

## **Оценка межгодовых изменений ледовой обстановки в проливе Невельского по данным спутникового мониторинга**

А.А. Васильев, Р.В. Волгутов

*"Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии "Планета" (ФГБУ "НИЦ "Планета"), г. Москва, Большой Предтеченский пер., д.7, E-mail: post\_otdel@rambler.ru*

Пролив Невельского расположен между материковой Евразией и островом Сахалин и соединяет воды Татарского пролива с Амурским лиманом.

Общая длина пролива примерно 56 километров, минимальная ширина 7,3 километров расположена между мысом Лазарева на материке и мысом Погиби на острове Сахалин, а максимальная глубина на фарватере до 7,2 метров.

В 90-е годы прошлого столетия в ФГБУ «НИЦ «Планета» был выполнен проект «Исследование характеристик морского льда в районе проектируемого мостового перехода «мыс Невельского – мыс Лах» на основе анализа многолетних рядов спутниковых, авиационных и наземных данных».

В данном проекте был проведен анализ ледовой обстановки в проливе Невельского на основе использования многолетних рядов спутниковых и авиационных данных, а также наземных наблюдений. При этом основным видом информационного обеспечения в проливе Невельского были архивные спутниковые данные, позволяющие одновременно охватывать космической съемкой всю территорию пролива. В частности, использовались архивные данные спутниковых наблюдений со сканеров высокого (МСУ-Э) и среднего (МСУ-СК) разрешения ИСЗ «Ресурс-О1» №2 (Космос-1939), а также среднего (МСУ-С) разрешения ИСЗ «Океан-О1» № 1-6, регулярно проводившиеся в зимний период над проливом Невельского с 1985 по 1992 гг.

В работе использовались данные ледовых авиаразведок, проводимых в проливе Невельского за 23 года: в 1956-1957 гг., 1963-1967 гг. и 1974-1989 гг. Материалы авиационных наблюдений были взяты из архива Гидрометцентра России. На основе данных, полученных за 23-летний период была составлена сводная таблица которая содержит основные характеристики льда, определяемые по данным авиаразведок. В данной таблице ледовые характеристики систематизированы в пространстве (западная, центральная и восточная части северного и южного створов) и во времени (по декадам ледового периода). Кроме того, в таблице кроме возраста, сплоченности и форм льда приводятся данные о его торосистости, заснеженности и разрушенности.

Были использованы данные наземных наблюдений, проводимых на гидрометеорологических станциях Погиби и Лазарев, а также станции Джаорэ, расположенной севернее пролива Невельского. Данные о температуре воздуха, скорости и направлении ветра за 1985-1996 гг. (около 30000 значений по каждому параметру) были взяты из архива ВНИИГМИ-МЦД). Данные о толщине припайного льда на гидрометеорологических станциях Погиби (за 1953-1954, 1961-1972 и 1982 г.) и Лазарев (за 1971-1988 гг.) были взяты из архива Гидрометцентра России, также систематизированы, по ним построены графики и розы ветров.

Для каждой декады ледового периода выбиралась ситуации максимального и минимального распространения льда в проливе Невельского, по которым были построены тематические карты-схемы ледовой обстановки по данным МСУ-С и МСУ-СК.

В связи с тем, что увеличение разрешающей способности спутниковой информации приводит к проявлению детализации и усложнению структуры ледяных полей, увеличивается вероятность появления ошибок при проведении интерактивного дешифрирования. Для снижения вероятности ошибок операторов на первом этапе проводилась тематическая обработка с использованием объективных методов автоматизированной классификации (кластерный анализ, метод К-средних). При этом каждый выделенный объект соответствовал только одной возрастной категории морского льда. На втором этапе, с учетом анализа статистик выделенных классов и карт ледовой обстановки, полученных в предшествующий период, проводилась обработка на основе субъективных методов интерактивного дешифрирования. В результате данной процедуры производилось объединение (укрупнение) выделенных классов в объекты тематической карты, в которой каждый объект может состоять из нескольких видов льда, различающихся по возрастному составу, сплоченности и формам льда. Тематические карты ледовой обстановки являлись исходной информацией для проведения статистического анализа пространственно-временной изменчивости ледовых параметров в проливе Невельского. Анализ рядов данных спутниковых наблюдений позволил выявить случаи появления больших и обширных ледяных полей в районе южного створа пролива Невельского, представляющих наибольшую опасность для проведения строительных работ. Снижение опасности от встречи с формами льда больших размеров можно достичь искусственно, уменьшая их размеры. Поскольку преобладающими возрастными формами льда являются серые и серо-белые льды, то для их разрушения, по нашему мнению, достаточно иметь в наличии портовый ледокол [“Исследование характеристик морского льда в районе проектируемого мостового перехода “мыс Невельского – мыс Лах” на основе анализа многолетних рядов спутниковых, авиационных и наземных данных”].

С 2000 года по настоящее время эта работа была продолжена.

Для построения карт ледовой обстановки использовались данные видимого диапазона спектрорадиометра MODIS спутников TERRA и AQUA (ширина обзора 2330 км, приведенное пространственное разрешение 250 м.).

Использовалась технология построения карт ледовой обстановки с помощью программного комплекса “Planeta Meteo”, разработанная в ФГБУ «НИЦ «Планета».

В технологии воплощено сочетание автоматизированных и интерактивных процессов. В автоматизированном режиме осуществляется предварительная обработка спутниковых изображений (географическая привязка, трансформирование космических изображений в сформированные заранее картографические основы, составление обзорных монтажей и др.). В интерактивном режиме проводится дешифрирование на космических снимках ледовых параметров (возраст, сплоченность, формы льда, обобщенные характеристики и др.) и их представление на карте в соответствии с требованиями ВМО.

Обработка спутниковых данных включает в себя такие процедуры как, формирование картографической основы по любой акватории Охотского моря, в том числе и акватории пролива Невельского (с заданием типа проекции, разрешения, подбора размера шрифта, нанесением векторной карты и др.).

Далее проводится трансформирование спутниковых карт-основы по опорным точкам с уточнением совместимости спутникового изображения и улучшение визуальных качеств изображения (яркостная корреляция).

В результате формируется многослойный растр изображений, включающий в себя карт-основу в заданной проекции, трансформированное спутниковое изображение за текущий срок и спутниковые изображения за предыдущие сроки в том числе с других

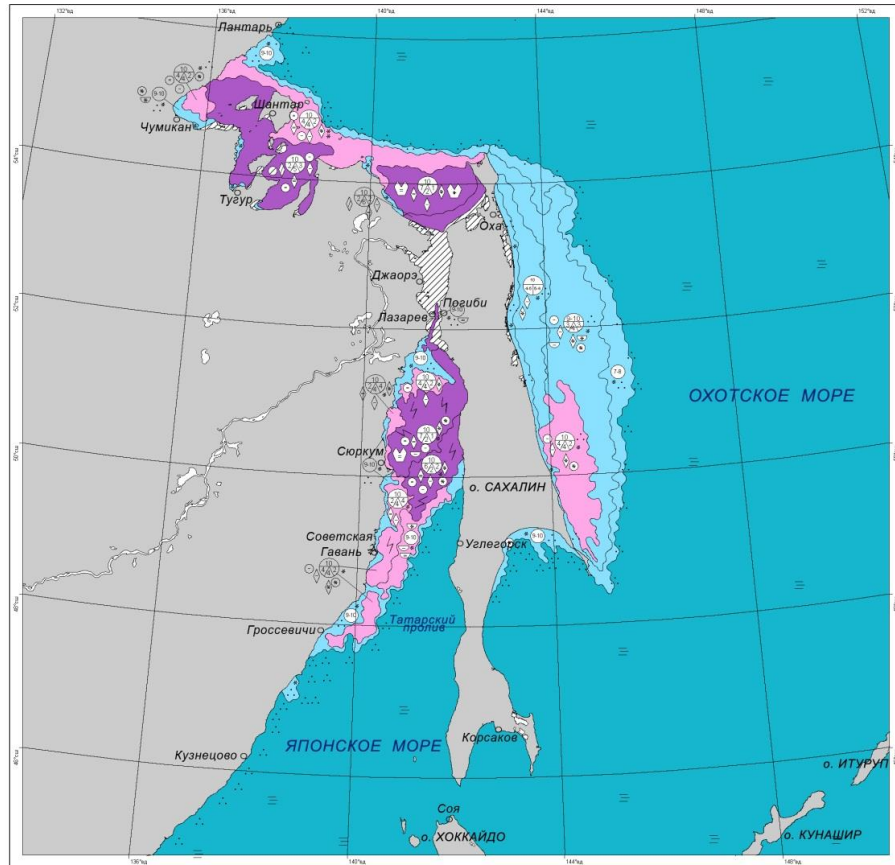
космических аппаратов и других спектральных диапазонов (видимые, инфракрасные и микроволновые), трансформированные в эту же карт-основу.

На завершающем этапе технологии обработки спутниковых данных (тематической интерпретации параметров ледяного покрова) производится процедура интерактивного дешифрирования. При этом выполняются следующие операции: оконтуривание ледяных образований на космическом изображении; цветовая заливка и штриховка оконтуренных объектов; нанесение условных обозначений (возраст, сплоченность, формы льда, обобщенные характеристики и др.) для каждого выделенного объекта, формирование легенды с учетом особенностей каждой карты-схемы.

Данная процедура по-прежнему осуществляется вручную специалистом дешифровщиком; точность и достоверность карт ледовой обстановки зависит от опыта дешифровщика. Необходимость использования визуального анализа при построении карт ледовой обстановки связано с учетом больших объемов практических и экспертных знаний, не поддающихся формализации, таких как: анализа климатической изменчивости характеристик ледяного покрова на данной акватории; анализа ледовой обстановки, полученной на основе данных космической съемки в предшествующий и исследуемый период; анализа гидрометеорологической ситуации; опыта специалиста дешифровщика при определении границы между элементами карты ледовой обстановки (каждый элемент карты может содержать лед разной сплоченности, различных возрастных градаций и форм).

По данной технологии были построены карты ледовой обстановки в проливе Невельского за каждую декаду ледового периода 2000-2013 гг (рис.1).

В настоящее время осуществляется работа по получению достоверной, детальной и точной информации, которая необходима для обеспечения кратковременных и длительных отклонений ледовитости в акватории пролива Невельского, а также обеспечения безопасности мореплавания, хозяйственной деятельности и режимных и климатических исследований в этом районе.

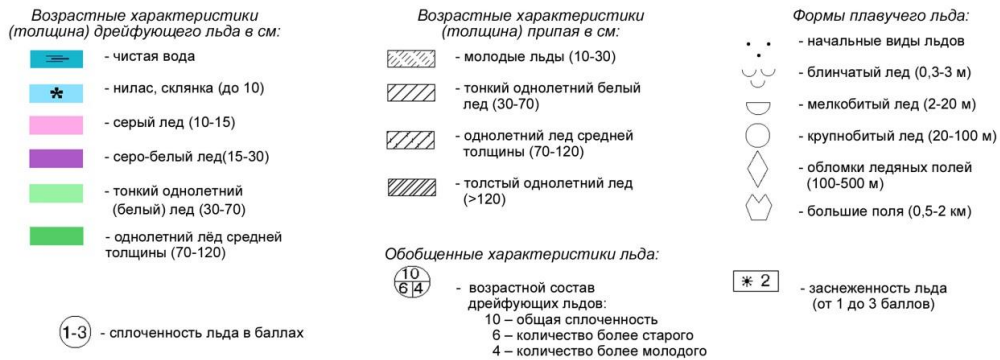


Проекция: стереографическая  
 Центральный меридиан: 142° в.д.

**КАРТА-СХЕМА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЮГЕ ОХОТСКОГО И СЕВЕРЕ ЯПОНСКОГО МОРЕЙ**

составлена по данным ИСЗ "МЕТЕОР-М" №1 / MSU-MP, MODIS / TERRA, NOAA-18 / AVHRR, Suomi NPP / VIIRS, Spot-4 / HRVIR 27-28.12.2012

**У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я**



ФГБУ "НИЦ ПЛАНЕТА" Россия, 123242, Москва, Б.Предтеченский пер., 7, Тел.: (499) 2523717, Факс: (499) 2526610, E-mail: asmus@planet.iitp.ru

**Рис. 1. Карта-схема ледовой обстановки на юге Охотского, севере Японского морей и проливе Невельского**