

ле крупнотоннажных), круглогодичной проводки караванов; ледокольной проводки судов в Обской губе и на Енисее; буксировки судов и других плавучих сооружений в ледовых условиях и на чистой воде; оказания помощи судам и выполнения спасательных работ в ледовых условиях и на чистой воде.

Возможность работать как на глубокой воде, так и на небольших глубинах в устьях рек и на арктическом шельфе обеспечена за счет двухосадочной конструкции судна.

Новый ледокол будет оснащен двухреакторной энергетической установкой с основным источником пара от реакторной установки РИТМ-200 мощностью 175 МВт, специально разработанной для него.

Основные характеристики ледокола проекта 22220: длина — 173,3 м; ширина — 34 м; осадка по конструктивной ватерлинии — 10,5 м; минимальная рабочая осадка — 8,55 м;

полное водоизмещение — 33,54 тыс. т; скорость хода по чистой воде — 22 узла; экипаж — 75 человек; назначенный срок службы — 40 лет. Предельная толщина сплошного ровного припайного льда, преодолеваемого ледоколом непрерывным ходом со скоростью 1,2–2 узла, при полной мощности, на глубокой воде, составляет 2,8 м.

Проект 22220 строится на класс KM Icebreaker9 [2] AUT2-ICS EPP Российского морского регистра судоходства.

*Использована информация с интернет-сайтов АО «Адмиралтейские верфи» и ООО «Балтийский завод – Судостроение»  
Автор выражает благодарность пресс-службам этих предприятий за содействие в проведении фотосъемки.*

*В.Ю. Замятин (АНИИ).*

*Фото автора*

## **РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ЗОНЕ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН И В ЗАПАДНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ**

Актуальность проблемы мониторинга и прогнозирования ледовой обстановки в Западной Арктической зоне Российской Федерации представляется очевидной в связи с активизацией судоходства на Северном морском пути и интенсивным освоением нефтегазовых месторождений. Поэтому, учитывая новые технические и информационные возможности, появившиеся в последние годы, существует необходимость и возможность разработки новых методов, программных средств мониторинга и прогнозирования ледовой обстановки.

В рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» Министерство образования и науки инициировало проект «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации». Исполнителями проекта стали ГНЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» Росгидромета и пять институтов РАН и Минобрнауки. Проект рассчитан на период 2014–2016 годы. (Соглашение о предоставлении субсидии № 14.610.21.0006 от 20 октября 2014 года, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61014X0006.)

Целью проекта является разработка новых высокоточных методов и программных средств мониторинга и прогноза состояния атмосферы, гидросферы, криосферы и сейсмической активности в районе архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ, которые должны быть реализованы в виде семи экспериментальных аппаратно-программных комплексов (ЭАПК). Одним из таких экспериментальных аппаратно-программных комплексов является ЭАПК спутникового мониторинга и прогнозирования ледовой обстановки «Лед», разрабатываемый в АНИИ.

Задачей разработки ЭАПК «Лед» является создание экспериментального аппаратно-программного комплекса мониторинга и прогноза ледовой обстановки как составной части информационно-телекоммуникационной инфраструктуры комплексного высокоточного спутникового мониторинга опасных гидрометеорологических процессов и явлений в Западной Арктической зоне РФ.

ЭАПК «Лед» предназначен для автоматизации процесса определения сплоченности и возраста морского льда по спут-

никовых снимкам высокого пространственного разрешения и выполнения краткосрочного прогноза ледовой обстановки. Ввод в эксплуатацию такого ЭАПК позволит снизить риски техногенных катастроф, связанных с разрушающим воздействием льдов на стационарные и передвижные технические объекты в районах разведки и добычи сырьевых ресурсов Западной Арктической зоны РФ, а также повысить безопасность и эффективность навигации по Северному морскому пути и транзитных перевозок.

Исследования проводились в несколько этапов. На первом этапе выполнялась разработка новых и модернизация существующих методов:

– разработка нового метода автоматизированного определения характеристик ледяного покрова по спутниковым данным оптического спектрального диапазона и спутниковым радиолокационным изображениям высокого разрешения;

– модернизация метода прогнозирования распределения ледяного покрова и его дрейфа в зоне архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ.

На втором этапе выполнялась разработка программных средств, необходимых для реализации новых методов:

– разработка программных средств автоматизированного определения характеристик ледяного покрова по спутниковым данным оптического спектрального диапазона и спутниковым радиолокационным изображениям высокого разрешения;

– разработка программных средств прогнозирования распределения ледяного покрова и его дрейфа в районе архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне.

На третьем этапе выполнялись теоретические и экспериментальные исследования по созданию ЭАПК «Лед», включающие разработку технической и программной документации на весь комплекс и проведение приемочных испытаний.

ЭАПК «Лед» состоит пяти основных подсистем:

– подсистема «Возраст льда»;

– подсистема «Частная сплоченность»;

– подсистема «Общая сплоченность»;

– подсистема «Прогнозирование ледовой обстановки»;

– подсистема «Нарушения сплошности».

Все пять подсистем ЭАПК «Лед» работают в единой управляющей оболочке, состоящей из модуля управления, модуля



Организационная структура ЭАПК «Лед».

управления обработкой и хранением усвоенной информации, модуля визуализации и управления режимами отображения, модуля представления данных в ГИС. Информация обрабатывается компонентами программного обеспечения ЭАПК «Лед».

ЭАПК «Лед» реализован на трех рабочих станциях, как показано на верхнем рисунке.

Функциональная структура ЭАПК «Лед» представлена на нижнем рисунке.

ЭАПК «Лед» реализует следующие автоматизированные функции:

1. По подсистеме «Возраст льда» (программа «Ice Classification»):

- усвоение спутниковых радиолокационных данных;
- предварительная обработка спутниковых данных с выполнением угловой коррекции РЛ-изображения и вычислением удельной эффективной поверхности рассеяния (УЭПР);

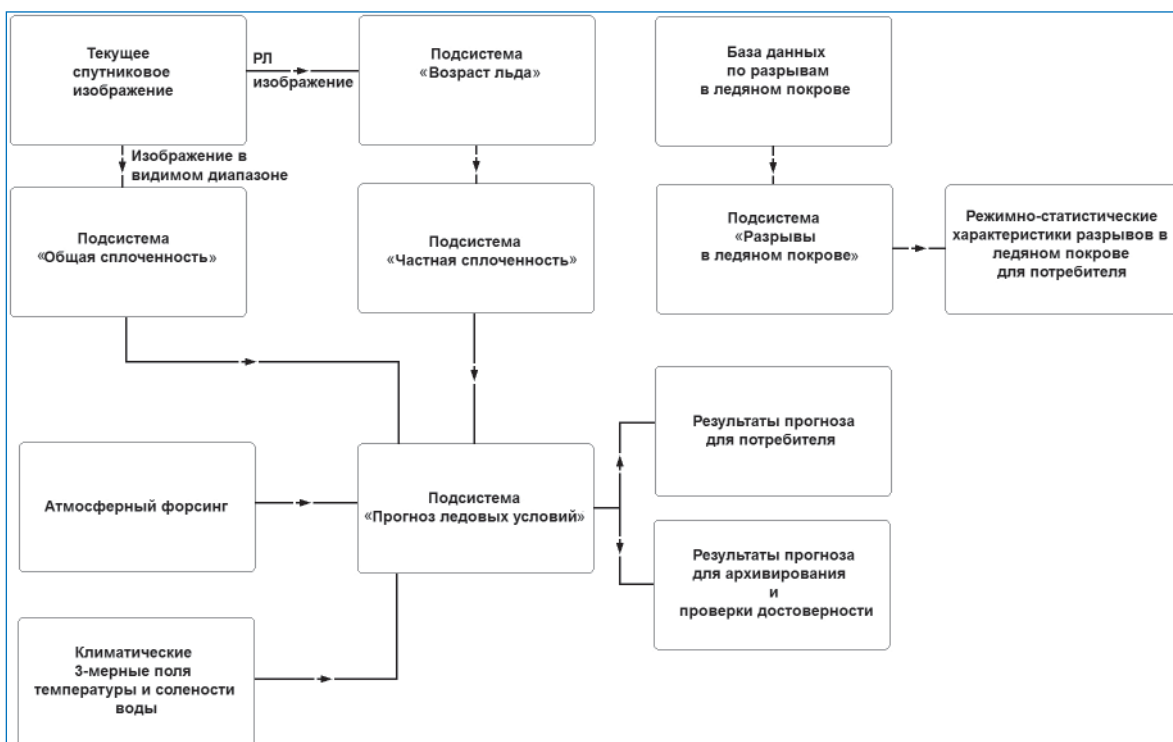
– автоматизированное определение характеристик ледяного покрова (возрастной состав) по спутниковым радиолокационным изображениям высокого разрешения;

– преобразование классифицированных спутниковых данных в изображение с классифицированными возрастными характеристиками льда.

2. По подсистеме «Частная сплоченность» (программа «Get\_Concentration»):

- усвоение радиолокационных спутниковых данных с визуализацией спутниковой информации;
- усвоение спутниковых данных о возрасте морского льда, представленных в виде географически привязанного цифрового двумерного массива с цветовой кодировкой возраста льдов по номенклатуре ВМО;
- определение частной сплоченности ледяного покрова в квадратах регулярной сетки по спутниковым данным о возрасте морского льда;

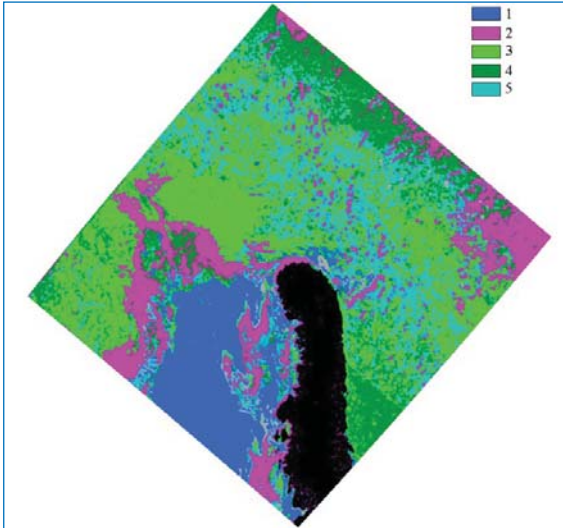
Функциональная структура ЭАПК «Лед».



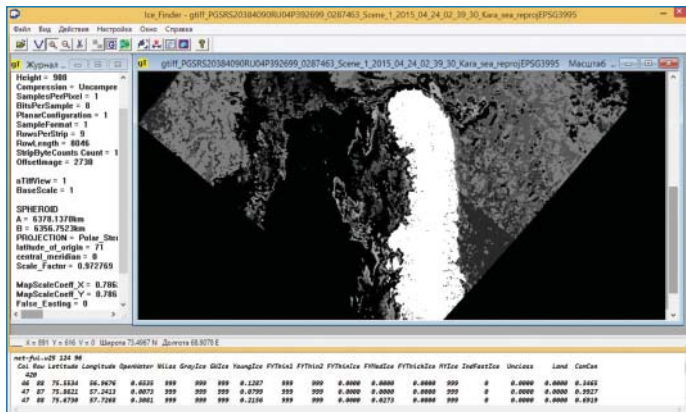
- сохранение данных о сплоченности льда в файлах обменного формата.

3. По подсистеме «Общая сплоченность» (программа “Ice Finder”):

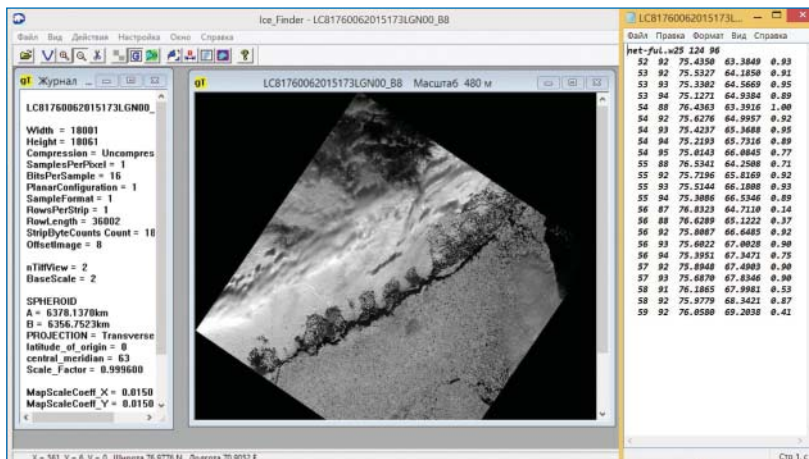
- усвоение спутниковых данных оптического спектрального диапазона с визуализацией спутниковой информации;
- определение общей сплоченности ледяного покрова по спутниковым данным оптического диапазона;
- сохранение данных о сплоченности льда в файлах обменного формата.



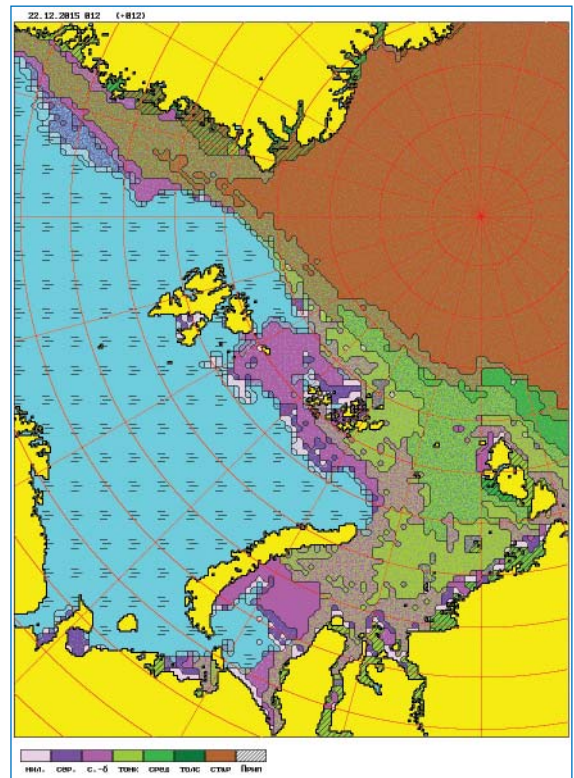
Пример автоматизированного определения возраста льда в Карском и Баренцевом морях: 1 – открытая вода; 2 – молодой лед; 3 – однолетний тонкий лед; 4 – однолетний средний лед; 5 – однолетний толстый лед.



Пример автоматизированного определения частной сплоченности льда в Карском и Баренцевом морях.



Пример автоматизированного определения общей сплоченности льда в Карском море.



Пример прогноза распределения сплоченности льда в летний период в Карском море.

4. Для подсистемы «Прогноз ледовых условий»:

- установка прогностического расчета (дата, заблаговременность, дискретность, включение/отключение блока расчета отрыва припая, включение/отключение блока расчета приливов, выбор параметров для экспресс-визуализации, выбор параметров преобразования результатов в формат ГИС);

- подготовка данных по атмосферному форсингу;
- подготовка данных по термохалинной структуре океана;
- подготовка данных по состоянию ледяного покрова (преобразование фактической ледовой карты из формата ГИС в формат численной модели);
- функция выполнения собственно прогностического расчета;

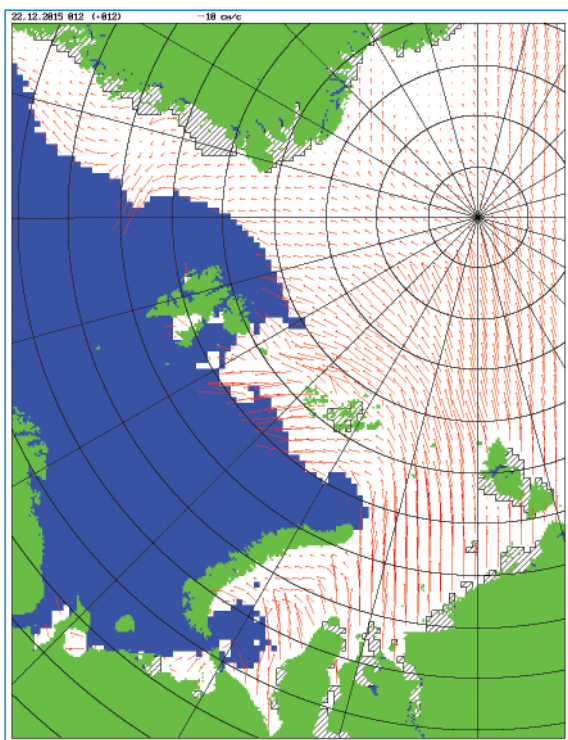
- экспресс-визуализация результатов прогноза (прогностические поля параметров ледяного покрова, выделение районов с опасными ледовыми условиями);

- преобразование результатов прогностического расчета в обменный формат (набор шейп-файлов, содержащих результаты прогноза общего распределения, торосистости и сжатия льда в соответствии с международным стандартом SIGRID-3).

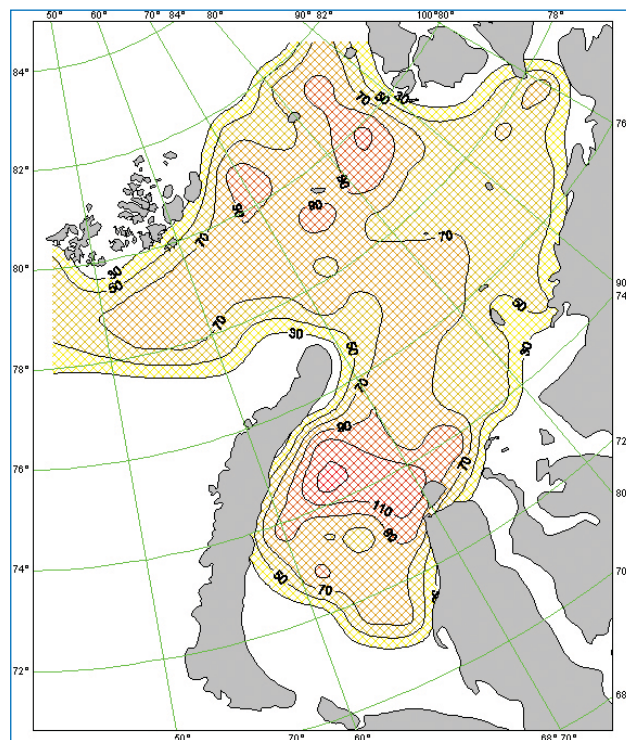
5. По подсистеме «Разрывы в ледяном покрове»:

- выбор характеристик региона (масштаб, сетка и т.п.);
- выбор характеристик нарушения сплошности ледяного покрова (удельная длина, ориентация и т.д.);
- расчет режимно-статистических характеристик нарушения сплошности;
- определение параметров изображения;
- хранение результатов расчета.

Выполнение всех функций ЭАПК «Лед» позволяет получить автоматизированное опре-



Пример прогноза дрейфа льда в Западной Арктической зоне.



Пример представления характеристик нарушения сплошности ледяного покрова в виде протяженности разрывов (км) по климатическим данным.

деление возраста, частной и общей сплоченности льда, как в зимний, так и в летний период.

В результате автоматизации функций ввода исходной информации, расчета и визуализации расчетных данных ЭАПК «Лед» позволяет получить прогностические поля основных характеристик ледяного покрова — сплоченность, толщина, торосистость, сжатия и дрейф льда.

Обращение к подсистеме «Нарушения сплошности» позволяет получить режимно-статистические характеристики нарушений сплошности ледяного покрова (трещины, каналы, разводья или разрывы), такие как удельная длина, модальное направление, протяженность, среднее расстояние между разрывами. На правом верхнем рисунке показан пример

представления протяженности разрывов по климатическим данным.

Таким образом, в результате выполненных работ:

- 1) разработаны новые оригинальные программные средства, позволяющие автоматизировать процесс обработки и дешифрирования спутниковых снимков, как в оптическом диапазоне, так и радиолокационных изображений, а также прогнозирования ледовой обстановки;
- 2) создан экспериментальный аппаратно-программный комплекс мониторинга и прогноза ледовой обстановки в зоне архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ.

*Е.У. Миронов, В.Г. Смирнов (ААНИИ)*

## ЛЕДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЛЕДОКОЛА «ВЛАДИВОСТОК» В АПРЕЛЕ 2016 ГОДА

Экспедиционные работы ФГБУ «ААНИИ» на ледоколе «Владивосток» в Карском море в апреле 2016 года проводились на основании договора, заключенного между ПАО «Выборгский судостроительный завод» и ААНИИ.

Испытания позволили решить следующие практические задачи:

- установить тактико-технические элементы новых судов при работе в ледовых условиях и проверить выполнение требований технического задания на проектирование и постройку;
- оценить эффективность работы судовых систем и устройств;
- определить перспективы увеличения эффективности эксплуатации новых судов в различных замерзающих акваториях морей;
- получить данные научно-исследовательского характера.

Натурные ледовые испытания судна проводились по специально разработанной программе. Научная и практическая ценность результатов испытаний в значительной степени зависит от соблюдения единых условий опытов, методики их проведения и анализа материалов. В основу методики экспериментов в «реперных» ледовых условиях положено допущение о квазистационарности процесса движения судна, а сами испытания проводились по принципу активного эксперимента: в стабильных (однородных) условиях выполнялись пробеги (маневры) судна при различных заданных значениях мощности энергетической установки. Таким образом, всем переменным эксперимента, кроме одной, задавались постоянные значения. Часть этих переменных относится к категории переменных с фиксированным уровнем, часть — со случайным. Основная характеристика ледопроеходимости судна — средняя скорость его непрерывного движения при заданной толщине ровного сплошного льда.