

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

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ
НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ УЧАСТКЕ
ПРОДОЛЖЕНИЯ СЕВЕРНОГО
МОРСКОГО ПУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫЙ
ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ
(г. Южно-Сахалинск, 29 ноября 2019 года)**

Сборник докладов круглого стола

Сост. И. В. Никулина

Южно-Сахалинск
СахГУ
2021

УДК 004
ББК 32.81
П783

*Печатается по решению
Сахалинского государственного университета, 2020 г.*

П783 Прогнозирование ледовой обстановки на дальневосточном участке продолжения Северного морского пути с применением ГИС-технологий в современный период потепления (г. Южно-Сахалинск, 29 ноября 2019 года) : сборник докладов круглого стола / сост. И. В. Никулина. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2021. – 92 с. ISBN 978-5-88811-620-3

Сборник включает доклады участников круглого стола, состоявшегося в Южно-Сахалинске 29 ноября 2019 года. В докладах обсуждаются научные достижения научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) СахГУ и РАН и вопросы безопасности мореплавания на дальневосточном продолжении участка Северного морского пути в зимний период. Издание предназначено для представителей органов власти, преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов вузов, всех интересующихся данной проблематикой.

УДК 004
ББК 32.81

Научное издание

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ
НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ УЧАСТКЕ ПРОДОЛЖЕНИЯ
СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ
(г. Южно-Сахалинск, 29 ноября 2019 года)**

Сборник докладов круглого стола

Составитель

НИКУЛИНА Ирина Владимировна

Корректор В. А. Яковлева. **Верстка** Г. С. Артюхова.

Подписано в печать 26.02.2021. Бумага «Х-BRITE».
Гарнитура «Verdana». 5,35 усл. п. л. Формат 60х84^{1/16}.
Заказ № 582-20. Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100 экз.).

Сахалинский государственный университет
693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, каб. 32.
Тел./факс (4242) 45-23-16.
E-mail: izdatelstvo@sakhgu.ru,
polygraph@sakhgu.ru

ISBN 978-5-88811-620-3

© Никулина И. В., составление, 2021
© Сахалинский государственный
университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ И ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ	
Романюк Валерий Анатольевич Долгопериодные колебания и тенденции изменения ледовитости Охотского моря за последние 137 лет	10
Дорофеева Дарья Васильевна Особенности изменчивости ледовитости Татарского пролива за последние 137 лет ...	19
Никулина Ирина Владимировна Формирование зон вдольбереговых полюней в Охотском море	24
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (ЮСНИС) САХГУ И РАН	
Никулина Ирина Владимировна, Никонова Елизавета Викторовна Организация баз данных для хранения и анализа гидрометеорологической информации	31
Никулина Ирина Владимировна, Никонова Елизавета Викторовна Создание геопортала для визуализации и оценки гидрометеорологических данных	36
Юлдашев Анвар Исмаилович Инструментарий для получения, обработки и анализа спутниковых данных о состоянии ледяного покрова дальневосточных морей	41
Шумилов Илья Валерьевич, Минервин Игорь Георгиевич Разработка прогностического правила	

вариаций ледовитости на фазе начала ледообразования в Охотском море	49
--	----

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕДОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗИМНЕГО ПЛАВАНИЯ СУДОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Романюк Валерий Анатольевич

К вопросу организации Дальневосточного ситуационного (логистического) центра в г. Южно-Сахалинске с учетом опыта ледового обслуживания нефтегазовых проектов на шельфе Охотского моря	57
---	----

Храмушин Василий Николаевич,

Антоненко Сергей Владимирович

Проектные предложения по каботажным грузопассажирским судам для регулярных линий Сахалина и Курильских островов.	61
--	----

Костенко Ирина Сергеевна

Разрушение прибрежного льда под влиянием длинноволновых процессов	77
--	----

РЕЗОЛЮЦИЯ КРУГЛОГО СТОЛА. 87

ВВЕДЕНИЕ

Перспективы освоения месторождений нефтяных углеводородов на шельфе Арктики – акваториях замерзающих морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского – предусматривают повышение интенсивности перевозок по Северному морскому пути (СМП). Это кратчайший морской путь между евразийской частью России, Дальним Востоком и странами Азиатско-Тихоокеанского региона. Длина маршрута составляет 5300 км от пролива Карские Ворота до Берингова пролива. В планах к 2024 г. довести грузопоток по Северному морскому пути до 80 млн т. И это не предел. По некоторым оценкам предполагается, что объем грузоперевозок к 2030 г. достигнет 120 млн т, а к 2035 г. – 160 млн т. Основным грузом на СМП станет сжиженный природный газ (СПГ) с российских проектов. Производство СПГ в Арктике, согласно разрабатываемой стратегии, вырастет до 46,7 млн т в 2024 г., 73,5 млн в 2030-м и 120 млн в 2035 г. Оставшиеся около 15 % перевозки грузов должна занять нефть. Доля транзита на маршруте к 2035 г. будет занимать не более 6 %. Объем транзитных грузов за тот же период должен возрасти с 0,49 до 10 млн т, что примерно в тысячу раз меньше, чем проходит через Суэцкий канал.

В 2012 году принят федеральный закон № 132-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути», которым предусмотрен ряд мер по развитию СМП, в том числе создание администрации Северного морского пути в форме федерального государственного казенного учреждения (ФГКУ), подведомственного Росморречфлоту, создано распоряжением Правительства РФ от 15 марта 2013 г. № 358-р. В декабре 2018 г. президент России подписал закон, наделяющий ГК «Росатом» инфраструктурным оператором СМП.

После пересечения Берингова пролива суда продолжают свое движение по акваториям дальневосточных морей, которые также относятся к категории замерза-

ющих. Берингово и Охотское моря являются одними из наиболее биопродуктивных районов Мирового океана. В Охотском море наряду с добычей гидробионтов уже более 20 лет ведется активная добыча углеводородов в рамках шельфовых проектов Сахалина. Разведаны перспективные месторождения нефти и газа на магаданском шельфе, шельфе Западной Камчатки и в Татарском проливе. Специфика разработки морских месторождений нефти и газа предусматривает круглогодичное транспортное (в том числе и судовое) обслуживание производственных объектов, естественным препятствием для которого, так же, как и для транзитных судов, осуществляющих грузоперевозки по СМП, является ледяной покров.

Большая часть акватории дальневосточных морей находится в умеренных широтах и расположена юго-восточнее полюса холода Северного полушария. Кроме того, расположение на границе самого большого материка и самого большого океана на земном шаре способствует формированию атмосферной циркуляции муссонного типа, которая не только доставляет на акватории морей холодные воздушные массы, но и обуславливает постоянный дрейф льда с южной составляющей. Значительные пространственные размеры морей, особенности циркуляции вод и воздушных масс, рельеф дна и конфигурация береговой черты определяют существенные различия условий процессов ледообразования. Кроме того, в Беринговом море существенную роль играют вторжения арктического воздуха, которые эпизодически проникают и в восточную часть Охотского моря.

Одним из результатов активного воздействия зимнего муссона (с декабря по апрель) на акватории морей является формирование квазистационарных полыней вдоль северо-западного побережья морей, в которых идет процесс непрерывного образования начальных видов льда (по данным японских ученых, полынья в северо-западной части Охотского моря является самым крупным районом генерации льда в Северном полушарии); другим – усиление дрейфа льда в южных направлениях, который поддерживается на больших акваториях за счет общей циклонической циркуляции вод. Отмеченные особенности ледообразования обуславливают формирование характерной особенности

ледяного покрова дальневосточных морей – **увеличение толщины льда по мере продвижения его с севера на юг**. На отдельных участках акватории дальневосточных морей ледяной покров может являться серьезным препятствием для судоходства от четырех до шести месяцев в году.

Мониторинг гидрометеорологической и ледовой обстановки в акватории СМП традиционно осуществляет ГНЦ РФ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, в начале 2020 г. отметивший свой 100-летний юбилей. В акватории дальневосточных морей наблюдения за ледяным покровом возложены на прибрежные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) – Камчатское, Магаданское, Сахалинское и Приморское, которые в настоящее время не имеют достаточно средств и возможностей для полноценного ледового обслуживания, в том числе разработки рекомендованных маршрутов для зимнего плавания судов. Исследования ледяного покрова Охотского моря выполняются на грантовой основе в научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) (далее – НИЛ ДЗЗ) Сахалинского государственного университета (СахГУ) и Российской академии наук (РАН) с 2008 г. Полученные научные результаты позволили значительно расширить существовавшие ранее представления об особенностях его ледового режима:

- на основе всех имеющихся архивных и современных данных был сформирован ряд средних за сезон (с декабря по май) значений ледовитости с 1929 по 2019 г., который по уравнениям регрессии с суммой градусодней мороза (СГДМ) на прибрежных гидрометеорологических станциях (ГМС) качественно восстановлен для периода с 1882 по 1928 г. Таким образом, впервые был получен ряд вариаций значений ледовитости моря за последние 138 лет;

- выявлены долгопериодные колебания ледовитости, продолжительность которых варьирует от 40 до 52 лет;

- установлено, что с 1980 г. по настоящее время наблюдается устойчивое уменьшение площади ледяного покрова со средней скоростью $\sim 5\%$ / 10 лет. Абсолютный максимум средней за сезон ледовитости (64,5 %) наблюдался в 1980/81 гг. В ледовом сезоне 2014/15 гг.

был зафиксирован абсолютный минимум средних за сезон значений ледовитости (26,5 %) за всю историю наблюдений, а размах их колебаний достигал 50 %;

- показано, что анализ данных регулярных спутниковых наблюдений за состоянием ледяного покрова, выполняемых в режиме реального времени с 1971 г., позволяет переосмысливать наши представления о характере ледового режима и получать новые знания о процессах различных пространственно-временных масштабов. Так, например, был установлен факт существенного различия параметров ледового режима в отдельных регионах Охотского моря. По результатам проведенных исследований был сделан вывод, что решение прикладных и прогностических задач необходимо выполнять с учетом районирования ледяного покрова.

Университеты являются главной «точкой роста», обеспечивающей инновационное развитие страны. Как и все вузы, СахГУ вносит свой вклад в наращивание интеллектуального ресурса региона, подготавливая высококвалифицированных специалистов, а также повышает научно-технический потенциал, отвечая всем современным требованиям и имея соответствующую материально-техническую базу.

В университете в 2013 году создана лаборатория дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) на основе современного антенно-аппаратного комплекса **Orbital System**, позволяющего принимать и обрабатывать информационные потоки о состоянии природной среды в режиме реального времени в широком спектре исследования со спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, Fengyun 3B, NOAA 18/19, MetOp-A/B.

Сотрудники НИЛ ДЗЗ готовы оказывать услуги по предоставлению и тематической обработке оперативных и архивных данных на возмездной основе по:

- мониторингу ледовой обстановки (в том числе в темное время суток);
- мониторингу природных и антропогенно-спровоцированных катастроф (наводнения, цунами, извержения и температура поверхности вулканов);
- навигационно-гидрографическому сопровождению при морских буксировках и строительных работах в условиях ледовой обстановки;
- оперативному выявлению очагов лесных пожаров;

- определению и мелкомасштабному картографированию биопродуктивности лесных массивов и с/х угодий;
- оперативному картографированию температуры океана;
- выявлению мест сжигания попутного газа и мониторингу функционирования факелов;
- геоэкологическому мониторингу природных территорий и др.

При наличии государственного заказа со стороны администрации региона и муниципальных образований сотрудники НИЛ ДЗЗ могли бы более активно участвовать в решении важных народно-хозяйственных задач Сахалинской области посредством внедрения цифровых технологий в процесс создания тематических продуктов с использованием ГИС, что повысит уровень цифровизации экономики области. Цифровые технологии позволяют унифицировать обработку данных с учетом региональных особенностей любого региона земного шара. С внедрением цифровых технологий становится возможным применять интегрированный подход в оценке исследуемых явлений за счет консолидации множества источников информации. В том числе существует возможность анализа массивов гидрометеорологических и астрономических параметров за счет комплекса специализированных программных продуктов и наличия информационной системы, объединяющей весь объем накопленных данных и обеспечивающей удобные средства для работы с ними. Системный анализ и выявленные закономерности колебаний характеристик ледяного покрова на основе архивных данных наблюдений позволяют сформулировать методологические подходы к прогнозированию элементов ледового режима в современный период нестационарного состояния природных систем. Таким образом, применение цифровых технологий позволяет повысить точность ледовых прогнозов и, как следствие, повысить безопасность мореплавания в зимний период и проведение морских операций.

Организаторы круглого стола выражают благодарность заслуженному экологу России Н. А. Шугаипову за содействие при подготовке материалов круглого стола к публикации.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ И ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ

Романюк Валерий Анатольевич,
руководитель группы ледовых технологий
ООО «РН-СахалинНИПИ-морнефть»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
varomanyk@sakhnipi.ru

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 137 ЛЕТ

Современное потепление в Северном полушарии, начавшееся в конце 1970-х гг., способствует формированию устойчивой тенденции снижения площади ледяного покрова замерзающих морей России. При исследовании элементов ледового режима Охотского моря особый интерес представляют долгопериодные колебания площади ледяного покрова, которые позволяют оценить интенсивность ледовых процессов и связать их с глобальными изменениями климата, происходящими в современный период.

Для определения тенденций изменения ледовитости Охотского моря за последние 137 лет было выполнено формирование и восстановление ряда средних за сезон значений ледовитости моря с 1882 по 2019 г. с использованием различных типов исходных данных. С 1929 по 1960 г. это материалы попутных судовых наблюдений, приведенные к середине каждого зимнего месяца [1]. Отдельные пропуски в рядах значений ледовитости были восстановлены методом экспертных оценок с учетом выявленной корреляционной зависимости с суммами градусодней мороза (СГДМ).

За период с 1957 по 1992 г. были использованы значения площади ледяного покрова на середину второй

декады каждого зимнего месяца, полученные на основе регулярных авиационных наблюдений [2–4]. Качество значений ледовитости контролировалось путем анализа за всей доступной дополнительной информации: архивы снимков в видимом диапазоне с ИСЗ серий «Космос» и «Метеор» с 1967 г.; полетные карты ледовых авиаразведок Сахалинского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на конкретные даты и др.

Для периода с 1971 по 2019 г. площадь ледяного покрова Охотского моря рассчитывалась с помощью разработанного в Сахалинском государственном университете программного комплекса (ПК) «ЛЕД» [5, 6]. Расчеты значений ледовитости производились в границах морей, определенных Главным управлением навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации [7]. Значения ледовитости моря вычислялись в виде отношений площадей, занятых льдом, к площади моря в целом, данные представлялись в процентах [8]. Оценка качества расчетных данных проводилась выборочным контролем на основе снимков в видимом диапазоне со спутников Terra/Aqua (MODIS), Suomi NPP (VIIRS), Sentinel-2. Кроме того, период совместного выполнения авиационных и спутниковых наблюдений (1971–1992 гг.) позволил оценить разность значений ледовитости. Среднее расхождение данных составляет не более 7 % от площади моря, максимальное – около 11 % [5].

Значения ледовитости Охотского моря за период с 1882 по 1928 г. были восстановлены на основе уравнения парной степенной регрессии с использованием средних за сезон значений фактической ледовитости с 1929 по 2016 г. и данных СГДМ на прибрежных ГМС (Охотск, Магадан, Александровск-Сахалинский, Поронайск и Николаевск-на-Амуре).

Сравнительный анализ восстановленного ряда средних за сезон значений ледовитости Охотского моря с 1882 по 2016 г. с данными аномалий глобальной температуры воздуха Национального управления океанических и атмосферных исследований США¹ показывает хорошее

¹ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3

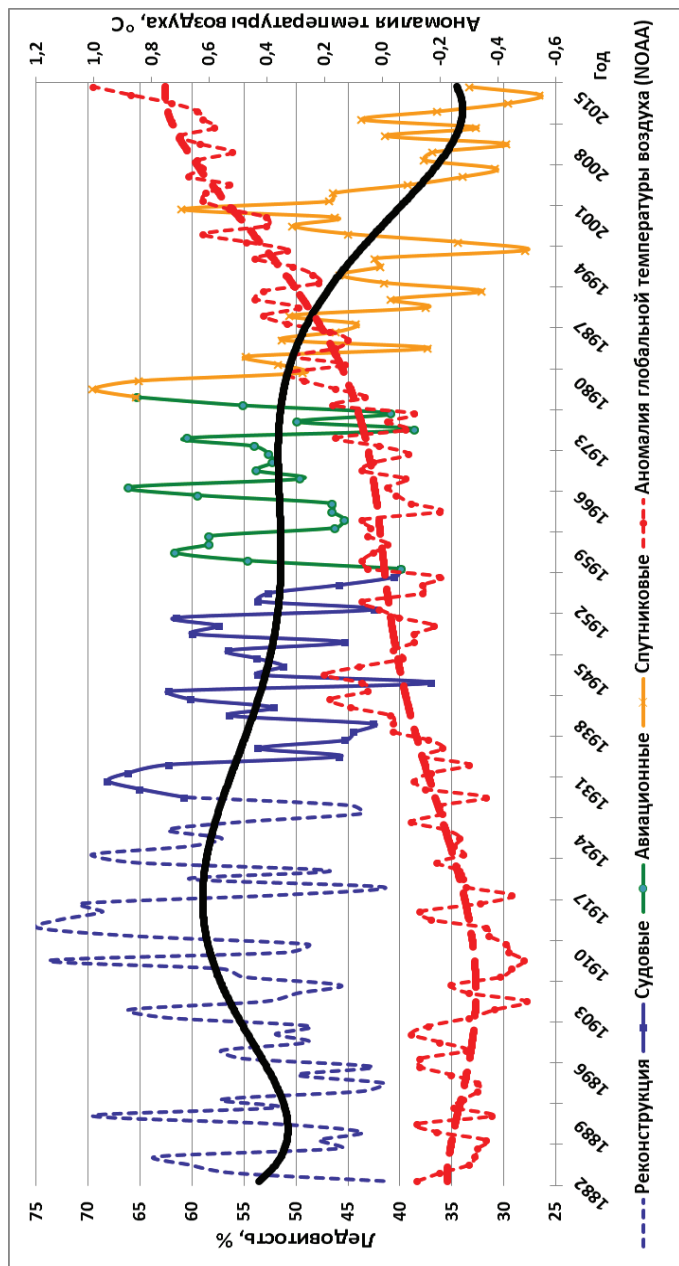


Рис. 1. Многолетние изменения значений ледовитости Охотского моря и аномалий глобальной температуры воздуха и их полиномиальные аппроксимации

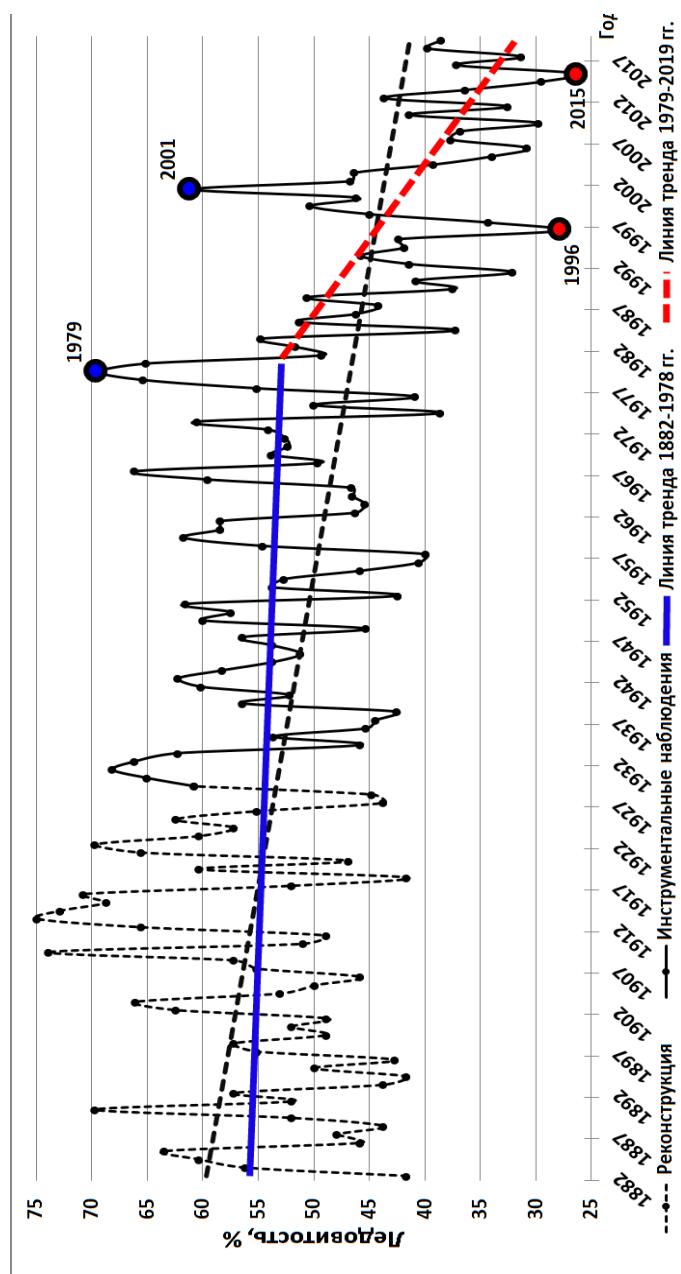


Рис. 2. Межгодовая изменчивость средних за сезон значений ледовитости Охотского моря и линейные тренды для различных периодов времени

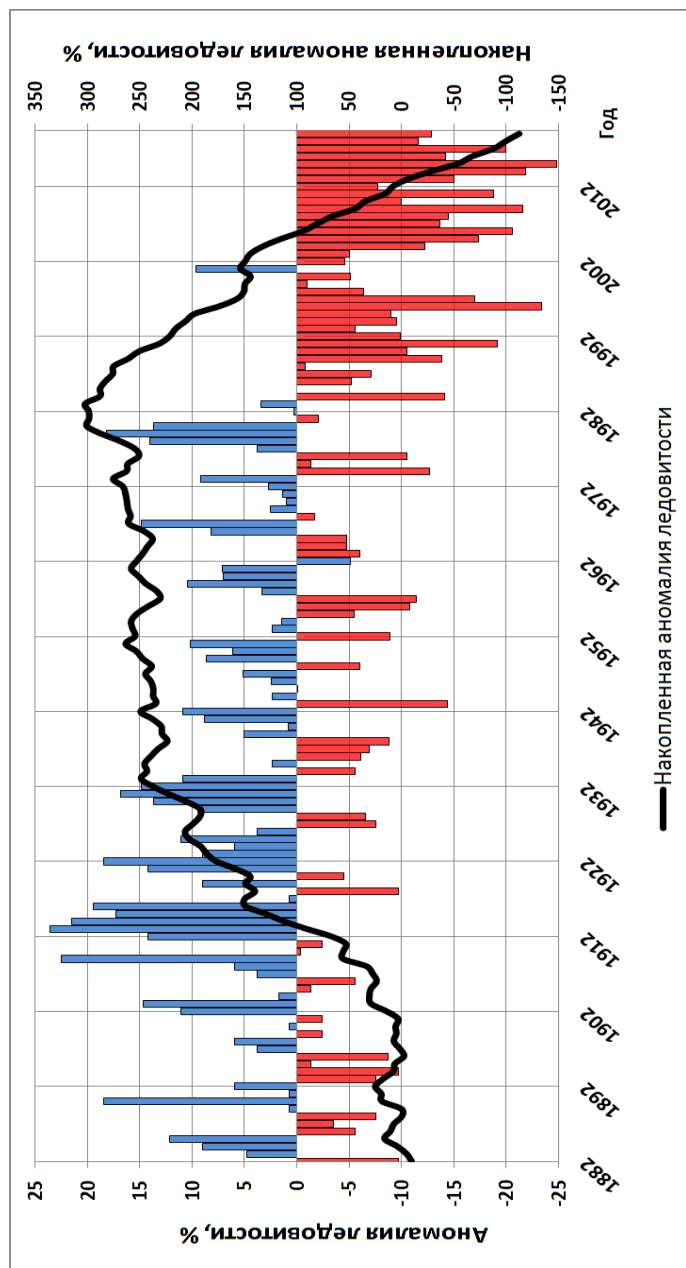


Рис. 3. Интегральная кривая аномалий значений ледовитости Охотского моря относительно климатической нормы 1961–1990 гг.

совпадение характера изменчивости полиномиальных трендов, находящихся в противофазе (рис. 1), что свидетельствует о достоверности восстановленного ряда значений.

Показано, что в сформированном ряду значений ледовитости Охотского моря выделяются периоды с положительной (1902–1922 гг. и 1958–1979 гг.) и отрицательной (1882–1901 гг., 1923–1957 гг. и 1980–2016 гг.) тенденциями изменения значений ледовитости, продолжительность которых варьирует от 20 до 35 лет. Последний период сокращения площади морского льда совпадает с современным периодом потепления и длится 38 лет (рис. 2).

Тенденция сокращения ледовитости Охотского моря с 1882 по 2019 г. составляет 1,3 % за десять лет, а размах межгодовых колебаний достигает более 50 %. При этом ледовый сезон 2015 г. являлся самым малоледовитым (средняя ледовитость за сезон – 26,5 %) за всю историю инструментальных наблюдений с 1929 г. Тенденция сокращения площади ледяного покрова за период с 1979 по 2016 г. составляет 4,7 % за десять лет.

На интегральной кривой (рис. 3) отчетливо выделяются периоды накопления положительных (с 1882 по 1901 г. и с 1923 по 1979 г.), резкого повышения (с 1902 по 1922 г.) и понижения (с 1980 по 2019 г.) значений аномалий ледовитости, которые совпадают с выделенными ранее долгопериодными колебаниями. Для периодов относительно стабильного состояния ледяного покрова характерно чередование трех-четырёхлетних периодов повышения и понижения значений аномалий ледовитости с абсолютными значениями до 10 %. При резких изменениях интегральной кривой наблюдалось двукратное увеличение абсолютных значений аномалий и увеличение периодов их колебаний до пяти-шести лет. На этом фоне выделяются экстремально ледовитые зимы (1909, 1913, 1914 гг.) и экстремально малоледовитые зимы (1996, 2006, 2009, 2014 и 2015 гг.), когда значения аномалии ледовитости превышали 20 %. Следует заметить, что начиная с 1984 г. в межгодовой изменчивости аномалий ледовитости положительные аномалии практически отсутствуют (за исключением ледового сезона 2000/01 гг.) (рис. 3).

Результаты типизации зим по суровости ледовых ус-

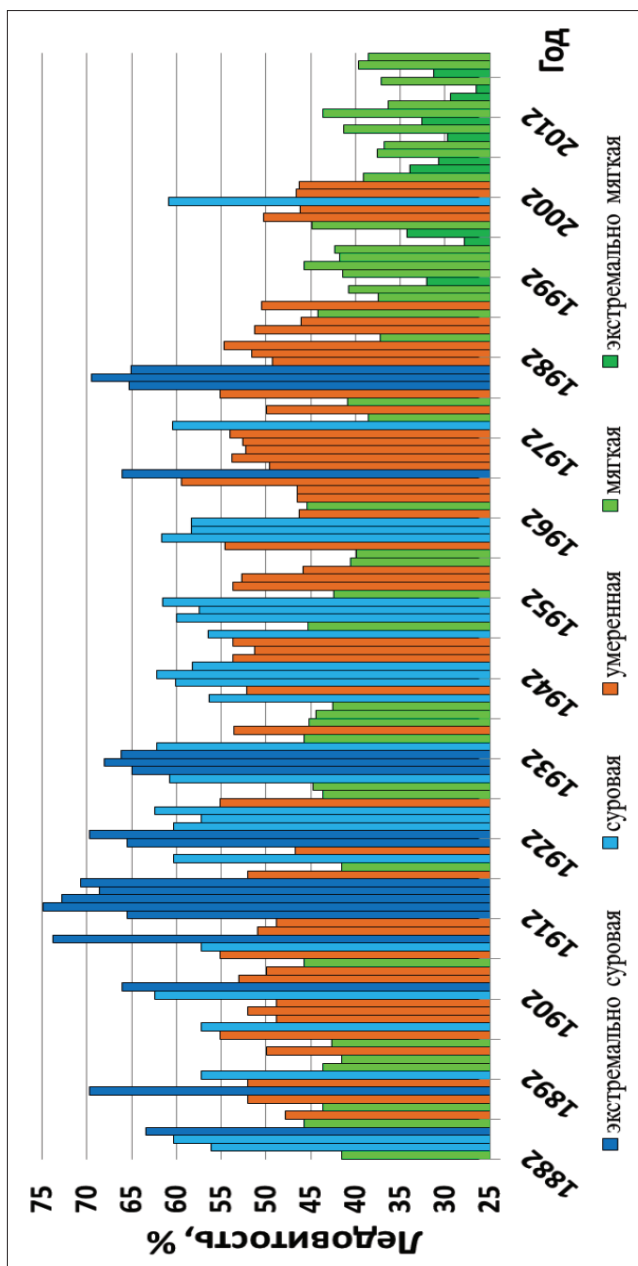


Рис. 4. Повторяемость типов зим по суровости ледовых условий в Охотском море для различных временных периодов

ловий Охотского моря с 1882 по 2019 г. показаны на рисунке 4. За весь исследуемый период типы зим распределились следующим образом: экстремально суровые (ЭС) – 18 %, суровые (С) – 24 %, умеренные (У) – 46 %, мягкие (М) – 37 % и экстремально мягкие (ЭМ) – 9 %. Доля ЭС и С типов зим в сумме составила 42 %, М и ЭМ – 46 %. Максимальная повторяемость С и ЭС зим отмечалась в период резкого повышения ледовитости в 1902–1922 гг. (9 %) и в последующий период повышенной ледовитости 1923–1957 гг. (11 %). Повторяемость М зим в указанные периоды колебалась от 1 до 8 %.

Отмечено, что ЭМ зимы (с ледовитостью менее 34 %) как самостоятельный тип начали выделяться только с ледового сезона 1990/91 гг. В условиях глобальной тенденции увеличения температуры воздуха повторяемость М и ЭМ зим возросла более чем вдвое – до 18 %, а С и ЭС понизилась до 2 %, что свидетельствует о глобальных климатических изменениях, происходящих в атмосфере и гидросфере с конца 1970-х гг.

Таким образом, рассмотрены долгопериодные колебания и тенденции изменения ледовитости Охотского моря за последние 137 лет. Выявлена общая тенденция снижения значений ледовитости Охотского моря за период с 1882 по 2019 г., которая составляет 1,3 % за десять лет, при этом размах колебаний межсезонной площади морского льда может достигать более 50 %.

Литература

1. Крындин, А. Н. Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и положения кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции / А. Н. Крындин // Тр. ГОИН. – 1964. – Вып. 71. – С. 5–81.
2. Плотников, В. В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз / В. В. Плотников. – Владивосток : Дальнаука, 2002. – 172 с.
3. Плотников, В. В. Использование гидрометеорологической (ледовой) информации для обеспечения безопасности мореплавания в холодный период на дальневосточных морях / В. В. Плотников. – Владивосток :

изд-во Дальрыбвтуза, 1998. – 52 с.

4. Якунин, Л. П. Атлас основных параметров ледяного покрова Охотского моря / Л. П. Якунин. – Владивосток : ДВФУ, 2012. – 118 с.

5. Минервин, И. Г. Основные принципы работы программного комплекса «ЛЕД» / И. Г. Минервин, В. М. Пищальник, А. О. Бобков и [др.] // Физика геосфер: Девятый Всероссийский симпозиум, 31 августа–4 сентября 2015 г., г. Владивосток, Россия: мат. докладов / Учреждение Российской академии наук. Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН. – Владивосток : Дальнаука, 2015. – С. 556–561.

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

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

8. WMO Sea-Ice Nomenclature. – Geneva, 1970. – P. 1.

Дорофеева Дарья Васильевна,
аспирантка ФГАОУВО
«Дальневосточный федеральный университет»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
dariadorofeyeva26@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛЕДОВИТОСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 137 ЛЕТ

В условиях снижения легкодоступных запасов углеводородов на суше одной из главных задач восполнения топливно-энергетических ресурсов является освоение недр континентального шельфа. Комплексный анализ геолого-геофизических данных Татарского пролива, изложенный в работах [1, 2, 3], позволил выявить на его акватории перспективные участки залежей углеводородного сырья. Татарский пролив принадлежит к категории замерзающих акваторий, то есть имеющих сезонный ледяной покров, который, в свою очередь, накладывает серьезные ограничения на безопасность выполнения морских операций. В этой связи изучение его ледового режима приобретает особую актуальность.

Специфические физико-географические условия пролива формируют характерные особенности ледообразования, трансформации и разрушения ледяного покрова. Преобладающие над акваторией пролива ветра северных румбов в зимний период и макрорельеф берегов создают эффект аэродинамической трубы, способствующий непрерывному интенсивному процессу ледообразования в северной части пролива и одновременно обуславливает генеральный дрейф массива льда в южном и юго-западном направлениях.

В исследуемый период межгодовых вариаций ледовитости Татарского пролива установлены значимые тренды с положительной (1920–1944, 1969–1985 и 1994–2001 гг.) и отрицательной (1913–1920, 1944–1969, 1985–1994 и 2001–2009 гг.) динамикой изменчивости, продолжительность которых варьирует от 7 до 25 лет [4]. Концы трендов данного ряда не могут быть корректно определены.

При этом наклон общего линейного тренда ледовито-

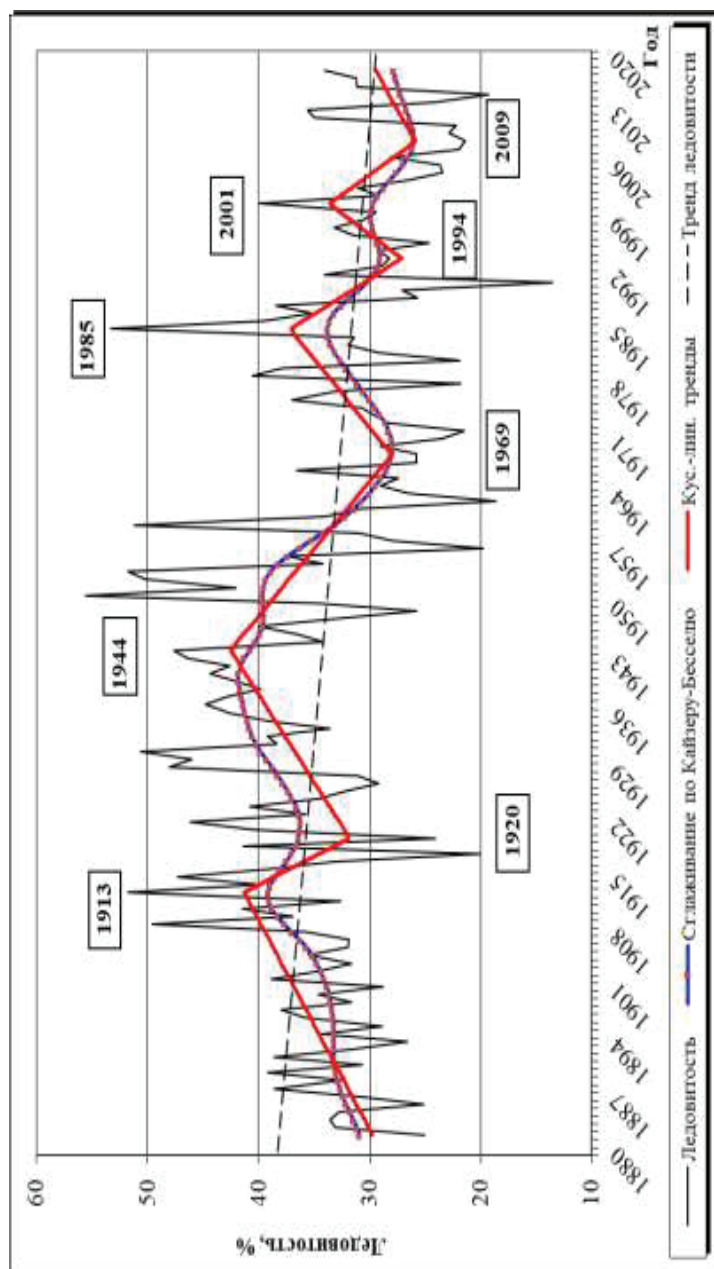


Рис. 1. Многолетние вариации ледовитости в Татарском проливе с 1882 по 2019 г.

сти за 137 лет составил 8,8 % (рис. 1). Проявление общей тенденции понижения ледовитости в Татарском проливе началось с 1985 г., размах колебаний составил 42,1 %.

Максимальное значение средней за сезон ледовитости наблюдалось в 1951 г., а минимальное – в 1991 г. и составило соответственно 55,6 и 13,5 %. Скорость уменьшения сезонной ледовитости в течение всего исследуемого периода составляла 0,7 % за десять лет.

Изменения многолетнего хода аномалий ледовито-

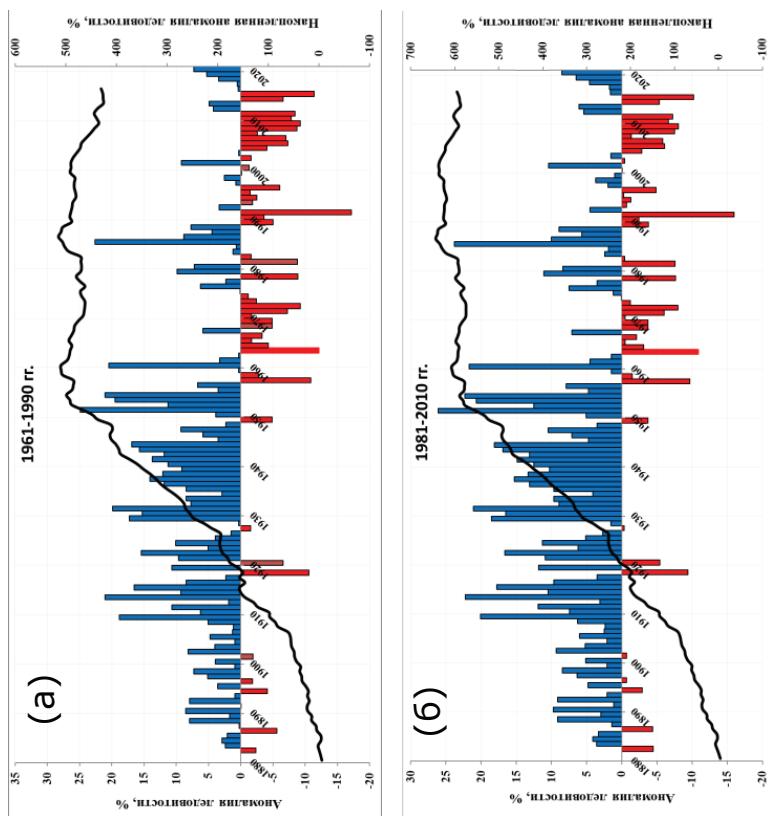


Рис. 2. Интегральные кривые аномалий ледовитости в Татарском проливе, рассчитанные по основной (1961–1990 гг.) и оперативной (1981–2010 гг.) климатическим нормам

сти наглядно представлены на интегральных кривых, которые рассчитывались путем последовательного алгебраического сложения значений аномалий ледовитости (рис. 2) [5].

На рисунках 2 а и 2 б приведены интегральные кривые, вычисленные для Татарского пролива относительно разных климатических норм: стандартной – период 1961–1990 гг. и оперативной – 1981–2010 гг. На кривых отчетливо выделяются два этапа: начиная с 1910 г. наблюдается рост с постоянным коэффициентом отношения накопленной аномалии ледовитости к временному интервалу, который достигает максимальных значений к началу 1960-х годов и далее переходит в квазиизостадийный процесс. Установлено, что какая-либо зависимость хода интегральной кривой от выбранной для расчета нормы отсутствует. В годовом ходе максимум ледовитости отмечается в феврале (48 %). В декабре ее среднемесячные значения достигают 16 %, в январе – 42 %, в марте – 36 %, а в апреле, на стадии окончательного разрушения массива льда, – 5 %.

Средняя продолжительность ледового сезона в Татарском проливе составляет 147 сут., что на 43 сут. меньше величины, установленной по средним многолетним данным с 1950 по 1992 г. [6].

Результаты типизации зим по аномалиям сезонных

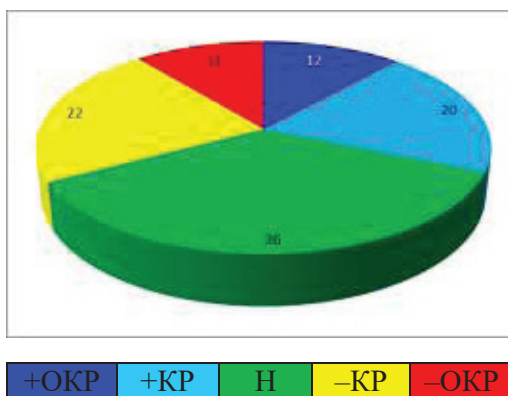


Рис. 3. Повторяемость среднегодовых аномалий ледовитости в Татарском проливе с 1882 по 2019 г.

значений ледовитости, вычисленных на основе оперативной климатической нормы 1981–2010 гг., представлены на диаграмме (рис. 3).

За весь исследуемый период аномалии ледовитости в Татарском проливе распределены следующим образом: очень крупная положительная аномалия (+ОКР) – 12 %, крупная положительная аномалия (+КР) – 20, около нормы (Н) – 36, отрицательная крупная аномалия (–КР) – 22 и отрицательная очень крупная аномалия (–ОКР) – 11 %, что соответствует нормальному распределению.

Таким образом, современный период потепления в Татарском проливе по сравнению с Охотским морем начался на пять лет позднее.

Литература

1. Нечаюк, А. Е. Структуры и нефтегазоносность бассейнов Татарского пролива / А. Е. Нечаюк, А. И. Обжиров // Вестник КРАУНЦ. – Серия: Науки о Земле, 2010. – Вып. 16. – № 2. – С. 27–34.

2. Жемчугова, Т. А. Перспективы нефтегазоносности осадочного чехла центральной части Татарского пролива по результатам бассейнового моделирования / Т. А. Жемчугова // Научно-технический вестник ПАО «НК «Роснефть», 2012. – Вып. 28. – С. 16–19.

3. Ломтев, В. Л. К строению и газоносности западного борта Северо-Татарского трога (Японское море) / В. Л. Ломтев // Современное состояние наук о Земле. Мат-лы межд. конф. памяти В. Е. Хаина. – М. : изд-во геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, 2011. – С. 1162–1165.

4. Пищальник, В. М. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. / В. М. Пищальник, В. А. Романюк, И. Г. Минервин [и др.] // Изв. ТИНРО, 2016. – Т. 185. – С. 228–239.

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

6. Якунин, Л. П. Ледовые условия / Л. П. Якунин, В. В. Плотников, А. Г. Петров // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. – Т. VIII: Японское море. – Вып. 1: Гидрометеорологические условия. – СПб. : Гидрометеиздат, 2003. – С. 347–394.

Никулина Ирина Владимировна,
научный сотрудник научно-исследовательской
лаборатории дистанционного зондирования Земли
(ЮСНИС) СахГУ и РАН,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
irinkaeremenko@yandex.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ВДОЛЬБЕРЕГОВЫХ ПОЛЫНЕЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Одной из отличительных особенностей ледового режима Охотского моря является формирование обширных вдольбереговых полыней. По данным японских исследователей, наивысшая ледовая продуктивность характерна для охотской северо-западной и северной полыньи (терминология авторов статьи), которые могут генерировать до 65 % льда для всего Охотского моря и 21 % для морских акваторий Северного полушария. На полыню, расположенную вдоль северо-восточного побережья Сахалина (Сахалинская полынья) приходится около 7 % ледообразования Охотского моря (рис. 1) [1]. Она имеет важное практическое значение при добыче нефти и газа в шельфовой зоне. Знание закономерностей и особенностей ее развития крайне необходимо для более эффективной организации работы флота, а также может существенно повысить скорость реагирования при аварийных разливах нефти в ледовых условиях.

Основными факторами образования полыньи на северо-восточном шельфе являются активность зимнего муссона и атмосферная циркуляция. Повторяемость формирования полыньи, ее динамики в отдельные периоды ледового сезона достигает 80 %. Ширина варьирует от 30–40 до 80–90 миль. В исключительных случаях полынья может простираться от мыса Елизаветы до мыса Терпения. При прохождении циклонов под воздействием ветров восточных румбов возможно частичное или полное кратковременное ее закрытие на любой фазе развития ледяного покрова [2].

Образование льда в полынье происходит интенсивно и непрерывно с ноября по апрель, а любые раз-

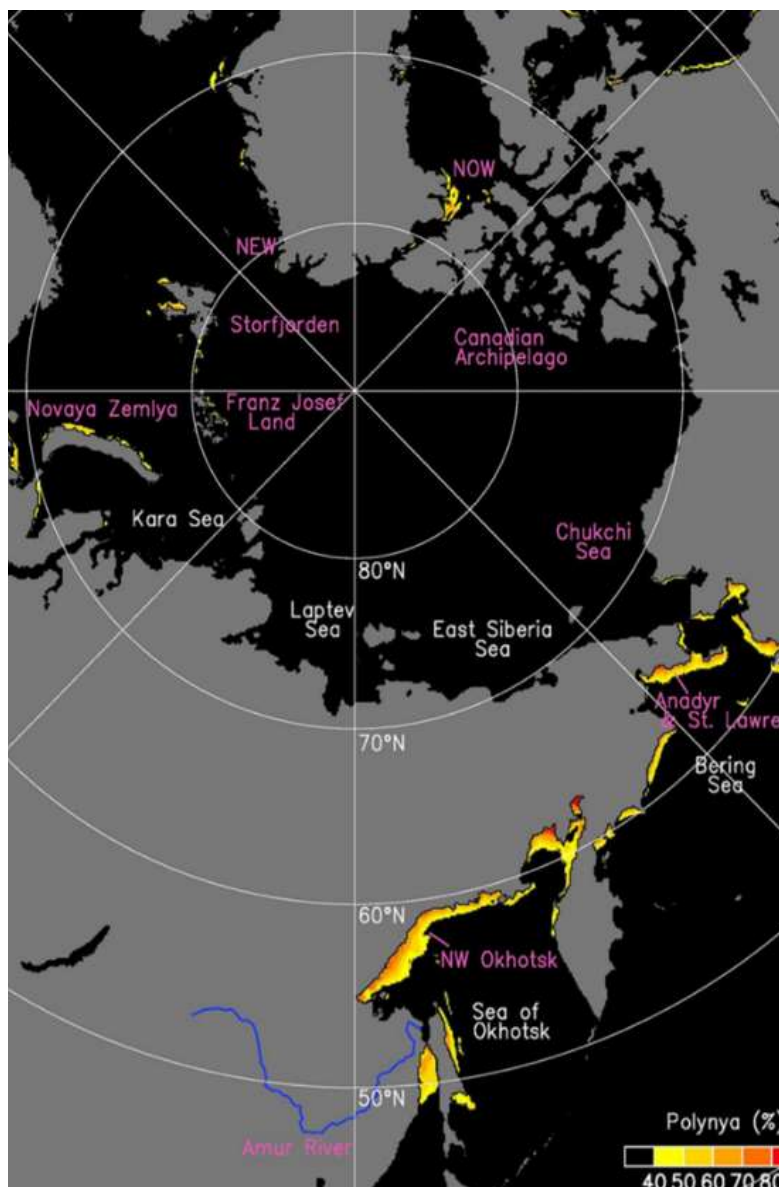


Рис. 1. Карта прибрежных полыней в Северном полушарии [1]

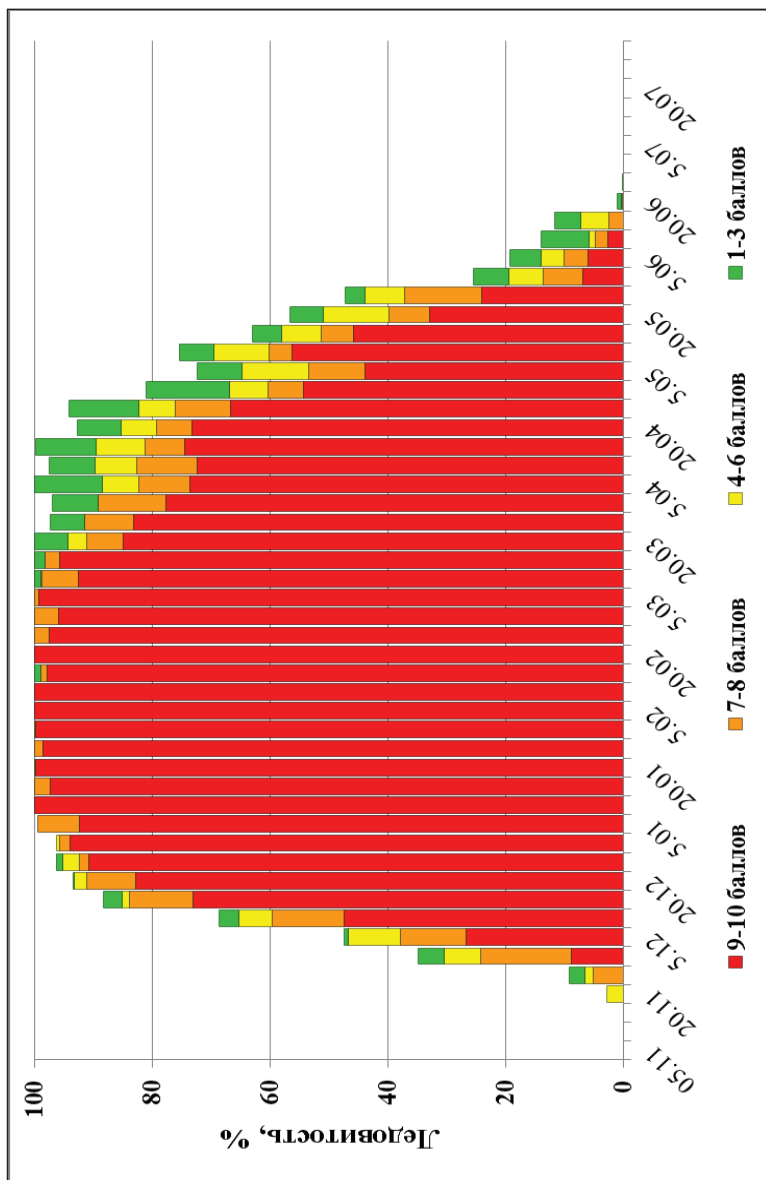


Рис. 2. Внутрисезонная сплоченность ЛП за период 1998-2019 гг. на акватории Сахалинской полинии

ряжения в ледяном покрове (ЛП) быстро заполняются начальными видами льдов, которые по результатам визуальных и спутниковых наблюдений фиксируются как лед. Это отчетливо видно на диаграмме на рисунке 2 – на стадии образования и максимального развития ЛП явно преобладают очень сплоченные льды. Средняя за сезон повторяемость очень сплоченного льда составляет 85 % (9–10 баллов), сплоченного (7–8 баллов) – 7 %, разреженного (4–6 баллов) – 4 % и редкого льда (1–3 балла) – 4 % [3].

По характерному сочетанию ледовых условий северо-восточного шельфа о. Сахалин выделено четыре фазы развития ледяного покрова (ЛП) (в таблице 1 отмечены средние даты наступления характерных фаз развития ЛП в зоне Сахалинской полыньи) [3]. В случае возникновения аварийного разлива нефти и возможности ее сбора важное значение имеют зоны поверхностей открытой воды (ПОВ) – естественные и искусственно созданные.

Фаза I – начало ледообразования, становление ледяного покрова, представленного начальными видами льда (ледяные иглы, ледяное сало, снежура и шуга), образование вдольбереговой полыньи. Сплоченность льда – 4–6 баллов, поэтому возможно формирование естественных поверхностей открытой воды (рис. 3 а).

Фаза II – полынья заполнена льдами толщиной 3–10 см. Возможно искусственное образование зон ПОВ с учетом приливов/отливов, направления и скорости ветра, течения. Преобладающая сплоченность льда – 10 баллов, но сжатий, как правило, не происходит. Под воздействием ветров восточных румбов в течение нескольких часов полынья может быть полностью закрыта. Молодые льды в полынье будут разрушены и прижаты к берегу в виде ледяной каши, а на их место переместятся очень сплоченные молодые или однолетние льды. После смены направления ветров ниласовые льды восстанавливаются во вновь формирующейся полынье за несколько часов (рис. 3 б).

Фаза III – заполнение полыньи очень сплоченными и сплошными однолетними льдами (толщина – 30–70 см) после смены направления муссона, вследствие чего массив льда оказывается прижатым к берегу. Это самый сложный период для работы флота, обслужи-

вающего нефтегазодобывающие платформы, и для реагирования на разливы нефти, поскольку естественные ПОВ практически отсутствуют, а их искусственное создание практически невозможно из-за постоянного сжатия льда (рис. 3 в).

Фаза IV – разрушение ледяного покрова, закрытие полыньи битым льдом и ледяной кашей в виде полос очень сплоченного труднопроходимого льда (рис. 3 г).

Таблица 1

Средние даты наступления характерных фаз развития ЛП на акватории Сахалинской полыньи за 1998–2018 гг.

Фаза I – становление ЛП	Фаза II – полынья	Фаза III – однолетние льды	Фаза IV – разрушение ЛП	Дата полного очищения ото льда
Средняя дата				
28 ноября	31 декабря	5 марта	30 апреля	9 июня
Сплоченность, 1/10				
5–8	9–10	9–10	4–6	—
Толщина ЛП, см				
2–12	4–14	30–90	30–90	—

Выводы:

1. Полынья является важной зоной продуцирования льда во всей акватории Охотского моря. Охотская северо-западная полынья имеет наивысшую ледовую продуктивность в Северном полушарии и составляет 21 и 65 % для всей акватории Охотского моря.

2. По характерному сочетанию ледовых условий выделено четыре фазы развития ЛП на северо-восточном шельфе Сахалина: образование полыньи, ее развитие, заполнение очень сплоченными и сплошными однолетними льдами, закрытие полыньи битым льдом и ледяной кашей.

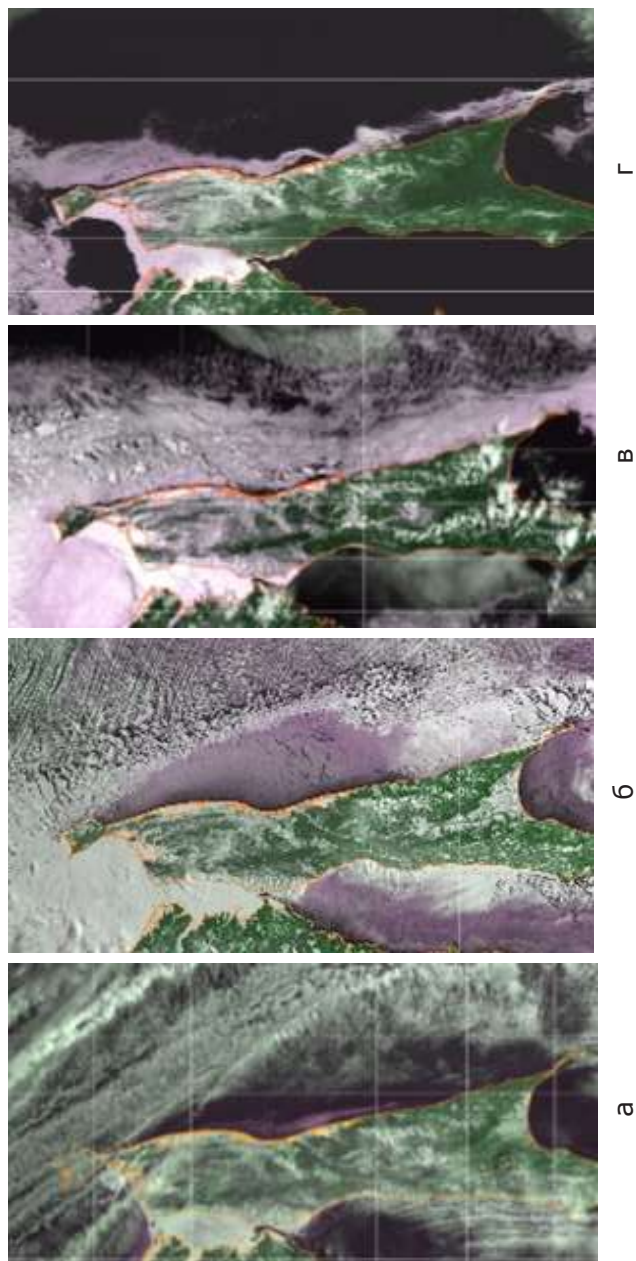


Рис. 3. Развитие ледяного покрова в полынье (ледовый сезон 2018/2019 гг.):
а – фаза I, 10 декабря; б – фаза II, 9 февраля; в – фаза III, 11 апреля;
г – фаза IV, 26 апреля

3. Учет особенностей образования полыньи в исследуемой зоне важен при разработке планов ликвидации аварийных разливов нефти в ледовый период.

Литература

1. Ohshima, K. I., Nihashi, S., Iwamoto, K. Global view of sea-ice production in polynyas and its linkage to dense/bottom water formation. *Geosci. Lett.*, 3(13), 2016. (doi: 10.1186/s40562-016-0045-4).

2. Pishchalnik, V. M. Development Of Ice Polynya Near To The North East Coast Of Sakhalin Island/ V. M. Pishchalnik, V. A. Melkiy, S.A. Pokrashenko, A. A. Galtsev // *Proceedings of the 21st International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. 19–24 February 2006, Mombetsu, Hokkaido, Japan.* – P. 223–224.

3. Pishchal'nik, V. M., Truskov, P. A., Solomatin S.V. et al. Analysis of the condition in the formation of open water spaces behind offshore platforms for the elimination of oil spills // *Океанологические исследования*, 2019. – Т. 47. – № 4. – С. 88–105.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ
О СОСТОЯНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ,
РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ
В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
ЛАБОРАТОРИИ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
(ЮСНИС) САХГУ И РАН**

Никулина Ирина Владимировна,
научный сотрудник
научно-исследовательской лаборатории
дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС)
СахГУ и РАН,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
irinkaeremenko@yandex.ru;

Никонова Елизавета Викторовна,
ведущий ГИС-картограф
ООО «Экологическая компания Сахалина»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
rta_nikonova@bk.ru

**ОРГАНИЗАЦИЯ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
И АНАЛИЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

Сбор, обработка и анализ гидрометеорологических данных в Сахалинском государственном университете (СахГУ) проводится на протяжении десяти лет на базе Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли (далее – НИЛ ДЗЗ). Архив лаборатории 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 обеспечения удобства хранения данных, возможности их быстрого поиска по всем необходимым запросам, сокращения избыточности или дублирования данных, исключения возможности их потери была организована тематическая база данных (БД) лаборатории – БАЗА ДАННЫХ НИЛ ДЗЗ. БД включает в себя набор данных, систематизированных по разделам, и представляет иерархическую структуру сетевого пользования [1].

С 2014 года в НИЛ ДЗЗ ведется оперативный прием спутниковых снимков для мониторинга ледовой обстановки Охотского и Японского морей, технической основой которого является аппаратно-антенный комплекс, произведенный в США компанией "Orbital Systems". Хранение данных спутниковых снимков организовано в RAID-массиве (42 ТБ), подключенном к DBPS-серверу обработки данных, которые сохраняются ежедневно после приема-обработки в форматах JPG и GeoTiff. Для оперативной работы с данными доступ к директории с архивом для других компьютеров лаборатории организован в виде сетевого диска.

Гидрометеорологическая информация и снимки, поступающие из интернет-источников, в автоматическом режиме обрабатываются сервером DBPS с помощью скриптов загрузки и сохраняются на данном сетевом диске. Для удобства пользования данными производится их систематизация по тематике, дате, формату.

Таким образом, БД НИЛ ДЗЗ состоит из пяти взаимосвязанных разделов.

1. *«Гидрометеорологические данные»*. Включает в себя:

1. Архивные данные наблюдений за температурой воздуха на гидрометеорологических станциях (ГМС) (всего 24 станции)¹. Первые регулярные инструментальные наблюдения за температурой воздуха на по-

¹ <https://rp5.ru>

бережье дальневосточных морей были начаты на ГМС Николаевска-на-Амуре, Охотска и Александровска-Сахалинского в 1881–1882 гг.

2. Черно-белые (с 2001 по 2019 г.) и цветные (с 2015 по 2019 г.) ежедневные карты приземного анализа, представляемые в открытом доступе Японским² и Корейским³ метеорологическими агентствами.

3. Суточная температура поверхности воды в фиксированных точках дальневосточных морей с 2018 по 2020 г.⁴.

4. Выборки из архива реанализа гидрометеорологических данных ERA Interim (ветер, осадки, температура льда и поверхности моря, давление, сплоченность ледяного покрова).

II. «Спутниковые снимки». Хранятся ежедневные и эпизодические снимки со спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, Fengyun 3B, NOAA 18/19, MetOp-A/B (в форматах GeoTIF, TIF и JPG), а также архивные снимки (со спутника Terra), находящиеся в открытом доступе на сайте космического агентства NASA⁵.

III. «Ледовые карты».

1. Коллекция архивных (с 1971 по 2018 г.) и оперативных (с 2007 по 2019 г.) цветокодированных карт-схем ледяного покрова Охотского и Японского морей, выполненных на основе данных пассивного микроволнового излучения с периодичностью съемки один раз в пентаду. Размещаются в свободном доступе на сайте Японского метеорологического агентства⁶.

2. Черно-белые и цветные карты ледяного покрова в заливе Анива, Охотском и Японском морях в целом (с 2004 по 2019 г.), отражающие сплоченность морского льда, получаемые с помощью микроволнового сканирующего радиометра AMSR-2⁷.

3. Оперативные карты-схемы сплоченности льда

² http://www.imocwx.com/wxfax/asas_00.htm

³ <http://web.kma.go.kr/eng/weather/>

⁴ <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro.html>

⁵ <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

⁶ <http://www.data.jma.go.jp>

⁷ <https://sharaku.eorc.jaxa.jp>

южной части Охотского моря за период наблюдений с 1988 по 2019 г.⁸.

4. Ежедневные данные о состоянии ледяного покрова Охотского и Японского морей по данным мультиспектральной системы картирования (MASIE), полученные на основе совместного использования пассивного микроволнового и видимого диапазонов за период наблюдений с 2012 по 2019 г.⁹.

IV. «Литература».

1. Научные публикации: опубликованные труды сотрудников лаборатории и других исследований. Включает в себя ранжированные по годам издания следующие разделы: исследования морского льда; циркуляции атмосферы; гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические особенности дальневосточных морей; анализ данных, составление прогнозов.

2. Презентации по тематикам исследований лаборатории.

3. Инструкции по работе с программным обеспечением (ПО) и программными продуктами, применяемыми в лаборатории.

V. «Программное обеспечение».

1. Лицензионное ПО, представленное следующими программными продуктами: ScanEx Image Processor; Scanex Task Flow; ScanMagic; ArcGIS Desktop 10.2, Corel Draw 16.

2. ПО, разработанное сотрудниками лаборатории:

а) программный комплекс «ЛЕД», предназначенный для изучения ледового режима Охотского и Японского морей по данным ДЗЗ и расчета характеристик ледяного покрова [2];

б) макросы, позволяющие в автоматическом режиме обрабатывать получаемые данные: метеорологические (расчет суммы градусодней мороза и тепла, аномалий температуры, определение даты перехода температуры воздуха через 0 °С); ледовые (определение типов зим, суммарной площади льда);

⁸ <http://www.data.jma.go.jp>

⁹ <https://nsidc.org/data/masie>

в) скрипты для автоматической загрузки карт и схем с интернет-ресурсов и размещения их в архиве лаборатории.

Сформированный архив данных позволяет выполнить разработку интерактивного программного комплекса базы данных и вспомогательных усилий для ведения статистической обработки и анализа цифровых архивов ледовой и синоптической информации.

Для повышения удобства работы пользователя с данными и внедрения цифровых ГИС-технологий в рабочий процесс было принято решение применить веб-картографическую интеграционную платформу Scanex Web-GIS GeoMixer, которая позволяет создавать и внедрять ГИС во внутренние системы и базы данных лаборатории [3].

Литература

1. Отчет о НИР. Исследование особенностей ледового режима Охотского и Японского морей с применением ГИС-технологий (заключительный, 2019 г.) / рук. работы д-р техн. наук В. М. Пищальник // Номер государственного учета НИОКТР ААА-Б17-117042810046-6, 28.04.2017. Номер государственного учета отчета: ААА-Б19-219013190008-4, 31.01.2019.

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

3. Официальный сайт Scanex. – Режим доступа: www.scanex.ru

Никулина Ирина Владимировна,
научный сотрудник научно-исследовательской
лаборатории дистанционного зондирования Земли
(ЮСНИС) СахГУ и РАН,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
irinkaeremenko@yandex.ru;

Никонова Елизавета Викторовна,
ведущий ГИС-картограф
ООО «Экологическая компания Сахалина»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
rta_nikonova@bk.ru

СОЗДАНИЕ ГЕОПОРТАЛА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Значительная часть исследовательских работ, проводимых в научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) СахГУ и РАН (далее – НИЛ ДЗЗ), представляет собой исследования и разработки в области изучения ледовых процессов в Охотском и Японском морях. В лаборатории накоплена обширная база пространственной информации, которая ежедневно пополняется космическими снимками, принимаемыми с помощью программно-антенного комплекса Orbital Systems и гидрометеорологическими данными, получаемыми из сети Интернет.

Сформированный архив данных позволяет выполнить разработку интерактивного программного комплекса базы данных (БД) и вспомогательных усилий для ведения статистической обработки и анализа цифровых архивов ледовой и синоптической информации. Для организации и систематизации данных, возможности комплексного анализа и удобства пользования возможно создание базы данных на основе веб-геоинформационной платформы (геоплатформа) [1].

В настоящее время существуют различные ГИС-приложения, на основе которых возможно формирование БД и геоплатформ. Очень важно понимать, какие веб-ГИС-приложения будут актуальны в данной сфере деятельности. На сегодняшний день существуют такие программные продукты, как: Global Mapper,

QGIS (открытое пользование), ArcGIS, MapInfo, ENVI, и другое программное обеспечение (ПО), позволяющие работать с пространственными данными (векторными, растровыми, веб-данными, в том числе табличными и тестовыми). Эти программы имеют большой спектр возможностей, но все они разбиты по многочисленным ПО, что затрудняет комплексную работу с цифровыми и картографическими материалами.

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 (далее – GeoMixer) [2]. Использование данной платформы дает возможность проводить обработку и интеграцию информации в научно-исследовательских работах с вовлечением геоданных. Представленные выше ПО могут быть использованы для подготовки данных и экспорта в GeoMixer как промежуточные программы.

Для организации БД выбрана система управления базами данных (СУБД) Postgre SQL 9.6.11, совместимая с GeoMixer. PostgreSQL – свободная объектно-реляционная система управления базами данных, базирующаяся на языке SQL и поддерживающая многие возможности стандарта SQL [3].

GeoMixer и PostgreSQL установлены на отдельную рабочую ЭВМ лаборатории, подходящую по характеристикам под системные требования данного ПО. GeoMixer представляет собой web-интерфейс в виде сайта, доступного в пределах локальной сети НИЛ ДЗЗ, дает возможность одновременной работы с информацией из БД. Разграничение прав операторов обеспечивается наличием системы многопользовательского доступа к проекту.

Обслуживание GeoMixer осуществляется благодаря приложению – IIS (Internet Information Service), через которое присваивается IP-адрес сайту, где будет развернута тематическая карта ледовой обстановки, при этом формируя индивидуальный host.

Самый трудоемкий и объемный этап создания тематической карты в GeoMixer – сбор и систематизация исходных данных и их регулярное пополнение: создание архива данных, их цифровизация, которая подразуме-

вает визуализацию табличных, текстовых и растровых файлов, подготовку спутниковых снимков к процессу тайлинга.

Приступая к наполнению или обновлению GeoMixer, происходит прямое обращение к серверу (API), на котором формируется программная библиотека для интеграции геоданных из GeoMixer в клиентскую карту (рис. 1) [4].

Сервер GeoMixer дает возможность управлять отображением объектов на карте, загрузкой отдельных слоев и целых проектов из базы данных. Визуализация пространственных, атрибутивных данных и поиск объектов по пространственным и атрибутивным запросам позволяют связать с каждым спутниковым снимком соответствующие определенному 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.).

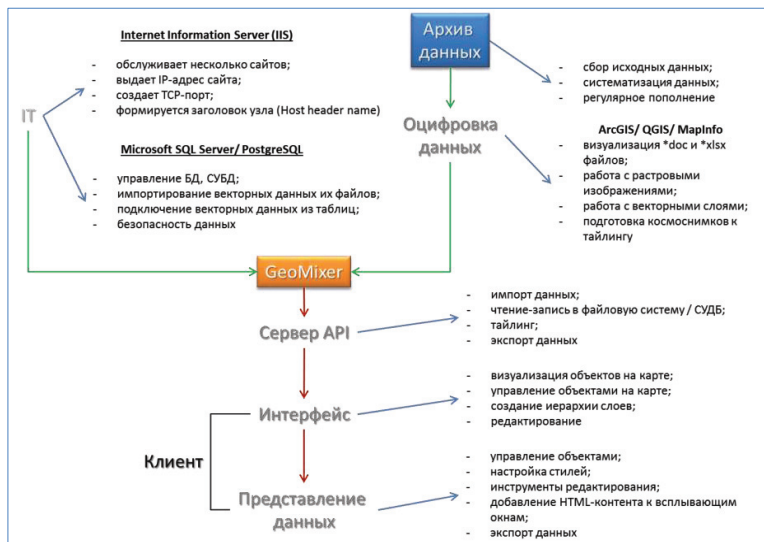


Рис. 1. Структура системы БД и интеграция данных в GeoMixer

Внедрение цифровой информационной системы позволяет производить предметные выборки значений интересующих параметров, что важно при решении научных и практических задач.

Пример визуализации данных о местоположении кромок льда представлен на рисунке 2. Дерево слоев позволяет управлять элементами на карте и создавать сложную иерархическую структуру, которая отличается: по стилю, порядку отображения, типу данных. Кромки льда разделяются по годам, месяцам, дням наблюдений.

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

Таким образом, GeoMixer обладает следующими возможностями: создание векторных слоев, оцифровка данных, редактирование, поисковые запросы в таблице атрибутов; объединение несколько растровых слоев в один (мультислои); редактирование стилей слоев карты; создание легенды через систему фильтров; классификация объектов по атрибутам; кластеризация объектов при просмотре; добавление HTML-контента к всплывающим окнам; настройка прав доступа к карте и отдельным слоям; структурирование слоев при помощи дерева слоев.

Литература

1. Шевин, А. В. Проект типовой методики создания регионального геопортала / А. В. Шевин // Вестник СГУГиТ, 2019. – Т. 24. – № 4. – С. 176–187.
2. Официальный сайт Scanex. – Режим доступа: www.scanex.ru.
3. Официальный сайт PostgreSQL. – Режим доступа: www.postgresql.org.
4. Отчет о НИР. Исследование особенностей ледового режима Охотского и Японского морей с применением ГИС-технологий (заключительный, 2019 г.) / рук. работы д-р техн. наук В. М. Пищальник // Номер государственного учета НИОКТР ААА-Б17-117042810046-6, 28.04.2017. Номер государственного учета отчета: ААА-Б19-219013190008-4, 31.01.2019.

Юлдашев Анвар Исмаилович,
студент Технического нефтегазового института,
бакалавр направления подготовки
«Нефтегазовое дело»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
yuldashev.anvar99@gmail.com

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

На сегодняшний день для получения информации о состоянии ледяного покрова замерзающих морей большое значение имеет спутниковая съемка, важным преимуществом которой является регулярность приема данных в режиме реального времени. В Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН (НИЛ ДЗЗ) прием спутниковых данных осуществляется при помощи аппаратно-антенного комплекса Orbital Systems, состоящего из антенны, приемного сервера и сервера обработки данных. Это ежедневные и эпизодические снимки со спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, Fengyun 3B, NOAA 18/19, MetOp-A/B (в форматах GeoTIF, TIF и JPG) (рис. 1).

Полученные данные загружаются на сервер приема EOS-FES, затем обрабатываются сервером DBVM в автоматическом режиме (первый и второй уровень обработки) или вручную сотрудниками НИЛ ДЗЗ. Разработанная система рассылки спутниковых снимков позволяет отправлять данные в автоматическом режиме на электронные адреса клиентов [1].

Процедура обработки космического снимка включает в себя:

- 1) распаковку получаемого космического снимка с помощью ПО IMAPP, выполняющего также географическую локацию и калибровку данных;

- 2) спектральные преобразования и графическую обработку растрового изображения в ScanEx IMAGE Processor (при этом снимки сохраняются в формате полноразмерных растров) [2];

- 3) конечную обработку, которая производится в



EOS FES
Commander

Next Pass: METOP-B 2019 Nov 29 02:47:30 Done

Sakhalin 

2019 Nov 29 02:47:28 UTC

Status

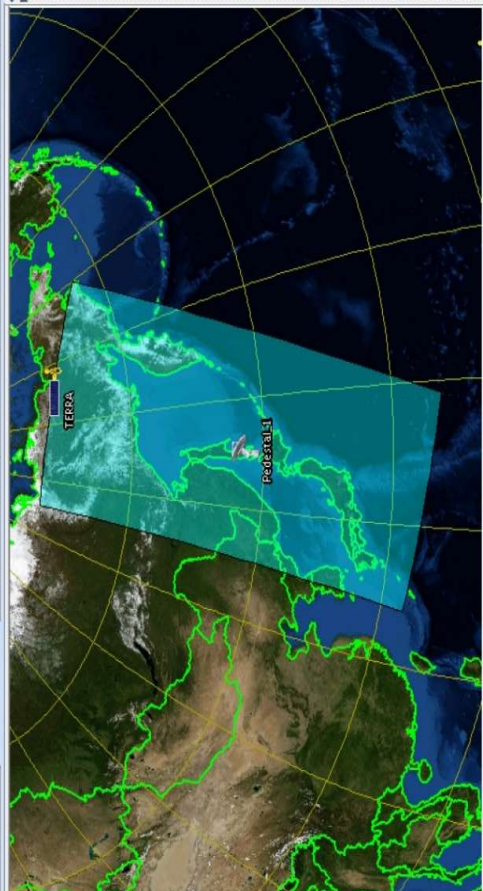
Schedule

Processing

Logs

Configuration

Links



Time Model

☐ Real-Time

☒ Manual

2019-11-29 01:23:40

☐ Lock to Real-Time Mode

Satellite: TERRA

Az: 14.30 El: 3.11 Range: 2796.98

Lat: 68.78 Lon: 158.28 Alt: 713.74

Config Data

Satellites

Selected	Priority	Active
1 TERRA		☒
2 AQUA		☒
2 NPP		☒
3 FENGYUN 3B		☒
3 FENGYUN 3C		☒
4 NOAA 18		☒
4 NOAA 19		☒
4 METOP-B		☒
5 METOP-A		☒

TLE Age: 2019:11:29

Passes

Re-schedule
2019-11-28 23:47:35 7m TERRA
2019-11-29 01:14:17 15m NOAA
2019-11-29 01:35:40 12m TERRA
2019-11-29 01:35:45 4m NOAA
2019-11-29 01:56:08 15m NOAA
2019-11-29 02:12:48 12m NPP
2019-11-29 02:47:30 12m METOP
2019-11-29 03:02:25 6m TERRA
2019-11-29 03:05:53 6m NOAA
2019-11-29 03:11:15 8m AQUA
2019-11-29 03:52:33 12m NPP
2019-11-29 04:12:30 10m FENGYUN
2019-11-29 04:47:04 9m AQUA
2019-11-29 05:50:12 6m NOAA
2019-11-29 05:51:02 13m FENGYUN
2019-11-29 06:25:55 13m NOAA

Рис. 1. Рабочее окно Orbital System, отображающее расписание и зону пролета спутников

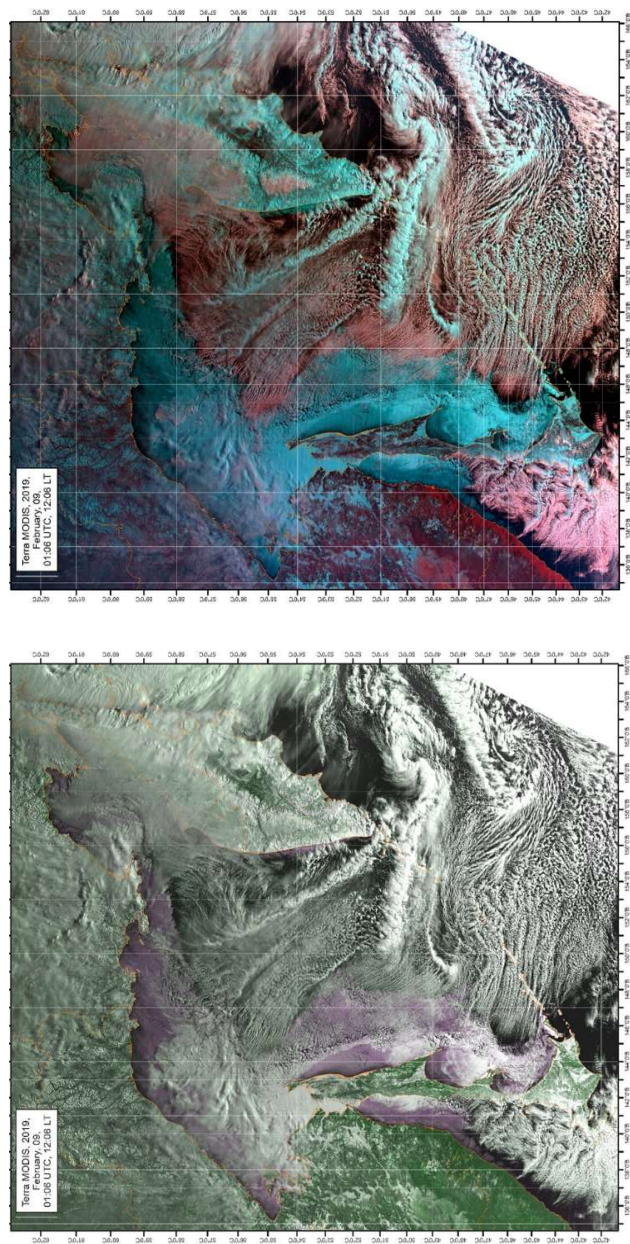


Рис. 2. Обработанный космический снимок, синтезированный в разных спектральных каналах: а – для дешифрирования ледяного покрова;
б – для мониторинга вулканической активности

приложении ArcMap программного комплекса ArcGIS: наложение штампа с датой и временем приема снимка, название спутника, с которого он был получен, наложение координатной сетки (рис. 2).

- Координаты наблюдений в:
- I. Северо-Западном регионе Охотского моря:
 - 58°30' с. ш. 144°00' в. д.;
 - 55°30' с. ш. 144°00' в. д.;
 - 51°45' с. ш. 144°00' в. д.
 - II. Северо-Восточном:
 - 58°30' с. ш. 153°00' в. д.;
 - 55°30' с. ш. 153°00' в. д.;
 - 51°45' с. ш. 153°00' в. д.
 - III. Южном:
 - 48°00' с.ш. 144°00' в. д.;
 - 45°00' с.ш. 144°00' в. д.
 - IV. Татарском проливе:
 - 51°00' с. ш. 141°00' в. д.;
 - 49°00' с. ш. 141°00' в. д.;
 - 46°30' с. ш. 141°00' в. д.

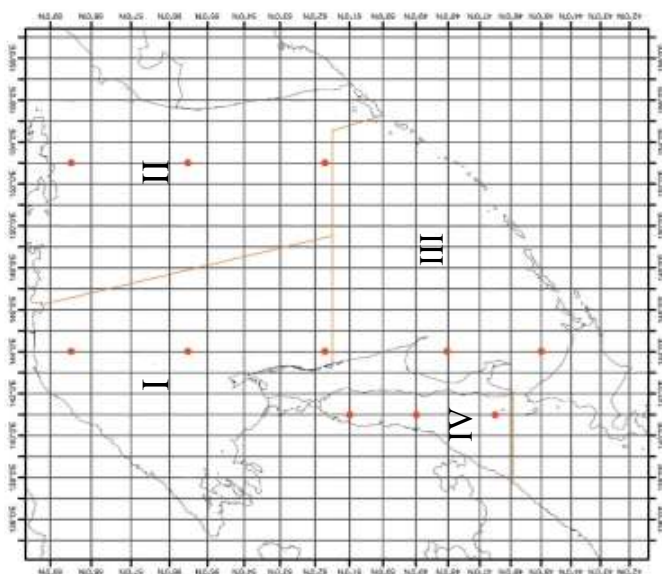


Рис. 3. Схема расположения точек для выборки гидрометеорологических параметров из архива ERA Interim

Для получения дополнительных (ежедневных и пентадных) гидрометеорологических данных используется архив реанализа ERA Interim [3]. Выборка и обработка данных состоит из нескольких этапов:

1. Определение точек наблюдений в акваториях Охотского моря и Татарского пролива (рис. 3).
2. Выборка гидрометеорологических параметров (скорость ветра, количество выпавших осадков, температура воды и др.) (рис. 4). Данные представлены в формате NetCDF.
3. Для преобразования и визуализации данных используется ПО Ocean Data View 4, который позволяет экспортировать данные в тестовый формат *.txt, а затем при помощи ПО Surfer – в табличный (.xlsx).
4. Для удобства компоновки и сортировки больших массивов параметров создается база данных в Microsoft Office Access.

Для мониторинга ледовой обстановки и вычисления интересующих характеристик ледяного покрова, необходимых как для проведения оперативных оценок, так и для выполнения научных исследований в среде Borland Delphi 7, в СахГУ был разработан программный комплекс «ЛЕД» (ПК «ЛЕД») [4].

ПК «ЛЕД» позволяет производить полуавтоматическую пакетную обработку карт-схем сплоченности ледяного покрова Охотского и Японского морей (рис. 5), публикуемых Японским метеорологическим агентством (JMA). Карты-схемы JMA размещаются в оперативном режиме с декабря по май два раза в неделю в течение ледового сезона, а также после его завершения в виде коллекций архивных карт-схем с пентадной дискретностью с ноября по июль¹. Результатом обработки являются данные о площади ледяного покрова, представленные в табличном формате (рис. 6).

Для определения географического положения кромок льда разработан дополнительный модуль к программному комплексу «ЛЕД» [5]. В основе алгоритма расчета местоположения кромки лежит цветовое различие пикселей, отображающих чистую воду и ледяной покров различной сплоченности. Это позволяет вычислять коор-

¹ www.jma.go.jp

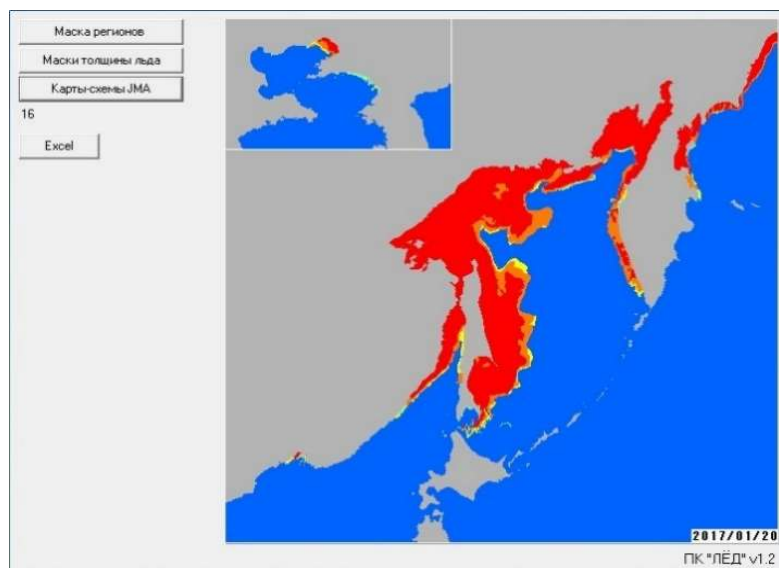


Рис. 5. Обработка цветокодированной карты-схемы ЯМА в ПК «ЛЕД»

	Ледовый сезон 2016-2017 гг.				
	С-З	С-В	Ю	T_1	T_2
20,12	12,4	5,5	11,5	2,6	0,1
25,12	2,0	4,6	6,6	1,4	0,3
31,12	0,7	5,3	6,6	0,7	1,6
5,01	2,4	6,0	6,6	1,2	1,3
10,01		1,0	6,8	0,1	2,2
15,01	4,3	5,1	3,0		
20,01	0,4	4,8	3,6		0,7
25,01		0,5	9,4	1,2	1,2
31,01		5,6	22,2	1,3	0,9
5,02	0,3	1,1	6,4	0,1	0,7
10,02	1,6	30,7	27,7	0,3	0,7
15,02	5,1	8,0	15,3	0,9	2,5

Рис. 6. Пример результатов расчета ледовитости

динаты кромок на ледовых картах-схемах ЖМА. Согласно Номенклатуре ВМО (1970), чистая вода обозначается синим цветом, а морской лед в зависимости от сплоченности: зеленым (1–3 балла), желтым (4–6 баллов), оранжевым (7–8 баллов) и красным (9–10 баллов) [6].

В НИЛ ДЗЗ хранится вековой архив гидрометеорологических данных, который ежедневно пополняется с открытых интернет-источников как в автоматическом режиме, так и сотрудниками. Для обработки данных используется целый комплекс программ, позволяющих проводить их анализ и оценку.

Литература

1. Отчет о НИР. Исследование особенностей ледового режима Охотского и Японского морей с применением ГИС-технологий (заключительный, 2019 г.) / рук. работы д-р техн. наук В. М. Пищальник // Номер государственного учета НИОКТР ААА-Б17-117042810046-6, 28.04.2017. Номер государственного учета отчета: ААА-Б19-219013190008-4, 31.01.2019.

2. Официальный сайт Scanex. – Режим доступа: www.scanex.ru.

3. Архив реанализа Era Interim. – Режим доступа: ecmwf.int.

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

5. Шумилов, И. В. Разработка программного модуля для вычисления кромок ледяного покрова по данным дистанционного зондирования Земли / И. В. Шумилов, И. Г. Минервин, В. М. Пищальник [и др.] // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. – Т. 24. – Ч. 2. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – С. 171–177.

6. WMO Sea-Ice Nomenclature. – Geneva, 1970. – WMO # 259. – TP. 145. – P. 1. – E-3-E-8.

Шумилов Илья Валерьевич,
аспирант СахГУ,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
ilyarolevik1@yandex.ru;

Минервин Игорь Георгиевич,
врио директора СКБ САМИ ДВО РАН,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
igor@minervin.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ПРАВИЛА ВАРИАЦИЙ ЛЕДОВИТОСТИ НА ФАЗЕ НАЧАЛА ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Устойчивое ледообразование в северной части Охотского моря начинается с ноября и происходит при *соблюдении определенных условий*: наличия устойчивой отрицательной температуры воздуха и понижения температуры поверхностного слоя морской воды до значений $-1,6 \div -1,8$ °С. Установившийся зимний муссон (преобладание ветров северо-западного, северо-восточного и северо-восточного направлений) является основной причиной дрейфа ледяного покрова в южном направлении [1, 2].

Основным предиктором в прогнозировании ледовитости является сумма градусодней мороза (СГДМ), которая обеспечивает рост льда по площади и толщине, что хорошо описывается моделью теплового баланса на границах разделов «лед-вода» и «лед-воздух» при постоянном слое снега:

$$\int_1^D (T_w - T_a) dt = \frac{L_i \rho_i}{2k_i} (h_i)^2 + \frac{L_i \rho_i h_s}{k_s} h_i, \quad (1)$$

где D – количество дней, T_w – температура поверхности воды, T_a – температура атмосферы, L_i – скрытая теплота замерзания воды, ρ_i – плотность льда, k_i – теплопроводность льда, k_s – теплопроводность снега, h_i – толщина льда, h_s – толщина снега [3].

Как видно на рисунке 1, ледовитость в разные ледовые сезоны при практически равных коэффициентах

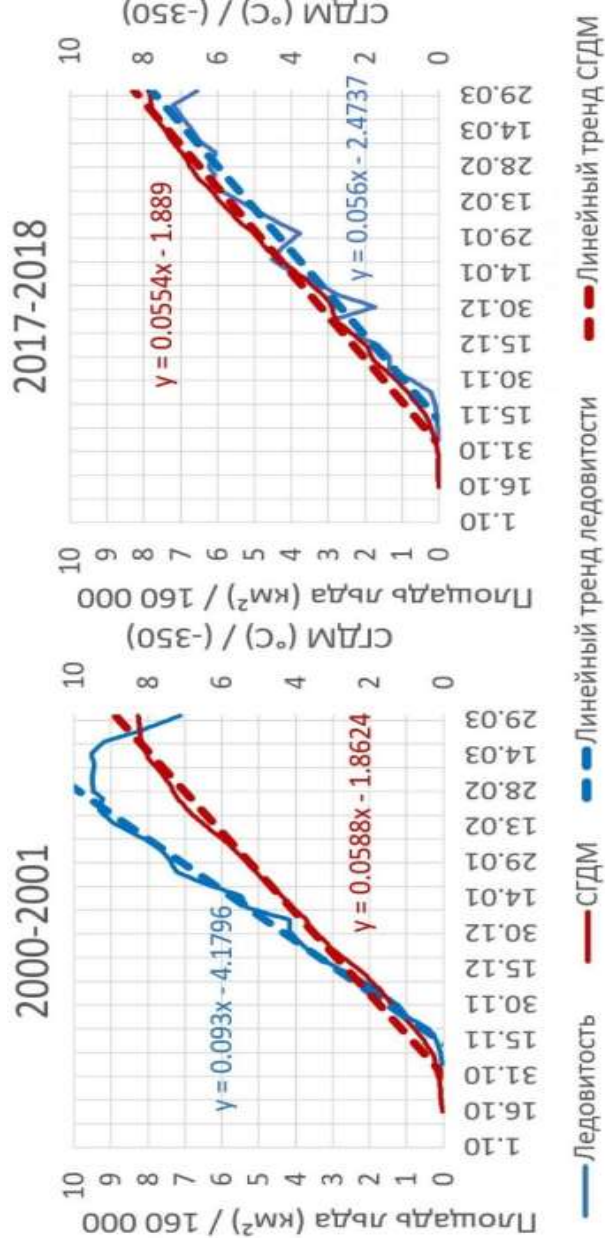


Рис. 1. Графики приведенных ледовитости и СИТМ на фазе развития ледяного покрова, линейные тренды и их уравнения

наклона линейных трендов СГДМ сильно различается, что свидетельствует о недостаточности этого предиктора для построения функциональной зависимости [4].

Кривая сезонного хода ледовитости для умеренного и сурового типа зим подобна форме «колокола», имеет несколько фаз: развитие, насыщение и разрушение (рис. 2) и хорошо описывается гесссианом, умноженным на максимальную площадь льда S_{max} за сезон:

$$S_t = S_{max} * e^{\left(-\frac{(t-b)^2}{2c^2}\right)}, \quad (2)$$

где S_t – ледовитость на произвольную дату t , b – интервал времени сезонного хода ледовитости, c – время наступления максимума ледовитости. Однако основные параметры функции заранее неизвестны.

На фазе развития кривую ледовитости можно описать экспоненциальной функцией (рис. 3):

$$S_t = S_{t_0} e^{\alpha(t-t_0)}, \quad (3)$$

где S_t – ледовитость на произвольную дату t , S_{t_0} – ледовитость на начало сезона, α – степенная функция вида $\alpha = b^{tc}$, коэффициенты b и c с которой подбираются путем вычисления уравнения степенного тренда, аппроксимирующего кривую ледовитости на фазе развития по двум и более имеющимся значениям площади льда на начальные даты ледообразования.

Функция (3) является идеальной моделью, но на практике на фоне общего роста кривой наблюдаются кратковременные занижения ледовитости ΔS с дальнейшим повышением, образуя тонкую структуру в виде S-образности, которая наиболее заметна в мягкие типы зим. Величина ΔS варьируется от 2 до 7 % общей площади Охотского моря (рис. 3).

Причиной появления тонкой структуры является циклоническая деятельность, обуславливающая воздействие на ледяной покров сильных ветров восточных румбов. Следствием такого воздействия являются разрушение, торошение, повышение сплоченности льда, чтократно уменьшает площадь ледяного покрова в

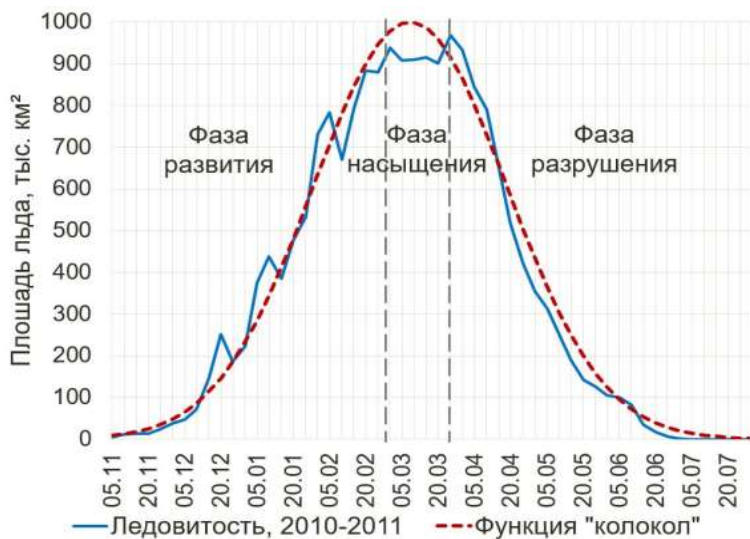


Рис. 2. График сезонного хода ледовитости Охотского моря (2010/11 гг.) и функция «колокол»

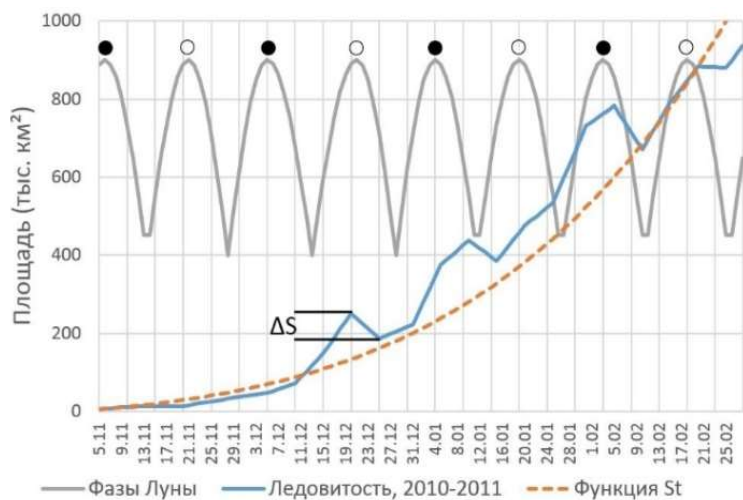


Рис. 3. Кривая фактической ледовитости и функции St сезона 2010/11 гг.

зоне влияния циклона. Изменения направления ветра хорошо согласуются со сменой фаз Луны, обуславливающей формирование барических образований [5].

При разработке прогностического правила это явление необходимо учитывать, так как появление тонкой структуры резко занижает общий ход среднемесячного значения площади льда (при этом повышает сплоченность льда, практически не изменяя его объема). На рисунке 3 приведен пример совпадения дат резкого уменьшения площади ледяного покрова с фазами сизигии (20.12.2010–25.12.2010, 10.01.2011–15.01.2011, 05.02.2011–10.02.2011).

По местоположению тонкой структуры (рис. 3) и общему ходу ледовитости выявлены сезоны-аналоги со схожей динамикой развития ледовых условий, обусловленных влиянием Луны на земную атмосферу. Один из наиболее существенных многолетних периодов имеет длительность 18,61 года и связан с движением узловых точек лунной орбиты, описывающих полную окружность. В основу разработки долгосрочного прогностического правила легли все вышеперечисленные факторы, и в качестве опорной кривой, описывающей сезонный ход ледовитости, выбирается 19-летний сезон-аналог, а также ряд других сезонов с близкой периодикой смены лунных фаз.

В таблице 1 для примера приведены сезоны-аналоги для 2018/19 гг. и суточное смещение фаз Луны относительно друг друга.

Таблица 1

Пример выбора аналогов сезона 2018/19 гг.

	1981	1989	1992	2000	2008	2011	2019
...	...	...	...	...	...	...	...
5.12						•	
6.12			•				
7.12	•			•			•
8.12							
9.12		•			•		

Продолжение таблицы 1

	1981	1989	1992	2000	2008	2011	2019
...	...	...	...	...	...	...	...
21.12	○		○			○	
22.12				○			○
23.12		○			○		
...	...	...	...	...	...	...	...

Примечание: новолуния – ●, полнолуния – ○.

Для расчета ледовитости на конкретную дату S_i производили вычисления среднего значения посуточной ледовитости с учетом нормировки путем деления ее на величину значения линейного тренда H_j многолетнего ряда спутниковых наблюдений за ледовитостью для каждого j -го сезона-аналога [4] и с учетом смещения на каждую дату с последующим умножением на значение линейного тренда H_s , соответствующего прогнозируемому сезону:

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{S_{Aij}}{H_j}}{n} * H_s, \quad (4)$$

где, S_{Aij} – значение ледовитости года-аналога с учетом смещения дат наступления фаз Луны сезона-аналога относительно прогнозируемого сезона, i – дата, j – номер сезона-аналога, n – количество сезонов-аналогов.

На рисунке 4 приведены примеры графиков фактической и прогнозной ледовитости сезона 2018/19 гг., построенные на основе описанного правила, и их сравнение с мягким сезоном 2014/15 гг. и суровым 2000/01 гг. Анализ показал, что при построении кривых сезонного хода ледовитости на периоде 2000–2019 гг. средняя абсолютная ошибка составила 27,5 %. На рисунке 5 изображены кривые прогноза для сезона 2019/20 гг.

В предложенное прогностическое правило необходимо вводить дополнительные предикторы, такие, как

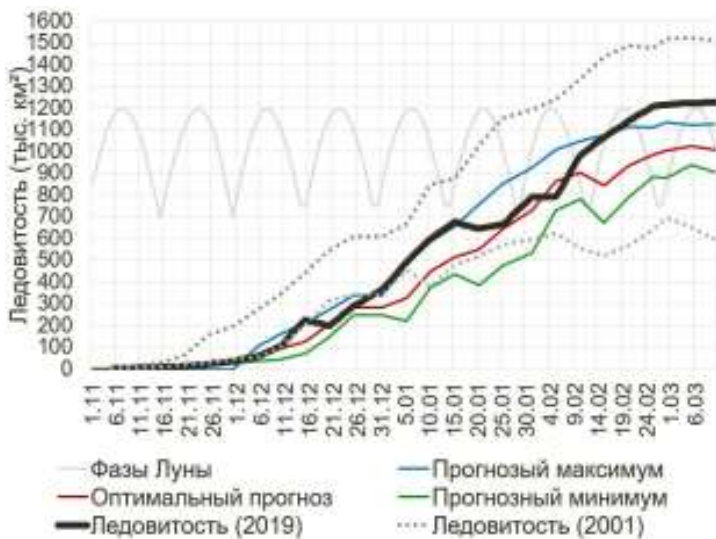


Рис. 4. Графики фактической и прогнозной ледовитости сезона 2018/19 гг.



Рис. 5. Графики прогноза ледовитости сезона 2019/20 гг.

колебания температуры воды и осадки, обуславливающие образование центров кристаллизации и в значительной мере влияющие на тепловой баланс.

В ходе исследования было установлено, что процесс резкого уменьшения ледяного покрова обусловлен циклонической деятельностью, связанной со сменами фаз Луны.

Предложено правило прогноза ледовитости на основе подбора годов-аналогов по максимальному совпадению лунных циклов.

Для повышения точности прогноза планируется установить корреляционную зависимость от других гидрометеорологических факторов.

Литература

1. Петров, А. Г. Ледовые условия и методы их прогнозирования / А. Г. Петров, В. В. Плотников, Л. П. Якунин // Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Т. 9: Охотское море. – Вып. 1: Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 291–340.

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

3. Shokr M., Sinha N. Sea Ice. Physics and Remote Sensing // Geophysical monograph. – Washington, D. C. : American Geophysical Union; Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. – Vol. 209. – 624 p.

4. Дорофеева, Д. В. Методологические подходы к прогнозированию ледовитости Татарского пролива / Д. В. Дорофеева, И. Г. Минервин, В. М. Пищальник // Физика геосфер: Одиннадцатый Всероссийский симпозиум, 9–14 сентября 2019 г., Владивосток, Россия: мат. докл. – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2019. – С. 77–80.

5. Тимофеев, С. Д. Влияние на атмосферу приливных сил Луны / С. Д. Тимофеев. – Труды ГГО, 1968. – Вып. 227. – С. 62–70.

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕДОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗИМНЕГО ПЛАВАНИЯ СУДОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Романюк Валерий Анатольевич,
руководитель группы ледовых технологий
ООО «РН-СахалинНИПИ-морнефть»,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
varomanyk@sakhnipi.ru

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО СИТУАЦИОННОГО (ЛОГИСТИЧЕСКОГО) ЦЕНТРА В Г. ЮЖНО-САХАЛИНСКЕ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЛЕДОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ НА ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

Перспективы освоения месторождений нефтяных углеводородов на шельфе Арктики и на акваториях замерзающих морей обуславливают повышение интенсивности перевозок по Северному морскому пути и южной части Охотского моря. На шельфе Охотского моря уже два десятилетия ведется освоение месторождений и добыча углеводородов. В этой связи первостепенное значение приобретают вопросы, связанные с безопасной эксплуатацией стационарных нефте- и газодобывающих платформ и транспортировкой углеводородов в сложных ледовых условиях. Не менее важным аспектом является повышение рисков загрязнения морской среды при смещении мировой добычи нефтяных углеводородов на шельфы замерзающих морей.

Охотское море простирается с юго-запада на северо-восток на 2 463 км (от 43° 20' до 62° 45' с. ш.) и характеризуется специфическими и весьма разнообразными условиями ледообразования [1–3]. Большая часть его акватории находится в зоне муссонной циркуляции и располагается к юго-востоку от полюса холода Северного полушария. Одним из результатов активного воздействия зимнего муссона (с декабря по март) является

ся формирование квазистационарных «зон отторжения льда», наибольшая из которых располагается над обширным шельфом в северо-западной части моря.

Помимо «благоприятных» зон, в Охотском море существуют естественные ледовые ловушки, например, в районе Ямской губы на северо-востоке моря, в крайней южной части моря и в Сахалинском заливе. Стоит отметить, что спасательная операция по вызволению каравана судов из ледового плена в Сахалинском заливе зимой 2011 г. обошлась более чем в 300 млн руб. В целом можно выделить следующие основные особенности ледового режима Охотского моря:

- постоянный генеральный дрейф льда в южном направлении со средней скоростью 10–20 км/сут., максимальная – до 95 км/сут.;
- наличие вдоль северо-западных участков побережий моря квазистационарных «зон отторжения ледяного покрова»;
- наиболее толстый лед (до 1–2 м) наблюдается в южной части моря в прикромочных зонах;
- повышенная динамика ледяного массива обуславливает многократное наложение льда и формирование ледяных образований толщиной в десятки метров и весом в сотни тысяч тонн;
- окончательное разрушение льда происходит на восточном Сахалине в конце июня, в районе Шантарских островов – в июле-августе.

В соответствии с Указом Президента России от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» к 2024 году грузопотоки по СМП должны увеличиться до 80 млн т. Основной объем должны дать грузы сырьевых проектов, реализуемых ПАО «Новатэк», ПАО «Газпромнефть», ПАО «ГМК "Норильский никель"», а также планируемых к реализации проектов ООО «УК "ВостокУголь"», АО «Независимая нефтяная компания», ООО «ГДК "Баимская"» и KAZ Minerals PLC, ООО «Восток Инжиниринг», ООО «Северная звезда», транспортируемые по СМП на экспорт и внутри страны.

Так как основные потребители нефтяных углеводородов – это страны Азиатско-Тихоокеанского региона, их транспортировка так или иначе будет осуществляться

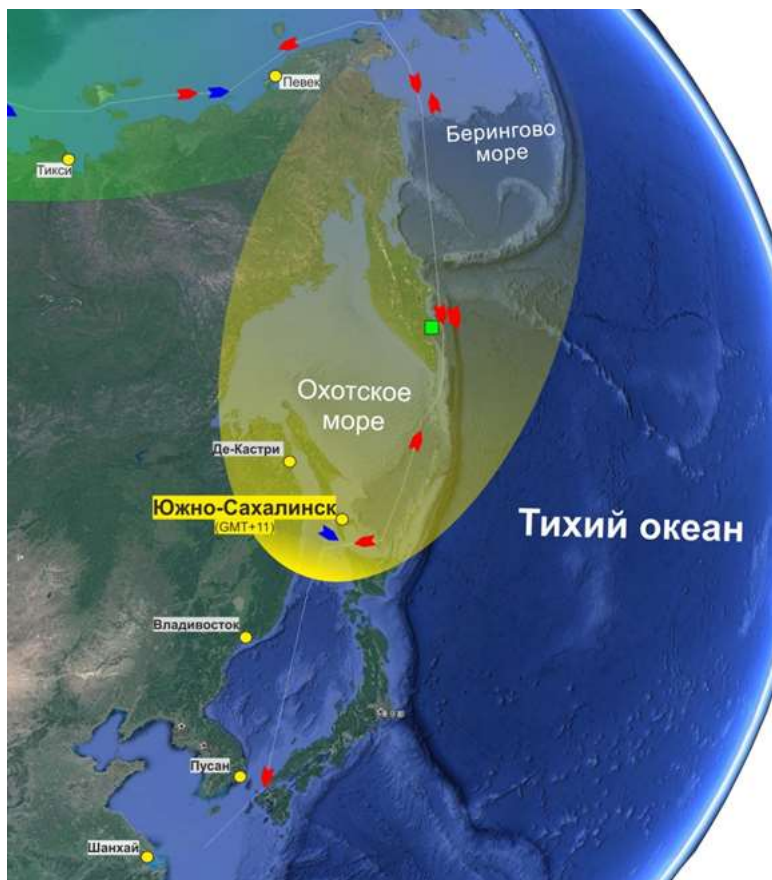


Рис. 1. Зона ответственности Дальневосточного ситуационного центра

ся через акваторию дальневосточных морей, становится актуальным вопрос обеспечения безопасности мореплавания путем создания Дальневосточного ситуационного (логистического) центра (ДВSC) в г. Южно-Сахалинске (рис. 1), который должен выполнять такие задачи, как:

- отслеживание и координацию водных транспортных потоков на акватории ДВ морей; оперативное предоставление спутниковых снимков;

- разработку рекомендованных маршрутов плавания судов;
- составление ледовых карт и актуализацию ледовых прогнозов;
- ледовое сопровождение любых видов морских работ;
- выполнение научных исследований по изучению ледового режима ДВ морей;
- содействие в проведении поисковых и спасательных работ.

В качестве дополнительных функций ДВСЦ может выполнять мониторинг природных пожаров и вулканической активности, а также оценивать причиненный ущерб. Кроме того, ДВСЦ должен стать информационным хабом, консолидирующим в себе децентрализованные потоки различных данных с возможностью их анализа и последующей подготовкой тематических материалов, а также предоставления систематизированного доступа к ним.

Литература

1. Зонн, И. С. Охотское море. Энциклопедия / И. С. Зонн, А. Г. Костяной. – М. : Международные отношения, 2009. – 256 с.
2. Минервин, И. Г. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей / И. Г. Минервин, В. А. Романюк, В. М. Пищальник [и др.] // Вестник РАН, 2015. – Т. 85. – № 1. – С. 24–32. – DOI: 10.1134/S1019331615010049
3. Плотников, В. В. Ледовые условия и методы их прогнозирования / В. В. Плотников, Л. П. Якунин, В. А. Петров // Проект «Моря. Гидрология и гидрохимия морей». – Т. IX. – Вып. 1. – СПб. : Гидрометеоздат, 1998. – С. 291–340.

Храмушин Василий Николаевич,
кандидат технических наук,
руководитель подсекции мореходных качеств судов
в штормовых условиях РосНТО судостроителей
им. Алексея Николаевича Крылова,
Россия, Южно-Сахалинск,
Khram@mail.ru;

Антоненко Сергей Владимирович,
доктор технических наук, профессор кафедры
кораблестроения и океанотехники
Дальневосточного федерального университета,
Россия, Владивосток,
Antonenko48@rambler.ru

ПРОЕКТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КАБОТАЖНЫМ ГРУЗОПАССАЖИРСКИМ СУДАМ ДЛЯ РЕГУЛЯРНЫХ ЛИНИЙ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Гидроаэромеханика силового воздействия гребней штормовых волн и ураганных ветров не ограничивается теоретическими построениями обводов корпуса с четко означенной посадкой на тихой воде. В штормовом море действующая ватерлиния мечется между уровнями подводных скул и верхней палубой, определяя тем самым наибольшую опасность от вовлечения в интенсивные гидродинамические процессы надводных объемов корпуса и больших надстроек пассажирского судна, где существует возможность разрушительных гидродинамических ударов на плоскостях верхней палубы и вогнутых поверхностях внешней обшивки, особенно в случаях с развалом шпангоутов и сильным расширением борта в верхней части корпуса.

Рассматривая ключевые технические решения для достижения динамической пассивности пассажирского судна в окружении интенсивного океанского волнения, где периоды штормовых волн могут превышать 15 секунд с естественными высотами гребней девятых валов более 10–12 метров, последовательно формулируем проектные заключения для каботажных пассажирских судов океанского плавания.

Задел к синтезу проекта мореходного судна для открытого океана

Настоящим прототипом грузопассажирского судна для Сахалино-Курильского региона выбиралось «Каботажное пассажирское судно» [1] (патент 6 653 906), проектными особенностями которого является неограниченная штормовая мореходность как способность всесезонной и всепогодной работы на морских и океанских коммуникациях Дальнего Востока России (рис. 1). Каботажное судно ориентировано на грузообработку портовыми средствами и не отягощается судовыми запасами и топливом для особо длительной автономности и дальности хода.

Надводный борт и верхняя палуба корабля [2] представляются ключевыми проектными компонентами обеспечения эксплуатационных и мореходных качеств судна, которые особо согласовываются по навигационным условиям и эксплуатационным требованиям в различных гидрометеорологических или штормовых регламентах ведения морских работ, в строгом соответствии с проектным предназначением.

Рассматривается компромисс в построении высокобортного судна с заужаемыми надводными объемами и низкопалубного судна, для которого минимизация качки достигается повышенной заливаемостью палубы с удержанием потока воды на наветренном борту.

В первом варианте корабль с высоким надводным бортом [6], с завалом на уровне действующей ватерлинии и относительно малой шириной верхней палубы. Вариант рыболовного судна [7] с предельно низким надводным бортом и максимально широкой рабочей палубой. В обсуждаемом проекте перспективного пассажирского судна также допускается заливание верхней палубы, разделяемой гидродинамически неразрывной вдолькорпусной рубкой.

Умерение килевой качки и достижение ходкости в условиях интенсивного штормового волнения обеспечиваются специальной отработкой скуловых скруглений в носовой и кормовой частях корпуса. Технические решения представляются патентами «Форштевень и скула корабля» [3] и «Ахтерштевень и кормовой подзор корабля» [4], в которых по аналогии рассматриваются варианты быстроходного корабля и судна с большой полнотой корпуса.

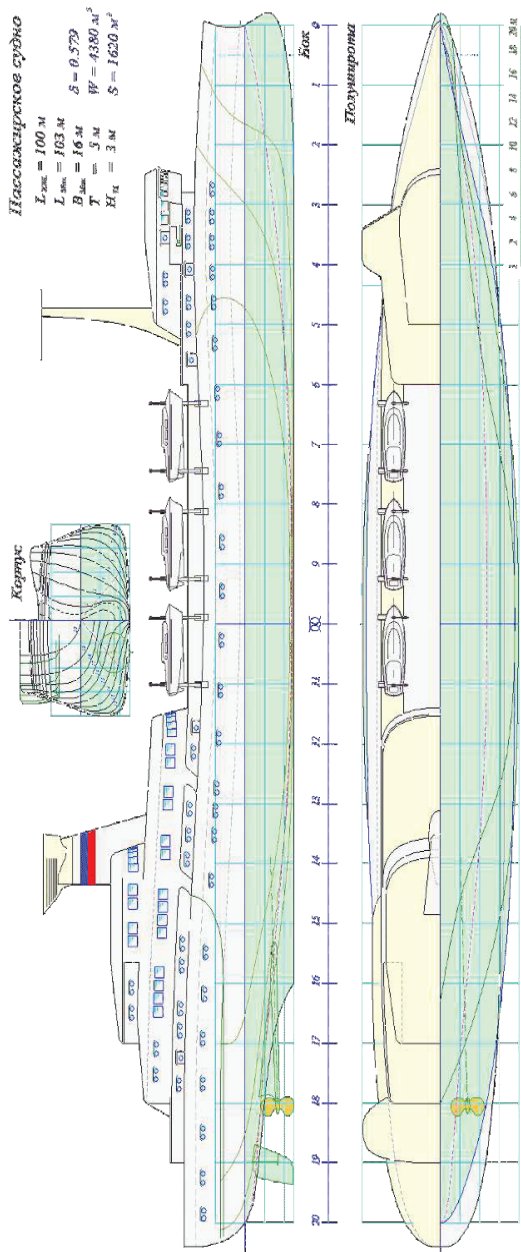


Рис. 1. Пассажирское судно, обладающее
 общекорабельной архитектурой и обводами корпуса для достижения
 оптимальной штурмовой ходкости и способностью к пассивному штурмованию
 носом на волну без хода

Одновинтовая схема винто-рулевого комплекса имеет консольное исполнение кормовой раковины, что важно для предотвращения оголения гребного винта в условиях интенсивной килевой и вертикальной качки в штормовом плавании. Кормовая скула, подзор, раковина и ахтерштевень двухвинтового корабля, оптимизированные по условиям минимизации ходового дифферента и корабельного волнообразования, позволяют несколько увеличить полноту кормовой оконечности, при этом за счет разнесения потоков за гребными винтами от диаметральной плоскости улучшаются условия работы активных успокоителей качки [5].

Означенные конструктивные особенности в едином комплексе инженерно-технических решений способствуют улучшению ходкости [8], маневренности и умерению качки [9] в условиях интенсивного штормового волнения, а также обуславливают возможность автономного плавания в режиме ледореза во льдах средней тяжести, при котором длительным упором главных машин разделяются или безударно раскалываются ледовые поля относительно небольшой толщины.

Каботажное грузопассажирское судно для Сахалино-Курильского региона

Важным требованием к пассажирскому судну [11] является обеспечение безопасности в сложных и штормовых условиях плавания, в том числе при остановке главных двигателей или потере управляемости и контроля за динамикой судна в обстановке интенсивного волнения и ураганного ветра. К эксплуатационным требованиям относится поддержание комфортности обитания на интенсивном морском волнении [10], желательно также устройство высоких палубных надстроек, в которых могут располагаться жилые помещения.

Близкими по мореходности историческими прототипами являются испанские галионы или средневековые каравеллы с высокой кормовой надстройкой и заниженным баком, не обладающим свойством всхожести на волну и не противостоящим заливаемости носовой палубы.

Формализация и синтез ключевых инженерных решений

Исходя из заданных условий навигации, установле-

ны обязательные требования к мореходным качествам судна, обеспечиваемые реализацией инженерно-технических достижений целевого непротиворечивого проектирования и хорошей морской практикой экипажа при эксплуатации перспективного судна по его прямому назначению:

- прохождение заданных океанских маршрутов в акваториях Сахалина и Курильских островов в любых гидрометеорологических или особых навигационных условиях;

- способность к маневрированию и удержанию курса с заданной скоростью на глубокой воде в открытом море в условиях ураганных ветров и штормового волнения;

- корабельные обводы и общекорабельная архитектура служат стабилизации корпуса при минимуме всех видов качки на ходу судна; с обладанием свойства автоматического приведения судна на безопасный курс носом на волну при потере хода (в аварийных ситуациях).

Ключевые инженерные решения непротиворечивого проектирования корабля повышенной штормовой мореходности в полной мере приемлемы в случае традиционных водоизмещающих судов неограниченного океанского плавания:

- 1) малые поперечные и продольные моменты инерции на уровнях переменных ватерлиний и вогнутость надводного борта → *снижение воздействия волнения и сохранение ходкости;*

- 2) уменьшение надводных объемов корпуса в оконечностях и завал борта на уровне действующей ватерлинии → *стабилизация и высокая скорость хода на волнении в режиме прорезания волн;*

- 3) завал форштевня и надводного борта, уменьшение ширины и непрерывной площади верхней палубы → *исключение ударов волн по корпусу и возможность активного управления ходом судна;*

- 4) перенос основных надводных объемов в кормовую часть корпуса, а центра величины подводного корпуса в нос → *безопасное штормование в режиме носом на волну, в том числе в аварийных режимах и с остановленными машинами;*

- 5) сведение к одной вертикали центров гидроста-

тических и гидродинамических сил при типовых посадках и режимах хода → обеспечение управляемости, стабилизации качки и ходкости на волнении;

б) уменьшение высоты и парусности надстроек → красота корабля определяется отсутствием на его борту ненужных вещей и в том числе – недопустимостью пустых надводных объемов.

Концептуальные предпроектные условия и технологические ограничения судостроительного завода

1. Выбор скоростного режима устанавливается всепогодностью морских переходов в южной части Охотского моря, что при 9–11 узлах возможно в случае специального проектирования судна повышенной штормовой мореходности. То есть выбирается регулярность работы пассажирской линии строго по расписанию с заданной проектной скоростью, в любых гидрометеорологических и ледовых условиях (отказываемся от высокоскоростных проектов с гигантским расходом топлива и многодневными ожиданиями у моря хорошей погоды, эту задачу успешно решают самолеты).

2. Выбор чисто пассажирского или грузопассажирского варианта остается за заказчиком. В случае пассажирского судна уменьшается его стоимость, повышается комфортабельность и появляется возможность размещения общественных помещений: ресторанов, салонов для отдыха и пр. В эпоху автомобилизации высока актуальность путешествий на джипах с жилыми блоками; на туристических автобусах с камбузами и бытовыми удобствами, для чего на судне необходима аппарель для выкатки колесной техники на простые курило-островские и сахалинские рыбацкие причалы или слипы.

3. Главные размерения судна заданы судостроительным заводом – 75 x 16 x 4,3 м. Важным требованием во изменение проекта стало увеличение осадки не менее чем до 5 м, что требуется для умерения качки, улучшения штормовых мореходных качеств, увеличения грузоподъемности и обретения других эксплуатационных свойств. Водоизмещение в этом случае составит порядка 3,5 тысячи тонн (пассажирское – накатно-пассажирское).

4. Количество пассажиров – 250 человек, с экипажем до 50 человек, ограничивается вместительностью спасательных шлюпок, где должны размещаться 50 %

от общего числа пассажиров и экипажа по каждому борту. При заданной длине судна расположить по каждому борту можно до трех 50-местных шлюпок, а также дежурный катер, не включаемый в число спасательных средств.

Общеархитектурное построение двух вариантов пассажирского и накатно-пассажирского судна

С использованием исходных предложений к проекту технического задания, по результатам экспертного изучения эксплуатационных и навигационных требований к новому перспективному судну синтезируется свод характеристик и инженерно-технических решений для вариантов пассажирского и накатно-пассажирского судов:

1. *Пассажирское / накатно-пассажирское судно* предназначено для каботажных, до 1000 миль, регулярных морских и океанских линий Сахалина и Курильских островов, с возможностью горизонтальной загрузки колесной техники и попутных грузов.

2. *Район плавания неограниченный*, с возможностью активного маневрирования в штормовых и ледовых гидрометеорологических условиях на глубокой воде в открытом море и в прибрежных узкостях на подходах к морским портам Сахалина и Курильских островов.

3. *Класс судна Российского морского регистра судоходства*: КМ ® Arc4 AUT3-ICS RO-RO Passenger ship.

4. *Архитектурно-конструктивный тип*: судно со стальным корпусом и надстройками из морского алюминия, одновинтовое, с двухостровным расположением надстроек и открытой верхней палубой, оснащенное кормовой аппарелью для колесной техники и горизонтальной обработки попутных грузов.

5. Основные характеристики:

Длина наибольшая / по ватерлинии	L	77,2 / 75 м
Ширина подводная наибольшая / по ватерлинии	B	16 / 14.6 м
Ширина по верхней палубе	B _{Deck}	15 м
Осадка (не менее)	T	5 м
Высота верхней открытой палубы на миделе	H	3 м
Коэффициент общей полноты	d	0.655
Объемное водоизмещение	W	3 600 м ³

Площадь смоченной поверхности корпуса	S	566 м ²
Скорость хода форсированная ($F_n=0,27$)	V_n	14 узля
... экономичная, номинальная ($F_n=0,22$)	V_ε	11,6 узл.

В правилах Морского регистра по оборудованию морских судов РС 2015 г. (часть II – спасательные средства, п. 3.1.1 – спасательные шлюпки и плоты) указывается, что на пассажирских судах требуется иметь спасательные шлюпки по каждому борту вместимостью 50 % от общего количества находящихся на судне людей или суммарно – 100 %. В п. 3.1.2 оговаривается необходимость размещения на каждом борту по одной дежурной шлюпке.

Таким образом, проектируемое пассажирское и накатно-пассажирское судно может принимать на борт до 300 человек (условно: 50 – членов экипажа; 250 – пассажиров).

6. Остойчивость и стабилизация штормового маневрирования.

Судно обладает ярко выраженной S-образностью диаграммы остойчивости на конструктивной осадке (красная линия), что необходимо для исключения аварийного опрокидывания судна в случае непредвиденного снижения начальной остойчивости.

При любых изменениях посадки, в том числе в условиях вертикальной качки в штормовом плавании, происходит увеличение начальной остойчивости на ровном киле, что свидетельствует о соблюдении требования безусловной остойчивости в штормовом плавании.

Судно предлагается оснастить активным кормовым успокоителем килевой и ботовой качки (рис. 2) – штормовым аварийным двигателем [15], устанавливаемом на рудерпосту непосредственно в зоне прямого действия потока от гребного винта.

При должной оптимизации формы судовых обводов возможна гидродинамическая компенсация ходового дифферента на тихой воде, что благоприятно скажется на снижении силового воздействия штормовых волн в

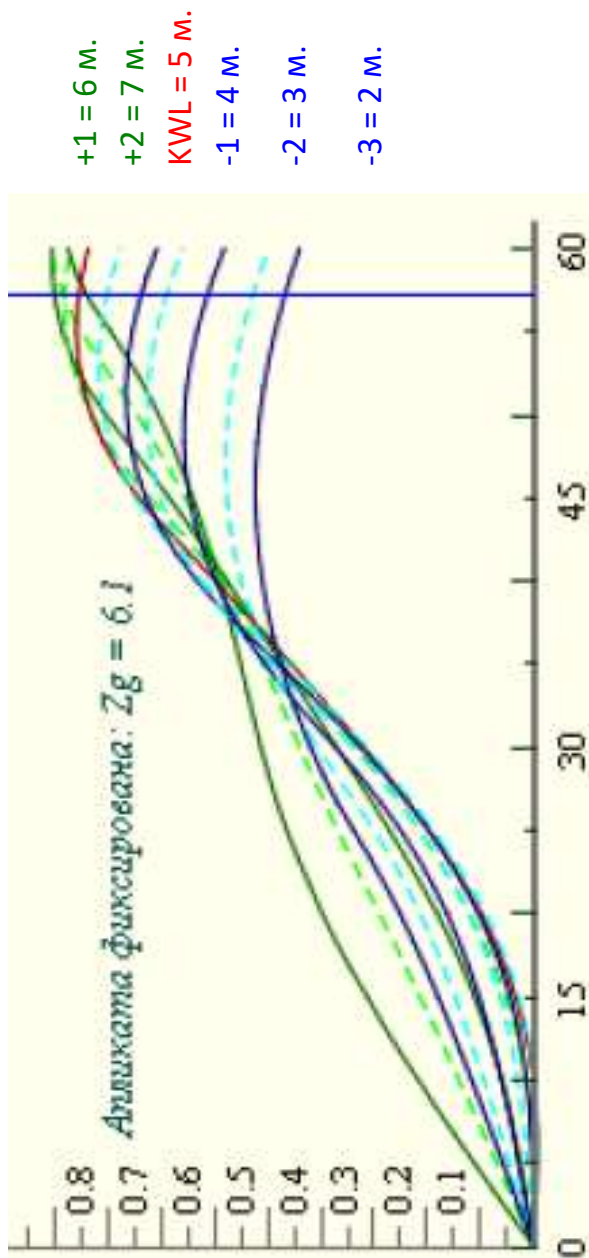


Рис. 2. Плечи статической остойчивости при фиксированном положении аппликаты центра тяжести (в походном положении): $Zg = 6,1$ м при различных осадках: от 2 м – в синие кривые, KWL = 5 м – красная и до 7 м – зеленые

кормовой оконечности корабля.

Интенсивная бортовая качка судна среднего водоизмещения может вполне качественно компенсироваться удержанием существенно больших собственных периодов качки корпуса (*малой начальной остойчивости*), что в Охотском море должно проявляться с периодами до 8–10 сек, в Тихом океане – более 15 сек.

Использование бортовых килей или активных бортовых крыльевых успокоителей качки принципиально недопустимо.

7. Ходовые качества судна.

В расчетах корабельного волнообразования и волнового сопротивления формы корпуса (рис. 3) традиционно определяется коэффициент C_w , необходимый для использования совместно с расчетами вязкого трения, либо более практичная для оптимизации величина R/D – отношение величины сопротивления к водоизмещению.

Моделирование и анализ корабельного волнообразования необходимы для обоснованного выбора номинальной скорости хода проектируемого судна и востребуются в предварительных экспертных оценках интенсивности силового взаимодействия корпуса корабля со свободными штормовыми волнами трохoidalной (Герстнеровской) природы.

Оценка ходкости. Номинальная скорость судна ($F_n = 0,22 \sim 6$ м/с) – 11,6 узлов; форсированный или штормовой ход ($F_n = 0,27 \sim 7,2$ м/с) – 14,0 узлов.

Гребной винт диаметром 3,6 м при 120–150 об/мин утилизирует оценочную мощность главного двигателя 1 300 кВт для достижения скорости хода 14 узлов. Тот же гребной винт на скорости хода 12 узлов требует порядка 770 кВт мощности, что существенно превышает 15 % запаса двигателя внутреннего сгорания для обеспечения форсированного или штормового хода. В случае применения гребного электродвигателя задача экономичного варьирования мощностью нескольких одновременно работающих дизельных или турбинных электрогенераторов от 880 до 1500–1720 кВт представляется вполне реализуемой.

Оценка парусности: боковая – 800 м², лобовая – 240 м². При встречном ураганном ветре (30 м/с) скоростной напор составляет 56 кг/м². Это значит, что

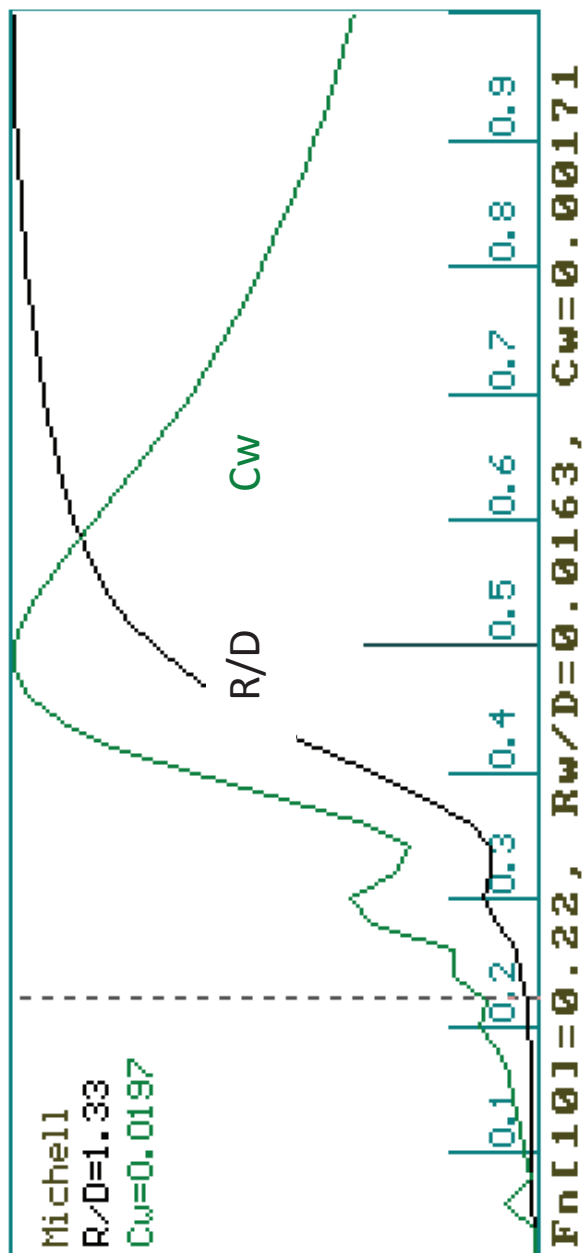


Рис. 3. Расчеты коэффициентов C_w и сил волнового сопротивления относительно водоизмещения R/D . Пунктирная вертикаль отмечает минимум корабельного волнообразования для скорости относительного хода $F_n = 0,22$ (11,6 узл.)

лобовое сопротивление (без учета коэффициента сопротивления, который условно принят 1,0, порывов ветра с большей скоростью и того факта, что при острых курсовых углах сопротивление может возрасти еще до 40 %), дополнительное сопротивление только от ветра, без волн, может составить 120 кН, а это равно сопротивлению при 14 узлах на спокойной воде. Таким образом, если говорить о штормовой мореходности, то для скорости хода 11,5–12 узлов требуется отработка особых наставлений судоводителю по безопасному маневрированию в условиях ураганных штормов Охотского моря и Тихого океана.

8. А. Архитектурное построение накатно-пассажирского судна.

На среднетоннажном судне (рис. 4) задействование кормовой аппарели для горизонтальной загрузки колесной техники востребует установку компактного маршевого электродвигателя в ограниченном по объему герметичном необслуживаемом отсеке – непосредственно в коротком тоннеле гребного вала.

Предельно короткий гребной вал и малогабаритность маршевого электродвигателя столь же актуальны для установки кормового подруливающего устройства с максимальным смещением в кормовую оконечность судна.

Востребованность электрогенераторов повышенной мощности определяется необходимостью обслуживания кормовой забортной аппарели и подволочных рельсовых тельферов, задействуемых в погрузочно-разгрузочных операциях у причальной стенки, при остановленных маршевых электродвигателях (и работающих подруливающих устройствах в режиме динамического позиционирования), что формально служит иллюстрацией согласования принципов непротиворечивого проектирования сложной техники.

Малые инерционные характеристики короткого гребного вала с электродвигателем позволяют применить автоматическую защиту гребных винтов при возникновении ударных нагрузок при штормовом оголении лопастей, при плавании во льдах и при необходимости позиционирования судна для удержания кормовой аппарели у берегового уреза без специально оснащенных слипов или десантных причалов.

Единое машинно-котельное и электрогенераторное

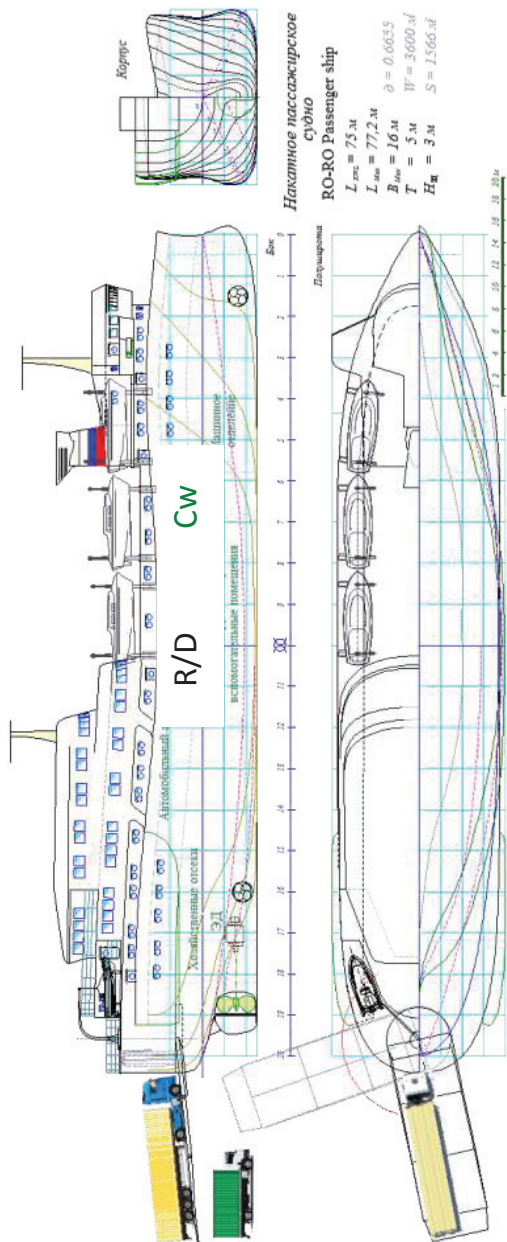


Рис. 4. Накатно-пассажирское судно. Форма корпуса и надстроек выбрана с учетом необходимости снижения силового взаимодействия со штормовым волнением и обеспечивает пассивное штормование на курсе носом на волну при остановленных двигателях

отделение позволит объединить все энергетические ресурсы под контролем единого автоматического центра управления в непосредственной близости к жилым, бытовым и вспомогательным помещениям в зоне обитания экипажа – в носовой оконечности корабля.

В водонепроницаемом корпусе под верхней палубой располагается большая часть жилых помещений: с каютами для экипажа на баке и для пассажиров – вдоль автомобильного ангара и в комфортабельной кормовой надстройке.

Плановая пассажировместимость 250 человек обеспечивается каютами первого-второго класса, а также сидячими местами третьего класса в общих салонах.

Под главной палубой располагаются вспомогательные, хозяйственные и грузовые отсеки – трюма, разделенные водонепроницаемыми переборками в соответствии с требованиями Регистра России.

9. Б. *Архитектурное построение пассажирского судна.*

В случае чисто пассажирского судна появляется возможность устройства на борту комфортабельных общественных помещений, ресторанов и салонов для отдыха. Значительно снижается стоимость постройки и эксплуатации судна, возрастает стабильность работы регулярных пассажирских линий. В случае уменьшения ширины корпуса пассажирского судна, что вполне возможно при общем сокращении эксплуатационной функциональности, существенно возрастает эффективность штормового мореплавания и возможность маневрирования в сложных условиях вблизи морских портов и на морских рейдах.

На борту судна без кормовой аппарели может действовать схема общего размещения с традиционным кормовым машинно-котельным отделением.

Перечисленные инженерные решения по форме корпуса общекорабельной архитектуры пассажирских судов наиболее эффективны в случае их комплексного использования, с должной оптимизацией геометрических размерений и инерционных характеристик судов для конкретных географических регионов и навигационных условий эксплуатации, в данном случае это штормовые акватории в северо-западной части Тихого океана и весьма ледовитые в зимние сезоны Охотское и Японское моря.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы, что специализированный океанский флот повышенной мореходности для каботажных линий Сахалина и Курильских островов должен создаваться по особым проектам, согласованным с региональными мореплавателями, разрабатывающими практические наставления по судоходству и отвечающими за всесезонное и всепогодное обеспечение морских работ и транспортных коммуникаций. Важным фактором обязательного поддержания высокой мореходности является удаленность или отсутствие портов-убежищ для своевременного укрытия Сахалино-Курильского флота, который при поступлении штормовых предупреждений вынужденно уходит из гаваней портов и внешних рейдов в свободное плавание на глубокой воде в открытом море.

Проектно-технические решения основаны на требованиях умеренной качки при повышенной ходкости и неограниченной маневренности судна в условиях интенсивного волнения и ориентированы на достижение всесезонной и всепогодной эффективности морских коммуникаций, в свою очередь, востребующих согласование мореходных качеств корабля с соответствующими судовыми расписаниями и предписаниями командного состава в обеспечении судовых работ в особых и штормовых условиях плавания. Актуальность проведения проектных работ с участием сахалинских мореплавателей обуславливается особой сложностью навигационных и суровостью гидрометеорологических и ледовых условий судоходства, что практически никогда не востребуется в условиях теплых морей с крайне редкими и кратковременными проявлениями циклонической и штормовой активности.

Литература

1. «Каботажное пассажирское судно». Храмушин В. Н. Патент № 2653906, бюл. № 14 от 2018-05-15. ShipDesign.ru/Invent/12-Coaster.html
2. «Надводный борт и верхняя палуба корабля». Храмушин В. Н. Заявка на изобретение: № 2016150045, бюл. № 17 от 2018-06-20 ShipDesign.ru/Invent/13-Ship_Deck.html
3. «Носовая оконечность быстроходного надводного корабля или относительно тихоходного граждан-

ского судна повышенной штормовой мореходности и ледовой проходимости в автономном плавании – форштевень и скула корабля (Stem)». Храмушин В. Н. Патент № 2607136, бюл. № 1 от 2017-01-10. ShipDesign.ru/Invent/08.html

4. «Кормовая оконечность стабилизированного для штормового плавания корабля – ахтерштевень и кормовой подзор корабля (Stern)». Храмушин В. Н. Патент № 2607135», бюл. № 1 от 2017-01-10. ShipDesign.ru/Invent/09.html

5. «Активный стабилизатор килевой и бортовой качки корабля – штормовой аварийный движитель». Храмушин В. Н. Патент № 2384457, бюл. № 8 от 2010-03-20. ShipDesign.ru/Invent/04.html

6. «Корабль гидрографической и патрульной службы». Храмушин В. Н. Патент № 2384456, бюл. № 8 от 2010-03-20. ShipDesign.ru/Invent/05.html

7. «Рыболовное судно северных морей». Храмушин В. Н. Патент № 2535382, бюл. № 34 от 2014-12-10. Shipdesign.ru/Invent/07.html

8. «Корабль, остойчивый в штормовом плавании». Храмушин В. Н. Патент № 2487043, бюл. № 2 от 2013-01-20. ShipDesign.ru/Invent/06.html

9. «Корабль без килевой качки на ходу на волнении». Храмушин В. Н. Заявка на изобретение: № 2007133625, бюл. № 8 от 2009-03-20. ShipDesign.ru/Invent/02.html

10. «Корабль без бортовой качки на волнении». Храмушин В. Н. Патент № 2360827, бюл. № 19 от 2009-07-10. ShipDesign.ru/Invent/01.html

11. Храмушин, В. Н. Поисковые исследования штормовой мореходности корабля (История эволюционного развития инженерно-технических решений об обводах и архитектуре корабля, о единении морских наук и хорошей морской практики). Lambert Academic Publishing RU-2018. Третье дополненное издание. – 470 с. ShipDesign.ru/Khram/History-III.pdf

Костенко Ирина Сергеевна,
кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник лаборатории вычислительной
гидромеханики и океанографии СКБ САМИ ДВО РАН,
Россия, г. Южно-Сахалинск,
i.kostenko@skbsami.ru

РАЗРУШЕНИЕ ПРИБРЕЖНОГО ЛЬДА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИННОВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Природные явления, оказывающие влияние на разрушение прибрежного льда

К длинноволновым процессам, которые могут разрушить прибрежный лед, можно отнести приливо-отливные явления, цунами, метеоцунами, сейшевые колебания и штормовые нагоны. Эти процессы обусловлены лунными циклами, изменениями атмосферного давления и, как следствие, появлением сильного ветра, способного вызвать сгонно-нагонные явления, циклонической и муссонной деятельностью, землетрясениями и другими природными явлениями. Приливо-отливные явления в отличие от остальных длинноволновых процессов являются регулярными и оказывают циклическое влияние на водную поверхность, в том числе и на установившийся на ней лед. В результате чего ледовая обстановка может достаточно быстро измениться. В короткие сроки может возникнуть полынья и также быстро исчезнуть под влиянием приливных течений.

Структура льда, его прочность, сплоченность ледового поля и другие характеристики в значительной степени зависят от температурного и ветрового режима района, где он располагается, а также от волновых процессов акватории, способных его разрушить. На процесс внезапного разрушения льда оказывают влияние не только длинные волны, но и ветер, который может быть отжимным или прижимным по отношению к побережью. Прижимной ветер способствует нагромождению льдин друг на друга и образованию стамух, в результате чего лед становится более прочным и меньше поддается воздействию разрушающих его сил. А в результате воздействия отжимного ветра на льду образуются трещины, происходит раскол льда и движение его от берега. К процессу дальнейшего

движения оторвавшейся льдины подключаются течения, характерные для этого района, а также приливо-отливные течения. Таким образом, движение льда по акватории – это совокупность нескольких природных явлений, совместное воздействие которых нужно изучать.

Сезонное разрушение припая

Наибольшим разрушениям и деформации прибрежный лед, или припай, подвергается в период своего становления в осенне-зимний период и разрушения в зимне-весенний период. Весной лед постепенно теряет свою прочность, а ледовые поля становятся более подвижными. Этот период наиболее опасен для выхода на лед любителей подледной рыбалки, так как в считанные минуты он может расколоться.

Мы достаточно часто слышим сообщения в СМИ о том, что рыбаков-любителей, которые на припаяе занимались подледным ловом, уносит в море и их приходится спасать с оторвавшихся льдин (рис. 1). Так, 10 марта 2018 года из-за стремительного разрушения припая в Финском заливе рыбакам пришлось поспешно его покидать. Это произошло в результате образования трещины во льду в 10 м от берега, которая моменталь-



Рис. 1. В районе п. Взморье оторвало льдину [10]

но начала ломать лед. Не все рыбаки успели вернуться на берег, и 25 человек спасателям пришлось снимать с льдины. Несмотря на наличие прогноза и предупреждения службой МЧС об опасности выхода на лед, таких случаев достаточно много. Только на Дальнем Востоке происходят десятки случаев в год (рис. 2).



Рис. 2. Спасение рыбаков с оторвавшейся льдины [11]

Так как Сахалинская область является островной, то изучение особенностей разрушения припая имеет важное социально-экономическое значение.

Актуальность проведения исследований залива Мордвинова для Сахалина

Залив Мордвинова расположен в юго-восточной части о. Сахалин. Он является рекреационным объектом для жителей острова (пляжный отдых и рыбалка, в том числе зимняя), а также районом ведения промысловой добычи водных биоресурсов. Ежегодно большое количество любителей зимней подводной рыбалки выходят на лед в данном районе. Нередко происходят случаи раскола льда (рис. 3). Если трещина небольшая, то люди добираются до побережья самостоятельно, но случается и так, что их приходится спасать силами МЧС.



Рис. 3. В заливе Мордвинова из-за отжимного ветра образовалась трещина [12]

Изучением района залива Мордвинова и расположенного в восточной его части мыса Свободный СКБ САМИ ДВО РАН занимается на протяжении ряда лет. Основное внимание было уделено численным расчетам распространения длинных волн с использованием программного комплекса NAMI DANCE. Выявлялись резонансные характеристики залива, проводился анализ зон затопления и силового воздействия на побережье от длинноволновых колебаний с движением фронта волны с севера на юг из-за широтной ориентации побережья залива, а также с востока на запад по направлению основного движения волн с акватории Охотского моря (рис. 4). В обоих случаях максимальные значения положительных амплитуд расположены вдоль побережья севернее п. Охотское. При подходе волны с востока амплитуды также увеличиваются южнее м. Свободный, в то время как при движении волн с севера значения там небольшие из-за свободного движения волн вдоль побережья. В самом заливе Мордвинова распределения максимальных значений вдоль побережья залива от волн, приходящих с севера и востока, схожи. Но при движении волны с севера в самом заливе (примерно на широте расположения мыса Свободный) отмечается

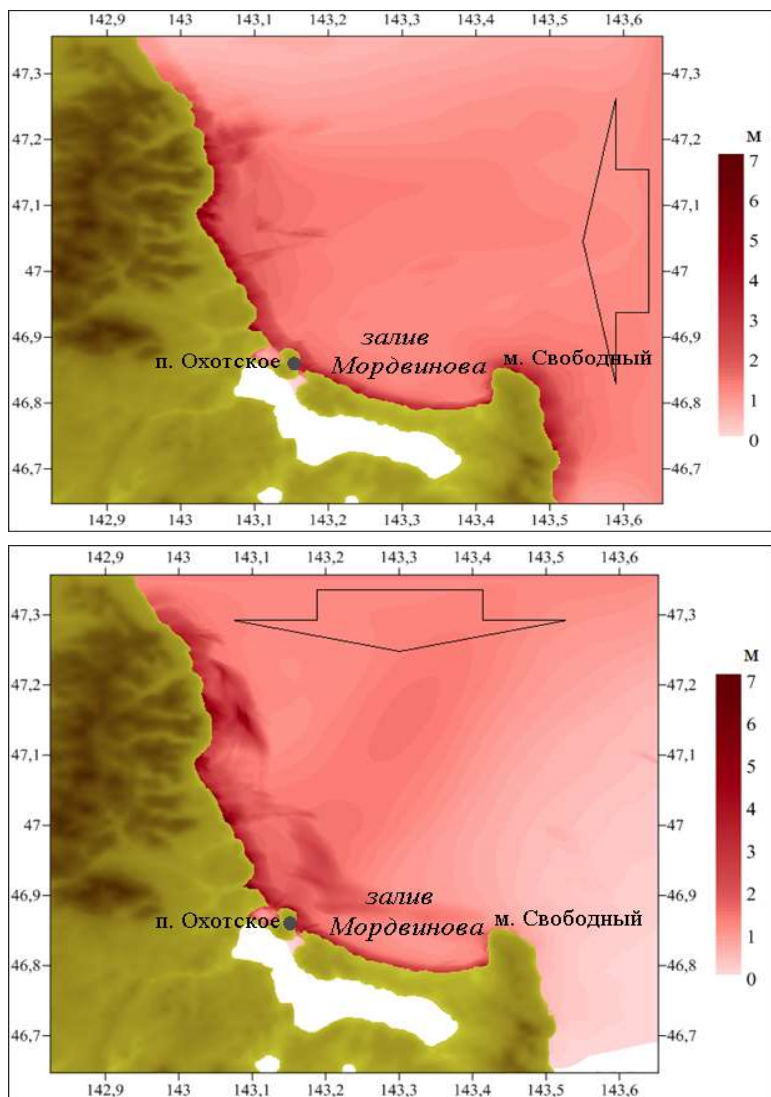


Рис. 4. Распределение максимальных значений положительных амплитуд волн в заливе Мордвинова (а – при подходе волны с востока; б – при подходе волны с севера)

увеличение максимальных значений положительных амплитуд волн, что связано с особенностями батиметрии, отражением от побережья и резонансными колебаниями в самом заливе. Таким образом, с какой бы стороны ни пришли длинные волны (при прохождении циклона или цунами), они будут усиливаться у побережья залива в одних и тех же районах, характерных для направления подходящих волн. Основное влияние на увеличение высот волн и их воздействие на побережье оказывают отражение волн от побережья и резонансные характеристики самого залива.

Ввиду того, что припай в основном является поверхностным льдом, то разрушение его под воздействием длинных волн (приливо-отливные явления, цунами, метеоцунами, сейшевые колебания и штормовые нагоны) – явление нередкое и требует тщательного изучения. А выявленные в ходе численных расчетов районы усиления воздействия длинных волн у побережья залива, особенности отражения волн от побережья и резонансные характеристики самого залива позволяют выявлять районы, где разрушения припая наиболее вероятны. Стоит отметить, что в самом заливе Мордвинова не происходит значительного усиления волновой энергии, а высоты волн у побережья не увеличиваются так сильно, как это происходит в некоторых других заливах.

За всю историю наблюдений на о. Сахалин зарегистрировано более 30 случаев цунами, из них 13 – на восточном побережье [1]. Несмотря на то, что в заливе Мордвинова наблюдения за цунами не проводились, но с помощью численного моделирования ряда исторических событий были рассчитаны высоты волн цунами, которые могли проявиться на его побережье, проведено сравнение высот волн в заливе Мордвинова по результатам численных расчетов и данных наблюдений в ближайших к заливу населенных пунктах, где имелись измерения. Так, по результатам численных расчетов Урупского цунами 20 октября 1963 года высоты волн на побережье залива Мордвинова могли достигать 0,4–0,5 м, а по данным наблюдений, в г. Поронайске – 0,3 м, в г. Корсакове – 0,4 м [4]. Во время Японского цунами 11 марта 2011 года по результатам численных расчетов в заливе Мордвинова в районе п. Охотское высота цунами могла достигать 0,4–0,5 м,

а по данным наблюдений, в п. Стародубское высота волны составила 0,65 м, а в г. Поронайске – 0,85 м [3]. Высота Чилийского цунами 22 мая 1960 года на побережье залива Мордвинова достигала 0,7–1,0 м, а по данным наблюдений, высоты волн в г. Поронайске составили 0,8 м, в г. Корсакове – 1,2 м [2]. Таким образом, высоты волн цунами в заливе Мордвинова находятся на уровне наблюдений в ближайших населенных пунктах, которые в то же время располагались достаточно далеко от залива. На разность высот волн в этих населенных пунктах и заливе Мордвинова оказывали влияние расстояние от источника цунами и батиметрия в районе пунктов наблюдений.

Цунами и лед

Заметим, что рыбаков уносит на льдинах не только в морях и океанах, но и на крупных озерах, реках и водохранилищах. Информацию об этом регулярно встречается в средствах массовой информации. В качестве примера разрушения льда в пресном водоеме можно привести случай возникновения уникального цунами, которое произошло в результате землетрясения на озере Байкал 16 марта 2018 года. Интенсивность толчков составила четыре-пять баллов. За считанные секунды лед на озере потрескался прямо под ногами любителей зимней рыбалки. На видео, снятом рыбаками, находившимися достаточно далеко от берега, видно, как лед начинает трескаться и движется волна, отделя огромные глыбы льда друг от друга. После цунами на берегу озера образовались ледяные завалы, достигавшие в высоту пять метров [5].

Волны цунами способны разрушить и прибрежный морской лед. Так, в результате землетрясения, которое произошло 11 марта 2011 года у берегов Японии, образовались волны цунами, которые распространились по акватории всего Тихого океана, а также через проливы Курильских и Японских островов проникли в акватории Охотского и Японского морей. На о. Сахалин это цунами было зарегистрировано на всех пунктах наблюдений, работавших в это время. Несмотря на то, что значительная часть Охотского моря в данный период была покрыта льдом, имеются данные о том, что это цунами вызвало подвижки льда лишь у побережья

о. Шикотан (Курильские острова). В то же время, по имеющейся информации, волны, распространившись по акватории Тихого океана, привели к отрыву айсбергов у побережья Антарктиды. Это удалось обнаружить с помощью спутниковых снимков [6].

Но бывает и другая ситуация, когда не длинная волна ломает лед, а лед вызывает образование волн. В результате обрушения достаточно больших кусков льда от приблизившегося к морю ледника или откола части айсберга, а также обрушения ледяных наносов с крутого склона вблизи водоема имеется много примеров возникновения как локальных волн, так и достаточно больших волн цунами. Так, в заливе Литуйя, расположенного на юго-востоке Аляски, 9 июля 1958 года в результате землетрясения с гор в сторону бухты начал сходить ледник, вызвавший оползень. Огромная масса камней и грунта упала в залив. Это вызвало огромную волну с максимальным заплеском 524 метра. Всю воду из бухты вынесло в океан. Но уже через полчаса после схода оползня вода в заливе практически успокоилась. Огромную высоту в заливе, по мнению специалистов, волна имела не только из-за обвала, но и попадания большого объема воды в бухту через ледяной тоннель под ледником [7].

Явление ползучего льда

Еще одно явление, возникающее в прибрежной зоне, называется «ползучий лед». Его часто можно наблюдать на территории Восточной Сибири, особенно в окрестностях оз. Байкал. Также оно было зафиксировано на побережье Азовского моря. А на побережье Канады и США такое явление синоптики окрестили «ледяным цунами» из-за масштабов его проявления. Сильные порывы ветра поднимали целые ледяные глыбы. Волна из льда и снега обрушилась на жилые дома, расположенные на побережье. В штате Миннесота стихия разрушила 15 домов и десятки зданий получили серьезные повреждения [8].

Данное явление образуется в результате воздействия низких температур и ветра. Из-за того, что поверхность моря или воды постоянно находятся в движении под влиянием волнения и ветра, физически кристаллы не успевают создать плотный слой льда, в результате чего

происходит постоянное перемешивание и образуется шуга, которая при сильном нагонном ветре и волнении моря может образовывать большие волны из льда на побережье. Под действием сильного ветра на берег могут выталкиваться огромные глыбы льда. Также это явление может сочетаться с ледоходом, что может привести к большим разрушениям на побережье [9]. Для нашего островного региона проблема возникновения ползучего льда является актуальной. Хотя и не проявляется в таких катастрофических масштабах, как это произошло на побережье Канады и США.

Изучение особенностей распространения длинных волн имеет большое значение, так как они оказывают непосредственное влияние на разрушение припая. В то же время они позволяют изучить особенности динамики, отражения волн от побережья и резонансные характеристики побережья (заливов, бухт и т. д.), которые могут использоваться различными службами, занимающимися изучением ледовой обстановки.

Таким образом, изучение влияния длинных волн на прибрежный лед является важной и актуальной задачей для мониторинга изменения ледовой обстановки и для ряда других прикладных задач. Знания времени и места образования полыньи или разрушения льда необходимы при организации движения судов в районах с замерзающим морем, а также для осуществления оперативного мониторинга ледовой обстановки в районах массовой подледной рыбной ловли, для обеспечения безопасности людей и многих других целей.

Литература

1. Зайцев, А. И. Цунами на острове Сахалин: наблюдения и численное моделирование / А. И. Зайцев, И. С. Костенко, А. А. Куркин [и др.]. – Нижний Новгород, 2016. – 121 с.
2. Зайцев, А. И. Моделирование воздействия удаленного цунами на Дальневосточное побережье России / А. И. Зайцев, И. С. Костенко, А. Г. Чернов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2010. – № 3 (82). – С. 34–39.
3. Костенко, И. С. Влияние Курильских островов на проникновение цунами в Охотское море (на примере Японского цунами 11 марта 2011 года) / И. С. Костенко, А. А. Куркин, Е. Н. Пелиновский [и др.] // Известия

Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2016. – Т. 52. – № 1. – С. 89–100.

4. Zaytsev A., Kostenko I., Kurkin A., Pelinovsky E., Pararas-Carayannis G. Manifestation of the 1963 Urup Tsunami on Sakhalin: observations and modeling // Science of Tsunami Hazards. – 2017. – Т. 36. – № 3. – P. 145–166.

5. Режим доступа: <https://yandex.ru/video/preview?filmId=8502876318582147478&text=%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B5>

6. Режим доступа: <https://news.tut.by/it/245208.html>.

7. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%86%D1%83%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8_%D0%B2_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B5_%D0%9B%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B9%D1%8F

8. Режим доступа: https://yandex.ru/video/preview/?filmId=12611759875_446468828&text=%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B5+%D1%86%D1%83%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8+%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE

9. Режим доступа: https://yandex.ru/video/preview?filmId=151760335_60144546615&text=%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B5%2%D1%86%D1%83%D0%BD%0%BD0%BC%D0%B8%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE

10. Фотография с сайта: <https://nevelsk.ru/news/nevelsk/129076/?rlogin=registration&rloginlogin&rlogin=registration&rlogin=login&rlogin=login&rlogin=registration>

11. Фотография с сайта: <https://sakhalinmedia.ru/news/578451/?from=43>

12. Фотография с сайта: <https://sakhalin.info/news/149894>

РЕЗОЛЮЦИЯ КРУГЛОГО СТОЛА

В федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сахалинский государственный университет» (СахГУ) (г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290) 29 ноября 2019 года состоялось заседание круглого стола по теме «Прогнозирование ледовой обстановки на дальневосточном участке продолжения Северного морского пути с применением ГИС-технологий в современный период потепления» (далее – круглый стол, мероприятие).

Организаторами мероприятия выступили: научно-исследовательская лаборатория дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) (далее – НИЛ ДЗЗ) СахГУ и РАН; отдел по научной и инновационной работе СахГУ.

Цель круглого стола: оценка роли ледовых прогнозов, основанных на ГИС-технологиях, в современный период нестационарного состояния природных систем, перехода мониторинга состояния природной среды на цифровые технологии и планируемого кратного увеличения объемов морских перевозок, требующих ледового сопровождения.

На круглом столе рассмотрены следующие **блоки вопросов:**

1. Современные представления о тенденциях развития ледовых процессов в Охотском море и Татарском проливе.

2. Методологические подходы и инструментарий для обработки и анализа спутниковых данных о состоянии ледяного покрова дальневосточных морей, разрабатываемые в Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН.

3. Опыт организации ледового обслуживания зимнего плавания судов в Охотском море.

Всего в заседании круглого стола приняло участие 46 человек, из них: научно-педагогические работники, студенты и специалисты вузов и научных организаций Сахалинской области; сотрудники государственных (региональных, федеральных) ведомств Сахалинской области, представители общественных организаций Сахалинской области, специалисты и представители бизнеса Сахалинской области.

Выступило докладчиков девять человек.

По первому блоку вопросов представлены следующие доклады:

– Романюк Валерий Анатольевич (руководитель группы ледовых технологий ООО «РН-СахалинНИПИморнефть»), тема доклада: «Долгопериодные колебания и тенденции изменения ледовитости Охотского моря за последние 137 лет»;

– Дорофеева Дарья Васильевна (аспирантка Дальневосточного федерального университета), тема доклада: «Особенности изменчивости ледовитости Татарского пролива за последние 137 лет»;

– Никулина Ирина Владимировна (научный сотрудник НИЛ ДЗЗ), тема доклада: «Формирование зон вдольбереговых полыней в Охотском море».

По второму блоку вопросов представлены следующие доклады:

– Никулина Ирина Владимировна (научный сотрудник НИЛ ДЗЗ), тема доклада: «Организация баз данных для хранения и анализа гидрометеорологической информации»;

– Никонова Елизавета Викторовна (ведущий ГИС-картограф ООО «Экологическая компания Сахалина»), тема доклада: «Создание геопортала для визуализации и оценки гидрометеорологических данных»;

– Юлдашев Анвар Исмаилович (студент Технического нефтегазового института, направления подготовки «Нефтегазовое дело»), тема доклада: «Инструментарий для получения, обработки и анализа спутниковых данных о состоянии ледяного покрова дальневосточных морей»;

– Шумилов Илья Валерьевич (аспирант Сахалинского государственного университета), тема доклада: «Разработка прогностического правила хода ледовитости на фазе начала ледообразования в Охотском море».

По третьему блоку вопросов представлены следующие доклады:

– Романюк Валерий Анатольевич (руководитель группы ледовых технологий ООО «РН-СахалинНИПИморнефть»), тема доклада: «К вопросу организации дальневосточного ситуационного (логистического) центра в г. Южно-Сахалинске с учетом опыта ледового обслуживания нефтегазовых проектов на шельфе Охотского моря»;

– Храмушин Василий Николаевич (руководитель подсекции мореходных качеств судов в штормовых условиях РосНТО судостроителей им. Алексея Николаевича Крылова), тема доклада: «Проектные предложения по каботажным грузопассажирским судам для регулярных линий Сахалина и Курильских островов»;

– Костенко Ирина Сергеевна (кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории вычислительной гидромеханики и океанографии СКБ САМИ ДВО РАН), тема доклада: «Разрушение прибрежного льда под влиянием длинноволновых процессов».

Ведущим круглого стола выступил Пищальник Владимир Михайлович – доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН.

Актуальность проведения круглого стола определяется существованием круглогодичного транзита российских и международных грузов через различной степени сложности ледовые преграды, поэтому возможность получения оперативной и объективной прогнозной информации является важнейшим условием обеспечения безопасности Северного морского пути (далее – СМП) в зоне дальневосточных морей и снижения риска возникновения техногенных катастроф.

В федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сахалинский государственный университет» за последние два десятилетия проводятся фундаментальные и прикладные научные исследования по изучению и прогнозированию ледового режима дальневосточных морей. За это время накоплен определенный опыт по сбору, систематизации, анализу и обработке данных о состоянии ледяного покрова.

В настоящее время работы по изучению ледовых режимов осуществляются НИЛ ДЗЗ, которая располагает:

- подготовленными кадрами;
- техническими средствами спутниковых технологий;
- методологиями производства наблюдений и анализа информации;
- программными продуктами современных ГИС, в том числе собственными разработками, позволяющими

ми прокладывать рекомендованные пути плавания во льдах в режиме реального времени на фиксированных участках акватории дальневосточных морей.

Технические и методические наработки НИЛ ДЗЗ позволяют выполнять прогностические расчеты, которые имеют важное практическое значение для обеспечения безопасности грузоперевозок на судоходных трассах в зимний период, а также для обеспечения безопасности морских операций при обслуживании нефтегазодобывающих платформ на шельфе Сахалина и транспорта нефтяных углеводородов в ледовых условиях. За прошедшие два десятилетия с начала обустройства и эксплуатации шельфовых проектов по причине недоучета сложности ледовой обстановки не было зафиксировано ни одной аварийной ситуации.

Президент РФ В. В. Путин поручил Правительству РФ разработать комплексный план развития Северного морского пути и увеличения грузопотока по нему к 2024 г. до 80 млн тонн (Указ от 07.05.2018 г. № 204). Росатомом в настоящее время представлен на утверждение в Правительство РФ проект плана развития СМП до 2035 г. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы обеспечения ледовой информацией судов, перевозящих грузы по Дальневосточному транспортному коридору (далее – ДТК), который является продолжением Северного морского пути, где в течение четырех-пяти месяцев в году может развиваться ледяной покров.

СМП – самый короткий путь из Европы в Азию. В его развитии как международного транспортного пути крайне заинтересованы Китай, Япония, Корея, которые готовы значительную часть своих грузов отправлять в Европу по этому пути и готовы принять инвестиционное участие в его развитии.

Круглогодичный транзит российских и международных грузов будет связан с прохождением судов через различные степени сложности ледовые преграды, поэтому возможность получения оперативной и объективной прогнозной информации является важнейшим условием обеспечения безопасности СМП в зоне дальневосточных морей и снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

В целях обеспечения круглогодичной безопасной

навигации по ДТК, что представляется актуальной и первостепенной задачей государственной важности, усматривается объективная необходимость создания в Южно-Сахалинске Дальневосточного регионального центра ледовой информации (или Дальневосточного ситуационного центра).

НИЛ ДЗЗ готова стать базовой основой для создания такого центра.

Выполняемые и выполненные тематические работы, технические и методические наработки НИЛ ДЗЗ являются превентивным научно-техническим вкладом, готовым для интегрирования в информационную систему обеспечения круглогодичной навигации по СМП в целом и в пределах ДТК.

НИЛ ДЗЗ является уникальной научной школой Сахалинской области, созданной в структуре СахГУ. Несмотря на скудное финансирование, что в настоящем не способствует полноценному использованию ее научного и образовательного потенциала, в лаборатории проводятся еженедельные научные семинары, которые посещают студенты и заинтересованные специалисты из организаций области. На базе НИЛ ДЗЗ обучаются аспиранты, магистранты, проводятся студенческие научно-исследовательские работы. Научными сотрудниками НИЛ ДЗЗ опубликованы десятки научных статей.

Сохранение и развитие научного и образовательного потенциала НИЛ ДЗЗ будет являться вкладом Сахалинской области в решение важнейших государственных задач по обеспечению безопасности СМП, будет способствовать сохранению уникальной научной школы, воспитанию и закреплению собственных научных кадров, повышению имиджа Сахалинской области и СахГУ.

По итогам обсуждения докладов круглого стола приняты следующие решения:

1. Обратиться к Губернатору Сахалинской области В. И. Лимаренко с просьбой:

а) об оказании ежегодной финансовой поддержки научно-исследовательских и образовательных программ НИЛ ДЗЗ;

б) о направлении в адрес заместителя председателя правительства Российской Федерации Ю. П. Трутнева, курирующего вопросы освоения Арктики, письма

с предложением о создании в Южно-Сахалинске Дальневосточного регионального центра ледовой информации.

2. Рекомендовать руководству СахГУ:

а) передать в ведение НИЛ ДЗЗ суперкомпьютер университета со штатом для его обслуживания;

б) идею создания Дальневосточного регионального центра ледовой информации, выработанную и одобренную на круглом столе, довести до сведения Губернатора Сахалинской области В. И. Лимаренко на личной встрече с ним;

в) обеспечить подготовку проекта письма Губернатора в адрес Ю. П. Трутнева;

г) обеспечить направление настоящей Резолюции в адрес Губернатора и Правительства Сахалинской области, в адреса участников круглого стола, а также в адреса ведомств, представители которых приняли участие в работе круглого стола.

Резолюция принята 29.11.2019 г. единогласным решением участников круглого стола.