в современный период позволяет обеспечивать безопасность проведения морских операций при обустройстве и эксплуатации шельфовых месторождений углеводородов Охотского и Японского морей.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. На неоднородный характер пространственно-временной изменчивости температуры воздуха на Земле указывает ряд фактов, которые свидетельствуют о её периодических (чаще неравномерных) колебаниях. Интегральным критерием значимости последствий таких колебаний для природной среды является ледяной покров. Охотское море относится к разряду замерзающих морей и является одним из наиболее биопродуктивных в мире по развитию бентоса. Ихтиофауна включает более 300 видов, а промысловых видов – около 30. Оно даёт большую часть всего российского вылова лососёвых рыб. Кроме того, на шельфе Охотского моря в последние 20 лет идёт активная разведка и добыча углеводородов. Специфика разработки морских месторождений нефти и газа предусматривает круглогодичное транспортное (в том числе и судовое) обслуживание производственных объектов, естественным препятствием для которого служит ледяной покров. Для устойчивого развития данного направления большое практическое значение имеет понимание процессов изменений ледового режима. Фундаментальная основа любых прогностических оценок – знание закономерностей изменчивости исследуемого явления в предшествующие периоды. В этой связи особый интерес представляет детальный анализ изменений ледового режима в районах первого иерархического уровня в современный период потепления.

В связи с увеличением добычи нефти и газа, промышленных рубок леса, разрастанием территорий под строительство производственных объектов и дорог происходит вытеснение животных с территорий, привычных для их обитания. Чрезмерная добыча биологических ресурсов, включая лососевых рыб, приводит к сокращению кормовой базы многих представителей териофауны. Вершину трофической цепи на территории Сахалина занимает одним из самых крупных наземных хищников – бурый медведь. Состояние его популяции отражает общий характер геоэкологической обстановки в экосистемах и является чутким природным индикатором.

Изменение условий в местах обитания бурого медведя приводит к возникновению серьезных проблем сосуществования с человеком. Для оптимизации экологической безопасности территории и создания условий бесконфликтного сосуществования человека и медведя необходимо выявить закономерности изменения поведения животных под воздействием различных факторов среды. С этой целью в рамках применения ГИС-технологий разрабатывались методики оценки состояния территории на основе геоэкологического мониторинга и картографирования мест обитания бурого медведя.

Тема исследования соответствует плану научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО СахГУ (шифр: 5.9510.2017/БЧ).

Характер исследования: фундаментальный, прикладной.

Сроки исполнения: начало – 01.01.2017 г., окончание 31.12. 2019 г.

Перечень организаций, заинтересованных в результатах исследования по теме: операторы шельфовых проектов (ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», Эксон Нефтегаз Лимитед, Сахалинская энергия и др.), организации Федерального агентства морского и речного транспорта (судоходные компании, администрации портов Охотского моря и Татарского пролива, Сахалина, Курил и Камчатки), организации Федерального агентства по рыболовству, Министерство по чрезвычайным ситуациям и Министерство ВМФ.

Объект исследования – ледяной покров Охотского и Японского морей.

Предмет исследования – вариации ледяного покрова.

Цель работы – разработка цифровой информационной системы для анализа ледового режима различных пространственно-временных масштабов.

Цель 1-го этапа работы: организация мониторинговых исследований, сбор и накопление данных и их анализ.

Задачи исследования по цели №1:

- 1.1. Настройка аппаратно-антенного комплекса для производства регулярного мониторинга ледяного покрова.
- 1.2. Разработка и совершенствование Программного комплекса «ЛЁД» как основного инструмента исследования.
- 1.3. Прием и обработка спутниковой информации, организация её хранения и научный анализ полученных данных.

Цель 2-го этапа работы: автоматизация мониторинговых исследований и анализ специфики изменений ледового режима в отдельных регионах, ледовых районах и ледовых зонах с максимальной интенсивностью судоходства.

Задачи исследования по цели №2:

- 2.1. Анализ динамики изменений ледового режима в отдельных районах Татарского пролива с 1882 по 2017 гг.;
- 2.2. Подготовка к изданию обновленной версии ГИС «Сахалинский шельф» (оформление интеллектуальной собственности);
- 2.3. Оформление заявки на интеллектуальную собственность версии ПК «ЛЁД Сахалин» 2.0.

Цель 3-го этапа работы: разработка цифровой технологической схемы прогностического правила для оценки сезонных вариаций ледовитости морей.

Задачи исследования по цели №3:

- 3.1. Поиск предикторов и разработка прогностического правила для оценки сезонных вариаций ледовитости морей;
- 3.2. Разработка технологий для определения местоположения кромок ледяного массива и оценки геоэкологической ситуации территорий на основе многофакторного анализа пространственно-временного распределения индикаторов (на основе ГИС);
- 3.3. Формирование базы данных гидрометеорологических параметров и разработка цифровой информационной системы для анализа ледового режима;
- 3.4. Пополнение базы данных архивными и оперативными материалами для формирования информационной базы гидрометеорологических параметров Охотского и Японского морей за многолетний период.

Методы проведения работы:

1. Изучение научных и литературных источников;
2. Формирование и анализ многолетних рядов *ежедневной* изменчивости площади ледяного покрова Охотского и Японского морей в целом и в регионах первого иерархического уровня;
3. Выявление статистических зависимостей изменчивости ледовитости морей от гидрометеорологических параметров;
4. Анализ и прогноз местоположения кромок ледяного массива;
5. Формирование базы данных гидрометеорологических параметров и разработка цифровой информационной системы для анализа ледового режима на основе ПП «GeoMixer»..

Ожидаемые результаты:

- интеллектуальная собственность на программные продукты ГИС «Сахалинский шельф» и ПК «ЛЕД Сахалин» 2.0;
- подготовка к изданию практического электронного пособия для мореплавателей по местоположению кромок льда в зависимости от суровости ледовых условий;
- технология прогнозирования вариаций ледовитости на фазе развития ледяного покрова;
- подготовка к печати 3-х статей в рецензируемых журналах.

Практическая значимость: создание информационного ресурса для повышения эффективности ледового обслуживания нефтегазовых проектов на шельфе Сахалина и Сахалино-Курильского участка Северного морского пути.

Формы и область применения полученных результатов. Полученные данные и результаты их обработки будут являться основой для подготовки магистерских и кандидатских диссертаций, выпускных квалификационных работ, научных докладов для выступления на конференциях различного уровня, подготовки научных статей.

Научная новизна исследования: системные исследования ледового режима заявленных пространственных и временных масштабов выполняются впервые. Методологическая основа и полученный опыт ледового обслуживания могут быть использованы при разработке шельфовых месторождений углеводородов в арктических морях России.

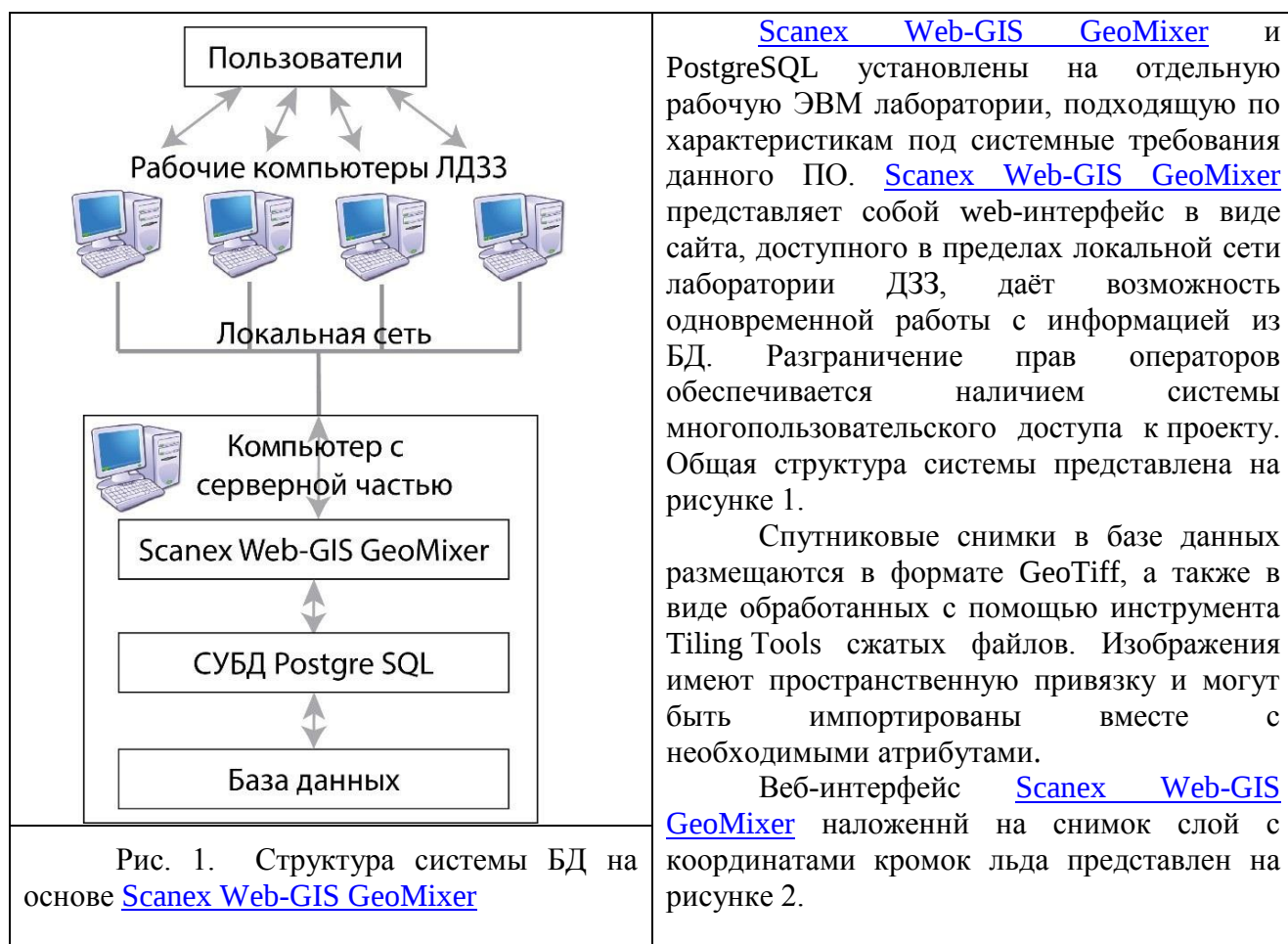
1. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «АРХИВ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ» ЛАБОРАТОРИИ ДЗЗ САХГУ

1.1. Идеология построения информационной системы на основе [Scanex Web-GIS GeoMixer](#)

Архив лаборатории ДЗЗ включает в себя большой объем систематизированной информации, в частности геопривязанные спутниковые снимки, таблицы и карты-схемы гидрометеорологических данных, тексты публикаций, а также программное обеспечение, в том числе разработанное в СахГУ.

Для повышения удобства работы пользователя с данными и внедрения цифровых ГИС-технологий в рабочий процесс было принято решение применить веб-картографическую интеграционную платформу, которая позволяет создавать и внедрять ГИС во внутренние системы и базы данных лаборатории: ПО [Scanex Web-GIS GeoMixer](#) [www.scanex.ru].

Для организации базы данных (БД) выбрана система управления базами данных (СУБД) Postgre SQL 9.6.11, совместимая со [Scanex Web-GIS GeoMixer](#) (рис.1). PostgreSQL - свободная объектно-реляционная система управления базами данных, базирующаяся на языке SQL и поддерживающая многие возможности стандарта SQL [www.postgresql.org].



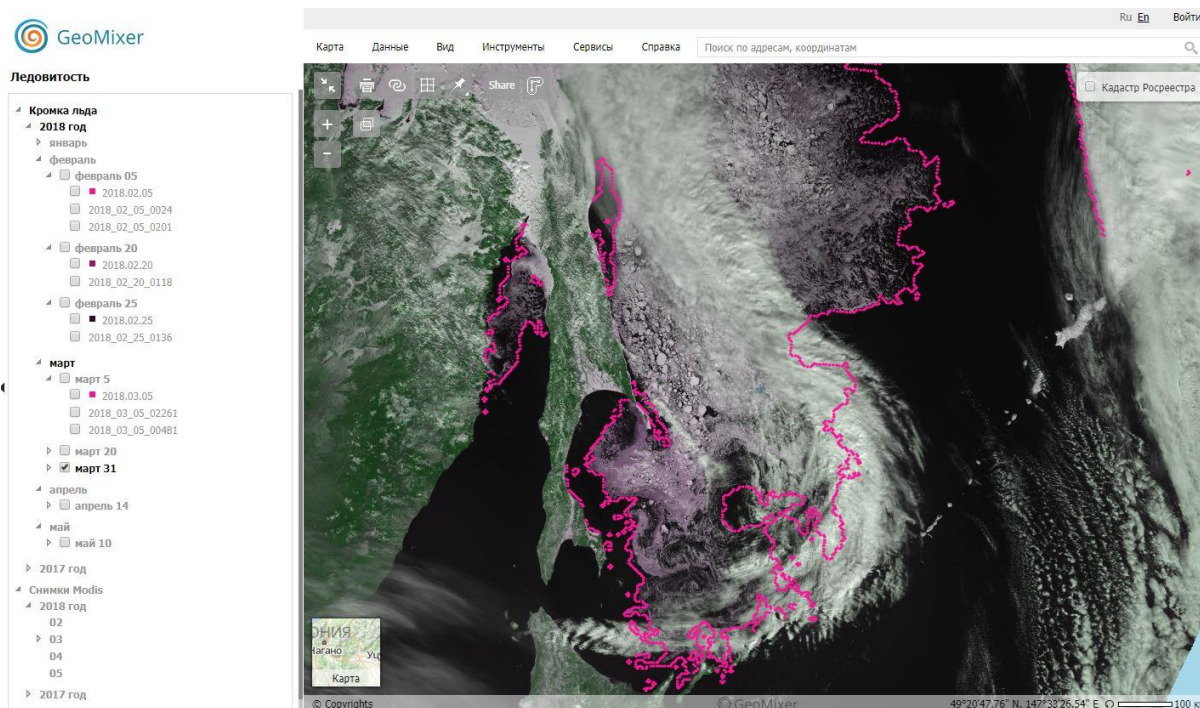


Рис. 2. Пример визуализации спутникового снимка Terra-MODIS с определённым местоположением ледовых кромок в среде [Scanex Web-GIS GeoMixer](#)

[Scanex Web-GIS GeoMixer](#) поддерживает геокодинг из текстовых файлов по координатам, что даёт возможность импорта в базу данных и визуализации данных о местоположении кромок льда. Визуализация пространственных, атрибутивных данных и поиск объектов по пространственным и атрибутивным запросам позволяют связать с каждым спутниковым снимком соответствующие данному периоду времени гидрометеорологические данные, векторные слои, отражающие: типы, местоположение морского льда в акватории и любые дополнительные материалы (ссылки на публикации, карты-схемы, таблицы и т.п.) (рис. 3).

Внедрение цифровой информационной системы позволяет разместить все данные лаборатории (гидрометеорологические, ледовые, астрологические и др.) в сводные таблицы единой базы данных, из которой далее можно производить предметные выборки значений интересующих параметров.

1.2. Сбор и обработка коллекции цветных спутниковых снимков

В настоящее время накоплен большой архивный материал спутниковых снимков с космического аппарата Terra (радиометр MODIS) с разрешением 250 м, синтезированных в комбинации каналов 1/2/1 для визуального дешифрирования ледяного покрова Охотского и Японского морей.

Приём информации со снимков осуществляется ежедневно при прохождении его через интересующий регион за один, два или три витка с 2001 года по 2018 год, т.е. в оперативном режиме обрабатывается в течение часа и передается для работы потребителям.

Для формирования архива изображений акватории Охотского и Японского морей разработан шаблон под снимки с угловым штампом, в котором указано название спутника, дата съемки в формате ГГММДД, время начала приема станцией данного витка по Гринвичу (UTC) и местное время на станции. Пример геореференцированного снимка, подготовленного на основе шаблона, представлен на рисунке 4.

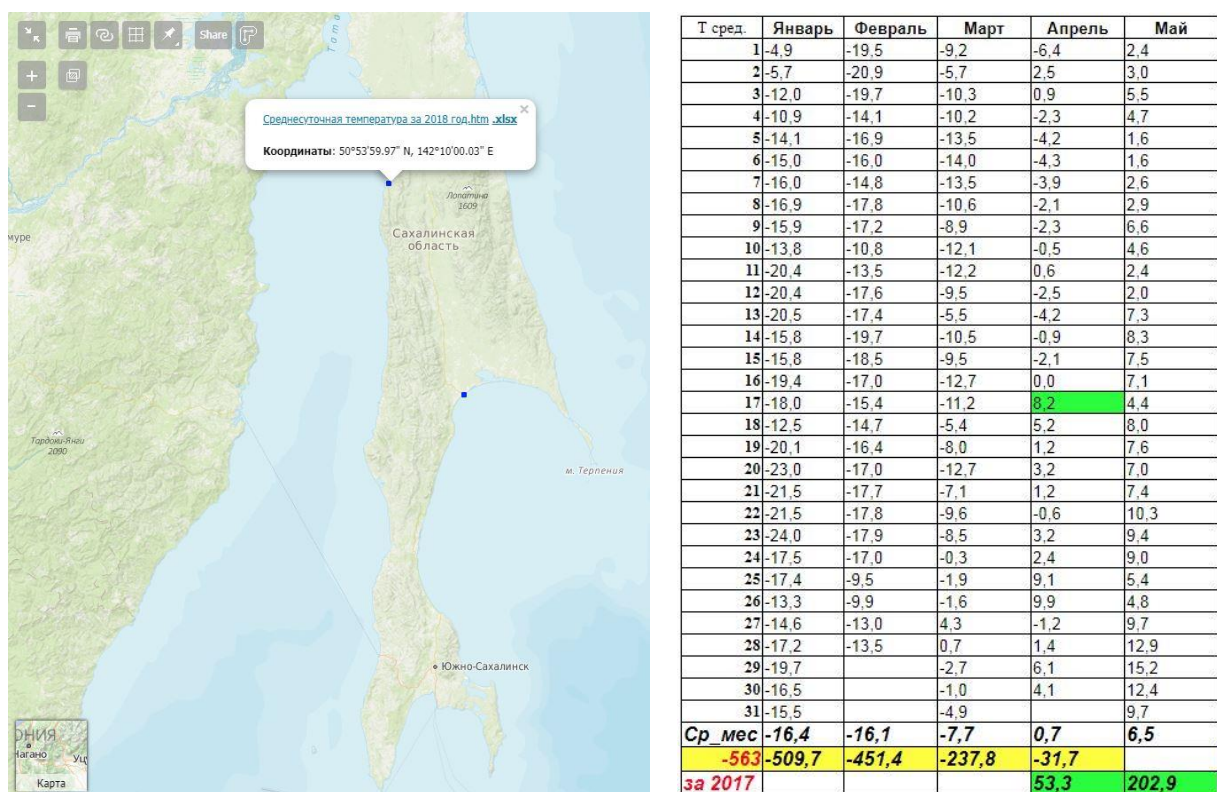


Рис. 3. Представление данных о температуре воздуха на прибрежных гидрометеорологических станциях в [Scanex Web-GIS GeoMixer](#)

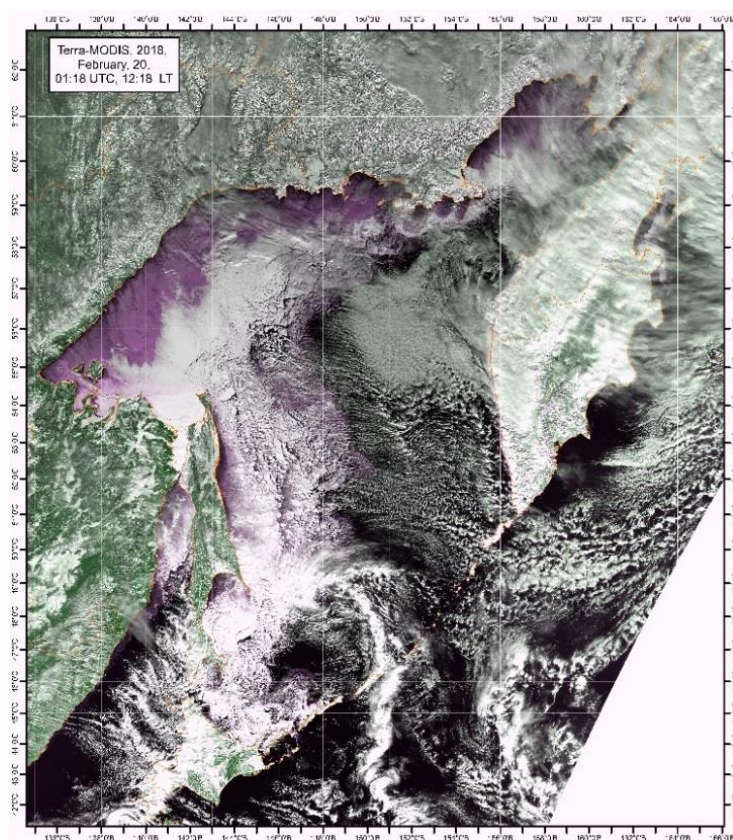


Рис. 4. Пример снимка Terra-MODIS в проекции WGS 84 на 20.02.2018

Для решения задач по вычислению объёма льда была сформирована коллекция снимков в универсальной полярной стереографической проекции (UPS), соответствующая проекции карт-схем ледяного покрова, которые публикует Японское метеорологическое агентство (JMA). На основе снимков микроволнового (не зависят от погоды) и видимого диапазонов, выполненных в одной проекции, была разработана технология выделения границ льдов различного возраста (толщины) и различной сплоченности. Выделяемые зоны льда с различными характеристиками отрисовывались экспертом в виде отдельных слоев на снимках видимого диапазона, а, затем, с большой точностью переносились на карты-схемы ледяного покрова (JMA) для последующего расчёта площади выделенных зон и, соответственно, объёма льда в среде ПК «ЛЁД». Снимки оперативных данных Terra-MODIS в видимом диапазоне, полученные в Лаборатории ДЗЗ и скачанные из архива NASA, хотя и синтезированны в комбинации каналов 1/2/1, но имеют различия по цветовой гамме – снимки лаборатории настроены для отображения максимального числа градаций ниласовых и молодых льдов (рис. 5, 6).

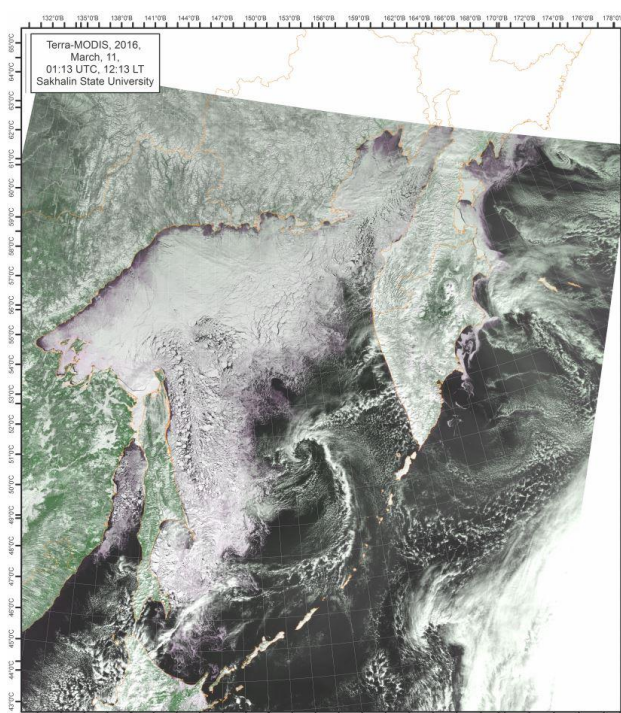


Рис. 5. Пример снимка Terra-MODIS в проекции UPS на 11.03.2016, обработанного в лаборатории ДЗЗ

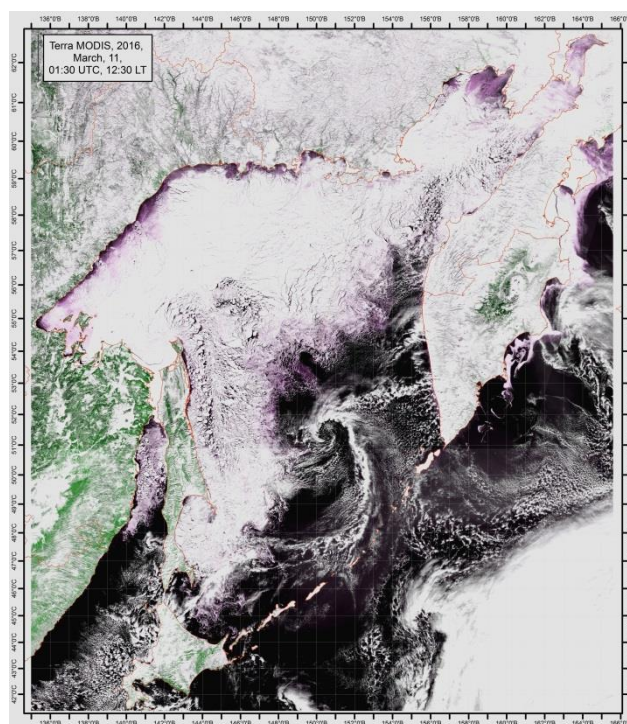


Рис. 6. Пример снимка Terra-MODIS в проекции WGS 84 на 11.03.2016, загруженный из архива NASA

Следует отметить, что официальный сайт NASA (worldview.earthdata.nasa.gov) имеет ограничения по объёму информации для разового скачивания – не более 250 мб. Поэтому для полного заполнения формата Охотского и Японского морей снимки загружались двумя сценами, которые в дальнейшем сшивались в один с помощью ПО ArcGIS Desktop 10 (рис. 7) в проекции Меркатора (WGS84). Снимки выбирались в дни с минимальным количеством облачности и сортировались по датам. Папки с растровыми снимками (Rasters) содержат исходные файлы в формате *.tiff с привязкой. В папках Images выложены снимки *.tif объемом в пределах 150 Мб по шаблону для создания снимков с расширением *.jpg для быстрого просмотра при оценке ледовитости (табл. 1).

Таблица 1

Количество и объём выбранных снимков из коллекции NASA по ледовым сезонам

Ледовый сезон	Кол-во выбранных снимков, шт	Объем (ГБ)
2000	42	26,0
2001	80	50,5
2002	70	44,1
2003	66	41,6
2004	66	41,8
2005	70	44,4
2006	52	32,5
2007	56	35,7
2008	66	41,9
2009	61	38,5
2010	69	42,5
2011	69	42,9
2012	72	44,7
2013	69	43,5
2014	58	36,6
2015	71	44,6
2016	65	41,0
2017	65	41,2
2018	68	42,9
Всего	1166	1098,0

Для научных исследований ООО «Морские ледовые эксперты» передали на безвозмездной основе Лаборатории ДЗЗ СахГУ оперативный архив ежедневных спутниковых снимков ледовой обстановки ограниченных акваторий Охотского и Японского морей за период наблюдений с 2002 по 2014 гг. Эти снимки по такой же методике привязывались к принятому шаблону. Архивирование производилось отдельно для каждого витка. С 2001 года по 2014 год растровые файлы ограничены от 60 до 44° с.ш. С 2015 года по настоящее время принимается вся сцена от начала до конца витка приёма данной станцией.

Для быстрого поиска и просмотра архивные снимки в едином шаблоне Охотского и Японского морей сортировались по датам. Созданные архивы по годам приведены в табл. 2.

Таблица 2

Объём выбранных снимков с оперативного архива

Ледовый сезон	Количество выбранных снимков	Объем (ГБ)
2002	129	48,2
2010	307	192,0
2011	305	201,0
2012	254	164,0
2015	239	266
2016	217	288
2017	225	212
2018	380	382
Всего	2056	1753,2

1.3. Структура хранения спутниковой информации

Хранение, оперативно принимаемых снимков, организовано в RAID-массиве (42 ТБ), подключенном к DBPS-серверу обработки данных лаборатории ДЗЗ. Данные сохраняются ежедневно после приёма-обработки в форматах JPG и GeoTiff. Для оперативной работы доступ с других компьютеров лаборатории к директории с архивом организован в виде сетевого диска.

Гидрометеорологическая информация и снимки, поступающие из других Интернет-источников, автоматически обрабатывается сервером DBPS с помощью скриптов загрузки, и сохраняется на данном сетевом диске.

Ниже приведён перечень метеорологической информации, сохраняемой в архиве Лаборатории ДЗЗ.

Раздел «Метеорологические данные»:

- Архивные данные наблюдений за температурой воздуха на гидрометеорологических станциях (ГМС):

- Оха (период наблюдений с 2001 по 2018 гг.);
- Ноглики (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- Александровск-Сахалинский (период наблюдений с 1881-2018 гг.);
- Поронайск (период наблюдений с 1908-2018 гг.);
- м. Терпения (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- м. Крильон (период наблюдений с 2005-2018 гг.);
- Холмск (период наблюдений с 2005-2018 гг.);
- Корсаков (период наблюдений с 2005-2018 гг.);
- Южно-Сахалинск (период наблюдений с 2005-2018 гг.);
- Северо-Курильск (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- Южно-Курильск (период наблюдений с 1947-2018 гг.);
- Ича (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- Николаевск-на-Амуре (период наблюдений с 1981-2018 гг.);
- Озерновский (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- Охотск (период наблюдений с 1891-2018 гг.);
- Владивосток (период наблюдений с 1917-2018 гг.);
- м. Тайгонос (период наблюдений с 2001-2018 гг.);
- Магадан (период наблюдений с 1936-2018 гг.);
- Вакканай (период наблюдений с 2001-2018 гг.).

Самые ранние регулярные инструментальные наблюдения за температурой воздуха на побережье дальневосточных морей были начаты на ГМС Николаевск-на-Амуре, Александровск-Сахалинский в 1882 г.

- Черно-белые синоптические ежедневные карты приземного анализа за период наблюдений с 2001 по 2018 гг., предоставляемые японским метеорологическим агентством;
- Цветные синоптические ежедневные карты приземного анализа за период наблюдений с 2015 по 2018 гг., предоставляемые корейским метеорологическим агентством.

Раздел «Космические снимки»:

- Снимки спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, Fengyun 3B, NOAA 18/19, MetOp-A/B в форматах GeoTIF, TIF и JPG.

Раздел «Ледовые карты»:

- Архивные цветокодированные карты-схемы ледяного покрова в Охотском и Японском морях, с периодичностью съемки один раз в пентаду за период наблюдений с 1971 по 2018 гг. и оперативные – с 2007 по 2018 гг.;
- Черно-белые и цветные карты ледяного покрова отдельно в заливе Анива и Охотском, Японском морях в целом (AMSR2/Sea Ice Concentration). Период наблюдений с 2004 по 2018 гг.
- Карты-схемы ледовых условий в проливе Лаперуза. Период наблюдений с 1988 по 2018.

1.4. Модуль вычисления местоположения кромок массива льда

Кромка льда – это граница между льдом и чистой водой [WMO, 1970]. Она является одной из важных характеристик ледяного покрова. Знание местоположения и конфигурации кромок массива льда и прогнозирование их местоположения крайне важно для построения безопасных маршрутов зимнего плавания судов.

В Охотском море, на фазе ледообразования массива, кромка льда смещается с севера на юг, а на фазе разрушения – с юга на север. В Лаборатории ДЗЗ для решения задач определения местоположения кромок льда в акваториях с произвольно выбранными границами разработана методика вычисления её географических координат на свободную дату. Методика реализована в виде отдельного модуля «Прогнозирование ледовитости», который входит в ПК «ЛЕД».

В основе алгоритма расчёта лежит цветовое различие пикселей, отображающих чистую воду и ледяной покров различной сплоченности. Это позволяет вычислять координаты кромок льда на ледовых картах-схемах ЖМА. Согласно Номенклатуре WMO (1970) на картах-схемах чистая вода обозначается синим цветом, а морской лёд в зависимости от сплоченности: зелёным (1-3 балла), жёлтым (4-6 баллов), оранжевым (7-8 баллов) и красным (9-10 баллов).

На первом этапе производится последовательный обход всех пикселей карты-схемы и определяются пары пикселей, подходящие под условие наличия цветоразностной кодировки. При обнаружении искомой точки участка кромки начинается второй этап – последовательная проверка смежных точек (которые могут являться продолжением данного участка), методом перебора точек, в соответствии с вариантом расположения пары пикселей – горизонтально (А, В, С, D) или вертикально (Е, F, G, H), области, покрытой льдом – слева (А, С), справа (В, D), сверху (Е, G) или снизу (F, H), а также области поиска кромки – вверху (А, В) или внизу (С, D), справа (Е, F) или слева (G, H), по или против часовой стрелки в зависимости от перечисленных условий (рис. 7). Операция обхода для каждой найденной точки производится последовательно до момента нахождения всех точек участка кромки. В ходе поиска координаты точек переводятся из декартовых в географические, на основе которых формируется рабочий список. В итоге местоположение кромки определяется как набор участков, каждый из которых включает упорядоченный список точек с географическими координатами.

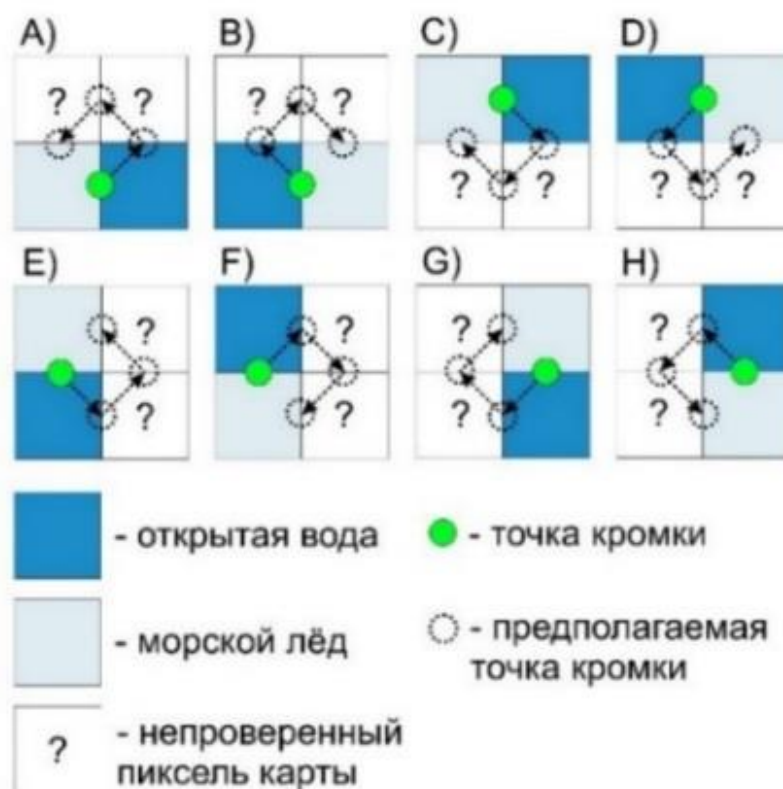


Рис. 7. Алгоритм поиска точек кромки льда

Входными данными программного модуля являются оцифрованные цветные карты-схемы. Выходные файлы совместимы с ArcGIS, что обеспечивает возможность дальнейшей обработки данных местоположения кромки на спутниковых снимках видимого диапазона с помощью ГИС-технологий. Вычисление среднего местоположения кромки (между двумя ранее вычисленными кромками) производится методом последовательного перебора: для каждой точки одной кромки находится ближайшая к ней точка, принадлежащая другой кромке (рис. 8). Расстояние между точками определяется в градусной мере по модифицированной формуле 1. При обнаружении ближайшей точки производится расчёт географических координат средней точки путём вычисления среднего арифметического между соответствующими координатами широты и долготы двух рассматриваемых точек [Шумилов, 2018].

$$S = \arctan \left\{ \frac{\sqrt{(\cos \varphi_2 \sin \Delta \lambda)^2 + (\cos \varphi_1 \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta \lambda)^2}}{\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta \lambda} \right\}, \quad (1)$$

где φ_1, φ_2 – широты обеих точек в радианах, $\Delta \lambda$ – разница долготы обеих точек в радианах.

При обнаружении ближайшей точки производится расчёт географических координат средней точки между рассматриваемой точкой первой кромки и ближайшей к ней точкой второй кромки путём вычисления среднего арифметического между соответствующими координатами широты и долготы двух рассматриваемых точек по формулам (2) и (3).

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2};$$

2)

$$\lambda_{\text{cp}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2},$$

3)

где φ_{cp} и λ_{cp} – соответственно широта и долгота средней точки.

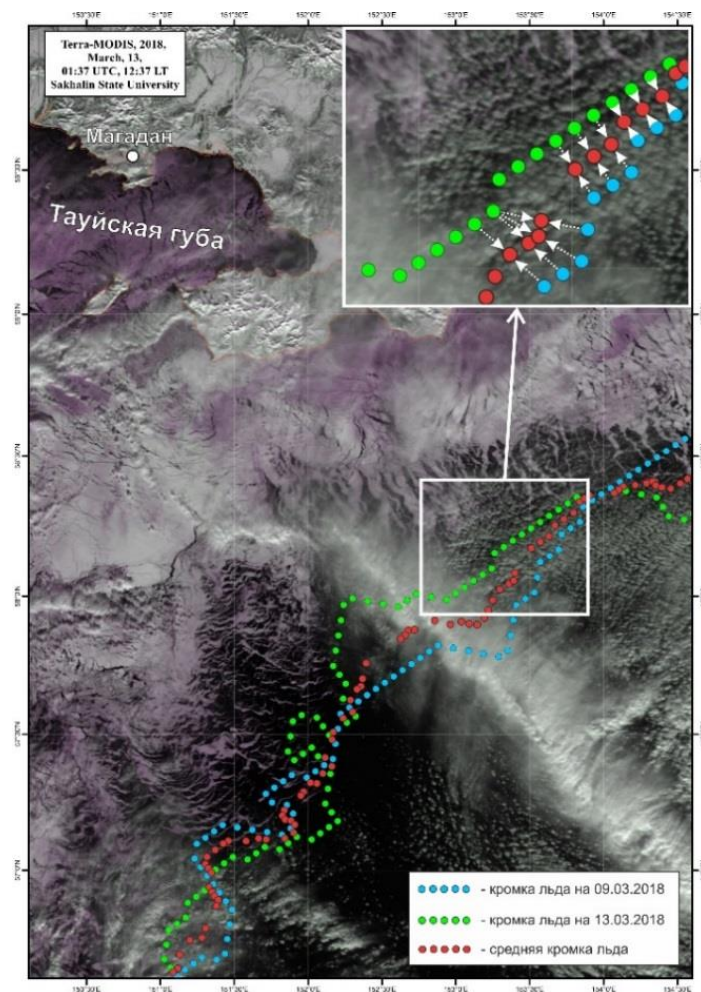


Рис. 8. Пример наложения рассчитанных за разные даты кромок льда на спутниковый снимок Terra-MODIS

Для примера возможностей модуля представлены вычисленное местоположение кромок льда в Охотском море для ледового сезона 2017-2018 года (см. приложение 1). Интерфейс модуля представлен на рисунке 9. Он содержит набор инструментов, позволяющих автоматически производить операции над кромками в рабочей области, такие как вычисление местоположения, расчёт положения средней кромки, редактирование элементов кромок, импорт и экспорт полученных координат точек в текстовые файлы и др.

На рисунке 10 приведён пример наглядного представления результатов расчёта прироста площади льда и изменения местоположения кромок в Охотском море с 05.01.2018 г. по 20.01.2018 г. Визуализация динамических процессов, происходящих на фазах ледообразования и разрушения льда в массиве, является существенным дополнением, облегчающем восприятие ледовой информации для принятия практических решений при планировании и проведении морских работ, обеспечивающих безопасность судоходства. И. одновременно, является важным элементом в подготовке специалистов для дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли.

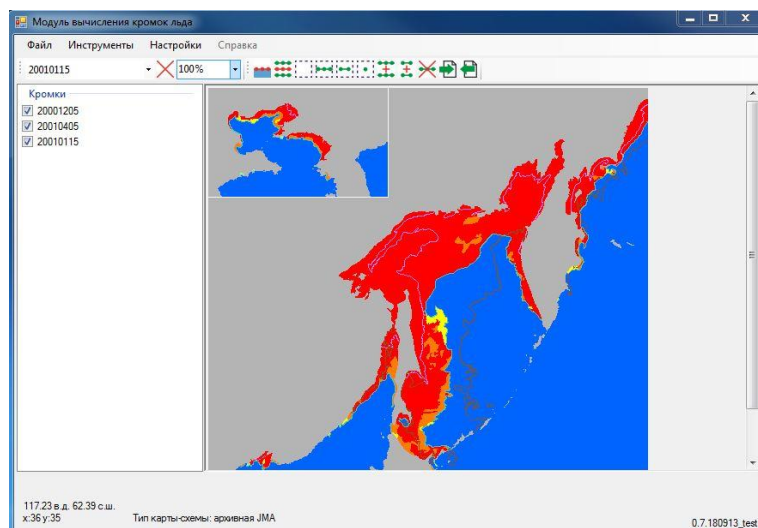


Рис. 9. Интерфейс программного модуля вычисления положения кромок льда

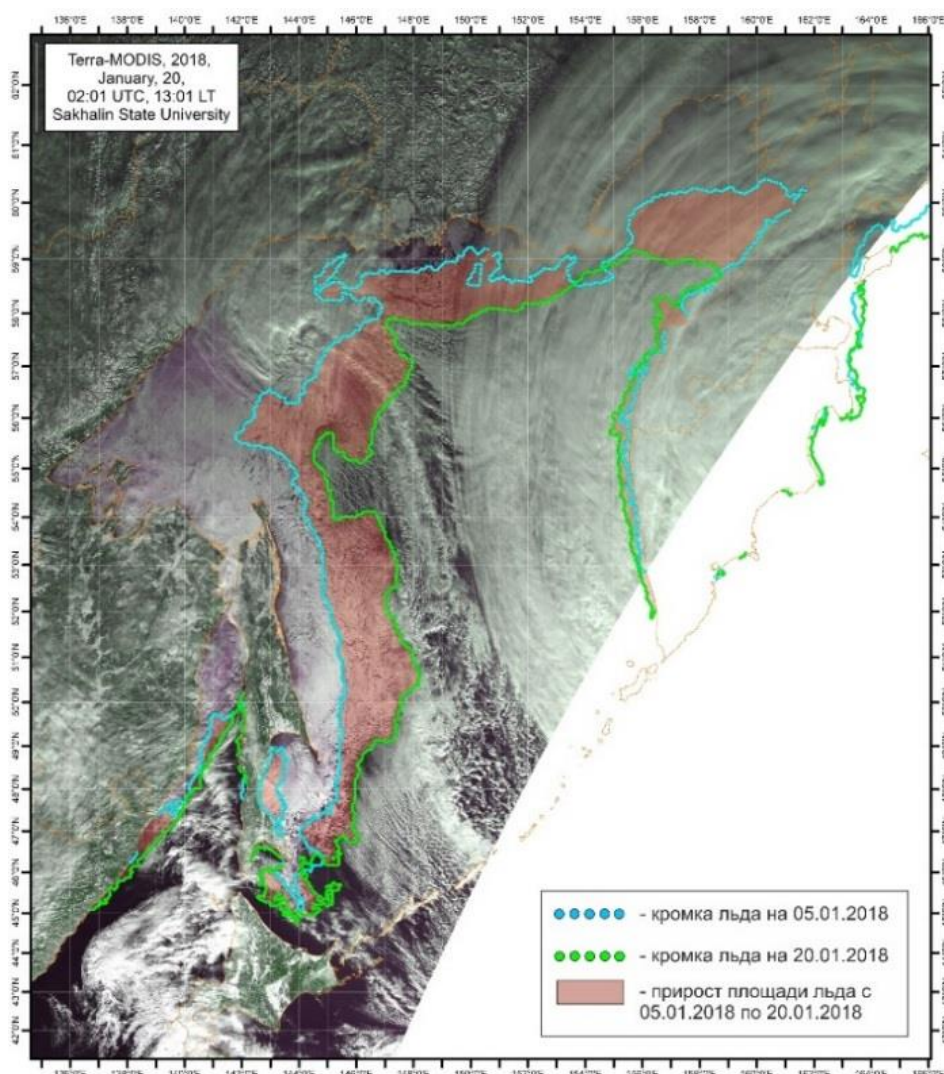


Рис. 10. Пример вычисления прироста площади массива льда за период с 5 по 20 января 2018 г. (для повышения наглядности результаты расчёта наложены на спутниковый снимок Terra-MODIS)

Таким образом, разработанный дополнительный модуль по определению местоположения кромки льда существенным образом расширяет возможности программного комплекса «ЛЕД» и позволяет:

- производить оперативный мониторинг кромки и отслеживать изменение её положения в любом регионе акватории Охотского и Японского морей;
- исследовать динамику формирования и разрушения массива при различных гидрометеорологических условиях;
- разрабатывать практические цифровые пособия для судоводителей (например: создание электронного атласа кромок Охотского и Японского морей в современный период глобального потепления);
- существенным образом повлиять на качество разрабатываемых ледовых прогнозов.

1.5. Основные задачи для решения в 2019 г.

1. Пополнение базы данных архивными и оперативными материалами для формирования информационной базы гидрометеорологических параметров Охотского и Японского морей за многолетний период.
2. Мониторинг ледяного покрова Охотского и Японского морей с помощью аппаратно-антенного комплекса ЛДЗЗ СахГУ.
3. Разработка прогностического правила динамики ледяного покрова.

Список литературы:

1. **Пищальник В.М.** Особенности ледовых условий в Охотском море и Татарском проливе в зимний сезон 2014-2015 гг. / В.М. Пищальник, И.Г. Минервин, В.А. Романюк // Физика геосфер: 1X-й Всероссийский симпозиум, 31 августа - 4 сентября 2015 г., г. Владивосток, Россия: мат. докл. / Учреждение Российской академии наук Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2015. – С. 171-177.
2. **Шумилов И.В.,** Минервин И.Г., Пищальник В.М., Терентьев Н.С. Разработка программного модуля для вычисления кромок ледяного покрова по данным дистанционного зондирования Земли // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – Т. 24, ч. 2. – С. 171–177, DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-171-177.
3. **WMO Sea-Ice Nomenclature.** – Geneva, 1970. - WMO # 259. - TP. 145. - P. 1. - E-3-E-8.
4. www.postgresql.org – официальный сайт разработчиков PostgreSQL.
5. www.scanex.ru – официальный сайт СканЭкс
6. www.jma.go.jp – сайт Японского метеорологического агентства (JMA).
7. worldview.earthdata.nasa.gov – официальный сайт NASA.

2. Особенности развития ледовых процессов в Охотском море в зимний сезон 2017-2018 гг.

2.1. Материалы и методы исследований

Информационной основой настоящей работы являлись оперативные карты-схемы ледяного покрова Охотского моря, которые Японское метеорологическое агентство (ЖМА) размещает на официальном сайте с частотой два раза в неделю в период времени с декабря по май и коллекция пентадных карт-схем, представляемых в открытый доступ ежегодно в начале августа [www.jma.go.jp]. Площадь льда рассчитывалась с помощью программного комплекса «ЛЁД» (Минервин и др., 2015, Свидетельство..., 2015), в границах Охотского моря, определённых ГУНиО (Границы морей...), а также в границах ледовых регионов первого иерархического уровня (Минервин и др., 2015). Для корректного проведения сравнительного анализа площадь ледяного покрова вычислялась в процентах в виде отношения площади занятой льдом к площади моря в целом. Сезонные значения ледовитости рассчитывались как средние за период с декабря по май.

Типизация зим по аномальности величины ледовитости производилась по критерию $0,8 \sigma$ (где σ – среднеквадратичное отклонение), предложенному В.А. Спичкиным (1987): очень крупная положительная аномалия ($+OKP \geq 1.2 \sigma$), крупная положительная аномалия ($+0.4 \sigma \leq +KP < +1.2 \sigma$), около нормы ($-0.4 \sigma < H < +0.4 \sigma$), отрицательная крупная аномалия ($-1.2 \sigma < -KP \leq -0.4 \sigma$) и отрицательная очень крупная аномалия ($-OKP \leq -1.2 \sigma$).

Аномалии ледовитости вычислялись относительно оперативной климатической нормы 1981–2010 гг. (WMO, 2017). Для исключения случайных факторов полученные ряды сглаживались фильтром Кайзера-Бесселя. Основные периоды колебаний сглаженного ряда выделялись при анализе экстремумов. Кусочно-линейные тренды вычислялись по методу наименьших квадратов (Дорофеева и др., 2018).

2.2. Результаты и их обсуждение

Межгодовая изменчивость сезонной ледовитости Охотского моря за период с 1979 по 2018 гг. показана на рисунке 1. Максимальные значения отмечались в 1980 и 2001 гг., минимальные – в 1996 и 2015 гг. Размах колебаний составил 33%.

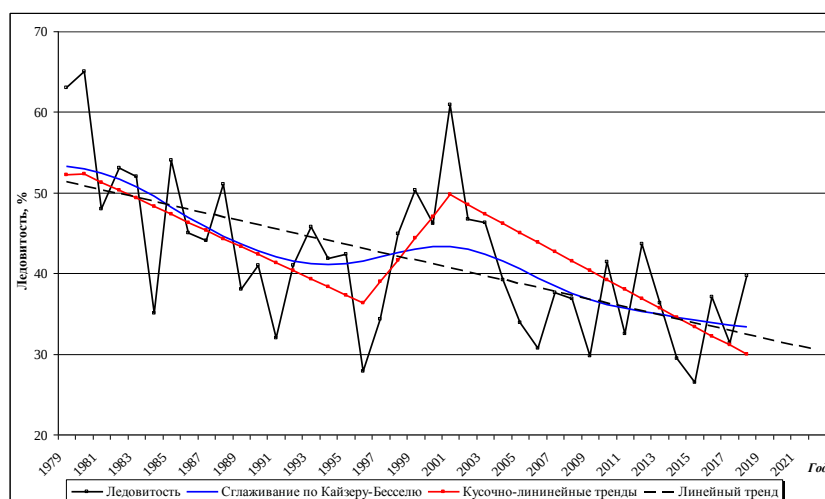


Рис. 1. Межгодовая изменчивость сезонной ледовитости Охотского моря за период с 1979 по 2018 гг.

В исследуемый период отчётливо выделяются долгопериодные колебания ледовитости в Охотском море с положительной (1996-2001 и отрицательной (1979-1996 и 2001-2018 гг.) динамикой изменчивости, продолжительность которых варьирует от 5 до 17 лет. При этом отмечается общее сокращение ледяного покрова на 15%. Средняя величина ледовитости в исследуемый период, который в научной литературе часто называют

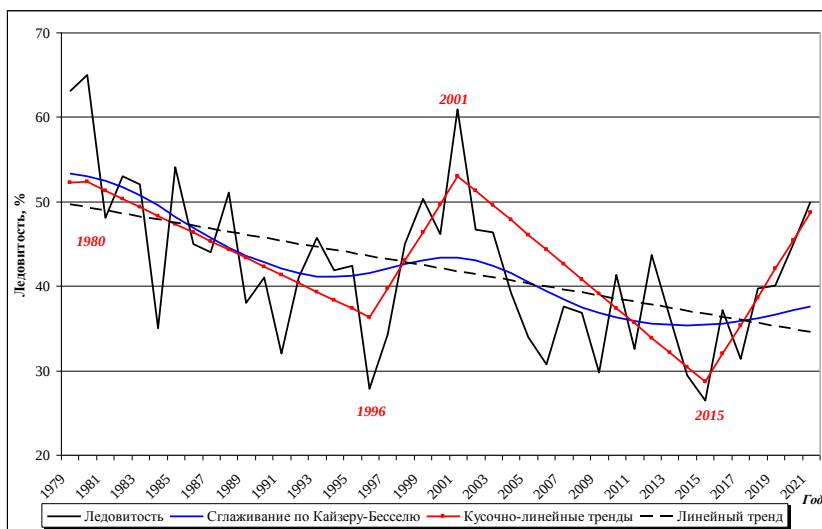


Рис. 2. Межгодовая изменчивость сезонной ледовитости Охотского моря за период с 1979 по 2022 гг. с учётом прогноза

от максимальной ледовитости к минимальной – 16+1 год [Пищальник и др., 2017]. Если использовать эту закономерность для прогностических расчётов на ближайшие три года и построить линейно-кусочные тренды, то минимум ледовитости в 2015 г. будет одновременно являться и началом нового периода её повышения (рис. 2). В настоящее время продолжительность периода достоверно определена быть не может, но согласно выявленной зависимости чередований экстремумов следующий максимум ледовитости и смену направленности тенденции в сторону её понижения можно ожидать в 2021-2022 гг.

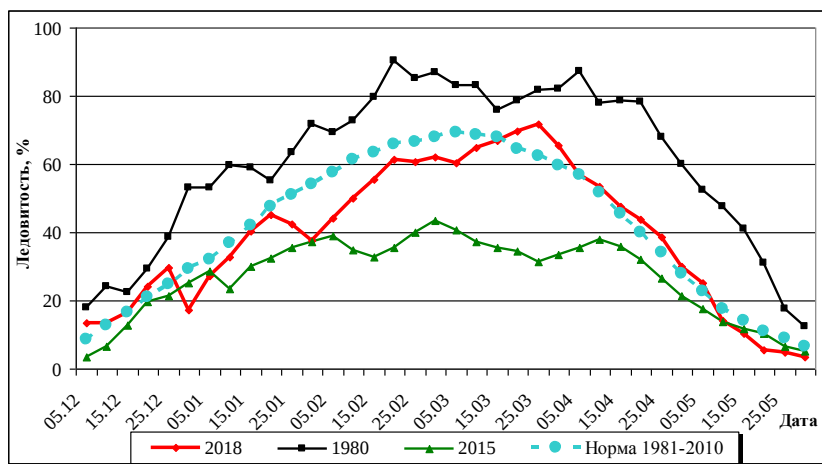


Рис. 3. Вариации внутрисезонного хода ледовитости Охотского моря

«современный период потепления», составляет 41%, что на 11.8% ниже, чем среднее значение за период наблюдений за период с 1929 по 1978 гг. и на 9.8 % ниже классической нормы за период 1961-1990 гг.

В результате проведенных ранее исследований была установлена зависимость чередования максимумов и минимумов ледовитости Охотского моря в период современного потепления: переход от минимальной ледовитости к максимальной составляет 6+1 год, переход

На рисунке 3 для большей наглядности сравнительного анализа помимо графика внутрисезонного хода ледовитости в зимний сезон 2017-2018 гг. показаны её колебания в экстремально суровую (1979-1980 гг.) и экстремально мягкую (2014-2015 гг.) зимы, а также осреднённый внутрисезонный ход ледовитости за период 1981-2010 гг. (т.е. оперативная норма). Анализ вариаций

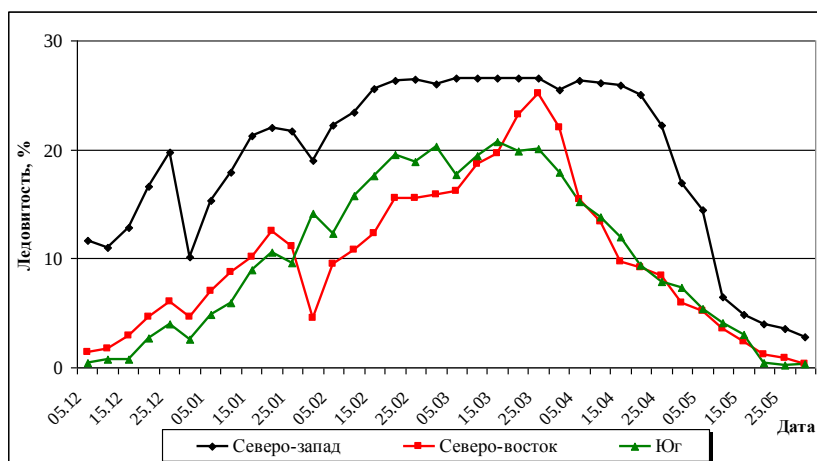


Рис. 4. Вариации сезонного хода ледовитости в регионах первого иерархического уровня Охотского моря

кривых позволяет заключить, что в течение всего прошедшего сезона развитие ледовых процессов происходило близко к норме и только на фазе максимального развития оно было несколько ниже нормы. Вместе с тем, на конечном этапе стадии максимального развития был зафиксирован кратковременный интенсивный рост ледовитости, превышающий оперативную норму на 9.2%.

Анализ годового хода ледовитости в регионах пер-

вого иерархического уровня позволяет сделать вывод, что первое резкое сокращение площади ледяного покрова в Охотском море в целом было обусловлено скачкообразным уменьшением ледовитости (на 9.5%) в его северо-западном регионе в конце декабря (рис. 4). Это явление было обусловлено воздействием глубокого циклона, который 24 декабря сформировался в Японском море и стал перемещаться в Охотское море. 25-27 декабря центр циклона стационарировал у Восточного побережья Сахалина (минимальное давление понижалось до 944 мб). По мере заполнения и деформации этого циклона над Охотским и Беринговым морями развилась обширная область низкого давления (см. приложение 2). В результате развития такой последовательности атмосферных процессов в северной половине Охотского моря в течение пяти суток господствовали сильные и очень сильные ветра северных и восточных румбов. В этот период года до 80% массива льда всего Охотского моря сосредоточено в северо-западном регионе, а массив представлен преимущественно ниласовыми и молодыми льдами, которые весьма быстро разрушаются под воздействием ветра, что и обусловило существенное уменьшение его площади, вследствие чего, ледовитость всего Охотского моря за пентаду уменьшилась на 12.3 %.

Второе значительное разрушение массива при аналогичных условиях наблюдалось в конце января. Однако, центры проследовавших по одной траектории двух циклонов проходили вдоль восточного побережья полуострова Камчатка, что обусловило значительный вынос и разрушение массива льда в северо-восточном регионе Охотского моря, где в течение двух пентад (с 20 по 31 января) ледовитость уменьшилась на 8.1 %. Частично (на 2.7 %) уменьшилась ледовитость и в северо-западном регионе, в это же время в южном регионе она возросла на 4.5 % за счёт увеличения скорости дрейфа льда из этого региона (см. приложение 3).

Во второй половине февраля увеличение ледовитости в конце фазы максимального развития ледовых процессов было обусловлено общим ослаблением циклонической деятельности над Охотским морем. В это время в северо-восточных районах Магаданской области и над Чукоткой развился мощный антициклон, который и обусловил поступление холодных воздушных масс из Арктики в северо-восточный регион Охотского моря. Сравнивая вид кривых годового хода на рисунках 3 и 4 можно заключить, что вариации ледовитости всего Охотского моря в начале ледового сезона определялись колебаниями ледовитости северо-западного региона; затем, до окончания фазы максимального развития – колебаниями ледовитости в северо-восточном регионе.

Максимальное значение ледовитости в сезоне 2017-2018 гг. (71.8%) было зафиксировано 25 марта. В период современного потепления дата наступления максимума

лежит во временном интервале с 05 февраля (2017 г.) по 31 марта (1999 и 2012 гг.), а средняя дата приходится на 05 марта. Как правило, позднее наступление максимума ледовитости предопределяет медленное разрушение массива льда, однако в прошедшем сезоне, фаза разрушения проходила по сценарию нормального развития ледовых процессов. Это обусловлено кратковременным воздействием холода только на один северо-восточный регион.

Согласно данным спутниковых снимков устойчивое ледообразование сезоне 2017-2018 гг. началось 05-06 ноября в районе Шантарских островов и в Пенжинской губе. Окончательное разрушение льда в Шантарском районе и в Ямской губе (залив Шелихова) было зафиксировано 20-21 июня, а у побережья Восточного Сахалина (залив Чайво) – 29-30 июня. Таким образом, продолжительность ледового сезона составила 237 сут. (± 2.5 сут.).

Результаты расчётов типизации зим по ледовым условиям позволяют для Охотского моря в целом отнести ледовый сезон 2017-2018 гг. к умеренным зимам (средняя за сезон ледовитость 39.7%, что на 8.4 % больше сезона прошлого года, который классифицировался как мягкий). В районах первого иерархического уровня типы зим распределялись следующим образом: северо-западный – суровая (19.4 %), северо-восточный – мягкая (10.0 %), южный – умеренная (10.3%), что подтверждает сделанные ранее выводы [Минервин и др., 2015].

2.3. Инцидент с грузопассажирским теплоходом «Игорь Фархутдинов», связанный с неправильным дешифрированием имеющейся в открытом доступе ледовой информации

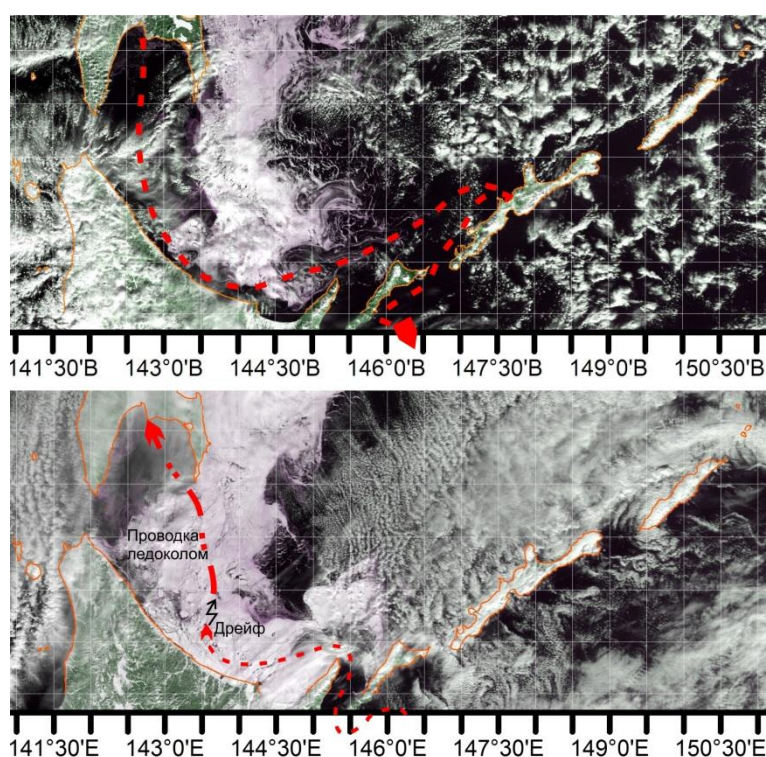


Рис. 5. Схема маршрута теплохода «Игорь Фархутдинов» на фрагментах спутниковых снимков ледовой обстановки за 31 января (вверху) и 7 февраля (внизу) 2018 г.

В зимнем сезоне 2017-2018 гг. теплоход «Игорь Фархутдинов» - пассажирское судно, имеющее усиленный ледовый класс (год постройки 1991, проект: В-96 (ПНР), тип Анна Ахматова), осуществляя плановые грузопассажирские перевозки на линии «Корсаков – Курильские острова – Корсаков», вышел в рейс из порта Корсаков в конце января. Используя благоприятную ледовую обстановку, маршрут движения был проложен в непосредственной близости от побережья острова Хоккайдо, где струя теплого течения Соя, растапливая лёд, формировала в указанный период канал чистой воды (рис. 5).

Выбор маршрута был удачным. Судно беспрепятственно обогнуло массив дрейфующего из северной части Охотского моря массив льда и приступило к решению основной задачи –

выполнению разгрузочно-погрузочных операций в портах южных Курильских островов.

Ориентировочно 5 февраля теплоход отправился в обратный путь из порта с. Малокурильское (о. Шикотан), рассчитывая до закрытия полыньи пройти вдоль побережья Хоккайдо и войти в свободный ото льда пролив Лаперуза. Однако, расчёт изменения ледовой обстановки был выполнен без должного учёта циркуляции атмосферы.

В Японском море 2 февраля сформировался малоподвижный циклон, центр которого с 3 по 5 февраля находился в районе Сангарского пролива (см. приложение 4). Вследствие этого в крайней южной части Охотского моря преобладали северо-восточные ветра со скоростями до 7-10 м/с. В результате воздействия этих ветров уже 3 февраля по спутниковым снимкам было зафиксировано закрытие полыньи. В центральной части Охотского моря 6 февраля сформировался новый циклон, что обусловило усиление ветров северных румбов вдоль восточного побережья Сахалина и, как следствие, увеличилась скорость дрейфа льда, а у побережья о. Хоккайдо начали формироваться зоны сжатий.

Пройдя кратчайшим путем через пролив Измены и, обогнув мыс Сиретоко, теплоход «Игорь Фархутдинов» вошёл в зону очень сплоченного льда, но продолжал движение в западном направлении и 6 февраля 2018 г. на траверсе порта Момбетсу застопорил ход. На борту находилось 127 пассажиров и 42 грузовых контейнера. Под влиянием генерального дрейфа массива судно смещалось в юго-восточном направлении и 9 февраля оно находилось в 45 километрах от побережья о. Хоккайдо на траверсе порта Абасири. Анализ спутниковых изображений позволил установить, что основной причиной остановки судна стало гигантское ледяное поле размером 7х16 км. После очередной попытки вырваться из ледового плена 10 февраля теплоходу удалось самостоятельно пробиться в зону разреженных льдов и начать движение в северном направлении. В тот же день к теплоходу подошел ледокол «Капитан Хлебников», который был снят с дежурства в порту Пригородное. В первой половине дня 11 февраля ледокольная проводка была завершена и теплоход продолжил движение в порт Корсаков своим ходом. Таким образом, в течение шести дней жизнь пассажиров и экипажа подвергалась серьёзной опасности.

Данный инцидент с теплоходом «Игорь Фархутдинов» стал возможен потому, что судно не стояло на специализированном ледовом обслуживании и не имело возможности получать рекомендации ледовых экспертов. При наличии в Сахалинской области службы ледовых экспертов, которые обеспечивали бы ледовой информацией плавание судов во льдах можно было бы избежать данного происшествия, исключив тем самым возможные катастрофы, такие как гибель людей на судне и аварии супертанкера из-за отсутствия на дежурстве обслуживающего ледокола и т.п. [Минервин, Пищальник, 2013].

Представляется целесообразным, не дожидаясь очередного происшествия или катастрофы начать работы по созданию единой диспетчерской службы ледовых экспертов по типу казённого предприятия.

2.4. Выводы

1. Устойчивое ледообразование на акватории Охотского моря в сезоне 2017-2018 гг. началось 5-6 ноября, окончательное разрушение льда было зафиксировано 29-30 июня. Таким образом, продолжительность ледового сезона составила 237 сут. (± 2.5 сут.).

2. По суровости ледовых условий тип зимы для Охотского моря в целом определяется как умеренный со среднезимней ледовитостью 39.7 %. Для северо-западного региона тип зим определился как суровый (19.4 %), для северо-восточного – как мягкий (10.0 %), для южного – как умеренный (10.3%).

3. На фазе ледообразования вариации ледовитости во всем Охотском море определялись колебаниями ледовитости северо-западного региона (близко к норме), на фазе максимального развития – колебаниями ледовитости в северо-восточном регионе (ниже

нормы). Развитие ледовых процессов на фазе разрушения массива льда соответствовало норме.

4. Во избежание чрезвычайных ситуаций в период зимней навигации (в проливе Лаперуза) необходимо организовывать единый оперативный центр ледового обслуживания судов, где производится мониторинг ледовой обстановки и по запросам разрабатываются рекомендованные пути для прохода судов через пролив Лаперуза.

5. Максимум ледовитости зафиксирован 25 марта, что на 20 сут. позже средней даты для оперативной нормы.

Список литературы

1. **Гирс А.А.**, Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды: учеб. пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 344 с.

2. **Дорофеева Д.В.**, Пищальник В.М., Минервин И.Г., Пастухова Д.А., Шумилов И.В. Анализ изменчивости векового ряда ледовитости Татарского пролива на основе спутниковых и гидрометеорологических наблюдений с применением ГИС-технологий // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – Т. 24, ч. 2. – С. 46–54. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-46-54.

3. **Границы океанов и морей.** № 9031. – СПб.: ГУНиО МО, 2000. – С. 127–137.

4. **Минервин И.Г., Пищальник В.М.** О необходимости создания международного научного центра по изучению условий безопасной разведки, добычи и транспорта нефти и газа в замерзающих морях // Сборник материалов международной науч.-практич. конференции «Глобализация, региональное развитие и проблемы окружающей среды», сентябрь 2013 г. – Южно-Сахалинск, изд-во СахГУ, 2013. – С. 184-187

5. **Минервин И.Г.**, Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН, 2015б. – Т. 85. – № 1. – С. 24-32.

6. **Минервин, И.Г.**, В.М. Пищальник, А.О. Бобков, В.А. Романюк / Основные принципы работы программного комплекса «ЛЁД» // Физика геосфер: 1X-й Всероссийский симпозиум, 31 августа - 4 сентября 2015 г., г. Владивосток, Россия: мат. докл. / Учреждение Российской академии наук Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2015б. – С. 556-561.

7. **Пищальник В.М., Минервин И.Г., Романюк В.А.** Анализ изменений ледового режима в отдельных районах Охотского моря в период потепления // Вестник РАН, 2017. – Т. 87. – № 5. – С. 429-440. DOI: 10.7868/S0869587317050024.

8. **Рабинер Л., Гоулд Б.** Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М: Мир, 1978. – 834 с.

9. **Расписание погоды** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rp5.ru>.

10. **Сахалинский портал** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sakhalin.info/news/146661>

11. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660472. Программный комплекс для расчета площади ледяного покрова в Охотском и Японском морях по данным ДЗЗ (ПК «ЛЁД»). Авторы: Пищальник В.М., Бобков А.О., Романюк В.А. Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 01 октября 2015 г.

12. **Спичкин, В.А.** Определение критерия крупной аномалии // Тр. ААНИИ, 1987. – Т. 402. – С. 15-20.

13. **Japan Meteorological Agency.** Японское метеорологическое агентство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.data.jma.go.jp>.

14. **World Meteorological Organization** [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168.

3. Анализ изменчивости многолетнего ряда ледового режима Татарского пролива

Татарский пролив относится к категории замерзающих морей, т.е. имеет сезонный ледяной покров, который, в свою очередь, накладывает серьёзные ограничения на безопасность выполнения морских операций. В этой связи, изучение ледового режима исследуемой акватории приобретает особую актуальность. Целью настоящего исследования является формирование многолетнего ряда ледовитости Татарского пролива на основе спутниковых и гидрометеорологических наблюдений и анализ его колебаний.

Источниками данных являлись эпизодические судовые наблюдения с 1929 по 1960 гг. [Крындин, 1964], регулярные авиационные наблюдения с 1957 по 1992 гг. [Плотников, 2002; Якунин и др. 1998], а также спутниковые съемки ледяного покрова, выполняющиеся с 1971 г. по настоящее время с космических аппаратов [<http://www.data.jma.go.jp>]. Каждый способ получения информации имеет свои достоинства и недостатки, различия по временным и пространственным масштабам точности определения границ. По оценкам А.Н. Крындина (1964), величина ошибки вычисления площади ледяного покрова по данным судовых наблюдений не превышала 10% от площади исследуемого района, ошибка расчётов по данным авиационных наблюдений не превышает 5% [Якунин и др., 1998], спутниковых — 2% [Митник и др., 2015; Пищальник и др., 2017].

Вышеперечисленные временные интервалы наблюдений векового ряда имели пропуски, которые восстановлены методом экспертной оценки и критического контроля данных с последующим приведением их к единой дискретности. С этой целью была применена методика, апробированная для акватории Охотского моря, основанная на корреляционной взаимосвязи динамики ледообразования с количеством накопленной за сезон суммы градусодней мороза (СГДМ), которая рассчитывалась по данным среднесуточных температур воздуха на прибрежных гидрометеорологических станциях (ГМС) [Пищальник и др., 2016]. Наибольшие по абсолютной величине значения коэффициентов корреляции между площадью ледяного покрова Татарского пролива и СГДМ на станциях, получены для ГМС Поронайск и мыс Золотой (0.62 и 0.65 соответственно) (табл. 1).

Временной отрезок ряда ледовитости за период с 1882 по 1928 гг. был восстановлен на основе регрессионной зависимости между рядами ледовитости Татарского пролива и количеством накопленного за сезон холода (СГДМ) по данным ГМС.

Вычисление площади ледяного покрова в период с 1971 по 2017 гг. производилось при помощи программного комплекса «ЛЁД» на основе цветокодированных карт-схем ледяного покрова Японского метеорологического агентства (JMA <http://www.data.jma.go.jp>), составляемых на каждую пентаду (один раз в пять дней).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции площади ледяного покрова Татарского пролива с СГДМ на прибрежных ГМС

Вакканай (В)	Александровск- Сахалинский (АС)	Ильинский (И)	Мыс Золотой (МЗ)	Николаевск- на-Амуре (НА)	Сов. Гавань (СГ)
0.46	0.47	0.47	0.65	0.40	0.45
Терней (Т)	Холмск (Х)	Поронайск (П)	НА+АС+СГ	МЗ+И+Х+В+Т	
0.52	0.46	0.62	0.52	0.54	

Вычисление среднемесячной ледовитости осуществлялось путем усреднения её значений за 10-е, 15-е и 20-е числа, а межгодовой – среднемесячных значений с декабря по апрель. Ледовитость определялась, как отношение площади, занятой льдом, к площади пролива (107.5 тыс. км²) в процентах.

Таким образом, на основе всех имеющихся доступных гидрометеорологических и расчётных данных был сформирован многолетний ряд ледовитости Татарского пролива с 1882 по 2017 гг. (рис.1).

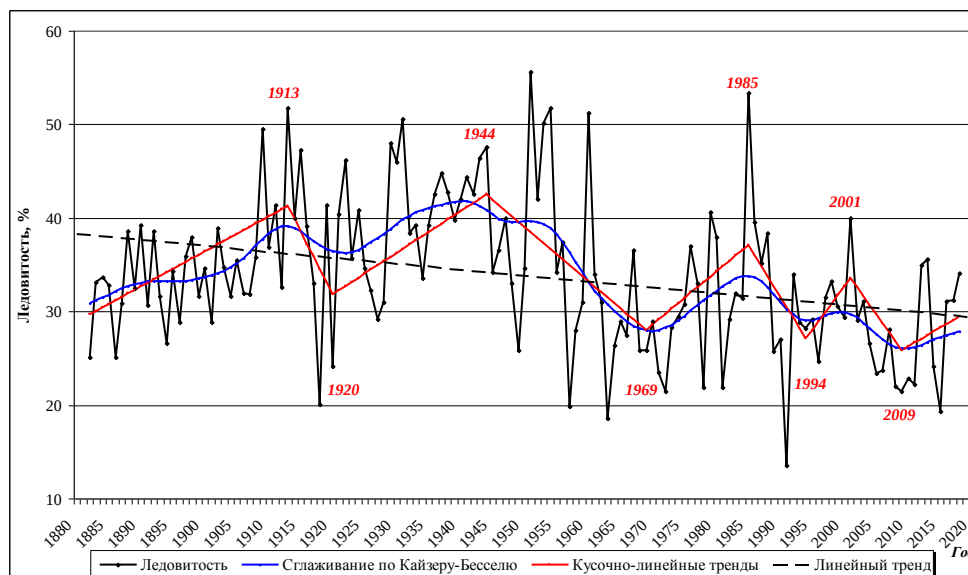


Рис. 1. Вариации многолетнего ряда ледовитости Татарского пролива с 1882 по 2018 гг. с его аппроксимациями

В процессе анализа пространственно-временных характеристик данного векового ряда и определения трендов повышения и понижения ледовитости было исключено действие случайных факторов. Для этого, на основе исходного ряда ледовитости, используя метод Кайзера-Бесселя, в основе которого лежит аппроксимация «окном Кайзера» был построен эмпирический сглаженный ряд. Расчеты производились с помощью интерактивного программного комплекса Mario, разработанного в Сахалинском Государственном университете (www.shipdesign.ru) [Поплавский и др., 1997]. Среднеквадратичные отклонения сглаженного ряда от исходного приведены в (табл.2).

Таблица 2

Отклонения сглаженного ряда от исходного ряда ледовитости

Год	Среднее значение векового ряда	Среднее значение сглаженного ряда	Средне квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
1882-1894	32.2	32.4	0.06	0.19
1894-1922	36.3	36.1	0.04	0.11
1922-1969	37.2	37.4	0.02	0.05
1969-1993	32.2	32.3	0.00	0
1993-2010	30,0	30.3	0.09	0.3
			$\Sigma=0.21$	$\Sigma=0.65$

Суммарный коэффициент вариаций составляет 0.65 %, что свидетельствует о малой степени разброса значений сглаженного ряда относительно исходного ряда ледовитости.

Выявленные основные периоды колебаний сглаженного ряда исследовались на экстремумы. Применяя метод наименьших квадратов, аппроксимируем основные полупериоды кусочно-линейными трендами, определив диапазоны значений ледовитости и соответствующих лет, решив систему (1):

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n t_i S_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i + bn = \sum_{i=1}^n S_i \end{cases} \quad (1),$$

где S_i – значение ледовитости, t_i – значение соответствующих лет, n – число исследуемых точек полупериода.

Так как значения ледовитости в точке экстремума кусочно-линейных трендов слева и справа, как правило, различны, общий тренд построен по их средним значениям (рис.1). Степень отклонения значений тренда относительно сглаженного ряда не превышает 7.51 %, что подтверждает правильность выбранного метода (табл. 3).

Таблица 3

Отклонение тренда от сглаженного ряда

Год	Среднее значение сглаженного ряда	Среднее значение тренда	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
1882-1913	34.3	35.5	0.220	0.64
1913-1920	37.6	35.9	0.646	1.72
1920-1944	39.5	37.5	0.413	1.05
1944-1969	35.3	35.0	0.059	0.17
1969-1985	32.4	32.9	0.124	0.38
1985-1994	31.9	31.6	0.122	0.38
1994-2001	31.5	30.5	0.393	1.25
2001-2017	29.0	31.3	0.558	1.92
			$\Sigma=2.537$	$\Sigma=7.51$

В восстановленном ряду межгодовых колебаний ледовитости Татарского пролива за период с 1882 по 2017 г. выделены многолетние периоды с положительной (с 1920 по 1944 гг., с 1969 по 1985 гг. и с 1994 по 2001 гг.) и отрицательной (с 1913 по 1920 гг., с 1944 по 1969 гг., с 1985 по 1994 г.) динамикой изменения ледовитости, продолжительность которых варьирует от 7 до 25 лет (см. рис. 1). Линейный тренд понижения ледовитости за весь период исследований составил -6.7 %.

Средняя ледовитость пролива для всего исследуемого ряда составляет 34.4 %. Скорость повышения ледовитости колеблется от 4.5 до 8.9 % за 10 лет, понижения – от 12.3 до 5.8 % за 10 лет. В течение всего периода исследований понижение ледовитости происходило со средней скоростью 0.5 % за 10 лет. Максимальное значение ледовитости наблюдалось в 1951 г. (55.6%), минимальное – в 1991 г. (13.3%). Следует отметить, что начиная с 1985 г., тренды изменения ледовитости Татарского пролива и Охотского моря практически совпадают [Пищальник, 2017].

Важной характеристикой ледового режима является типизация зим по суровости ледовых условий. Результаты расчётов типизации представлены за весь исследуемый период типы зим по суровости ледовых условий распределились следующим образом: ЭС – 12 %, С – 21 %, У – 34 %, М – 23 % и ЭМ – 10 %.

Максимальная повторяемость ЭС зим отмечалась в периоды: 1913-1920, 1920-1944 и 1944-1969 гг. – 25, 32 и 19% соответственно. Максимальная повторяемость М зим наблюдалась в периоды 1944-1969, 1969-1985 и 1985-1994 гг. – 35, 35 и 40% соответственно. Максимальная повторяемость М и ЭМ зим наблюдалась в период с 1985 по 1994 гг. (50%), а С и ЭС – в период с 1920 по 1944 гг. (72%).

Следует заметить, что в отличие от Охотского моря, в котором ЭМ зимы начали проявляться только в период потепления (с 1991 г.), в Татарском проливе они систематически наблюдались в течение всего векового периода [Пищальник и др., 2016]. Вместе с тем, характер долгопериодных колебаний в период потепления, который по общей однонаправленной тенденции понижения ледовитости отмечается в Охотском море с 1980 г., а в Татарском проливе с 1985 г. является идентичным.

3.3. Выводы

1. Впервые представлен и описан вековой ряд ледовитости Татарского пролива с 1882 по 2017 гг., сформированный на основе данных полученных с помощью различных методов наблюдений.

2. Среднее значение ледовитости Татарского пролива за весь период исследования составляет 34.4 %. Выявлен общий тренд уменьшения ледовитости на 6.7 % (средняя скорость понижения 0.5 % за 10 лет).

3. Абсолютный максимум ледовитости наблюдался в 1951 г. (55.6%), минимум – в 1991 г. (13.3%).

4. Максимальная повторяемость С и ЭС зим (72%) отмечалась в период с 1920–1944 гг., а М и ЭМ зим (50 %) – в период с 1985–1994 гг.

5. Начиная с 1985 г., тренды изменения ледовитости Татарского пролива и Охотского моря практически сонаправлены.

Список литературы

1. **Крындин А.Н.** Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и положения кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции // Тр. ГОИН, 1964. – Вып. 71. – С. 5–80.

2. **Плотников В.В.** Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз. – Владивосток, Дальнаука, 2002. – 171 с.

3. **Якунин Л.П., Плотников В.В. Петров А.Г.** Ледовые условия // Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том. VIII. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеиздат, 1998. – С. 347–394.

4. **Митник Л.М., Трусенкова О.О., Лобанов В.Б.** Дистанционное радиофизическое зондирование океана и атмосферы из космоса: достижения и перспективы (обзор)//Вестник ДВО РАН, 2015. – № 6 – С. 21-22.

5. **Пищальник В.М., Минервин И.Г., Романюк В.А.** Анализ изменений ледового режима в отдельных районах Охотского моря в период потепления // Вестник РАН, 2017. – Т. 87. – № 5. – С. 429-440. DOI: 10.7868/S0869587317050024.

6. **Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С.** Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. // Изв ТИНРО, 2016. – Т. 185.– С. 228–239.

7. **Поплавский А.А., Храмушин В.Н., Непон К.И., Королев Ю.П.** Оперативный прогноз цунами на морских берегах Дальнего Востока России. – Владивосток, ДВО РАН, 1997. – 272 с.

8. Интернет ресурс: <http://www.data.jma.go.jp>.

4. Анализ состояния территории мест обитания бурого медведя (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) по данным спутниковой геопривязки

4.1. Материалы и методики исследования

Для повышения точности и объективности эксперимента выбрана территория Государственного природного комплексного регионального заказника «Восточный», где плотность популяции животных заметно выше, чем в других более обжитых районах острова [Ерёменко, Сабилов, 2016]. Территория заказника располагается в восточной части о. Сахалин в бассейнах двух нерестовых рек Венгери и Пурш-Пурш, на восточном склоне Восточно-Сахалинских гор между водораздельной линией Набильского хребта и Охотским морем [Атлас..., 1967] (рис. 1).



Рис. 1. Государственный природный комплексный региональный заказник «Восточный» на о. Сахалин.

Комплекс методов (наземных и дистанционных исследований территории) с применением ГИС-технологий позволяет получить полномасштабную оценку состояния мест обитания бурого медведя и проследить сезонную приуроченность к ним.

Натурные и инструментальные наблюдения проводились в рамках программы «Изучение и сохранение бурого медведя в Сахалинской области» в период с 2009 по 2018 гг. Исследования позволили детально изучить аспекты поведения, питания, коммуникаций и иные особенности, свойственные исследуемому виду животных [Серёдкин и др, 2012]. Особое внимание уделялось выявлению пищевого рациона, который оценивался на основе анализа экскрементов, при этом учитывалось процентное содержание объема отдельных

пищевых компонентов в каждом образце, а также описанию мест кормления и следов жизнедеятельности, связанных с пищедобывательной деятельностью.

Пребывание животных на отдельных участках фиксировалось посредством визуальной регистрации по результатам стационарных и маршрутных наблюдений. В 2011 г. три особи бурого медведя были оснащены GPS-ошейниками. Установленные устройства позволили произвести наблюдения и получить данные о перемещении животных, которые легли в основу построения карт их локаций в различные сезоны [Hebblewhite, Haydon, 2010].

В процессе работы составлены картографические изображения, таких физико-географических объектов, как рельеф, гидрография, растительность. Для картографирования выбрана топографическая основа масштаба 1: 200 000, с привязкой в проекции WGS-84. Для расчетов отдельных признаков в качестве входных пространственных данных были использованы растровые слои: карты локаций бурого медведя, карта растительного покрова, карты рельефа, экспозиции и крутизны склонов.

Точки локаций бурых медведей получали с помощью GPS-ошейников, что позволило выявить пространственные закономерности их распределения на территории заказника и произвести обработку данных с помощью ГИС-технологий.

Компьютерная обработка данных выполнялась на основе лицензионного программного комплекса ArcGIS Desktop 10 в Лаборатории дистанционного зондирования Земли Сахалинского государственного университета.

Для обработки пространственных данных использовались инструменты статистики ArcGIS. Вычислялись статистические показатели, отражающие наличие пространственных закономерностей, и статистическая значимость данных.

Обработка растровых слоев проводилась при помощи специального модуля ArcGIS – Spatial Analyst. Определена оценка критериев выделения сезонных местообитаний бурого медведя, сделана переклассификация рассматриваемых слоев и ранжирование полученных значений по заданной шкале, определен вес каждого используемого раstra, т. е. процент, показывающий значимость слоя для анализа, что позволило решить ряд задач, связанных с особенностью распределения особей, как в пространстве, так и во времени. Особое внимание при анализе уделялось корректному определению значимости исследуемых факторов, выявлению их веса и ранга.

4.2. Результаты исследования и обсуждение

Полевые исследования бурых медведей и следов их жизнедеятельности, выполненные в рамках программы «Изучение и сохранение бурого медведя в Сахалинской области» в период с 2009 по 2017 г., позволили определить особенности питания, а именно виды потребляемых кормов, их долю, значимость и сезонность в потреблении. Наличие и доступность пищевых ресурсов является первостепенным биотическим фактором среды, который во многом определяет нахождение животных на отдельных территориях [Воронов, 1972]. Таким образом, выделены пять сезонных периодов, характеризующихся сменой пищевого рациона и преобладания одних кормов над другими, что сопровождается сменой мест обитания [Barnes, 1990; Ревенко, 1993; Мапо, 1994].

Первый сезонный период – ранне-весенний – длится с выхода животных из берлоги (вторая половина апреля) и до начала вегетации травянистых растений (первая половина мая). Этот период малокормный, из-за наличия снежного покрова и труднодоступности пищевых ресурсов. Некоторое время медведь держится возле берлоги и не совершает значительных перемещений [Clevenger et al., 1990]. В это время наблюдаются наименьшие размеры участков обитания медведей [Серёдкин и др., 2017].

Второй период – весенне-летний, длится со второй декады мая до второй декады июля. В питании преобладают травянистые растения, их доля составляет более 90%.

Третий – летний, длится с третьей декады июля до конца августа. Он характеризуется началом захода в нерестовые реки лососевых рыб, которые составляют основу рациона питания бурого медведя на о.Сахалин (рис. 2 В). Распределение бурых медведей в этот период во многом зависит от перемещения лососей в нерестовых реках [Barnes, 1990]. В этот период в экскрементах также обнаруживается обилие ягоды черники овальнолистной [Ерёменко и др., 2011] (рис. 2 А).



А

В

Рис. 2. Поедание *Ursus Arctos*: А – растительной пищи, В – животной пищи.

Фото И. В. Никулиной

Четвертый – осенний, длится с начала сентября и до середины октября. Пищевой рацион медведя во время этого сезона в значительной доле пополняется орехами кедрового стланика, ягодами рябины бузинолистной, брусники, боярышника, черники сахалинской и др. Медведь также продолжает поедать рыбу, но в конце периода уже снулую.

Пятый сезонный период – поздне-осенний (со второй половины октября по ноябрь) – характеризуется подготовкой бурого медведя к залеганию берлогу. Пищевая активность в этот период заметно снижается [Серёдкин и др., 20178].

Статистический анализ пространственно-временного распределения локаций бурого медведя, полученных с помощью GPS-ошейников, показывает, что все точки локаций имеют определенные закономерности в распределении и зависят от факторов среды.

Согласно полученной в результате анализа Z-оценки (статистическая величина, показывающая распределение значений относительно среднего) ее величина является статистически значимой, что говорит о кластиризации имеющихся точек локаций. Вероятность того, что наблюдаемая пространственная закономерность случайного распределения точек менее 1%, подтверждает кластеризованное распределение точек локаций (рис. 3).

При анализе выявлена неравномерность пространственно-временного распределения бурого медведя. Это распределение зависит от биотических и абиотических условий среды [Martin et al., 2010] и определяется следующими факторами:

- 1) наличие и доступность пищевых ресурсов;
- 2) типы растительных сообществ;
- 3) высота над уровнем моря;
- 4) крутизна склона;
- 5) экспозиция склона;
- 6) удаленность от реки;
- 7) удаленность от морского побережья и устья реки.

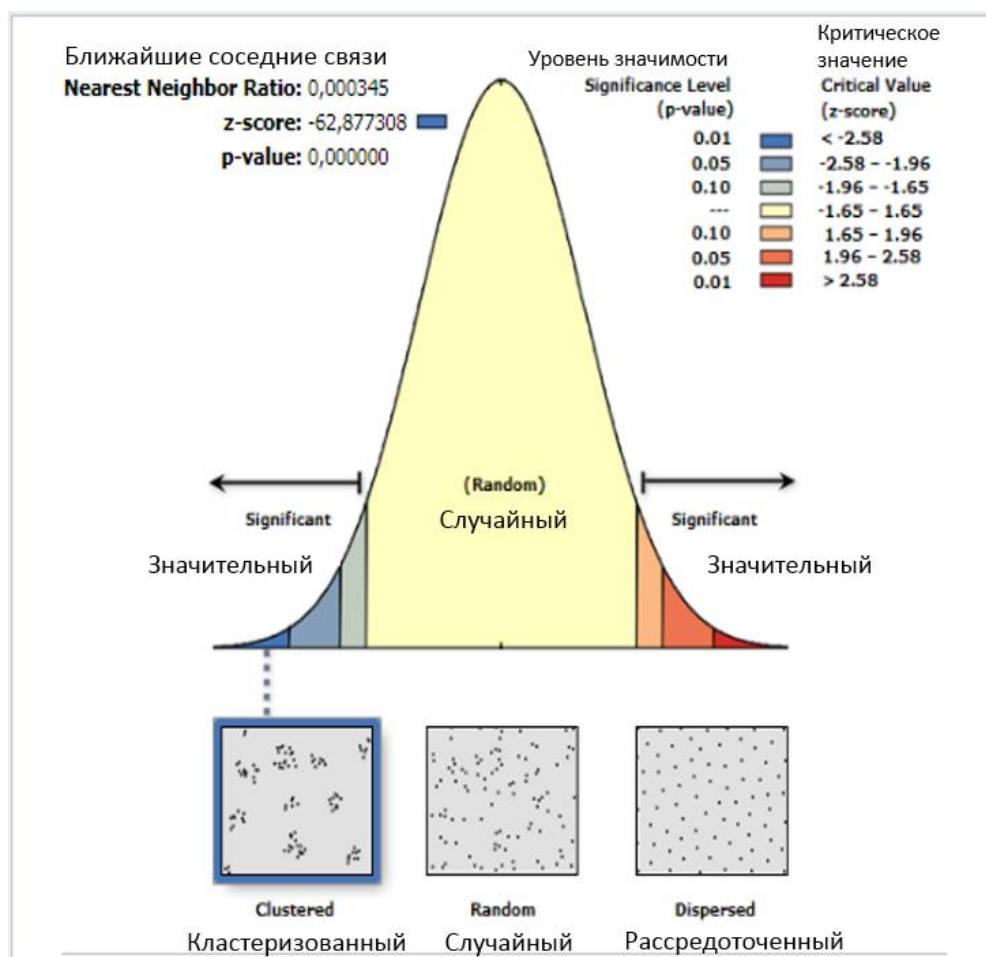


Рис. 3. Статистический анализ пространственного распределения локаций *Ursus arctos*

На приведенных космических снимках четко прослеживается сезонная дифференциация бурого медведя по территории обитания (рис. 4). Все полученные данные оцифровывались, а затем переводились в растровые слои ГИС.

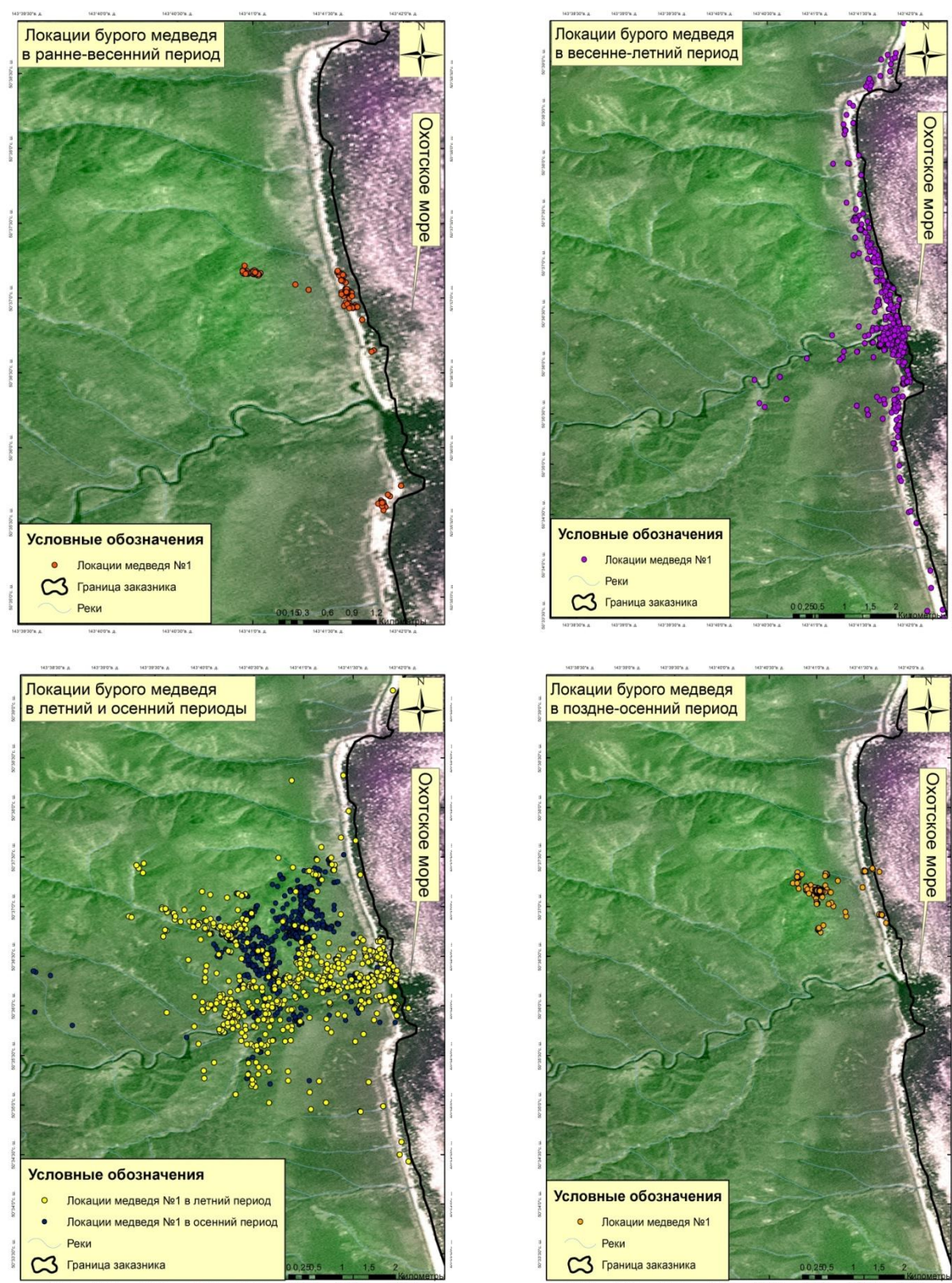


Рис. 4. Распределение бурого медведя по территории заказника «Восточный» в различные сезонные периоды

Согласно тематической карты растительности, построенной на основе натурных наблюдений [Сабиров, Сабирова, 2004] и космических снимков (Landsat-8, Santinel-2) выделены основные типы растительных сообществ, характерных для заказника и определена

их роль в жизнедеятельности бурого медведя в отдельные сезонные периоды. Установлено, что наиболее значимыми сезонными местами обитания в период активной жизнедеятельности бурого медведя являются темнохвойные и лиственничные леса. Остальные типы растительных формаций используются в зависимости от сезона года и доступности пищевых ресурсов (рис. 5 D).

При исследовании цифровой модели рельефа [<http://gis-lab.info/qa/srtm.html>], выполненной с помощью ArcMap, проведен анализ высот территории. Весь представленный высотный диапазон (от 0 до 1500 м.) классифицирован и разделен на 7 ступеней, в соответствии со спецификой посещения бурым медведем возвышенностей и равнинных территорий в разные сезонные периоды (рис. 5 A). Установлено, что диапазон используемых высот, для наблюдаемых особей, составляет от 0 до 500 м. При этом, наибольшая частота встречаемости животных - на высотах от 0 до 100 м. Согласно такому же принципу проводилась классификация слоя - уклон (рис. 5 B), где были выделены 9 ступеней (в диапазоне от 0 до 84°) и слоя - экспозиция склона с 9-ю градациями (рис. 5 C). Бурый медведь отмечается на всех уровнях уклона и экспозиции склона в зависимости от сезонности.

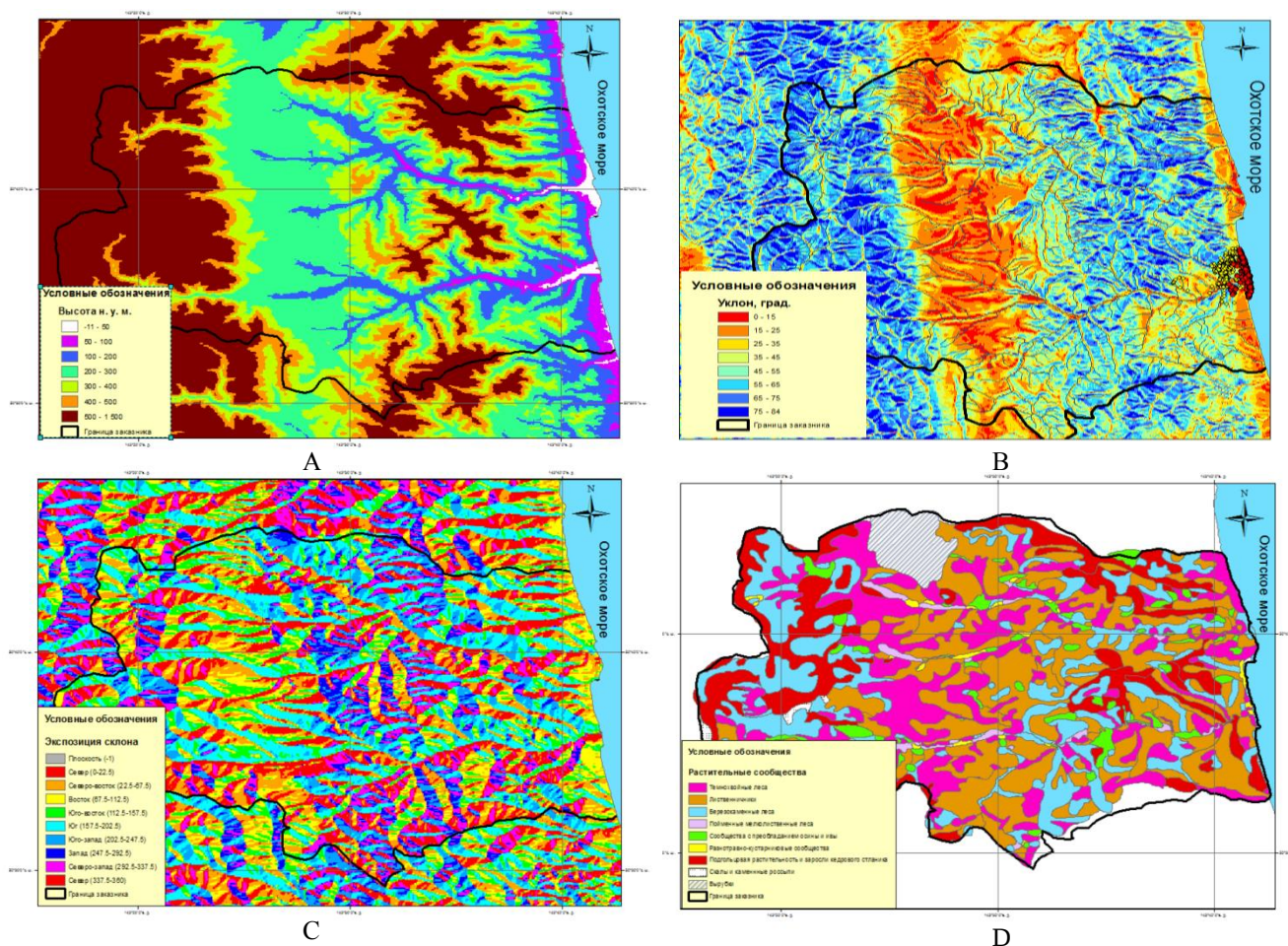


Рис. 5. Цифровая модель рельефа, растровые слои: А) высот; В) уклонов; С) экспозиции склонов; D) растительности

Морское побережье для бурых медведей играет важную роль в весенний, а также в первой половине летнего периодов [<http://gis-lab.info/qa/srtm.html>], в остальное время его пребывание на побережье носит кратковременный характер. В наиболее продолжительные

летний и летне-осенний периоды местоположения животных приурочены к рекам. Это связано, в первую очередь, с добычей лососевых рыб, которые играют определяющую роль в питании медведя и благополучном состоянии его популяции в естественной среде обитания [Костин, Ерёмин, 2004].

Для дальнейшего анализа растровых слоев был определен вес каждого фактора, т. е. значимость каждого растрового слоя, определенная в данном исследовании. При обработке каждого растра задавался одинаковый диапазон шкал. Ранжирование ячеек растра проводилось по соответствующим диапазонам отдельных факторов распределения точек-локаций медведя. Инструментом геообработки «переклассификация» все растры приводились к идентичной шкале, это необходимо при присвоении рангов (от 1 до 5) каждому диапазону значений. При этом 5 – самый высокий ранг, характеризует наиболее оптимальные условия для обитания, 1 – самый низкий, менее привлекательный для бурого медведя. В таблице приведен пример представленных значений.

Таблица

Ранжирование и определение веса фактора «высота» для бурого медведя в весенне-летний период

Растровый слой	Вес фактора	Ранг
Высота над уровнем моря, м:	10%	
0 - 50		5
50 - 100		4
100 - 200		3
200 - 300		2
300 - 400		1
400 - 500		1
500 - 1500		Нет данных

Наложение готовых растровых слоев друг на друга производилось с помощью инструмента «калькулятор растра», который умножает каждый растровый слой на значение процента влияния фактора (веса), затем суммирует их вместе для создания финального растра. Важную роль при данном анализе имеет определение веса каждого слоя. Например, для весенне-летнего периода использовались веса, соответствующие проценту распределения местоположений бурых медведей:

- растительные сообщества – 35%
- близость к морю – 25%
- высота – 20%
- крутизна – 10%
- экспозиция – 10%.

В результате преобразования значений был получен финальный растр, который отражает все условия сезонного обитания бурого медведя на исследуемой территории.

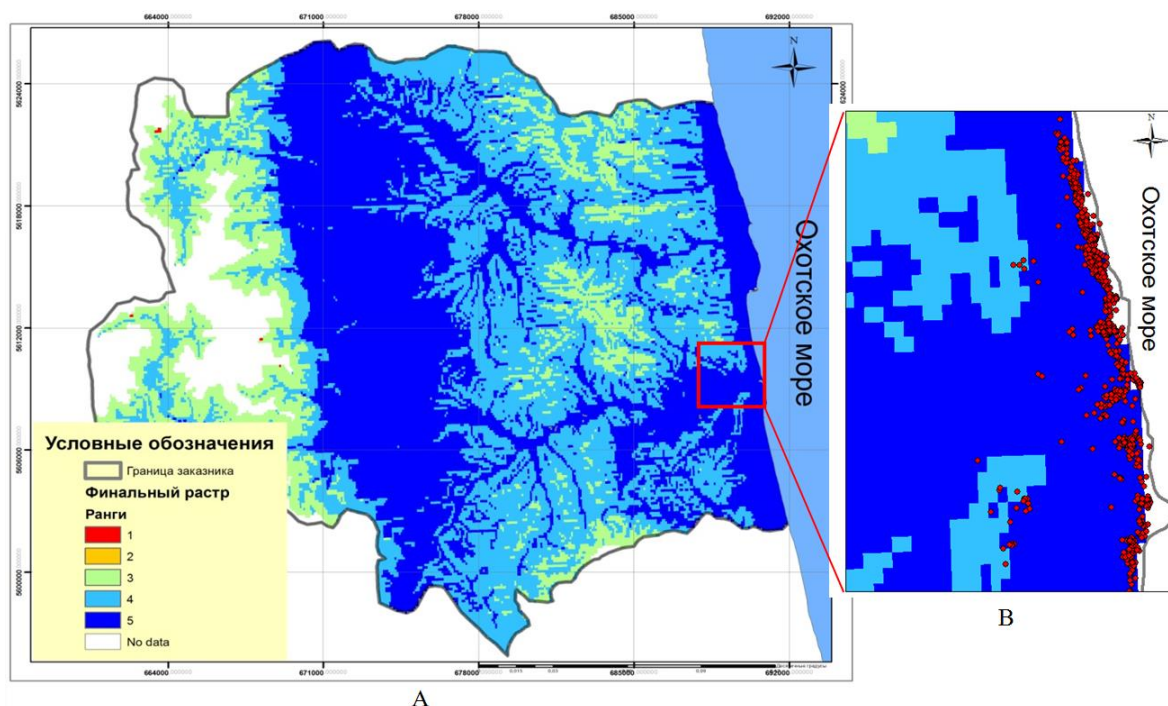


Рис. 6. А) Карта мест обитания *Ursus arctos* в весенне-летний период; В) концентрации точек-локаций бурого медведя в ячейках с рангами 4, 5

Таким образом, картографирование мест обитания бурого медведя позволяет передать информацию о распределении местообитаний и приуроченности его к различным территориям в определенные сезоны, которые отображены с использованием специальных изобразительных средств способами картографического изображения. Экстраполяция полученных данных обеспечивает непрерывность картографического изображения и отражает полноту содержания карты.

Изучение пищевого рациона имеет большое значение в понимании зависимости медведей от кормовой базы в разные сезоны. Особенности в потреблении различных видов пищевых ресурсов (как животного, так и растительного происхождения), активности перемещений животных, носит сезонный характер и определяет рациональность распределения (использования) накопленных энергетических ресурсов, что является важнейшим аспектом для выживания вида.

Отображение данного тематического содержания позволило структурировать имеющуюся информацию об объекте и предмете исследования с её точной территориальной привязкой, представлять в визуализированной форме, наиболее удобной для сопоставления и анализа. Результаты проведенного мониторинга мест обитания бурого медведя, который занимает вершину трофической цепи, позволяют оценить геоэкологическую обстановку территории в целом и выявить наиболее благоприятные условия сосуществования человека и животных [Хохлова и др., 2013].

4.3. Выводы

1. Выделены пять основных сезонных периодов в питании бурого медведя, на основе анализа кормовой базы, такие как: ранне-весенний (вторая половина апреля – первая половина мая); весенне-летний (со второй декады мая до второй декады июля); летний (с третьей декады июля до конца августа); осенний (с начала сентября и до середины октября); поздне-осенний (середина октября – ноябрь).

2. Разработана методика анализа состояния территории по данным экологического мониторинга и геоэкологического картографирования мест обитания бурого медведя, на основе: натурных наблюдений за питанием бурого медведя, основанных на анализе следов жизнедеятельности, визуальных стационарных и маршрутных наблюдений; оснащения GPS-ошейниками и дистанционного слежения за перемещениями меченных особей; статистико-математических методов пространственного анализа локаций бурого медведя; анализа цифровых тематических карт и растровых изображений; обработки и оценки полученных данных. Результаты, полученные на основе комплекса разнообразных методов, подтверждают валидность и достоверность данных.

3. Разработана методика построения геоэкологических карт мест обитания бурого медведя, отражающих необходимые условия для его комфортного обитания с учетом сезонности и позволяющих оценить геоэкологическую обстановку на территории в целом.

Список литературы

1. Еременко И. В., Сабиров Р. Н. Эколо-фаунистические комплексы природного заказника «Восточный» // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: VI Сахалинская молодеж. науч. школа, г. Южно-Сахалинск, Россия, 3-8 октября 2016 г.: сборник материалов. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С 375-379.
2. Атлас Сахалинской области // Испол. ком. Сахалинского обл. Совета депутатов трудящихся, Сахалинский комплексный науч.-исслед. ин-т Сиб. отд. Акад. наук СССР; Гл. ред. Г. В. Комсомольский, И. М. Сирык; Сост.: Н. В. Бузунов, З. С. Комсомольская, Ю. М. Петров. М.: ГУГК, 1967. 135 с.
3. Серёдкин И. В., Лисицин Д. В., Борисов М. Ю. Изучение бурого медведя на Сахалине // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. Т. 14, №1 (8). С. 1925-1928.
4. Hebblewhite M., Haydon D.T. Distinguishing technology from biology: A critical review of the use of GPS telemetry data in ecology // Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences. 2010. V. 365. P. 2303-2312. doi: [10.1098/rstb.2010.0087](https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0087).
5. Воронов В. Г. Бурый медведь островов Сахалинской области. // Экология, морфология, охрана и использование медведей. М.: Наука, 1972. С. 22-24.
6. Barnes V. G. The influence of salmon availability on movements and range of brown bears on Southwest Kodiak Island // The Eighth Int. Conf. on Bear Research and Management «Bears – Their Biology and Management», Victoria: Int. Assoc. Bear Res. Manage., 1990, vol. 8, pp. 305-313. doi: [10.2307/3872933](https://doi.org/10.2307/3872933).
7. Ревенко И. А. Бурый медведь. Камчатка // Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь. М.: Наука, 1993. С. 380-403.
8. Clevenger A. P., Purroy F. J., Pelton M. R. Movement and activity patterns of a European brown bear in the Cantabrian Mountains, Spain, The Eighth Int. Conf. on Bear Research and Management «Bears – Their Biology and Management». Victoria: Int. Assoc. Bear Res. Manage., 1990, vol. 8, pp. 205-211. doi: [10.2307/3872920](https://doi.org/10.2307/3872920).
9. Серёдкин И. В., Пачковский Дж., Борисов М. Ю., Петруненко Ю. К. Участки обитания бурого медведя на полуострове Камчатка и острове Сахалин // Сибирский экологический журнал, 2017. Т. 24. № 6. С. 680-695. doi: [10.15372/SEJ20170602](https://doi.org/10.15372/SEJ20170602).
10. Еременко И. В. Исследование особенностей питания бурого медведя на о. Сахалин // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования (6-9 дек. 2011, Москва) / Под редакцией В. А. Малинникова, В. В. Вишневого. Том 2. М.: Академия наук о Земле, 2011. С. 147-148.
11. Martin J., Basille M., Van Moorter B., Kindberg J., Allainé D. & Swenson J. E. 2010. Coping with human disturbance: spatial and temporal tactics of the brown bear (*Ursus arctos*). Canadian Journal of Zoology, 88: 875-883.

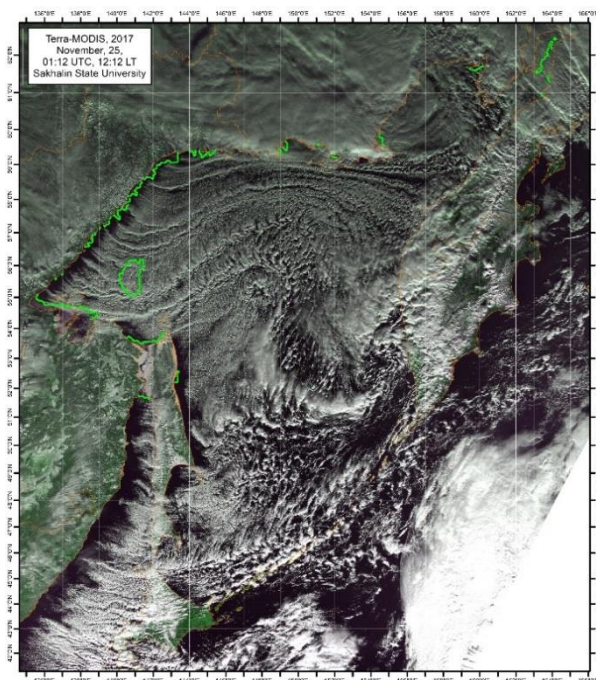
12. Сабиров Р. Н., Сабирова Н. Д. Сахалинский природный заказник «Восточный»: леса и флороценоотическое разнообразие // Вестник Сахалинского музея. 2004. № 11. С. 398-413.
13. Интернет-ресурс: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html> – Описание и получение данных SRTM.
14. Костин А. А., Еремин Ю. П. Бурый медведь Сахалинской области // Охота и охотничье хозяйство. № 7. 2004. С. 18-20.
15. Хохлова Е. С., Осадчая Г. Г., Овчарук Т. А. Экологическое картографирование: учеб. пособие / Ухта: УГТУ, 2013. 252 с.

Заключение

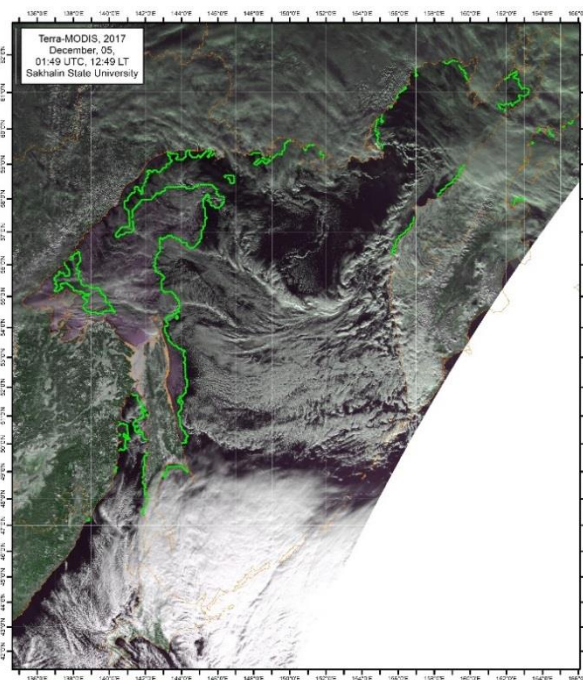
За отчётный период работниками Лаборатории ДДЗ, аспирантами и студентами была проведена определённая работа, направленная на разработку методик исследований, создание ПК «ЛЁД Сахалин» 2.0 и оформление документов на интеллектуальную собственность, создание цифровой информационной системы «Архив гидрометеорологических характеристик Охотского и Японского морей», внедрение ГИС-технологий в цифровую обработку карт-схем, оперативный приём и обработка спутниковой информации и создание карт-схем, мониторинг ледовой обстановки сезона 2017-2018 гг., разработка прогностического правила развития ледовитости в Охотском море в сезон 2018-2019 гг. на основе изменчивости её исторического ряда, выявление многолетних особенностей ледовитости Татарского пролива и осуществление сравнительного анализа с ледовитостью Охотского моря, исследование динамики кромки льда в Охотском море, проведение картографирования мест обитания бурого медведя в заказнике «Восточный», подготовка статей к публикации и участие в международных и национальных конференциях.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

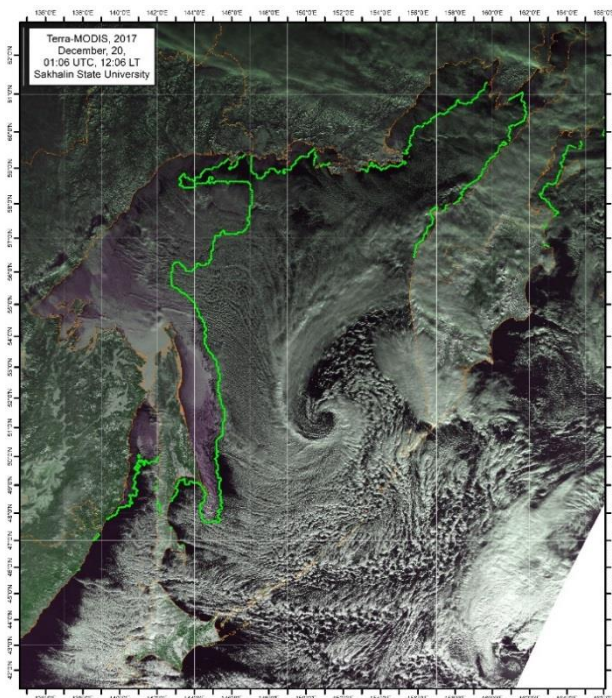
Коллекция снимков Terra-MODIS за ледовый сезон 2017-2018 гг. (с наименьшей облачностью) с наложенными кромками льда в Охотском море и Татарском проливе.



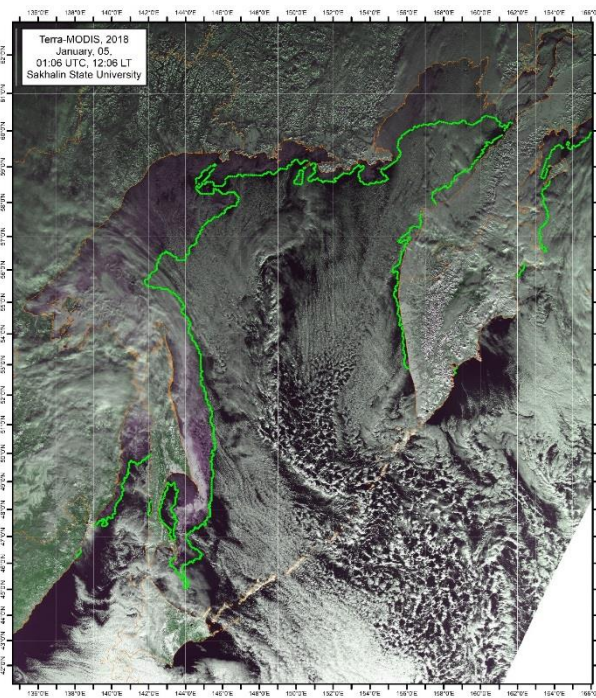
Снимок на 25.11.2017



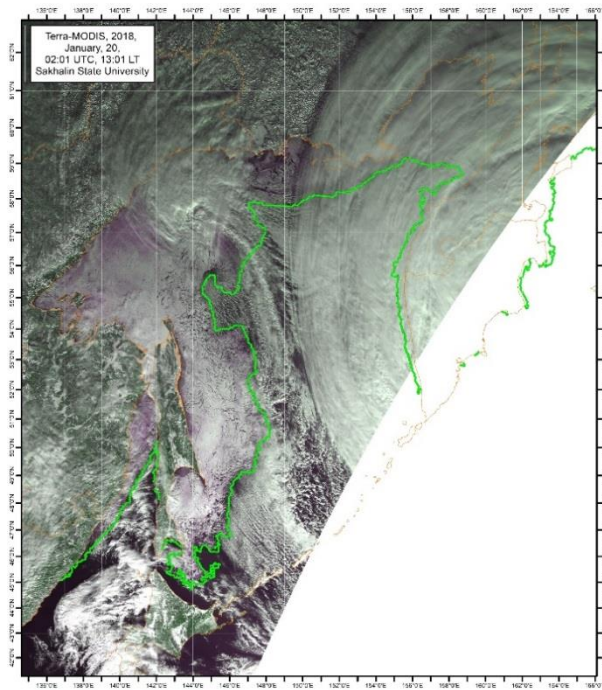
Снимок на 05.12.2017



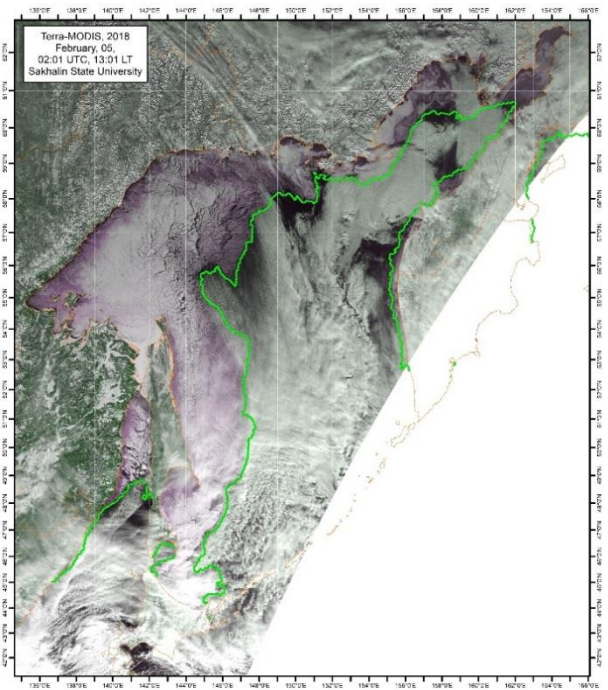
Снимок на 20.12.2017



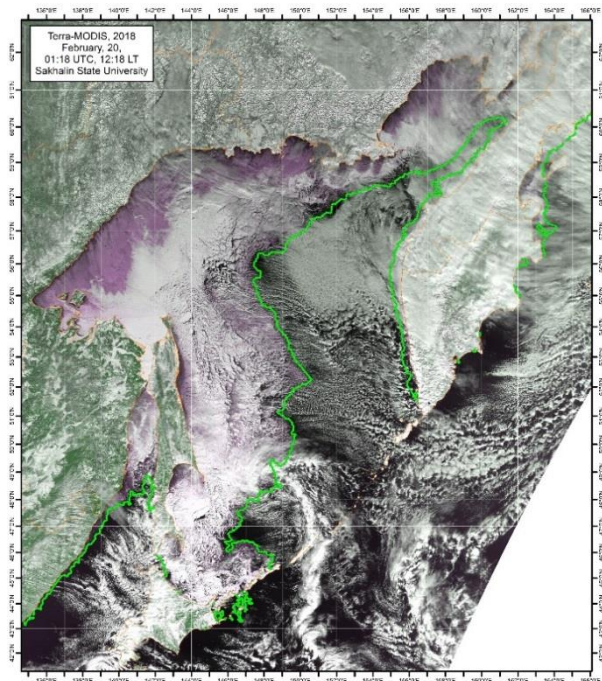
Снимок на 05.01.2018



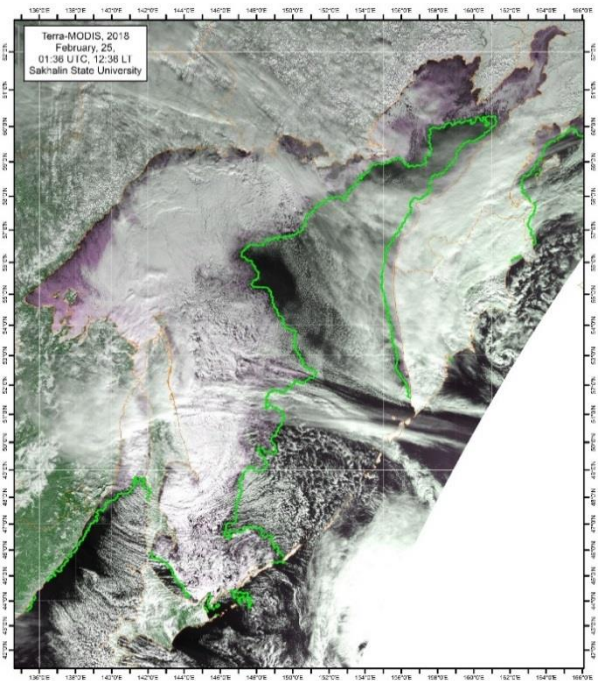
Снимок на 20.01.2018



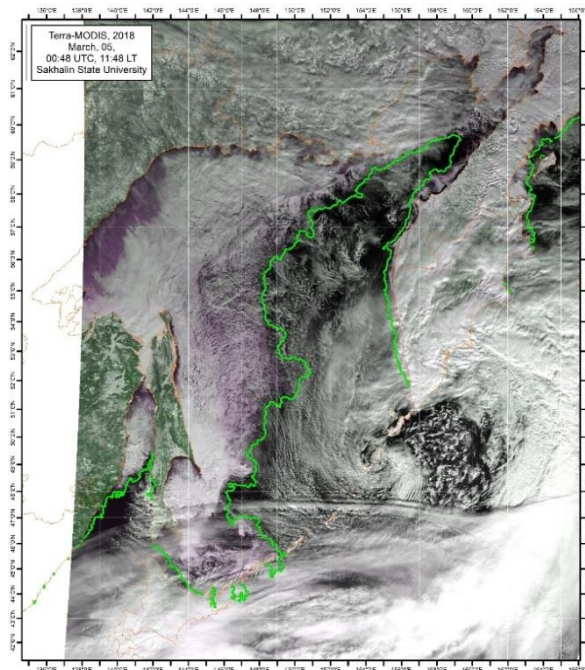
Снимок на 05.02.2018



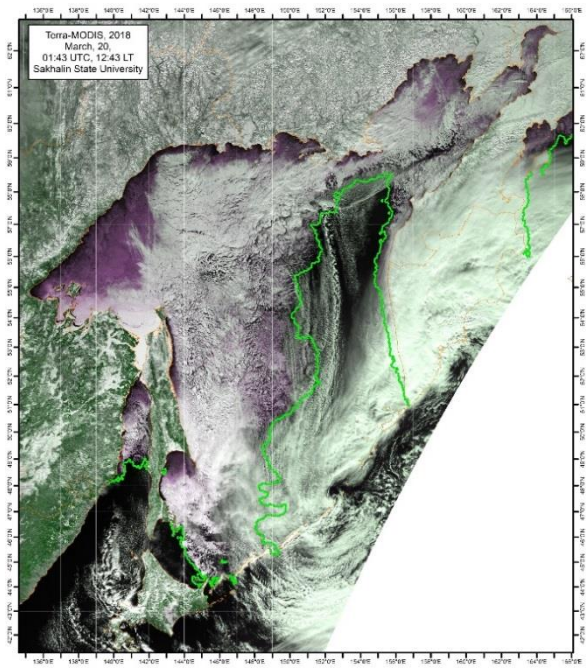
Снимок на 20.02.2018



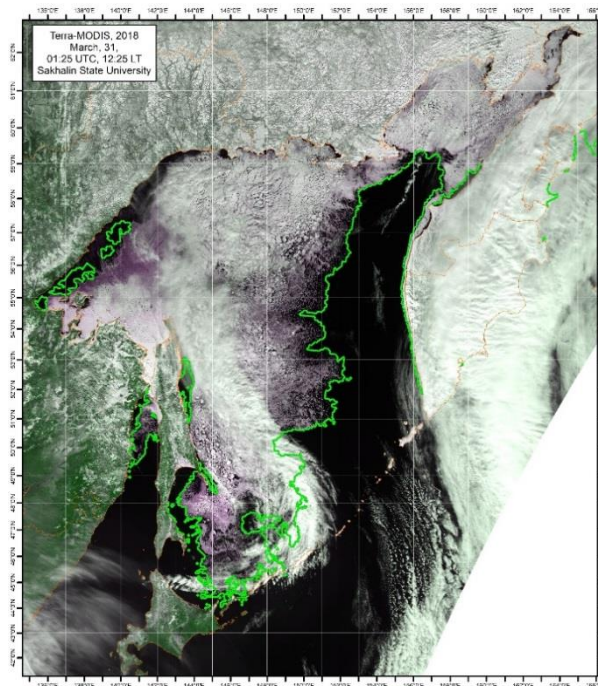
Снимок на 25.02.2018



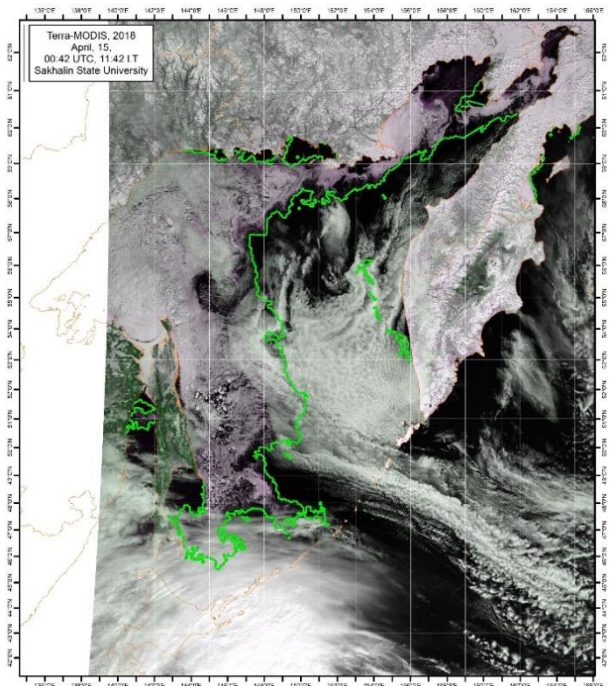
Снимок на 05.03.2018



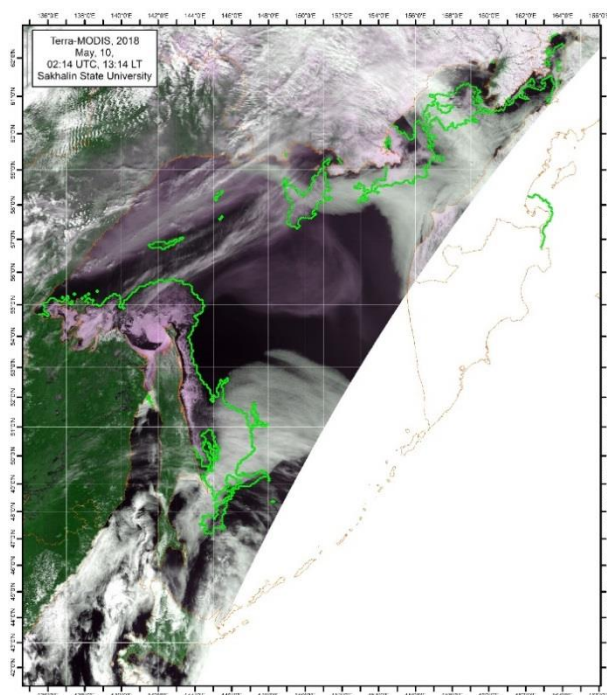
Снимок на 20.03.2018



Снимок на 31.03.2018



Снимок на 15.04.2018



Снимок на 10.05.2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Коллекция карт приземного анализа JMA за период 24-29.12.2017 г.

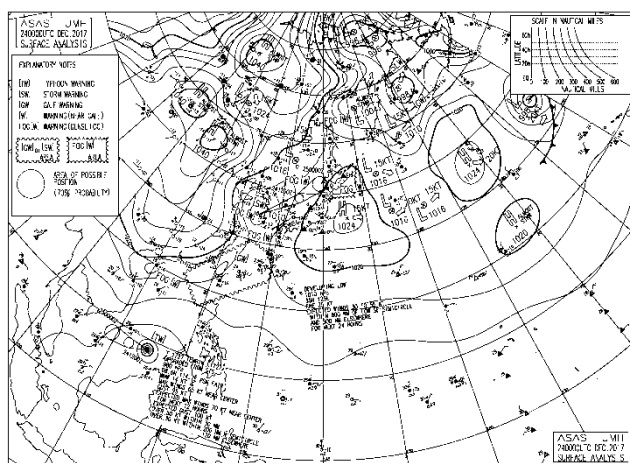


Рис. 1. Приземный анализ JMA за 24.12.17 г.

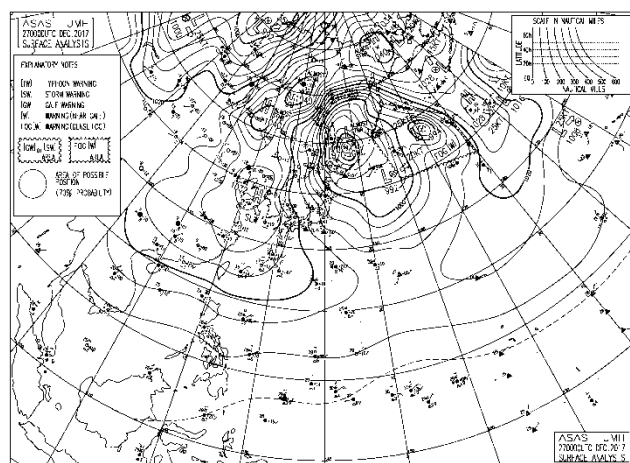


Рис. 4. Приземный анализ JMA за 27.12.17 г.

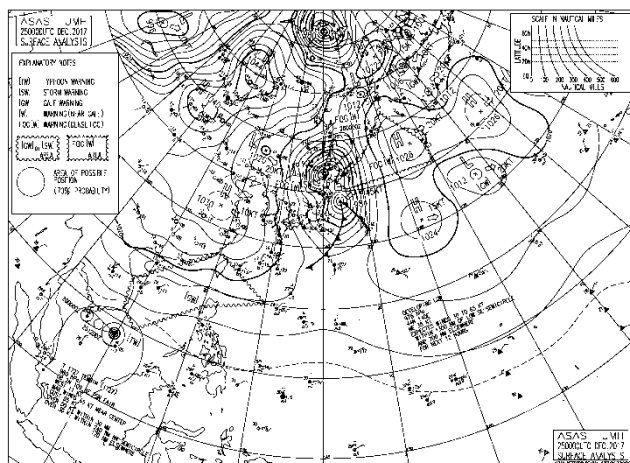


Рис. 2. Приземный анализ JMA за 25.12.17 г.

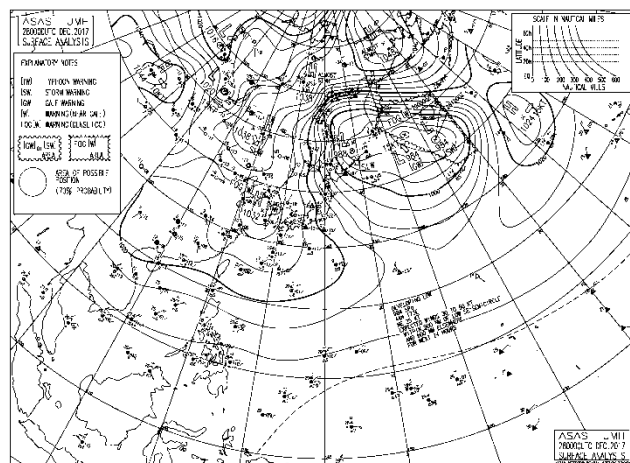


Рис. 5. Приземный анализ JMA за 28.12.17 г.

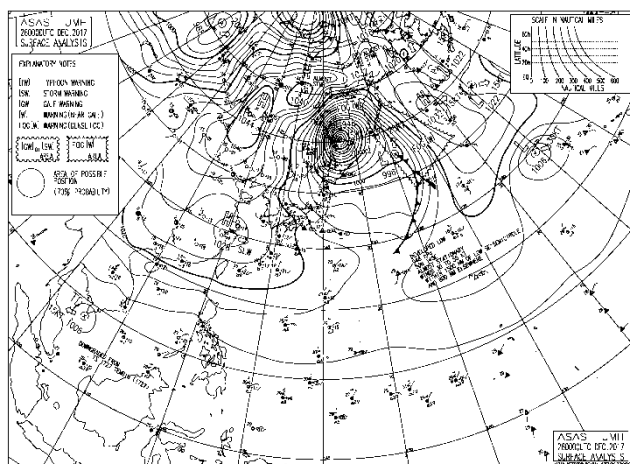


Рис. 3. Приземный анализ JMA за 26.12.17 г.

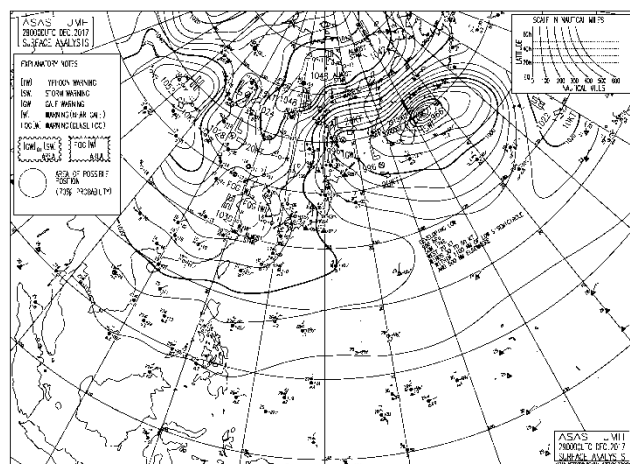


Рис. 6. Приземный анализ JMA за 29.12.17 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В Коллекция карт приземного анализа JMA за период 20-31.01.2018 г

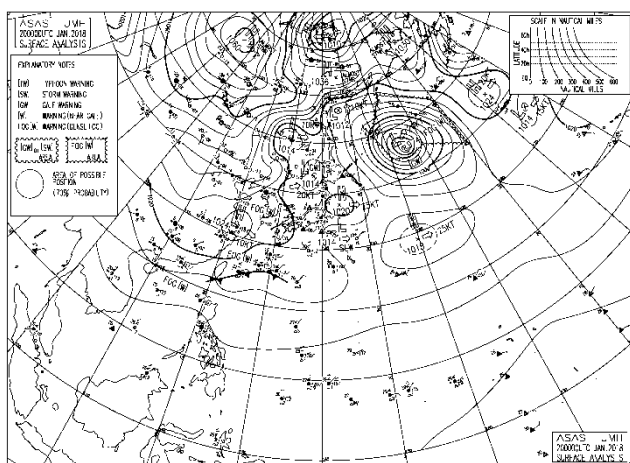


Рис. 1. Приземный анализ JMA за 20.01.18 г.

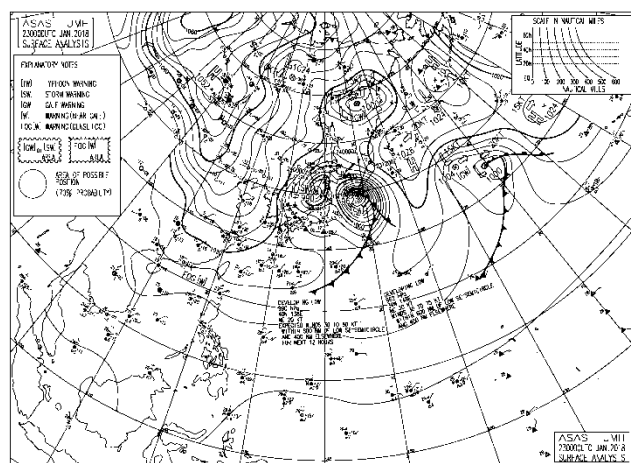


Рис. 4. Приземный анализ JMA за 23.01.18 г.

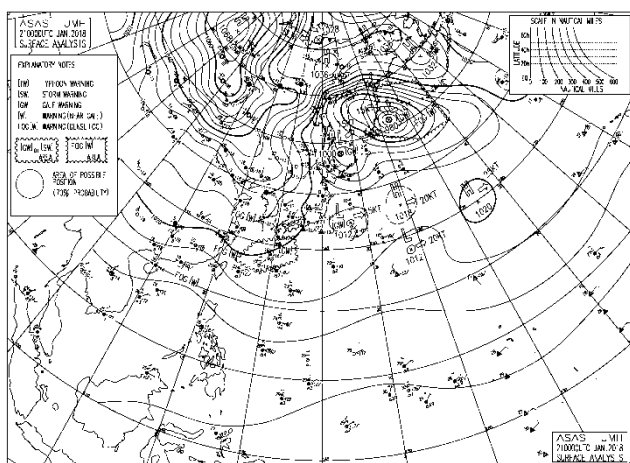


Рис. 2. Приземный анализ JMA за 21.01.18 г.

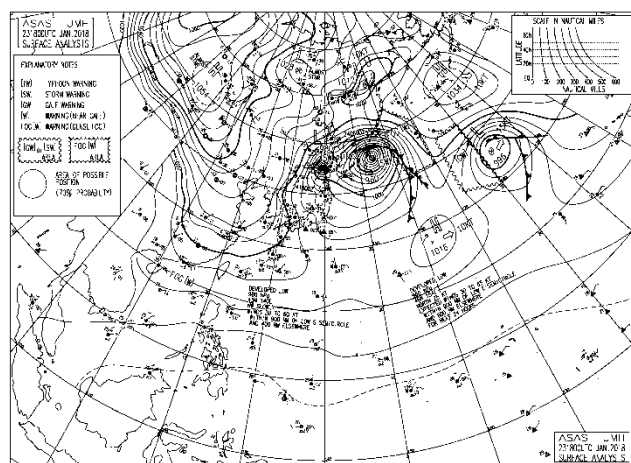


Рис. 5. Приземный анализ JMA за 24.01.18 г.

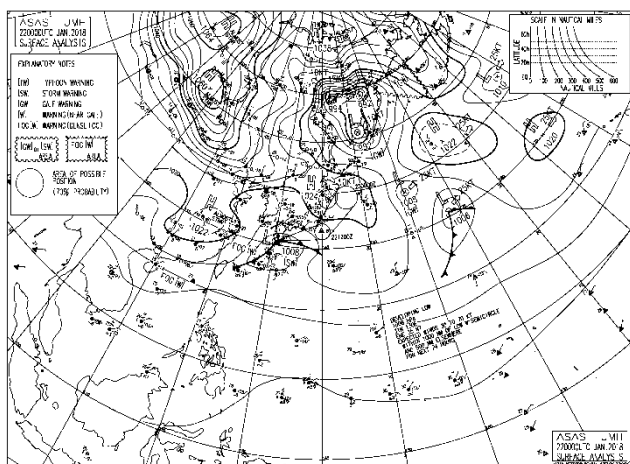


Рис. 3. Приземный анализ JMA за 22.01.18 г.

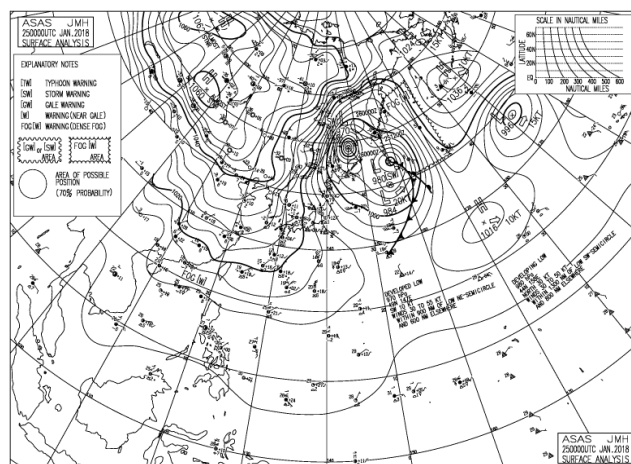


Рис. 6. Приземный анализ JMA за 25.01.18 г.

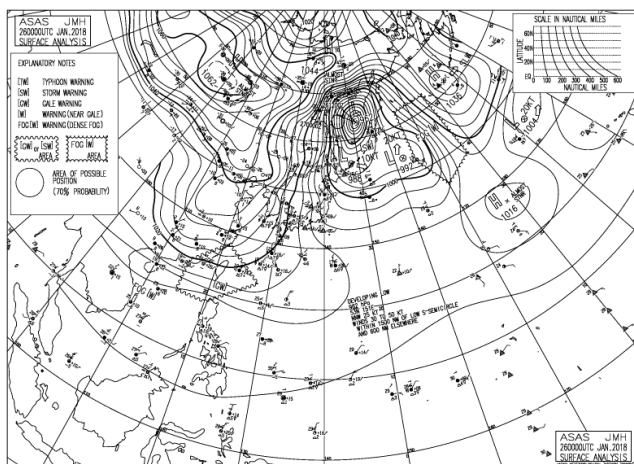


Рис. 7. Приземный анализ JMA за 26.01.18 г.

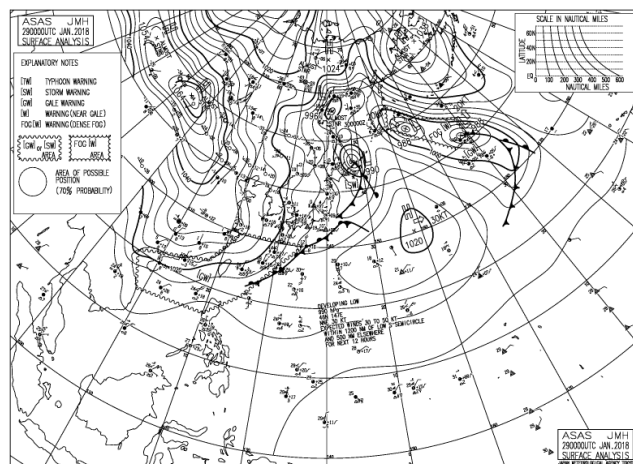


Рис. 10. Приземный анализ JMA за 29.01.18 г.

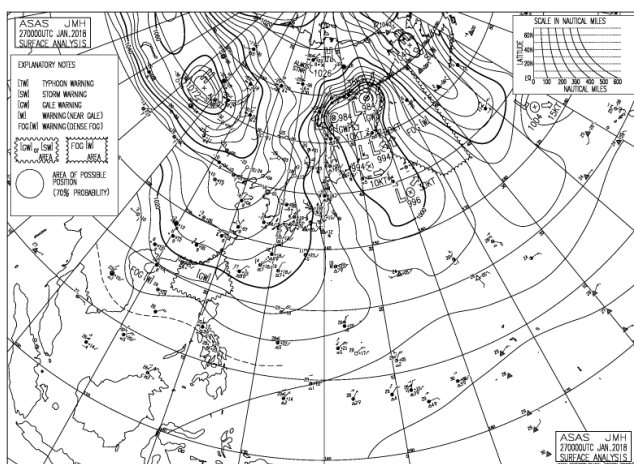


Рис. 8. Приземный анализ JMA за 27.01.18 г.

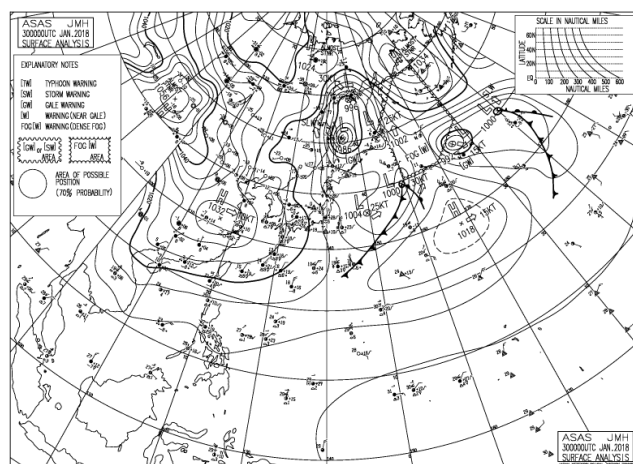


Рис. 11. Приземный анализ JMA за 30.01.18 г.

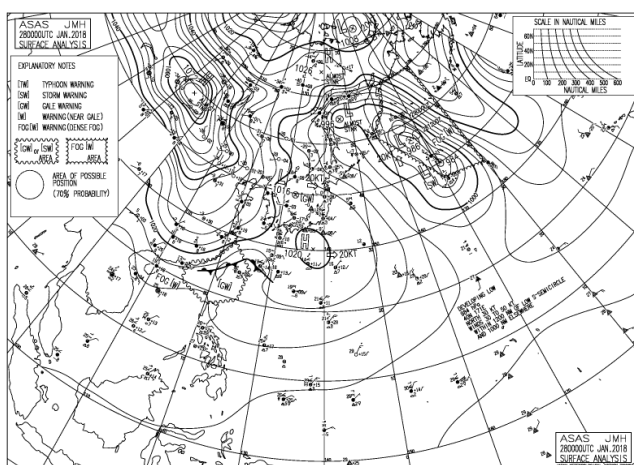


Рис. 9. Приземный анализ JMA за 28.01.18 г.

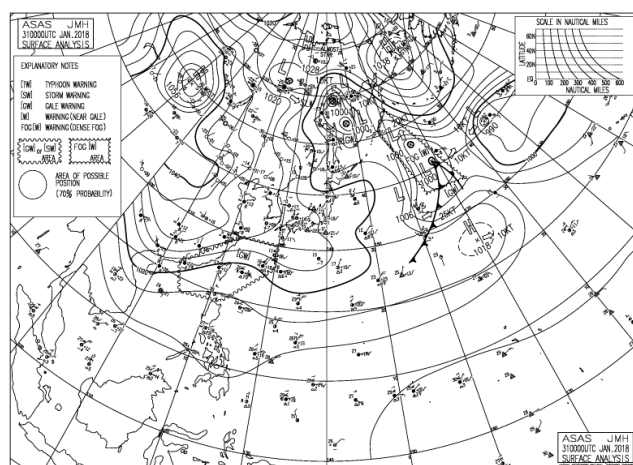


Рис. 12. Приземный анализ JMA за 31.01.18 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Коллекция карт приземного анализа JMA за период 02-07.02.2018 г.

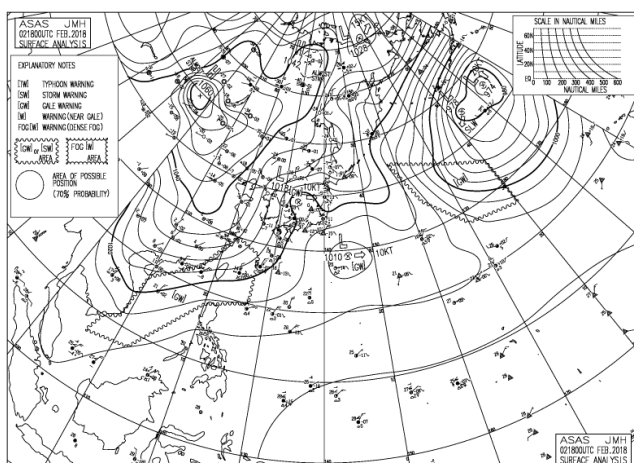


Рис. 1. Приземный анализ JMA за 02.02.18 г.

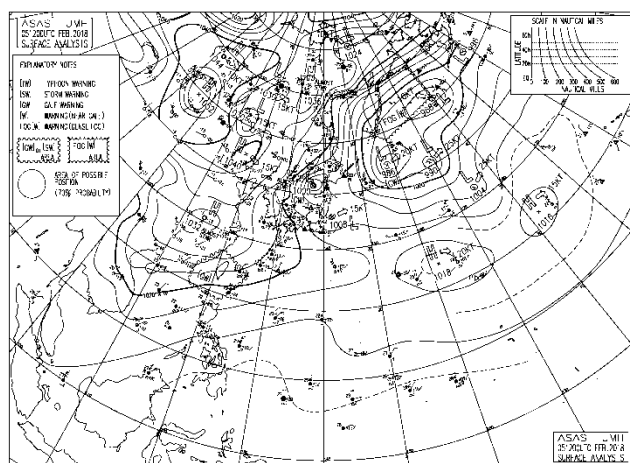


Рис. 4. Приземный анализ JMA за 05.02.18 г.

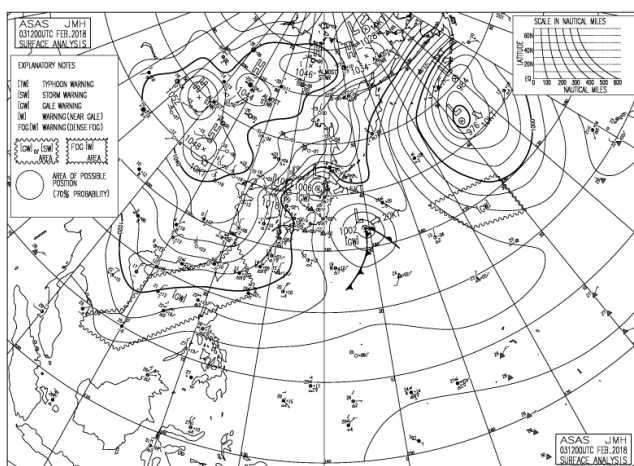


Рис. 2. Приземный анализ JMA за 03.02.18 г.

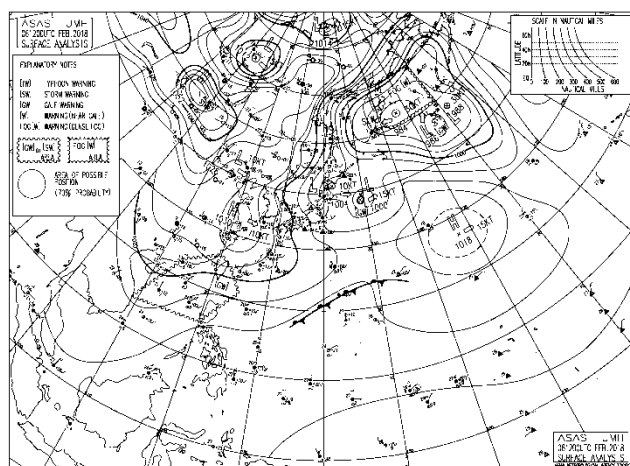


Рис. 5. Приземный анализ JMA за 06.02.18 г.

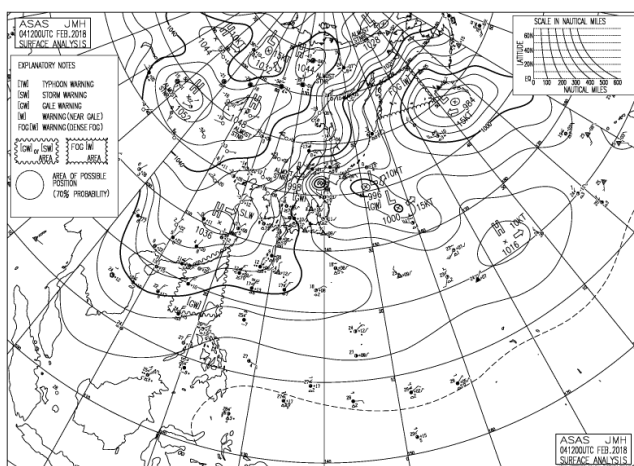


Рис. 3. Приземный анализ JMA за 04.02.18 г.

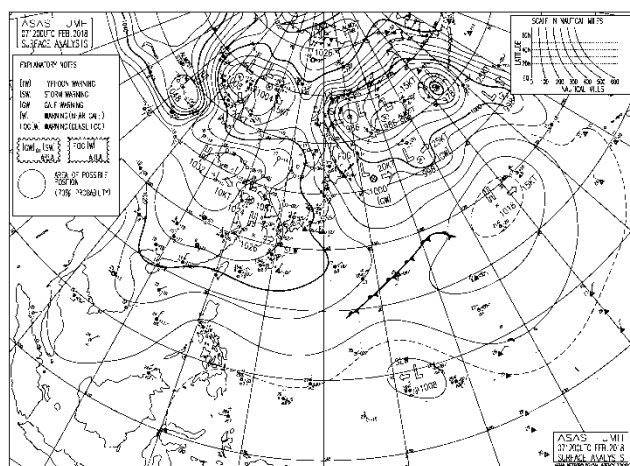


Рис. 6. Приземный анализ JMA за 29.01.18 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Библиографический список публикаций, отражающих результаты работы

1. Дорофеева Д.В., Пищальник В.М., Минервин И.Г., Пастухова Д.А., Шумилов И.В. Анализ изменчивости векового ряда ледовитости Татарского пролива на основе спутниковых и гидрометеорологических наблюдений с применением ГИС-технологий // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – Т. 24, ч. 2. – С. 46–54.
2. Шумилов И.В., Минервин И.Г., Пищальник В.М., Терентьев Н.С. Разработка программного модуля для вычисления кромок ледяного покрова по данным дистанционного зондирования Земли // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – Т. 24, ч. 2. – С. 171–177.
3. Никулина И. В., Минервин И. Г. Применение цифровых технологий для изучения пространственно-временного распределения бурого медведя (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) на острове Сахалин // Материалы докладов XVII международная научно-практическая конференция "Фундаментальные и прикладные науки сегодня". Том 2 (10-11 декабря 2018 г., North Chalston). – Raleigh: Lulu Press, 2018. – С 45-49.
4. Leonov A.V., Pishchal'nik V.M., Petukhov V.I., Chicherina O.V. Transformations of nitrites in the northeastern waters of the Sakhalin Shelf: an analysis of mathematical modeling results // Океанологические исследования, 2018. – Т. 46. - № 2. – С. 112-144.
5. Дорофеева Д.В. О выделении типов зим различными методами при оценке ледовитости морской акватории. Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения: материалы Первой национал. науч.-практ. конф. – Южно-Сахалинск, СахГУ, 2018. – С. 5-6. (<http://sakhgu.ru/nauka/nauka-obrazovanie-obshhestvo/2018-2/>)
6. Никулина И.В. (СахГУ) Влияние геоэкологической обстановки на состояние популяции бурого медведя и обеспечение безопасности работ на территории. Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения: материалы Первой национал. науч.-практ. конф. – Южно-Сахалинск, СахГУ, 2018. – С. 13. (<http://sakhgu.ru/nauka/nauka-obrazovanie-obshhestvo/2018-2/>)
7. Шумилов И.В. Методика вычисления местоположения кромок льда и её применение при изучении динамики ледовитости Охотского моря. Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения: материалы Первой национал. науч.-практ. конф. – Южно-Сахалинск, СахГУ, 2018. – С. 15. (<http://sakhgu.ru/nauka/nauka-obrazovanie-obshhestvo/2018-2/>)