



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морских информационных систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

На тему: «Метод оценки положения кромки льда по данным пассивных
микроволновых радиометров»

Исполнитель: Лямин Антон Валерьевич

Руководитель: профессор, канд. физ.-мат. н. доцент
Сычёв Виталий Иванович

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фокичева Анна Алексеевна

« » 2017 г.

Санкт-Петербург

2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морских информационных систем

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА**

На тему: «Метод оценки положения кромки льда по данным пассивных
микроволновых радиометров»

Исполнитель: Лямин Антон Валерьевич

Руководитель: профессор, канд. физ.-мат. н. доцент
Сычёв Виталий Иванович

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фокичева Анна Алексеевна

« ____ » _____ 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКЕ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ.....	5
1.1 Основные характеристики пассивных микроволновых радиометров на примере SMMR, SSM/I, AMSR2.....	8
1.2 Навигация по ресурсу в целях получения данных.....	15
1.3 Основы получения данных для поставленной задачи.....	20
Выводы.....	25
ИСТОРИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ ВАРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ.....	26
2.1 Положение кромки льда и характеристика ледовых условий северных морей.....	33
Выводы.....	38
ОБЩАЯ СХЕМА ДОСТУПА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОЛОЖЕНИИ КРОМКИ ЛЬДА В АРКТИКЕ.....	40
3.1 Определение погрешности показаний регистраторов.....	44
3.2 Описание погрешностей, их происхождения и устранения последствий в информации для пользователей.....	47
Выводы.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность территории Арктики постоянно растет уже сегодня 10% всех России складывается из результатов работы предприятий, функционирующих в этом регионе. Изменения климата уменьшает территорию льда и увеличивает количество навигационных дней это дает толчок судоходству и улучшает экономическую среду региона. Если эти тенденции будут развиваться таким образом нужно обеспечить безопасность мореплавания в Арктических широтах. Судоходство в Арктических широтах очень суровое и что бы предоставить максимум безопасности членам экипажа и судна, должны быть приняты самые современные и точные данные в навигации.

Большое пространство и сезонность морского льда являются предметом серьезного научного исследования. Актуальность этой темы значительно возросла в последние несколько десятилетий, когда изменение климата стало глобальной социальной и политической проблемой. Принимая во внимание труднодоступность полярных регионов и сильно разреженную сеть полярных метеорологических станций, большое значение приобрели дистанционные методы исследования морского льда. В наше время использование космических снимков обеспечивает огромным потоком информации, в частности о Арктическом бассейне. Оптико-электронные дают лишь видимую характеристику в отличии от пассивно микроволновых радиометров, которые с помощью своего излучения распознают более сложные характеристики льда. Благодаря этому мы можем наблюдать и прогнозировать положение, а также рост и таяние льда.

На данный момент есть крупные системы, которые предоставляют изображения мониторинга льда пассивными микроволновыми радиометрами, в этой работе я буду пользоваться- “**VISHOP**” и “**Sea Ice Index**”. В их библиотеке содержатся данные с 1978г. таких приборов как SSM/I, AMSR

2и SMMR. На данный момент активно используются для построения ледовых карт (АНИИ) данные с источника “VISHOP” при использовании прибора AMSR2 Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA) «Shizuku» спутника GCOM-W1. Такие карты показывают температуру, толщину сплоченность и припой. И по поведению показателей характеристик можно заметить аномалии в территориальном сдвиге многолетних льдов в период один день, что говорит о очевидной погрешности таких показаний. Это и послужило основой для задачи данного проекта.

Актуальность работы заключается в следующем:

- оценка погрешности кромки льда по данным пассивных радиометров для дополнительного уточнения при навигации судов.

Объект исследования – Арктический бассейн

Предмет исследования – Данные пассивно микроволновых радиометров

Целью проекта является

-Выявить преимущества и недостатки, а также погрешности определения кромки льда по данным пассивных микроволновых радиометров

Задачами для данного проекта являются:

-Оценить погрешность кромки льда для показаний разных радиометров;

-Определить причину погрешности и устранение последствий в информации для пользователей

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКЕ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ.

Данные о характеристиках льда в полярных широтах имеют большую ценность для принятия решений в большой области задач, являясь почвой организации судоходства и добычи полезных ископаемых в полярных регионах. К тому же, морской лед считается отчетливым индикатором перемен климатической системы [2] вследствие, например, именуемого эффекта полярного усиления, по причине ряда прямых и обратных связей приводящего к интенсификации потепления в полярных ареалах [11]. В реальное время в Арктике случается драматическое сокращение площади летнего ледового покрова, т.е. развитие перехода к сезонности арктического льда. К огорчению, квалифицировать как повторяемо это мероприятие, в том числе и на памяти населения земли, буквально нельзя, ибо абсолютная, систематическая информация о массовом состоянии ледяного покрова полярных областей нашей планеты стала доступна лишь только с началом спутниковых исследований.

Данные разведок, дополненные судовыми и стационарными наблюдениями, обобщались ледовыми экспертами за соответствующий период (обычно за 3-4 дня предшествующих дате выпуска карты) и служили основой для составления обзорных ледовых карт Евразийской Арктики. Сначала авиация определяла только такие элементы ледовой обстановки, как форма и сплоченность льдов. Затем к ним прибавились цвет, торосистость, разрушенность, дрейф, возраст льда, а в ряде случаев даже его толщина. Постепенно совершенствовалась и аэронавигационная сторона разведки [12]. Стали применяться инструментальные методы наблюдений [13]. Сложность в использовании этих данных для оценки климатологии морского льда заключается в их нерегулярности и региональной направленности.

Опыт ледовых авиационных разведок способствовал быстрому развитию и внедрению в оперативную практику новых спутниковых технологий картирования ледяного покрова [14] в 1966 г. был запущен первый советский спутник серии «Метеор-1», осуществлявший покадровую съемку Земли двумя телевизионными камерами (аналог аэрофотосъемки). Снимки принимались наземными приемными пунктами, расположенными в Москве, Новосибирске, Хабаровске, и пересылались потребителям по почте, что исключало возможность их использования в целях оперативного обеспечения. Изучение снимков дало возможность получить опыт дешифрирования морских льдов и практику составления ледовых карт по телевизионным спутниковым изображениям.

В 1975 г. был запущен первый спутник серии «Метеор-2». Информация с него в виде аналогового видеосигнала изображения стала передаваться не только на основные (указанные выше) приемные центры, но и на автономные пункты приема информации (АППИ), устанавливаемые непосредственно у потребителей, для которых информация передавалась в режиме непосредственной передачи в реальном масштабе времени. Это позволило использовать получаемую информацию непосредственно для решения оперативных задач, а работа бортовой аппаратуры в режиме запоминания - получать на АППИ снимки любого района земного шара. Таким образом, стало возможным в ААНИИ принимать снимки, сделанные как в Арктике, так и над Антарктидой. С этого момента начали развиваться количественные (с помощью ЭВМ) методы обработки космической информации непосредственно на объектах пользователей. В том же году были разработаны алгоритм и программа аналитической географической привязки с использованием весьма несовершенной программно-управляемой электронной клавишной вычислительной машины (ПЭКВМ) «Искра-1250». Первый специализированный океанографический ИСЗ <Seasat> был запущен в США 28 июня 1978 г.

В 1979 г. были начаты работы по созданию отечественного океанографического спутника «Океан» с радиолокатором бокового обзора на борту. В состав бортовой аппаратуры этого спутника были включены также сканирующие устройства оптического диапазона, пассивный микроволновый радиометр, система сбора и передачи данных от платформ сбора данных (автоматических буев). Информация в режимах передачи запоминания-воспроизведения передавалась как на основные пункты, так и на АППИ.

Первый в мире эксперимент по исследованию Земли из космоса радиофизическими методами был осуществлен в СССР. 23 сентября 1968 г. был выведен на орбиту спутник «Космос-243», имевший на борту четыре радиотелескопа, направленных в надир. Они измеряли тепловое радиоизлучение поверхности Земли и ее атмосферы на длинах волн 0,8; 1,35; 3,4 и 8,5 см. ИК-радиометр, установленный на борту, измерял излучение в полосе 10-11 мкм в том же телесном угле, что и радиотелескопы.

В 1972 г. спутниковые приборы микроволнового диапазона начали наблюдение за морским льдом. Первый подобный прибор (Electrically Scanning Microwave Radiometer, ESMR) был установлен NOAA на ИСЗ Nimbus-5. В 1973 г. был проведен советско-американский под спутниковый эксперимент «Беринг» для валидации данных о полярных регионах, получаемых со спутниковых СВЧ-радиометров [15]. Участвовали два корабля (НИСП «Прибой» и ледокол береговой охраны США «Staten Island»), три самолета-лаборатории (Ил-18 ГГО с модифицированным многоканальным микроволновым комплексом, обеспечивающим возможность сканирования и поляриметрических СВЧ-измерений; Ан-24 ААНИИ, Conveyer-990 NASA «Galileo-1»), спутники «Метеор» и Nimbus

Приборы (активные и пассивные), работающие в микроволновом диапазоне, расположенные на искусственных спутниках Земли (ИСЗ), позволяют проводить измерения вне зависимости от времени суток и облачности. Наиболее оптимальными методами мониторинга, по временным

параметрам (длительность и частота наблюдения) и пространственному обзору (покрытие и перекрытие зон), являются пассивные дистанционные методы [16]

Получаемая от спутников информация нуждается в обработке и интерпретации. Для этого используются различные алгоритмы восстановления характеристик морского льда по данным спутниковой микроволновой радиометрии. Основными характеристиками, определяемыми с помощью таких алгоритмов, являются: сплоченность льда (отношение площади льдин в зоне, где они распределены сравнительно равномерно, к общей площади этой зоны), ледовитость (процент площади, занятой льдом любой сплоченности по отношению к общей площади региона) и, в некоторых случаях, возраст льда [16]. Все эти характеристики являются важнейшими индикаторами глобальных климатических изменений. В настоящее время существует большое количество алгоритмов для анализа сплоченности и ледовитости морского льда по данным спутниковых микроволновых радиометров: NASA Team (NT), NASA Team 2 (NT2), Bootstrap, ARTIST Sea Ice (ASI), NORSEX, Bristol, TUD, Svendsen, Near 90GHz, SEA LION (SL), AES/York, CalVal, ECICE, 2-PhasenAlgorithmus, Lomax-MY, Kongoli, и т.д. Есть ряд гибридных алгоритмов, которые используют методики нескольких алгоритмов: OSI SAF, использующий различные комбинации алгоритмов – Bristol + Bootstrap, Bristol + Bootstrap + TUD, Bristol + NT; DMI-Hybrid, который использует алгоритмы NT и Bootstrap, и ряд других гибридных алгоритмов [17].

1.1. Основные характеристики пассивных микроволновых радиометров на примере SMMR, SSM/I, AMSR2.

Сканирующий СВЧ радиометр SMMR (Scanning Multichannel Microwave Radiometer), специальный прибор SSM / I (Special Sensor Microwave / Imager) и усовершенствованный микроволновый сканирующий

радиометр - AMSR2(Advanced Microwave Scanning Radiometer 2), в свою очередь были на околоземной орбите в течение нескольких десятилетий на различных платформах, принимая измерения яркостных температур полярных областей Земли на почти постоянной основе. По этим данным спутники предоставляли возможность оценить движение морского льда с 1979 года по настоящее время. Получаемая информация используется для отслеживания особенностей морского льда и обозначают поля движения льда до ежедневного временного масштаба.

Эти поля движения льда в настоящее время используются для построения характеристики различных динамических процессов, происходящих в полярных регионах, в том числе оценок обмена морского льда между Ледовитым океаном и периферийными морями и образование полыней от крупных шельфовых ледников Антарктиды. [5]

SMMR-Микроволновый радиометр

Сканирующий Многоканальный СВЧ радиометр работал на NASA, спутника Nimbus-7 на протяжении более восьми лет, с 26 октября 1978 по 20 августа 1987 года с передачей данных каждый день. Предназначался для получения параметров циркуляции океана, таких как температуры поверхности моря, ветра низких высот, пары воды и содержание в облаках жидкой воды на всепогодной основе, SMMR является инструментом десять каналов с возможностью приема как горизонтально, так и вертикально поляризованного излучения. Параболическая антенна 79 см в диаметре отражение СВЧ на пять частот. Луч антенны поддерживается постоянным углом надиром 42 градусов, в результате чего угол падения 50,3 градусов на поверхности Земли. Антенна была вперед просмотра и поворачивается равной ± 25 градусов относительно спутника. 50 градусов сканирования обеспечивается 780 км валок поверхности Земли. Период сканирования был 4,096 секунды.

Датчик SMMR это устройство десять каналов. Пять двойной поляризации (горизонтальные, вертикальные) частот в диапазоне от 6,6 гигагерц (ГГц) до 37,0 ГГц. Обратите внимание, что данные 21 ГГц (канал 4) не входят в этот набор данных, так как стал бесполезен после первых двух лет.

Таблица 1.1 Основные характеристики датчика SMMR

Платформа	Нимбус-7
Датчик	SMMR
Пространственный охват и разрешение	84 градусов южной широты до 84 градусов северной широты и 180 градусов Западой долготы до 180 градусов восточной долготы с 780 км шириной сканирования
Временный охват и разрешение	25 октября 1978 по 20 августа 1987 года с разрешением любой другой день
параметры	Яркость Температуры
Формат данных	HDF

SSM / I-Микроволновый радиометр

SSM / I работает практически непрерывно с июня 1987 года. Опасение по поводу производительности радиометра привело к выключению инструмента на спутнике F8 в начале декабря 1987, чтобы избежать перегрева. Канал вертикальной поляризации 85 ГЦа удался включить в январе 1988 г. Анализ показал недостаточные термические экранирование радиометры данного датчика из - за чрезмерного нагрева при перигелии . Горизонтальная поляризация (85ГЦа) впоследствии увеличивала количество радиометрических ошибок и была выключена летом 1988 года. Запуск следующего SSM / I, на борту спутника F10, состоялось 1

декабря 1990 года, но он не был полностью успешным. Взрыв ракеты-носителя F10 по эллиптической орбите. F12 тепловизор с отсроченной датой запуска, из-за неисправности SSM/I. Дополнительное время и затраты были вложены для устранения проблемы, но, однако, помочь SSM / I не удалось, после запуска, данные радиометра не были доступны.

Данные SSM / I используется для получения геофизических параметров; в частности, поверхности океана, скорости ветра, площади покрытой льдом, возраст льда, кромка льда, осадки над землей, осадки над водой, влажность почвы, температура поверхности земли, снежный покров, и температура поверхности моря. [6]

Приборы называются по спутниковому номеру, всего их шесть они перечислены в таблице ниже (табл.1.2.). В настоящее время действующая спутниковая серия: F15

Таблица 1.2 Спутники с прибором SSM/I

Прибор	Дата запуска	Прекращение эксплуатации
F08 SSM / I	Июль 1987	декабрь 1991
F10 SSM / I	Декабрь 1990	ноябрь 1997
F11 SSM / I	декабрь 1991	Май 2000
F13 SSM / I	Май 1995	ноябрь 2009
F14 SSM / I	Май 1997	Август 2008
F15 SSM / I	декабрь 1999	настоящее время

SSM / I представляет собой семь каналов, четыре частоты, ортогонально поляризованные, пассивно микроволновый

радиометрический, который измеряет температуру атмосферы, океана и местности в диапазоне микроволновой яркости 19.35, 22.2, 37.0 и 85.5 ГГц.

Использование SSM / I в качестве примера можно продемонстрировать некоторые общие черты всех конических пассивных микроволновых датчиков. SSM / I коническую валок сканирования составляет 1400 км в ширину (Рис.1.) Обратите внимание на то, как спутник на 833 км над поверхностью Земли всегда смотрит вперед, при фиксированном угле падения, образованном углом антенны сканирования и местной вертикалью. Концентрические овалы разрешения датчика (иногда называемое как размер отпечатка) для различных частот. Обратите внимание на то, что разрешение датчика одно и то же в каждом месте в валок для данной частоты.

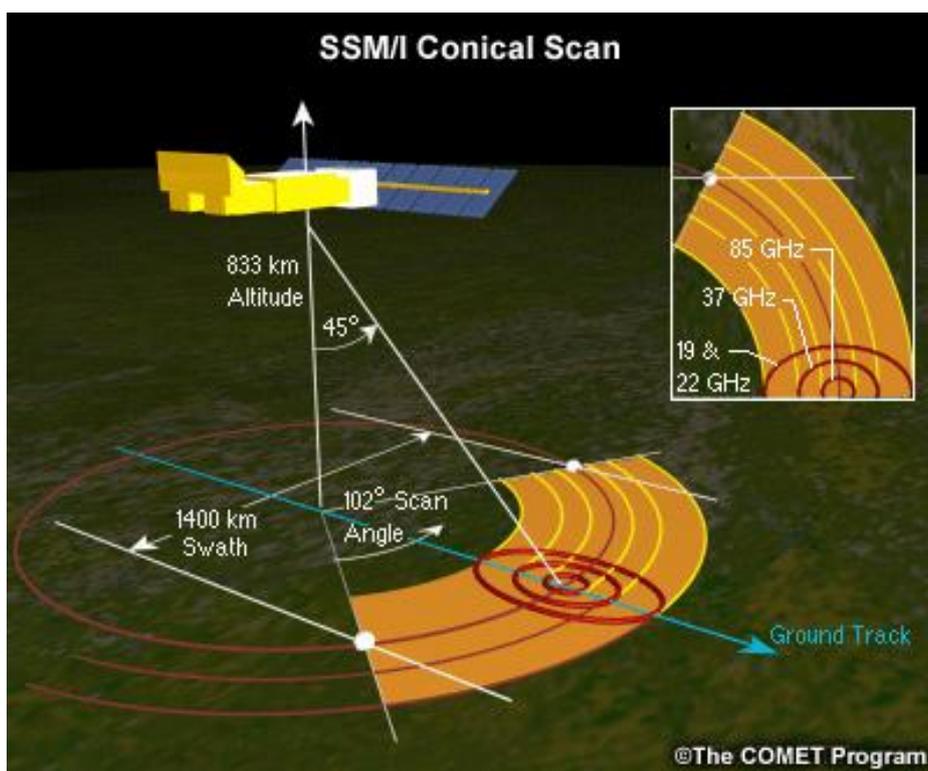


Рисунок 1.1 Коническое сканирование SSM/I

Электромагнитное излучение поляризованного окружающего электрического поля, рассеянного атмосферой и поверхностью Земли и рассеивается, и поглощается в атмосфере парами воды, кислорода, жидкой

воды и льда. Инструмент SSM / I состоит из смещения параболического отражателя, который 24 x 26 дюймов, подаваемых с помощью семи-порт рупорной антенны. Отражатель и корм смонтированы на барабане, который содержит радиометры, цифровые подсистемы данных, механические подсистемы сканирования и подсистему питания. Узел барабана вращается вокруг оси барабана. Маленькое зеркало и горячий опорный поглотитель, установленные на узле. Инструмент подметает 450 конуса вокруг вектора скорости спутника так, что угол падения Земли всегда 54°. Данные записываются вовремя 102.40 конуса, когда перехватывает луч антенны земной поверхности. Следующий канал изменяется в зависимости от энергии канала, в положении сканирования, вдоль сканирования или вдоль направления дорожки и высоты спутника с 85 ГГц который является с наименьшим пространственным разрешением 13 x 15 км до 19 ГГц с самым близким пространственным разрешением в 43 x 69 км. Поскольку пространственное разрешение у 85 ГГц настолько мало, что выборка в два раза чаще, т.е. 128 раз сканирования. Один цикл данных состоит из 4-х 85 ГГц сканирования и 2 сканирования каналов 19, 22 и 37 ГГц. Полный цикл занимает 28 секунд, и она должна быть завершена, чтобы обработать данные. Спутниковые эфемериды вычисляются с использованием физически на основе орбитальной модели механики. Пиксели SSM / I имеют географическую привязку с использованием спутниковых эфемерид и ориентации спутника корректировки. температура антенны вычисляется из инструментальных отсчетов линейного уравнения, то есть преобразование является обратимым. Архивные файлы содержат метаданные по орбите, географической привязке и температуре антенны.

AMSR2 - Микроволновый радиометр

18 мая 2012 был выведен на орбиту спутник Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA) «Shizuku» (GCOM-W1) с прибором AMSR2. Калибровочные работы были завершены к январю 2013 года, и в настоящее время данные доступны для использования. AMSR2 по сравнению со своими аналогами имеет улучшенную систему калибровки, дополнительный канал в 7,3 ГГц и пространственное разрешение 62×35 км на частоте 6,925 ГГц, 22×14 км на частоте 18,7 ГГц и 5×3 км на частоте 89,0 ГГц. С использованием данных канала 89 ГГц возможно достигать пространственного разрешения почти в четыре раза превышающего разрешение SSM/I при использовании канала 85 ГГц [10].

Большая антенна, 7 частот / 14 каналов в диапазоне от 6.9 до 89 ГГц

Таблица 1.3 Краткие характеристики прибора AMSR2

#	Характеристика	Значение
1	Масса, кг.	320
2	Мощность, Вт	400
3	Разрешение	Диаметр антенны 2 м. Разрешение зависит от частоты
4	Тип прибора	Радиометер
5	Целевое назначение	Многоцелевая съемка
6	Тип сканера	конический: 55° градусов от зенита; ряд: 1450 км - Скорость сканирования: 40 снимков/минуту = 10 км/снимок
7	Скорость работы, кбит в секунду	130

AMSR2 измеряет интенсивность микроволн в шести частот от 7 ГГц и 89 ГГц, испускаемых от земли и атмосферы. В полосе пропускания 7 ГГц, то AMSR2 имеет две системы приемника для частот 6,925 ГГц и 7,3 ГГц, и она также оснащена два приемника системы называется А и В в

полосе пропускания 89 ГГц. Каждая частота / система может измерить вертикальную поляризацию и горизонтальную поляризацию, таким образом, AMSR2 может предложить 16 различных видов температуры яркости продуктов. В приведенной ниже (Табл. 1.3) основные характеристики AMSR2, и На (Рис. 1.2.) показаны некоторые примеры продуктов яркости температуры.

Таблица 1.4 AMSR2 Основные характеристики

Частота наблюдения (ГГц)	6,925	7,3	10,65	18,7	23,8	36,5	89,0 (A)	89,0 (B)
поляризация наблюдения	Вертикальная и горизонтальная поляризация							
Диапазон измерения (К)	2,7 - 340							
Разрешение температура (К)	0,34	0,43	0,7	0,7	0,6	0,7	1,2	1,2
Мгновенный угол зрения (Дг × Эль)	35 × 62	34 × 58	24 × 42	14 × 22	15 × 26	7 × 12	3 × 5	3 × 5
Ширина измерения (км)	1450							

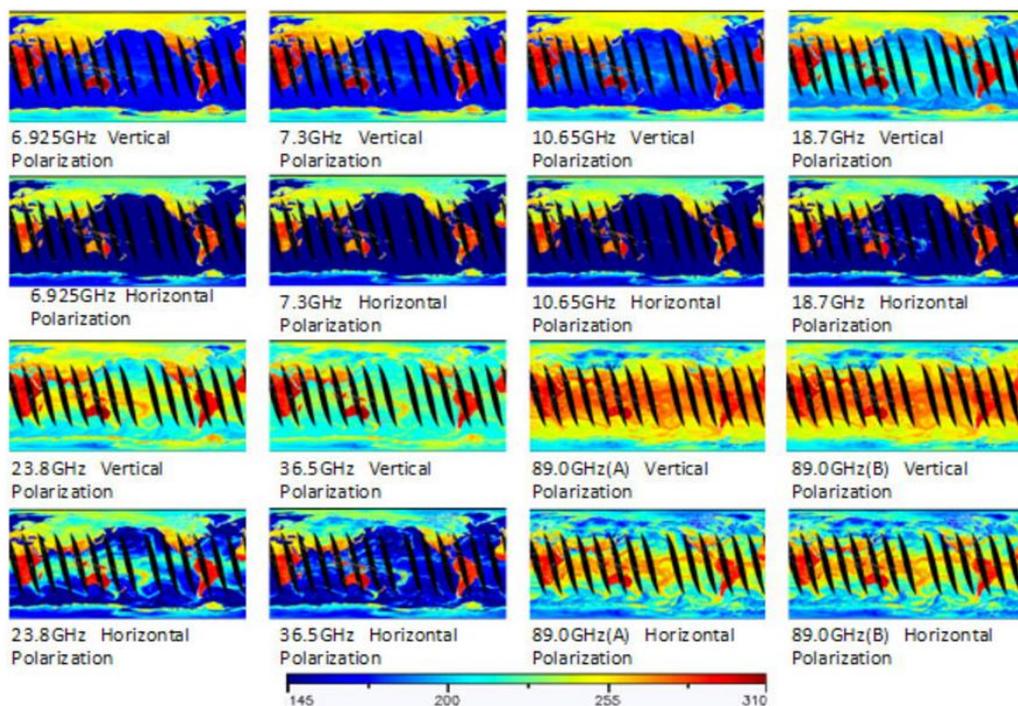


Рисунок 1.2Примеры Яркость температуры продуктов (по возрастанию орбиты на 18 января 2017 года)

1.2 Навигация по ресурсу в целях получения данных.

В данной работе используется две системы данных для выявления погрешности пассивных микроволновых радиометров, и устранение последствий в информации для пользователей

Перваясистема-VISHOP, версия 2

Втораясистема - Sea Ice Index, версия 2

Система “**VISHOP**” предназначена для визуализации в режиме онлайн и анализа спутниковых данных, полученных разными приборами в микроволновом диапазоне. Список данных, предоставляемых этой системой можно найти по следующему адресу <https://ads.nipr.ac.jp/vishop/#/extent>

Система VISHOP позволяет получить для анализа данные пассивных микроволновых радиометров для расчета морского ледяного покрова и его площади.

Такие данные получены путем преобразования результатов ежесуточной съемки поверхности Арктики. По значениям яркости в диапазонах синего и белого предлагаются значения цветового индекса - соответствующие значениям концентрации льда. (рис.1.3.)

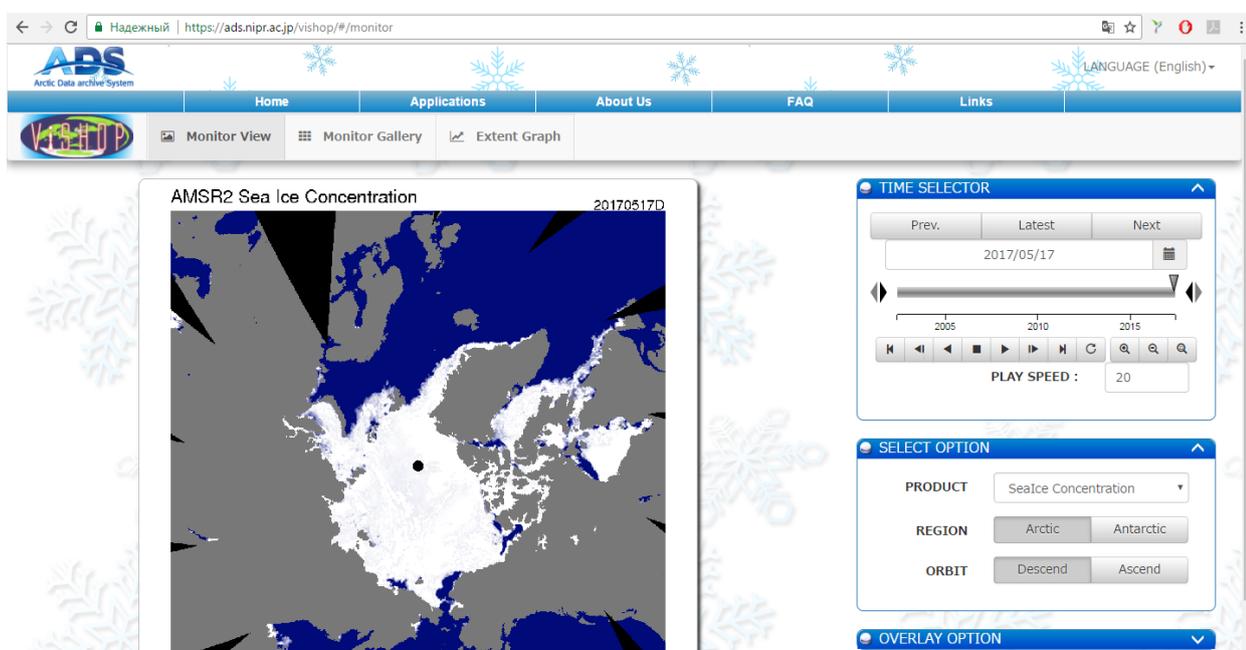


Рисунок 1.3 Система VISHOP

Средствами системы VISHOP для выбранного региона в заданном временном интервале можно рассчитать площадь ледяного покрова для этого на сайте размещены – карты расположения льда его концентрации; графики ледовитости морского льда для визуализации данных и анализа изменений во времени.

Для расчета морского льда

Черная точка на Северном полюсе область отсутствуют данные, где датчики не могут наблюдать поверхность Земли из-за границы его наблюдательной базы. Обратите внимание, что эта область также считается морским ледяным покровом в нашей оценке морского льда.

В принципе, данные спутниковой информации могут иметь ошибки в размере 10%, самые большие, особенно для области тонкого морского льда вокруг края морского ледяного покрова и с растаявшими участками морского льда летом. Кроме того, вдоль береговых линий также могут быть ошибки из-за загрязнения почвенно-растительного покрова в мгновенном поле зрения данных микроволновых радиометров.

Усреднение периода и сроки обновления ежедневных данных: В целом, протяженность морского льда определяются как временные из нескольких дней (например, пяти дней), чтобы исключить ошибки вычислений из-за отсутствие данных (например, для традиционной микроволновой печи датчики, такие как SMMR и SSM / I). Тем не менее, они принимаются в среднем последних двух дней для достижения быстрого оформления данных.

Определение морского ледяного покрова (степени и область): Площадь морского ледяного покрова часто определяется двумя способами, т.е. морского льда «степени» и морского льда «площадь». Эти многочисленные определения морского ледяного покрова иногда может запутать пользователей данных. Бывший определяются как сумма ареала морского льда, покрывающего океан, тогда как последнее определение «площадь» рассчитывает только морской лед, покрывающую часть океана. Таким образом, протяженность морского льда всегда больше, чем площадь морского льда. Из-за возможной ошибки в SIC, упомянутых выше, концентрация спутника происхождения морского льда может быть недооценена, особенно летом. В таком случае, площадь морского льда в большей степени подвержена ошибкам, чем в степени морского льда.

Системой VISHOP были использованы данные следующих сенсоров;

- Январь 1980 ~ июль 1987 : SMMR
- Июль 1987 ~ июнь 2002 : SSM / I
- Июнь 2002 ~ октября 2011 : AMSR-E
- Октябрь 2011 ~ Июль 2012 : Виндсат
- Июль 2012 ~ настоящее : AMSR2

Таблица 1.5. Предоставляемая информация с приборов

AMSR-2	Температуры яркости AMSR2 и данные продукты предоставляются Японским агентством аэрокосмических исследований (JAXA)
AMSR-E	В яркости и температуры продуктов данных AMSR-E были предоставлены Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA)
Виндсат	Температуры яркости Виндсат Sensor Data Record (SDR) в настоящее время обеспечивается научно-исследовательской лаборатории военно-морских (NRL) и NOAA Национальный экологических спутниковых данных и информации (NESDIS)
SSM / I	Данные SSM / I Антенна температуры (TA) были произведены системой дистанционного зондирования (RSS).
SMMR	В Nimbus-7 SMMR Яркостно-Температурные данные были представлены в Лаборатории реактивного движения, Калифорнийский технологический институт, Пасадена, Калифорния, в рамках контракта с Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА)

Источник “Sea Ice Index” обеспечивает быстрый взгляд на антарктический бассейн и ширину изменений морского льда. Это источник для последовательных, уточненных изображений с значениями данных концентрации морского льда, от ноября 1978 года по настоящее время. (Рис.1.4.) Список данных, предоставляемых этой системой можно найти по следующему адресу http://nsidc.org/data/seaice_index

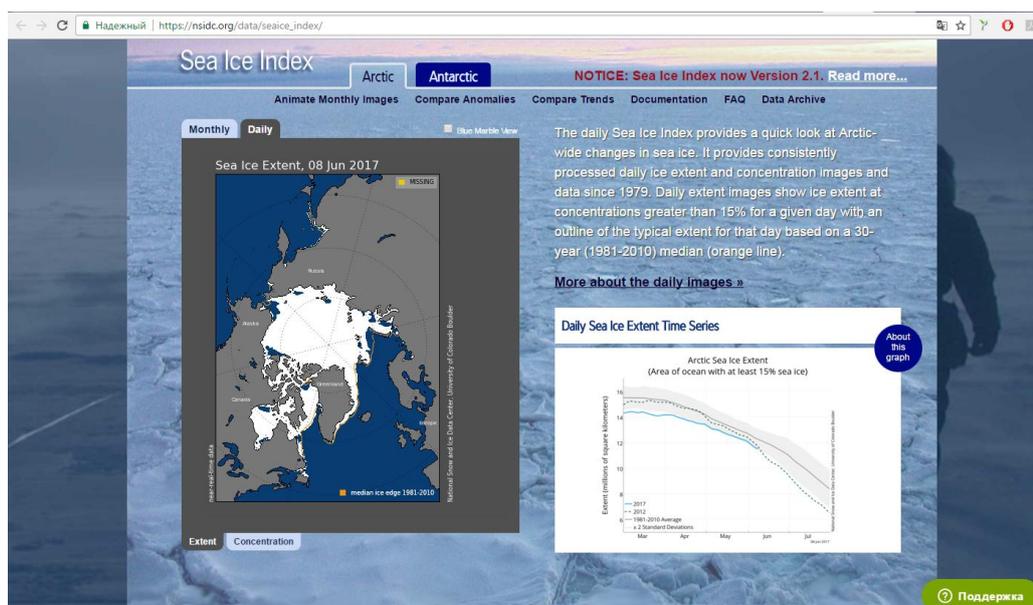


Рисунок 1.4 Источник “Sea Ice Index”

Таблица 1.6 Обзор ресурса “SeaIceIndex”

Параметры	"Sea Ice Concentration" Используется для создания пространственных изображений льда и его концентрации, файлы с данными полусферы, шириной льда и обледенелой области в течение длительного времени, так же используются для графика морского льда и электронных таблиц с параметрами анализа.
Пространственный охват и разрешение	Пространственное Покрытие: Северные и Южные полушария от 30,98 ° N и S 39,23 ° Пространственное разрешение: 25 км
Дата начала анализа	с ноября 1978 по настоящее время
Формат данных	Месячные и Дневные изображения: Portable Network Graphics (.png) Файлы данных: ASCII текст с разделителями запятыми файлы (.csv) GIS Совместимые файлы: шейп - файлы (.shp) С привязками Изображения: GeoTiffs (.tif) Google Earth ™ Совместимость файлов: Сжатые замочную разметки языковые файлы (.kmz)

Продукция “Sea Ice Index” получена из двух наборов данных: Near-Real-Time DMSP и SSMIS Daily Polar по квадратам сетки , морской лед Концентрации , как продукт NRTSI, и “SeaIceConc.” от Nimbus-7 SMMR и DMSP SSM/I-SSMIS Пассивная СВЧ данных , упомянутые в настоящем документе в качестве продукта GSFC. Эти спутниковые пассивные наборы данных микроволновые происхождения используются для создания ежедневных и ежемесячных изображения и цифры, которые содержат запись морского льда индекс морского льда и концентрации с ноября 1978 года по настоящее время. Информация о точности и точности пассивных микроволновых происхождения морского льда концентрации продуктов можно найти в этой документации, а также в документации на продукцию NRTSI и ГЦКП.

Месячные изображения показывают морской лед, с контуром срединной степени за этот месяц для сравнения. Другие ежемесячные изображения показывают концентрацию льда, а также тенденции и аномалии в концентрации в течение этого месяца. Месячные продукты также доступны в качестве географических информационных систем (ГИС), совместимых шейп-файлов. Файлы данные ASCII текст содержат среднемесячный объем и площадь в миллионах квадратных километров, в году. Эти ежемесячные числа используются для графиков степени аномалий с линиями тренда и интервалами значимости. Аномалии и медиана степени рассчитываются с использованием 30-летний опорный период с 1981 по 2010 год

1.3. Основы получения данных для поставленной задачи.

Для решения задачи нам потребуются данные из двух описанных ранее источников см. раздел 1.2

Переходим по ссылке <https://sites.google.com/site/arcticseaicegraphs/>

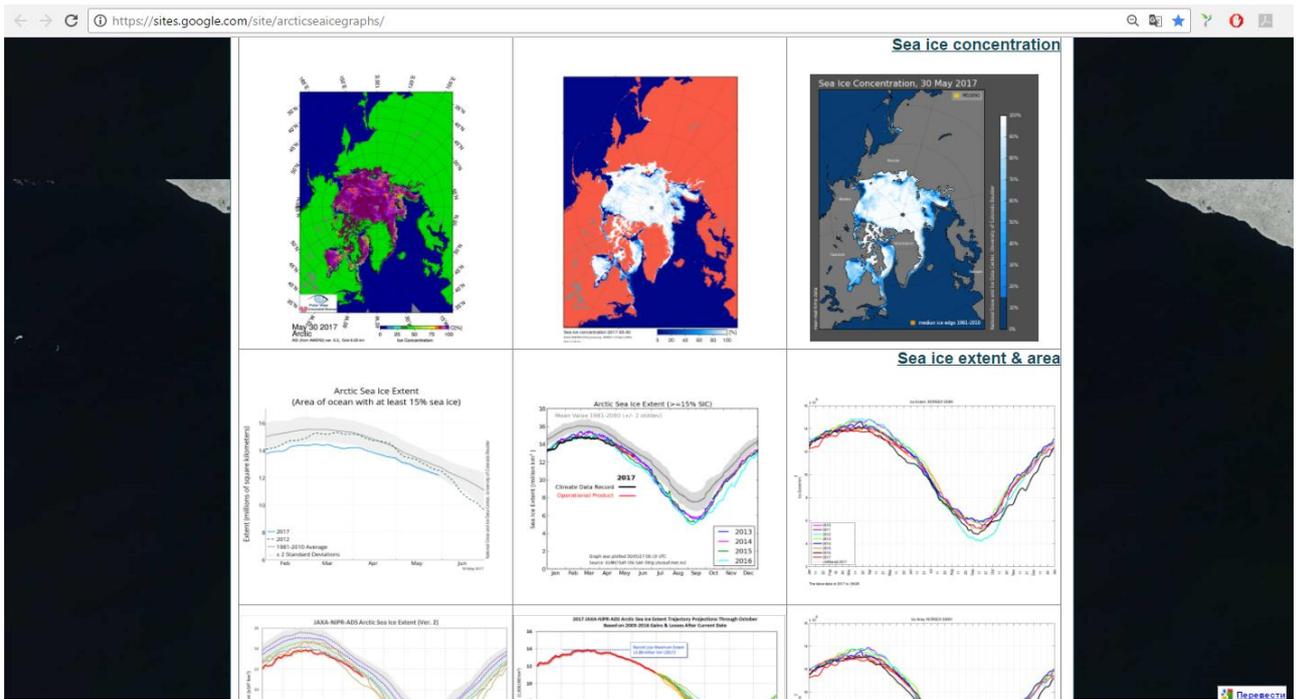


Рисунок 1.5 Список источников

На сайте (рис.1.5.) представлены различные источники долговременного и дневного мониторинга льдов с характеристиками: толщина, концентрация льда, температура, положение кромки льда и т.д. В первой строке “Seaicesconcentration” выберем третье по счету изображение (рис.1.6)

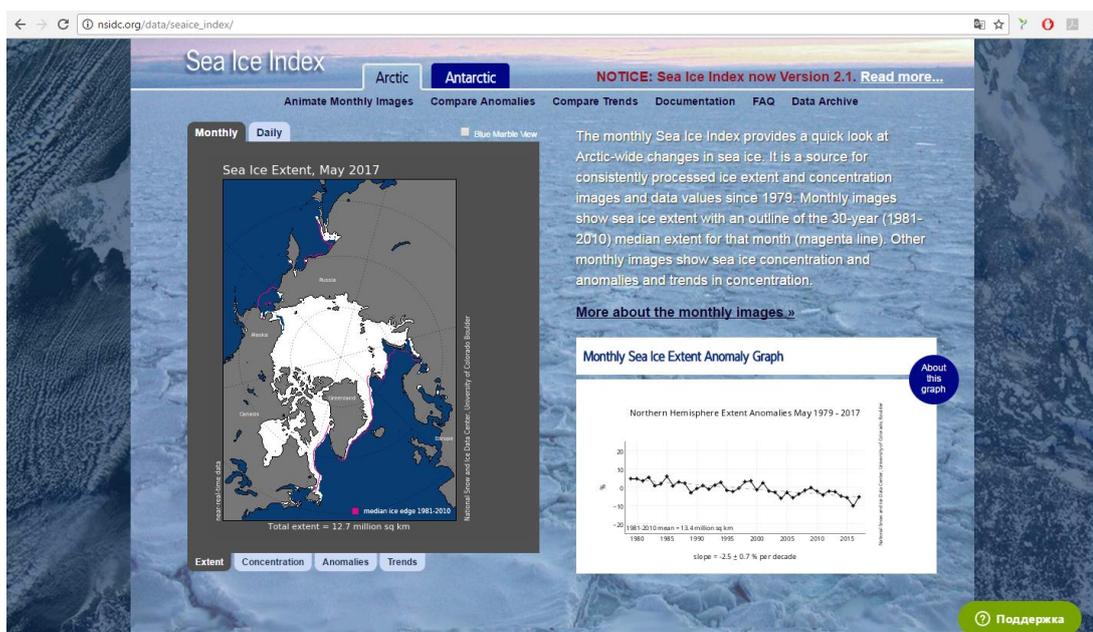


Рисунок 1.6 Источник для последовательно обработанного льда и егоконцентрации

На (рис.1.6.) нам представлен архив данных из ежемесячных изображений Арктики и Антарктики

В верхней части изображения можно выбрать между месячных и однодневных измерений. В нижней части нам предложены дополнительные данные о изображении: Extent – границы средней кромки льда, на рис.2 красной линии указаны границы усредненного показателя за месяц. Concentration – концентрация льда, предоставляет нам информацию о кромке льда. Anomalies – резкое увеличение или уменьшения показателя толщины льда. Trends – отображает тенденцию скопления и таянья льда.

Что бы скачать изображения в высоком качестве формата .png нужно щелкнуть по левой клавише мыши и выбрать пункт - **скачать изображение высокого разрешения**. Для того что бы скачать изображение для решения поставленных задач, нужно перейти по вкладке DataArchive(Рис.1.7.):

Переходим в папку north – северное полушарие, в папке north нам предлагают выбрать между дневными показателями и месячными. Для нашей задачи потребуются данные одного дня, поэтому переходим в папку daily – imag, в этой папке нам представлен перечень годов, полученных данных, выбираем март 2017 года.

Путь: /DATASETS/NOAA/G02135/north/daily/images/2017/03_Mar/

Открываем файл формата - .pngN_20170319_conc_v2.1.png (рис.1.8.)

N –north – северное полушарие

20170319 – 19 марта 2017 года

Conc – концентрация

V2.1 – версия архива

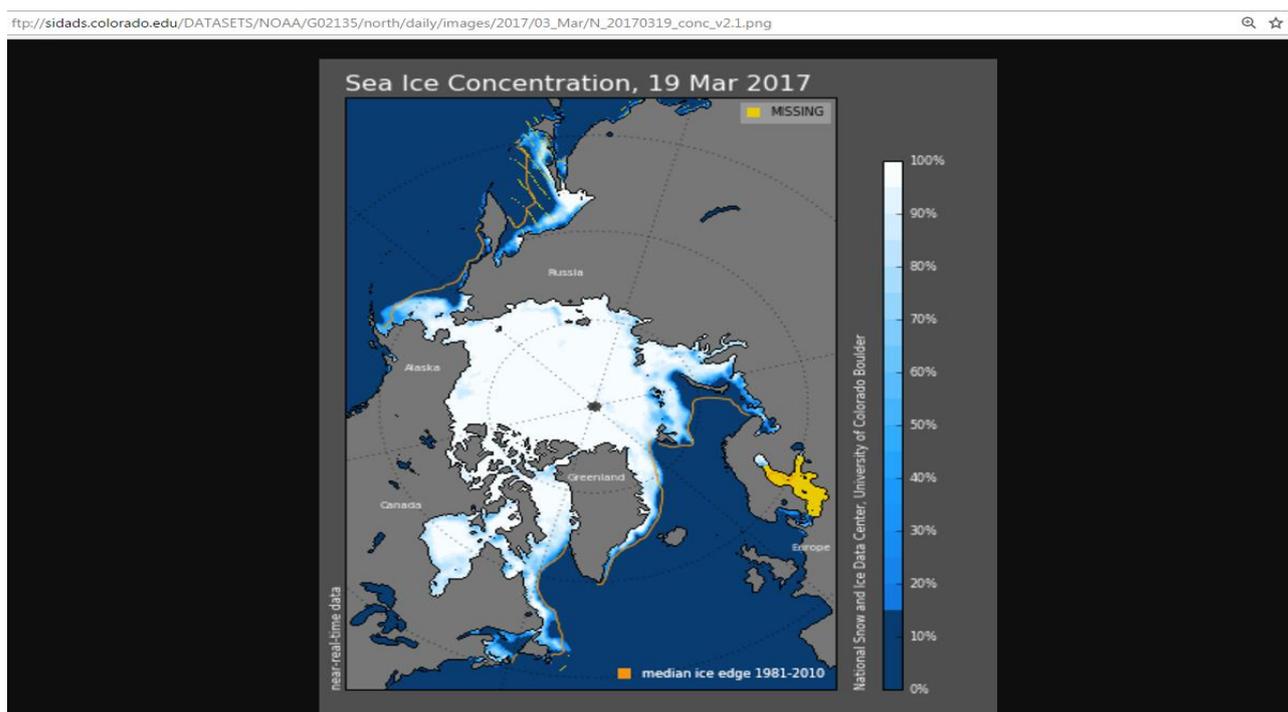


Рисунок 1.8 Концентрация льда в Арктике за 19 марта 2017 года.

Теперь для сравнения и выявления погрешности кромки льда, берем данные пассивно микроволновых радиометров из источника “VISHOP” (Рис.1.8.)

Переходим по ссылке <https://ads.nipr.ac.jp/vishop/#/extent>

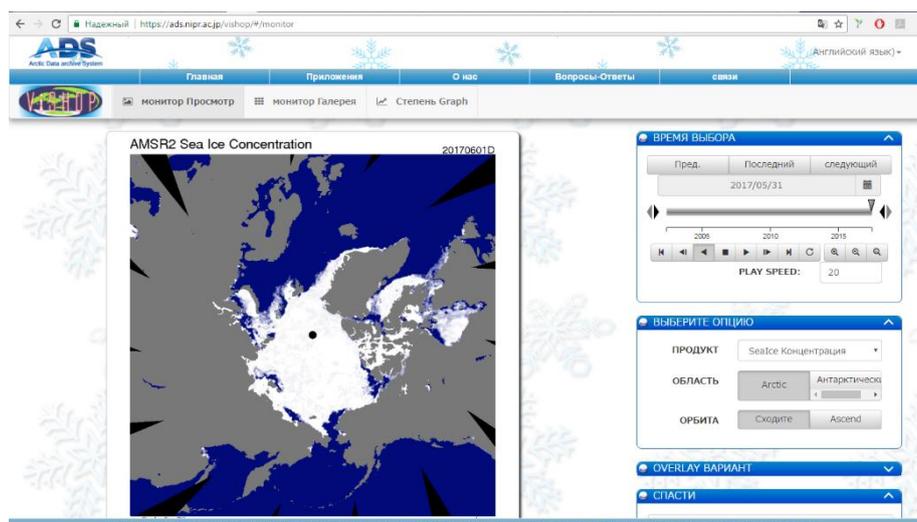


Рисунок1.9 Система "VISHOP"

На начальной странице системы "VISHOP" (Рис.1.9.) расположен проигрыватель изображений начиная с 2002г. Это позволяет удобно наблюдать за динамикой роста и таянья льда. Ниже в меню Опции мы выбираем продукт алгоритма - SeaIcesconcertation, что позволяет на видеть только концентрацию льда на изображении.

Для скачивания изображения с выбранной даты нужно перейти в раздел Monitor Gallery и выбрать дату 17 марта 2017г в TimeSelector рядом с изображением нажимаем Saveи выбираем место скачивание.

Наименование скаченного файла - AM2SI20170317D_IC0_NP.

Выводы

Одним из основных компонентов получения информации о Арктике является карта ледовой обстановки. В наше время карты составляют с использованием обработанных в специализированных программах изображений с различных спутниковых приборов. СВЧ приборы дают нам информацию отличную от информации полученных с оптико-электронных приборов. Исходники снимков, полученные при использовании пассивных микроволновых радиометров используемые для задачи данной работы расположены в двух источниках: "VISHOP" и "SeaIceIndex".

публикуют данные полученные при использовании СВЧ зондировании для научно-исследовательских направлений. На сегодняшний наиболее современным прибором для получения данных Арктике считается прибор AMSR 2 Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA) «Shizuku» запущенный на спутнике GCOM-W1. Таблица характеристик основных приборов, принимавших участие в сборе данных представлена ниже (табл.1.6)

Таблица 1.7 Сравнительная характеристика приборов AMSR2, SMMR, SSM/I

Спутник	F15	Nimbus	AMSR2
прибор	SSM/I	SMMR	GCOM-W1
Период работы	С 1987 – наст.	С 1978-1997г.	2012 – наст.
Поляризация	Вертикальная Горизонтальная	ортогональная	Вертикальная Горизонтальная
Сканирование	Коническое	Коническое	Коническое
Номера каналов	7	10	10
Диапазон (ГГц)	19,35 22,2 37,0 85,5	6,63 10,69 18,0 21,0 37,0	6,925 7,3 10,65 18,7 23,8 36,5 89,0

Пространственное разрешение (км)	25x25	69x43 15x13	62x35 58x34 42x24 22x14 26x15 12x7 5x3
Ширина скана (км)	780	1400	1450

ИСТОРИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ.

История развития ледовых наблюдений неразрывно связана с историей изучения Арктики. Условно можно выделить ряд этапов, каждый из которых отражает свой принципиальный подход к организации ледовых наблюдений и связан с определенным этапом развития средств и методов наблюдения или обусловлен востребованностью получаемой информации.

Первый этап - самый длительный по времени - связан с процессом получения разрозненных и непериодических сведений о ледяном покрове замерзающих морей при осуществлении промысловой или иной деятельности. В этот период сам процесс получения знаний о ледовой обстановке не был самостоятельным видом деятельности.

В этот период развитие технологий картирования морских льдов происходило в значительной мере независимо от развития науки о льдах - ледоведения - и более следовало за развитием мореплавания в Арктике - составлением морских навигационных карт. Отмечая отдельные плавания судов и экспедиций, разграничивая этапы освоения Севера, мореплаватели в тоже время не всегда фиксировали информацию о природных явлениях и процессах. Поморы, первые исторические сведения о поселении которых на берегах Белого моря относятся в 11 веку, параллельно с охотой на моржей и тюленей приобретали опыт плавания во льдах и передавали его в виде устных сообщений или отдельных записей. На основе таких сведений М.В. Ломоносов во второй половине 18 века написал "Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного прохода Сибирским океаном в Восточную Индию". В третьей главе этого сочинения, называемой " О возможности мореплавания Сибирским океаном в Ост-Индию, признаваемом по натуральным обстоятельствам".

В своем исследовании М.В. Ломоносов обобщил разрозненные знания о свойствах и распределении льда в Северном ледовитом океане и выдвинул ряд научных гипотез, обобщений и прогнозов, а также обнародовал специальную терминологию в области ледоведения, которая практически без изменений дошла до нашего времени.

Этот научный труд М.В. Ломоносов и в настоящее время представляет собой большую ценность не только потому, что он был первой попыткой обстоятельного анализа и обобщения экспедиционных наблюдений, но также вследствие того, что в нем был изложен ряд мыслей, гипотез и выводов, которые легли в основу самостоятельного направления - ледоведения.

Первое сквозное плавание по трассе Северного морского пути было осуществлено шведским ученым А.Э. Норденшельдом при материальной поддержке русского золотопромышленника А.М. Сибирякова, шведского короля Оскара 2 и промышленника О.Диксона только в 1878г.

На рубеже 19-20 века под руководством Российской Императорской Академии наук была организована полярная экспедиция на шхуне "Заря". Целью экспедиции было исследование моря Лаптевых и Новосибирских островов. Экспедицией были получены новые материалы в области метеорологии, полярных льдов, геологии, геофизики, ботаники и зоологии.

В 1910-1915 годах на судах ледокольного типа была проведена Гидрофизическая экспедиция Северного ледовитого океана, главным результатом которой было открытие архипелага Северная Земля. Во время экспедиции наблюдения за ледяным покровом были эпизодическими. Тем не менее было отмечено, что арктические моря покрываются льдом не полностью, и их ледовой режим не одинаков в различные годы.

Однако наблюдения все еще не обладали регулярностью, и получаемые сведения фиксировались с перерывами, доходившими иногда до нескольких лет, что не способствовало формированию целостной картины знаний о

природе льда в Арктике и динамике ледяного покрова в полярных морях и в Северном Ледовитом океане в целом.

Этот этап развития наблюдений, характеризуемый бессистемным подходом к накоплению знаний в области ледоведения, когда информация о состоянии ледового покрова получалась попутно с выполнением другой, главной, задачи, продолжался практически до второго десятилетия 20 века.

Второй этап - был этапом регулярного плавания по трассе Северного морского пути и соответственно организации системы регулярных гидрометеорологических наблюдений.

Постоянное увеличение объема грузоперевозок потребовало увеличения сроков полярной навигации, что стало невозможным без проводки караванов судов с помощью ледоколов и регулярной, а не эпизодической ледовой разведки по трассе.

При проведении ледовых разведок сопровождения маршруты полетов строились в виде радиальных галсов с привязкой к судну и удалением от него на 50 -100 км. При обследовании какого-либо района моря схема маршрутов представляла собой комбинацию параллельных и радиальных галсов.

Для наблюдения за морскими льдами активно использовались самолеты, и начиная с 1929 г. продолжительность полетов на ледовых разведках стала постоянно увеличиваться. Гидросамолеты, базировавшиеся в водных акваториях вблизи портов и полярных станций, вылетали на разведку льдов, промыслов и проведения фотосъемок. В основном полеты были поисковыми - самолеты подлетали к судам, от них летели по пути их следования и возвращались с устным сообщением по радио капитанам судов или ледоколов о характеристиках ледовой обстановки и возможности пути дальнейшего следования. На большинстве карт ледовых разведок отсутствовали маршруты полетов.

Расширение судоходства по трассе Северного морского пути повысило требования к самолетам ледовой разведки для обеспечения получения более

точной информации о состоянии и распределении льдов. Одновременно с этим стала актуальной унификация правил наблюдения. В 1938 г. сектором навигационных характеристик Гидрофизического управления была разработана "Временная инструкция по разведке льдов с самолета в навигацию 1938 года". В ней, в частности, предусматривалось, что прокладка маршрута должна осуществляться самим разведчиком-наблюдателем и им же должно производиться счисление курса и пеленгация в полете.

Полетные авиационные карты в этот период не отличались точностью, поскольку в число навигационного оборудования самолетов входили только магнитный компас, измеритель скорости и навигационный визир.

В декабре 1932 г. при Правительстве СССР было создано Главное управление Северного морского пути. Кроме планирования и проведения морских операций и их гидрометеорологического обеспечения в задачи нового управления входило, устройство морских портов и аэропортов, развитие производительных сил, разведка и добыча полезных ископаемых, торговля и многое другое.

Одновременно с совершенствованием инфраструктуры Северного морского пути развивалась и совершенствовалась система гидрометеорологического обеспечения в Арктике, научным центром которой стал в ВАИ. Эта система включала полярные станции, бюро погоды, самолеты ледовой разведки, штабы морских операций на линейных ледоколах, службу долгосрочного прогнозирования и планирования морских операций в ВАИ.

В 1935-1937 гг. на постоянной основе начали работать морские экспедиции "Ледового патруля" задачей которых было определение и фиксирование на карте положения кромки льдов, а также выполнение океанографических исследований.

Целью ледовой разведки до 1940 г. в основном был поиск наиболее благоприятных путей среди льдов для прохода караванов транспортных

судов и ледоколов. Для научных исследований и обобщений такие разведки, которые носили в основном попутный характер, не являлись достаточно точными.

Для улучшения качества ледовых разведок в 1942-1944 гг. были введены в эксплуатацию двухмоторные самолеты Ли-2, переоборудованные для целей ледовой разведки. В пассажирских салонах были установлены дополнительные топливные баки, которые обеспечили увеличение дальности и продолжительность полета, а для удобства работы наблюдателей иллюминаторы оборудовались блистерами, что существенно улучшило обзор и условия наблюдения. Для составления ледовых карт в салоне был установлен стол.

Система условных обозначений в этот период существенно изменилась в сторону расширения номенклатуры отображаемых объектов. С 1941 г. наблюдателями стала оцениваться общая сплоченность льда с точностью до десятых долей, которая указывалась на ледовых картах в кружке. С 1942 г. была введена раскраска зон в соответствии с градациями сплоченности, а в зимний период - раскраска по возрасту.

Технология ледовых разведок была существенно усовершенствована, что сделано возможным в 1946 г. издать сравнительно полное пособие по визуальной ледовой авиационной разведке.

Период с начала пятидесятых годов до начала семидесятых был этапом наиболее интенсивного применения визуальной ледовой разведки, поскольку в этот период методы наблюдения и средства наблюдений соответствовали друг другу - имелись методики проведения наблюдений с борта специально оборудованных самолетов.

Параллельно с развитием авиационных средств ледовой разведки активно развивалась система гидрометеорологических станций;

- работали около 100 полярных метеорологических станций

- функционировали шесть Региональных радиометеорологических центров (в Амдерме, на Диксоне, Челюскине, в Тикси, Певеке и на мысе Шмидта)

- четыре Арктические научно-исследовательские обсерватории (о. Хейса, Диксон, Тикси, Певек)

- была сформирована трехуровневая система ГМО:

1. центральная служба прогнозов на базе Главного радиометеорологического центра Москва.

2. служба долгосрочного прогнозирования и планирования навигации на базе ВАИ.

3. научно-оперативные группы в трех штабах морских операций

Следующим этапом развития средств и методов ледовых наблюдений (1970-1980-е гг.) стал этап использования инструментальных средств и внедрения в оперативную практику информации, получаемой с космических средств дистанционного зондирования.

В 1960 г. на искусственном спутнике " TIROS-1" были установлены телевизионные камеры для наблюдения за подстилающей поверхностью и атмосферой, а уже в 1961 году появились первые публикации с указанием на возможность использования спутниковых снимков для наблюдения за морскими льдами. В 1966 г. был запущен первый советский спутник серии " Метеор-1", осуществляющий покадровую съемку Земли двумя телевизионными камерами. Снимки принимались наземными приемными пунктами, расположенными в Москве, Новосибирске, Хабаровске, и пересылались потребителям по почте, что исключало возможность их использования в целях оперативного обеспечения. Изучение снимков дало возможность получить опыт дешифрирования морских льдов и практику составления ледовых карт по телевизионным спутниковым изображениям.

В 1975 г. был запущен первый спутник серии "Метеор-2". Информация с него в виде аналогового видеосигнала изображения стала передаваться не

только на основные приемные центры, но и на автономные пункты приема информации(АППИ), установленные непосредственно у потребителей, для которых информация передавалась в режиме непосредственной передачи в реальном масштабе времени. Это позволило использовать получаемую информацию непосредственно для решения оперативных задач, а работа бортовой аппаратуры в режиме запоминания - получать на АППИ снимки любого района земного шара.

Первый специализированный океанографический ИСЗ был запущен в США 28 июня 1978 г.

В 1979 г. были начаты работы по созданию отечественного океанографического спутника "Океан" с радиолокатором бокового обзора на борту.

Использование спутников серии "Океан" продолжалось до февраля 2000 г., когда закончил активную работу последний спутник этой серии.

В 1975 -1976 гг. была разработана концепция автоматизированной ледово-информационной системы для Арктики (Алиса), которая предусматривала объединение и согласованное функционирование в интересах пользователей всех основных подсистем, обеспечивающих получение и сбор информации, обработку, анализ расчетов и прогнозов, передачу и распространение информации.

В 1986 г. система Алиса в составе ААНИИ была принята в опытную эксплуатацию.

Основу измерительного комплекса системы до начала 1990-х гг. составляли самолетные и спутниковые средства наблюдения. Предусматривалось также использование данных, получаемых на полярных станциях, дрейфующих станциях "Северный полюс", автоматических ледовых станциях, а также наблюдений, проводимых на ледоколах и судах.

Информация дистанционного зондирования в настоящее время может быть использована как в целях стратегического планирования морских

операций, так и при составлении краткосрочных и долгосрочных ледовых прогнозов. В обязательном порядке она используется специалистами при планировании маршрута полета вертолетной ледовой разведки.

Среди ледовых карт, составленных по космическим снимкам, выделяют:

- крупномасштабные карты и планы состояния ледового покрова масштаба 1:100000 и крупнее на ограниченных территориях
- оперативные ледовые карты масштаба 1: 200000, 1:300000
- обзорные ледовые карты. Такие карты отображают состояние ледяного покрова на пространстве нескольких морей (соответствуют масштабу 1: 7500000 и мельче). Они предназначены для научного исследования, разработки ледовых прогнозов
- специальные карты, характеризующие режим льдов

В настоящее время осуществляется поиск оптимального построения системы ледовых наблюдений для обеспечения хозяйственной деятельности и деятельности по добыче и транспортировке углеводородного сырья с территорий континентального шельфа, принадлежащего России. Для этого рассматриваются варианты создания системы наблюдений, включая орбитальную группировку специализированных ИСЗ на полярных эллиптических орбитах, когда один спутник наблюдает акваторию Северного ледовитого океана в течение 4-6 часов. При решении подобных задач в ближайшей перспективе первостепенную роль будут играть специалисты-дешифровщики информации дистанционного зондирования.

2.1 Положение кромки льда и характеристика ледовых условий северных морей

В российской Арктике сосредоточены основные запасы ряда важнейших полезных ископаемых, которые являются определяющими для развития экономики России. Трудности их добычи на шельфе арктических

морей и последующей доставки связаны с воздействием на добывающие сооружения и транспортирующие средства дрейфующего льда арктических морей. Главной морской транспортной артерией для освоения природных ресурсов российской Арктики является Северный морской путь (СМП). Плавание транспортных судов на большей части трассы СМП в настоящее время осуществляется только в летний и осенний периоды года и только в юго-западной части Карского моря — в течение круглого года. Положение основных путей плавания по трассе СМП и участки, при плавании по которым суда и ледоколы чаще всего испытывают определенные затруднения, обозначены на рис. 2.1. Эти затруднения связаны в основном с наличием ледяных массивов на пути следования ледоколов и судов. Для учета влияния ледовых условий на прохождение ледоколов и судов по трассам СМП используются эмпирико-статистические модели [27]. В этих моделях в качестве интегрального показателя трудности плавания во льдах, отражающего совокупное влияние всех параметров ледяного покрова, принимается скорость судна. Эмпирико-статистические модели позволяют получить зависимости скорости движения судов от всех тех параметров ледяного покрова, которые могут быть охарактеризованы количественно по результатам наблюдений (авиационная разведка, данные ИСЗ). При этом к числу основных параметров, характеризующих состояние дрейфующих и припайных льдов в арктических морях, относятся сплоченность ледяного покрова, его возрастной состав (толщина), торосистость, разрушенность, раздробленность ледяного покрова, формы льда (горизонтальные размеры льдин), сжатия в ледяном покрове. Сплоченность льда. Сплоченность дрейфующего льда изменяется в пределах от 1 до 10 баллов. В летний период распределение сплоченности льда имеет решающее значение при выборе оптимального варианта плавания. Величина сплоченности часто используется в

Море Лаптевых и Восточно-Сибирское имеет большую экономическую значимость, так как здесь осуществляются транспортные перевозки. В отправлении и доставке грузов большое значение имеет порт Тиски (море Лаптевых). Труднодоступное Восточно-Сибирское море используется главным образом в транспортном отношении как часть СМП, по которой проходят транзитные перевозки и через порт Певек идут грузы снабжения в северные районы Восточной Сибири. Качество критерия условий ледокольного обеспечения. В зимний период изменчивость данной характеристики невелика.

Море Лаптевых свободно сообщается с Арктическим бассейном. Его северная граница условно проходит от мыса Арктический до точки пересечения меридиана северной оконечности о. Котельный (139° в.д.) с краем материковой отмели (79° с.ш. 139° в.д.). Восточная граница – от указанной точки к мысу Анисий, далее по западному берегу о. Котельный. по западной границе пролива Санникова. огибает западные берега островов Большой и Малый Ляховские и затем идет по восточной границе пролива Дм. Лаптева. Западная граница моря проходит от мыса Арктический по восточным берегам островов Северная Земля. затем по восточной границе пролива Велькицкого и далее по материковому берегу до вершины Хатангского залива. Южная граница проходит по материковому берегу от мыса Святой нос до вершины Хатангского залива

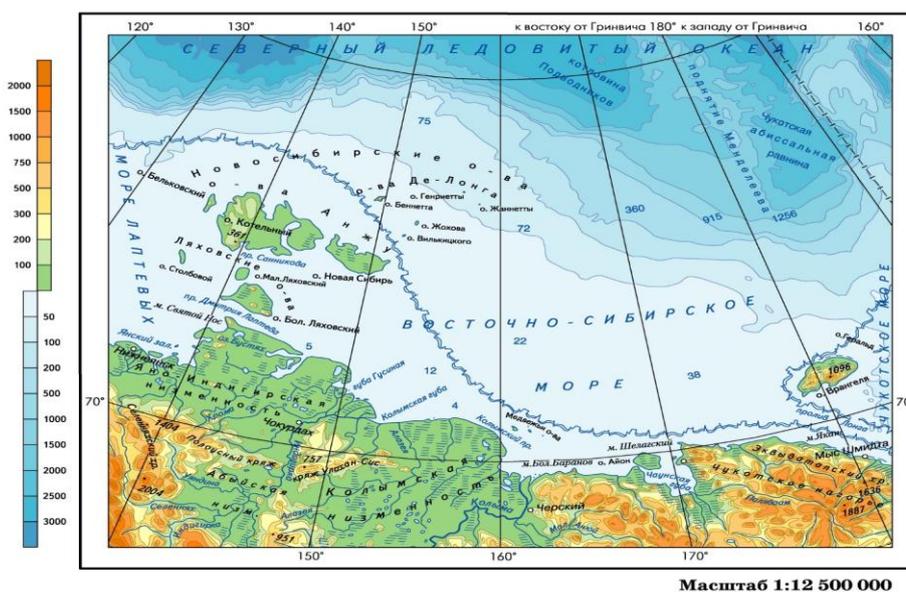


Рисунок 2.2 Географическое положение Восточно-Сибирского и моря Лаптевых

Климат моря Лаптевых довольно суров, что обуславливается его высокоширотным положением ($71-81^{\circ}$ с.ш.) и особенностями атмосферной циркуляции[1]. Атмосферная циркуляция над морем имеет сезонный характер. С октября по март большая часть акватории моря находится под воздействием ложбины исландского минимума, в это же время погодные условия в юго-восточных и восточных районах моря определяются строгим мощным сибирского максимума и западной периферией арктического антициклона. Зимой преобладают воздушные потоки южных направлений.

В апреле начинается перестройка атмосферной циркуляции, и летом над морем преобладают циклонические процессы.

Особенностью термического режима моря является аномальный характер распределения температуры воздуха в зимние месяцы - наиболее

теплой является северная часть моря, наиболее холодной - южная. В зимние месяцы (январь-февраль) температура воздуха вдоль побережья

составляет -30 +- 32 °С, а в северной части моря - около -29 °С. Начиная с апреля, под влиянием радиационного фактора температура воздуха возрастает с севера на юг от -21 :- 22 °С до -19 :- 20 °С.

В летний период над большей частью акватории моря температура воздуха близка к нулю. На юге моря вблизи берегов в июле и августе температура воздуха достигает 8 °С, но уже в прибрежной зоне она быстро убывает до 2 °С. Наиболее высокие температуры летом не превышают 12 - 15 °С на севере и 26 - 28 °С на юге акватории моря.

Для моря Лаптевых характерна циклоническая циркуляция вод. У северной оконечности Северной Земли от Трансарктического течения ответвляется Восточно-Таймырское течение, которое опускается вдоль восточных берегов Северной Земли и Таймырского полуострова на юг. Вдольюжного побережья материка воды переносятся с запада на восток, где прибрежный поток усиливается Ленским течением. Большая его часть отклоняется на север и северо-восток и в виде Новосибирского течения выходит за пределы моря, сливаясь с Трансарктическим течением, следующим на северо-запад. Меньшая часть вод проникает через пролив Санникова в Восточно-Сибирское море.

Почти девять месяцев (октябрь-июнь) ледяной покров полностью покрывает море Лаптевых

Ледообразование. Устойчивое ледообразование в море начинается вблизи его северных границ в среднем в первых числах сентября и постепенно распространяется к югу. Западная часть моря замерзает более интенсивно, чем восточная, так как здесь ледообразование чаще начинается среди остаточных льдов, не вытаявших летом. В первых числах октября процессы ледообразования распространяются на южные прибрежные районы западной части моря, а 5-7 октября замерзает район вблизи дельты реки

Лены, до этого времени остававшийся свободным от первичных видов льда. Таким образом, в Среднем все море замерзает в течении одного месяца.

Восточно-Сибирское море является одним из морей сибирского шельфа. На севере море имеет открытую границу с Арктическим бассейном, на

западе граничит с морем Лаптевых, на востоке - с Чукотским морем. Восточно-Сибирское море в целом представляет собою очень мелководный бассейн с чрезвычайно ровным дном, имеющим общий наклон к северо-востоку. Равнинные и отлогие его берега на большей части их протяжения плавно переходят в морское дно. Преобладающие глубины в западной части моря 10-20 м, в восточной части - 30-40 м. В море впадают две крупные сибирские реки Индигирка и Колыма.

Проблемы исследования Восточно-Сибирского моря сходны с проблемами изучения других арктических морей. Однако здесь в большей степени уделяется внимание изучению ледовитости моря, поведению Айонского ледяного массива (главное препятствие для мореплавания), колебаниям уровня моря и их прогнозам, течениям, дрейфу льдов и т. п. Важные задачи — оперативное обслуживание навигации, изыскание путей продления ее сроков, выбор наиболее рациональных судоходных трасс и другие научно-прикладные вопросы, с решением которых связано дальнейшее хозяйственное освоение моря.

Климат. Особенности климата Восточно-Сибирского моря обусловлены его высокоширотным положением между 69 и 78° с.ш.. воздействием холодного Арктического бассейна с одной стороны и огромного азиатского материка - с другой.

Восемь-девять месяцев в году, с октября по май-июнь. Восточно-Сибирское море полностью покрыто ледяным покровом.

Ледообразование. Устойчивое ледообразование начинается на северной границе моря среди сплоченных льдов 25-30 августа. Процессы

ледообразования в течение сентября распространяются к югу. и 5 октября молодой лед начинает образовываться в прибрежной зоне. Таким образом море замерзает полностью в среднем за 35 суток

В западной части моря и в Новосибирских проливах образовавшийся лед преимущественно местного происхождения. В некоторые годы здесь остаются льды, не вытаявшие в летний период, которые переходят в стадию двухлетних льдов. В восточной части моря ледяной покров состоит как из вновь образовавшихся льдов, так и из льдов, не вытаявших летом, и многолетних льдов, занимающих центральный и северный районы.

Выводы

История наблюдения за морским льдом началась с процесса получения разрозненных и непериодических сведений о ледяном покрове замерзающих морей при осуществлении промысловой или иной деятельности. Характеризуемый бессистемным подходом к накоплению знаний в области ледоведения, когда информация о состоянии ледового покрова получалась попутно с выполнением другой, главной, задачи, продолжался практически до второго десятилетия 20 века.

После регулярного плавания по трассе Северного морского пути и соответственно организации системы регулярных гидрометеорологических наблюдений, постоянное увеличение объема грузоперевозок потребовало увеличения сроков полярной навигации, что стало невозможным без проводки караванов судов с помощью ледоколов и регулярной, а не эпизодической ледовой разведки по трассе. Технология ледовых разведок была существенно усовершенствована, что сделано возможным в 1946 г. издать сравнительно полное пособие по визуальной ледовой авиационной разведке.

Следующим этапом развития средств и методов ледовых наблюдений (1970-1980-е гг.) стал этап использования инструментальных средств и внедрения в оперативную практику информации, получаемой с космических средств дистанционного зондирования.

Информация дистанционного зондирования в настоящее время может быть использована как в целях стратегического планирования морских операций, так и при составлении краткосрочных и долгосрочных ледовых прогнозов.

ОБЩАЯ СХЕМА ДОСТУПА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОЛОЖЕНИИ КРОМКИ ЛЬДА В АРКТИКЕ

Полученные в двух источниках “Sea Ice Index”и“VISHOP” следует теперь преобразовать данные изображения путем наложения одного полупрозрачного псевдоцветное на непрозрачное композитное изображение.

Открываем программу Adobe Photoshop и загружаем два изображения(Рис. 3.1) Файл – открыть, в окне тип файла поставить (.pdf)

Названиефайлов:

- AM2SI20170517A_IC0_NP.png
- N_20170517_conc_v2.1.png

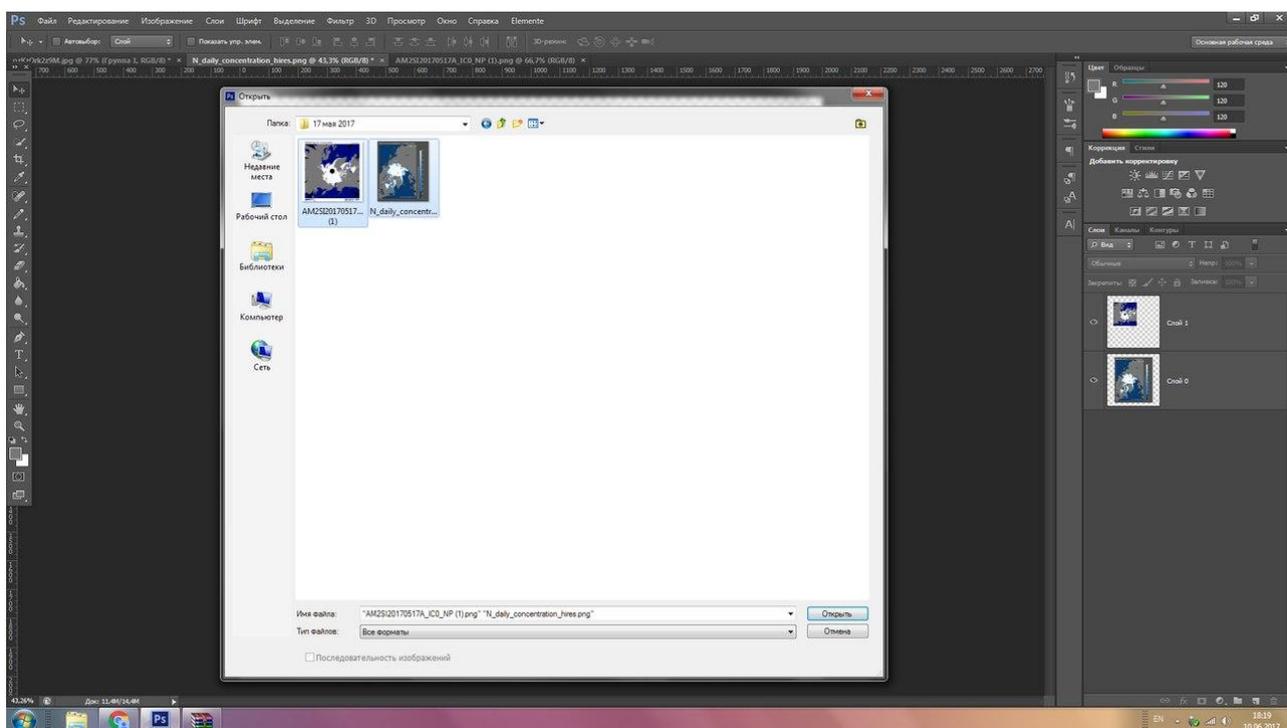


Рисунок 3.1. Примеры изображений концентрации льда за 17 мая 2017 г.

Изображение - N_20170517_conc_v2.1.png нужно перенести на второй слой для этого создаем Слой 1 - слева внизу нажимаем создать новый слой. С помощью инструмента Штамп мы переносим изображение из вкладки на Слой 1. Что бы воспользоваться Штампом зажмите Alt и левую кнопку мыши.

Теперь изображение нужно совместить, для того что бы это сделать переходим по вкладке Редактирование – Трансформация – Поворот (Рис.3.2), в случае разницы размеров используем так же опцию - Масштабирование

Разворачиваем и состыкуем изображения друг к другу и используем Совмещенное изображение на (Рис.3.3)

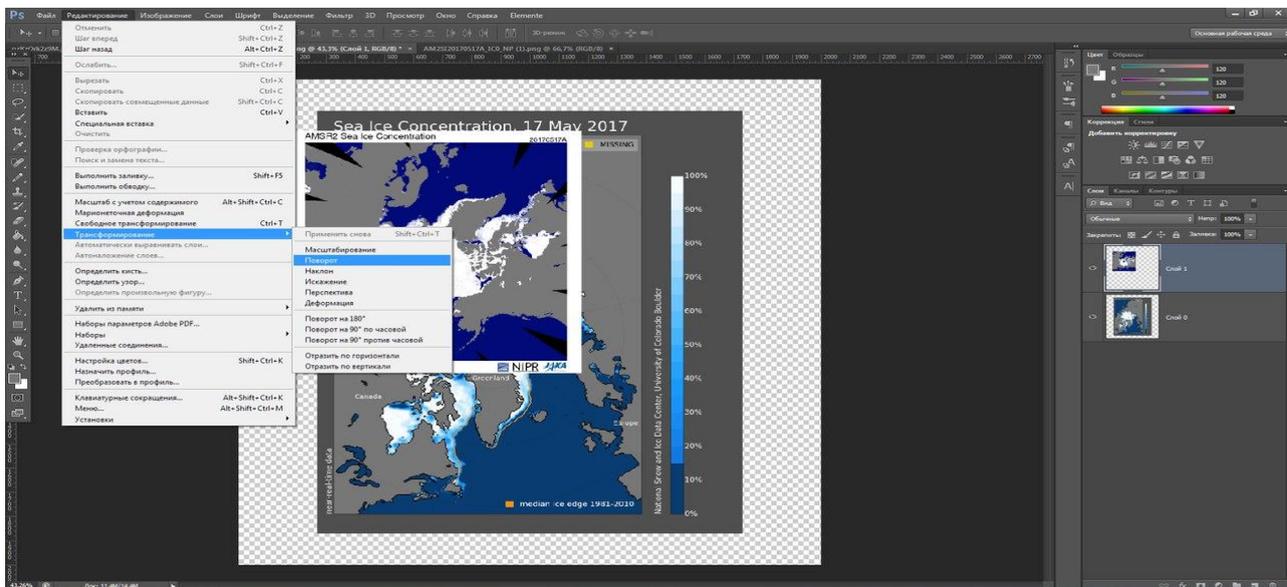


Рисунок 3.2 Пример опции поворота для изображения

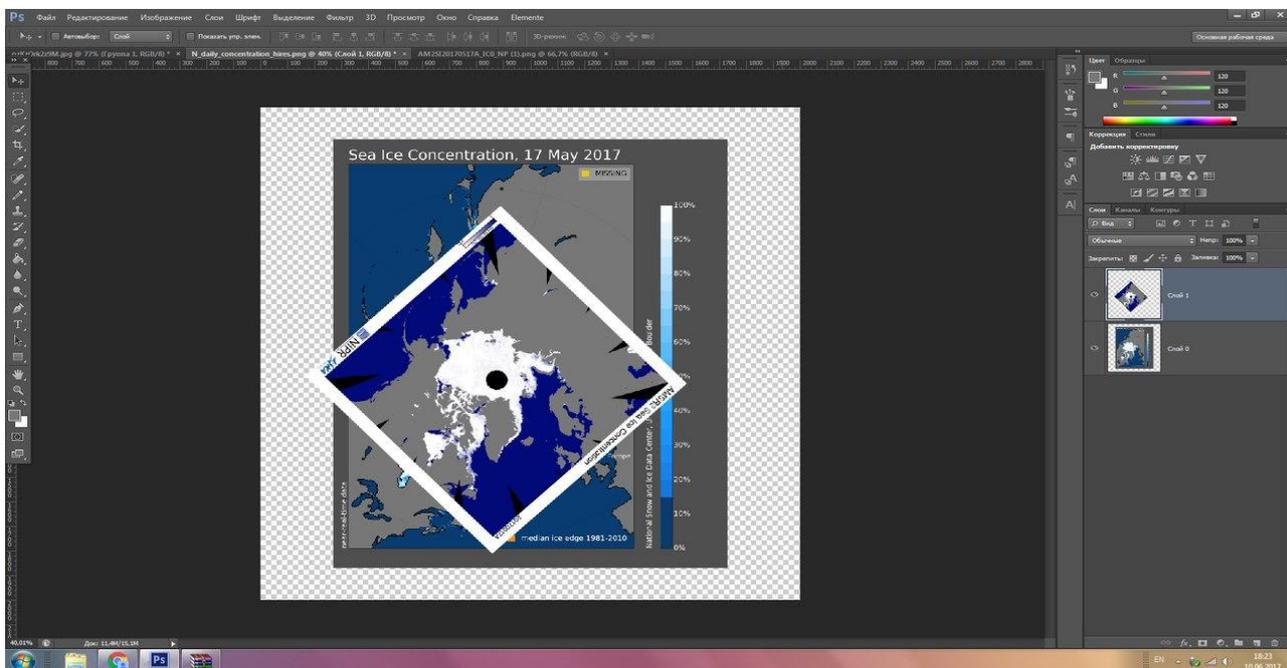


Рисунок 3.3 Совмещенное изображение

Для того что бы увидеть разницу кромки льда, сделаем верхнее изображение полупрозрачным, для этого нажмем левой кнопкой мыши по Слою 1 и выберем опцию Стилль слоя (Рис.3.4) в параметрах наложения – основных параметрах ставим непрозрачность 50%

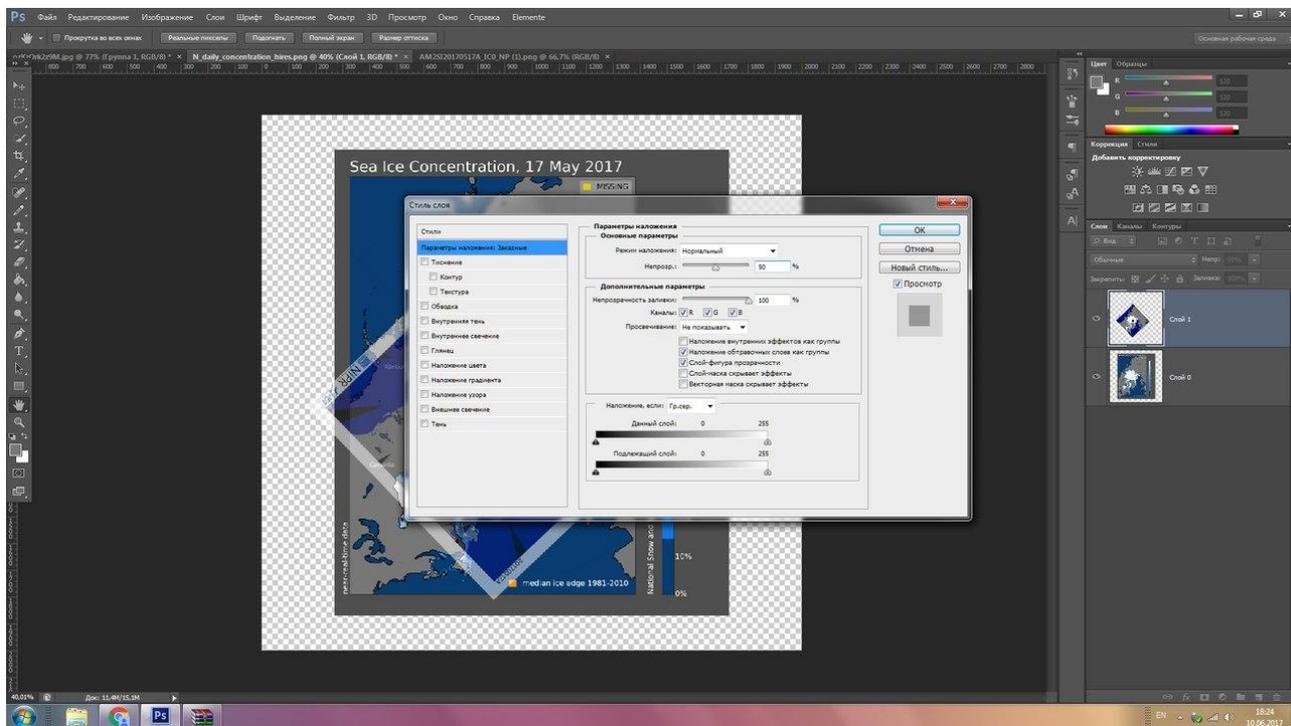


Рисунок 3.4 Пример опции Непрозрачность для изображения

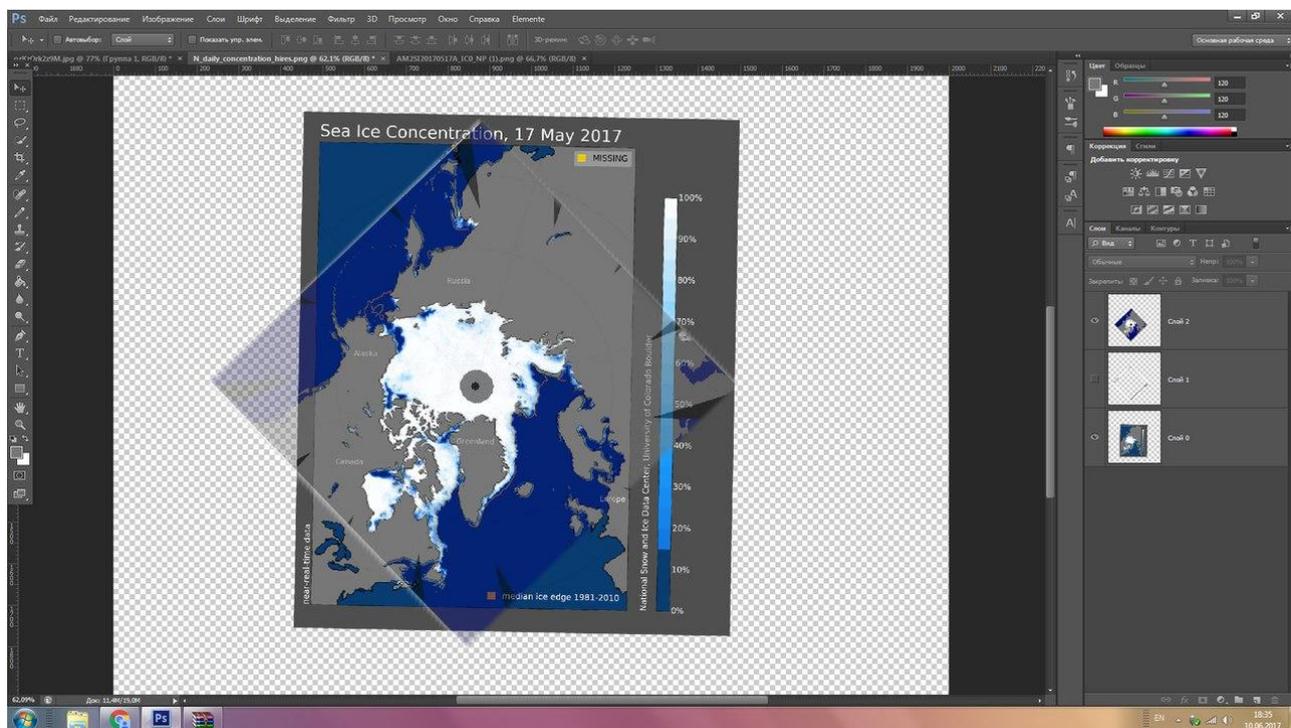


Рисунок 3.5. Пример полупрозрачного совмещенного изображения

На Рис. 3.5 видны оба изображения, благодаря прозрачности другому. Для того что бы определить погрешность, измерить ее и для лучшей видимости – преобразуем оба изображения заменив канал синего цвета, отвечающий за водную поверхность на красный – Слой 0 и зеленый – Слой - 1 (Рис 3.6)

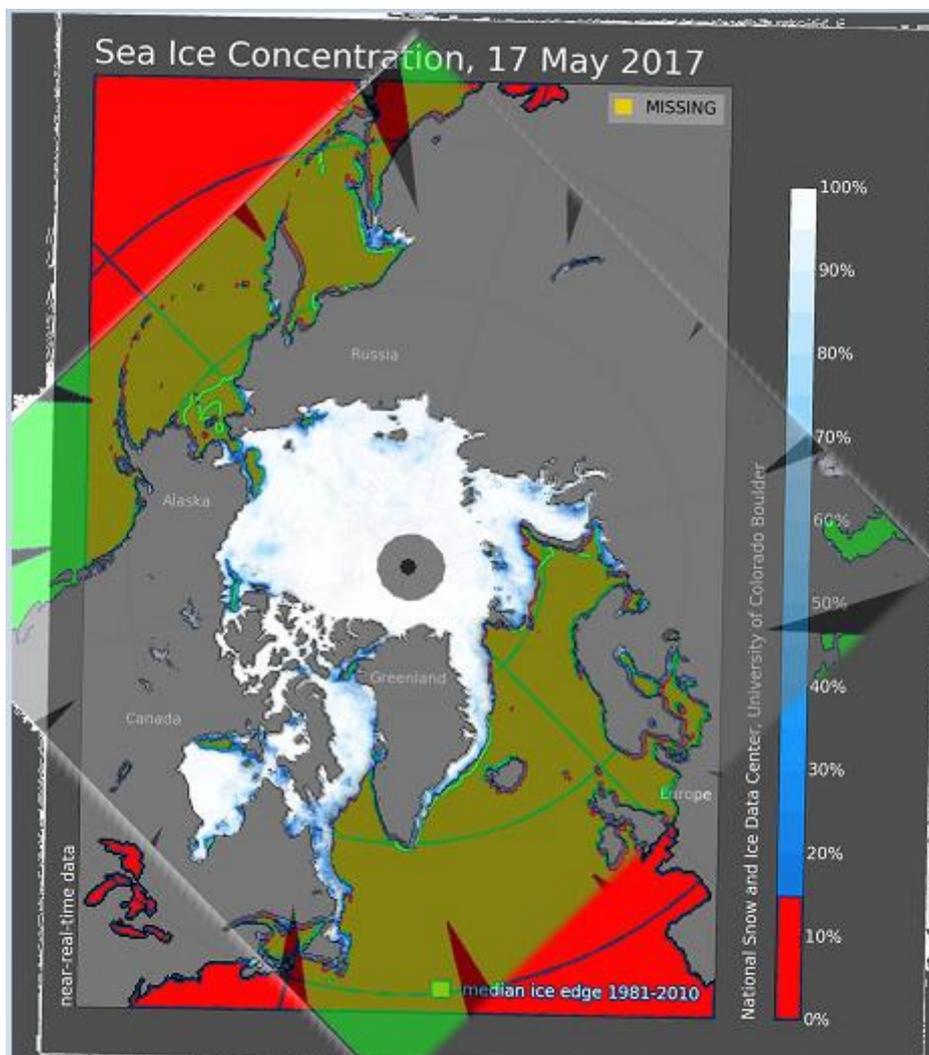


Рисунок 3.6 Два совмещенных изображения в неправильных цветах

Повторяем операцию для группы изображений на:

8 июня 2017

19 марта 2017

Используем другой набор цветов для окрашивания водной поверхности

Примеры получившихся изображений на Рис. 3.7

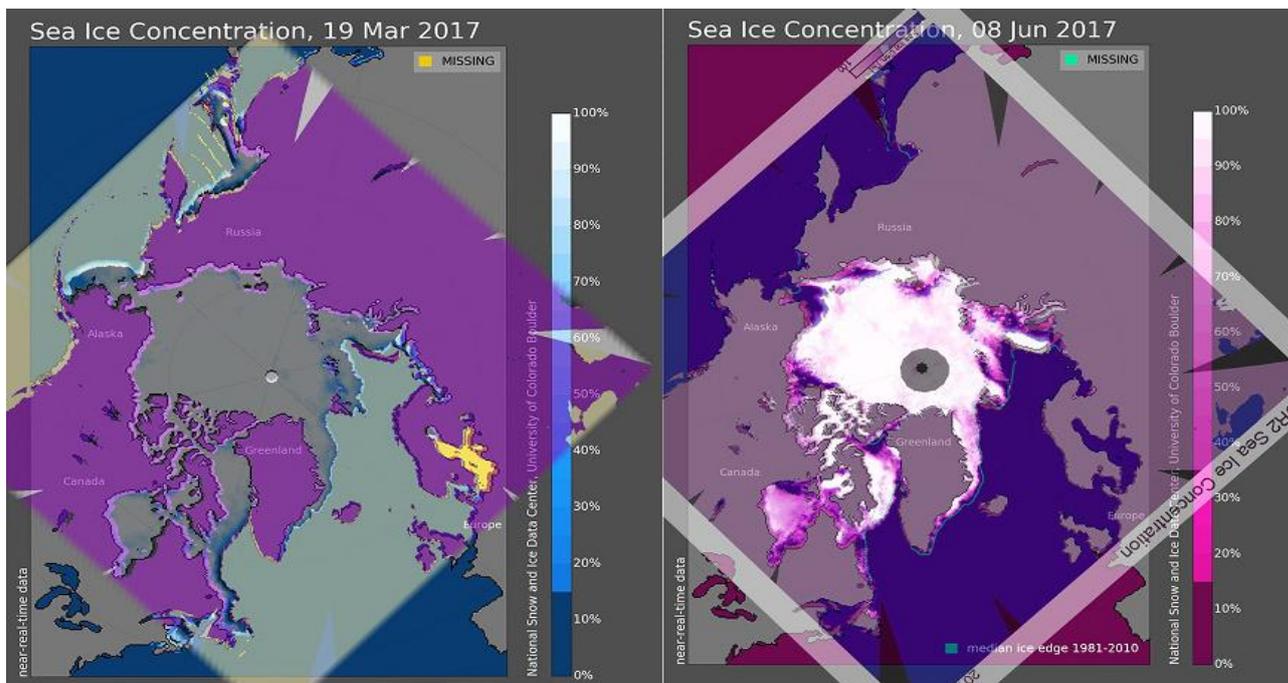


Рисунок 3.7 Примеры совмещенных изображений в неправильных цветах

3.1 Определение погрешности показаний регистраторов.

Что бы определить погрешность регистраторов, взятой информации в источниках, измерим разницу кромок льда в разных областях. Используем для этого карандаш, выбираем его в меню инструментов и выбираем диаметр пера 1 пиксель. Измеряем ширину погрешности которой является область белого цвета. Используем для примера изображение, полученное 19 марта 2017 года путем преобразования файлов: AM2SI20170319D_IC0_NP.png и N_20170319_conc_v2.1.png. (Рис 3.8)

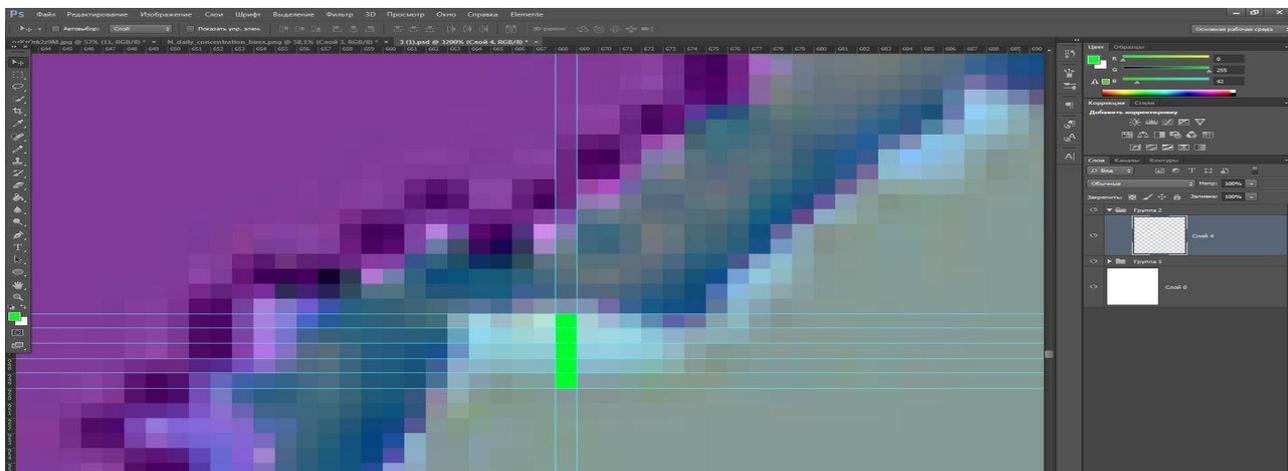


Рисунок 3.8 Измерение ширины погрешности

На рис. 3.8 белым цветом указаны участки с данными о погрешности выбранного и анализируемого участка, а оттенками зеленого цвета – разрез который проходит через ширину погрешности, которая составляет 5 пикселей. Измерим еще 4 области с наиболее выраженной шириной погрешности кромки льда. Пример выборки областей с наибольшими

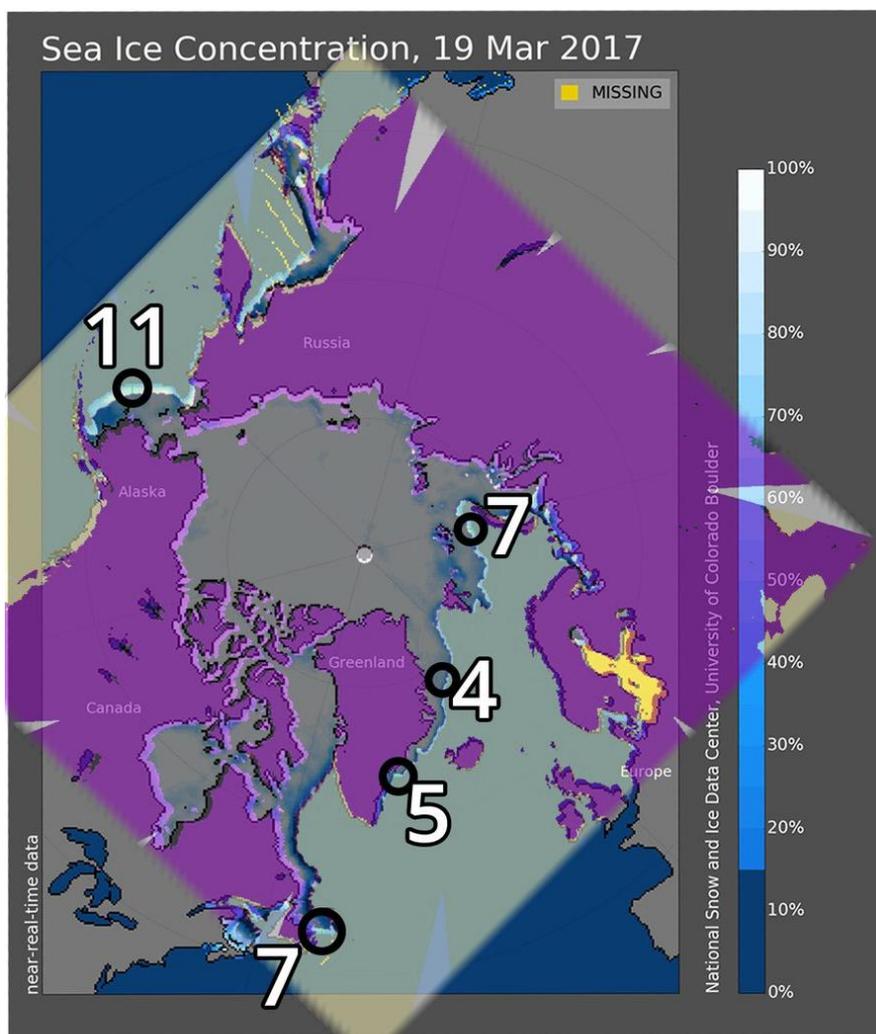


Рисунок 3.9 Пример областей с максимальным значением погрешности для 19 марта 2017 года погрешностями для 19 марта 2017 года, представлены на Рис.3.9

Цифрами указано количество пикселей ширины погрешности в выделенном кругом области. Так же измерим погрешность для изображений с датой съемки 17 мая и 8 июня 2017 года. (Рис. 3.10)

При совмещении изображений нужно учесть, что у них разное разрешение и для объективности и точности получаемых данных использовать следующую схему:

Изображения, полученные с источника “VISHOP” при пространственном разрешении 6 км мы растягиваем и совмещаем с изображением, полученным с ресурса “SEA ICE INDEX” при его пространственном разрешении 25 км. Оценку погрешности мы производим в пикселах и умножаем это число на 25, что определить ширину погрешности в

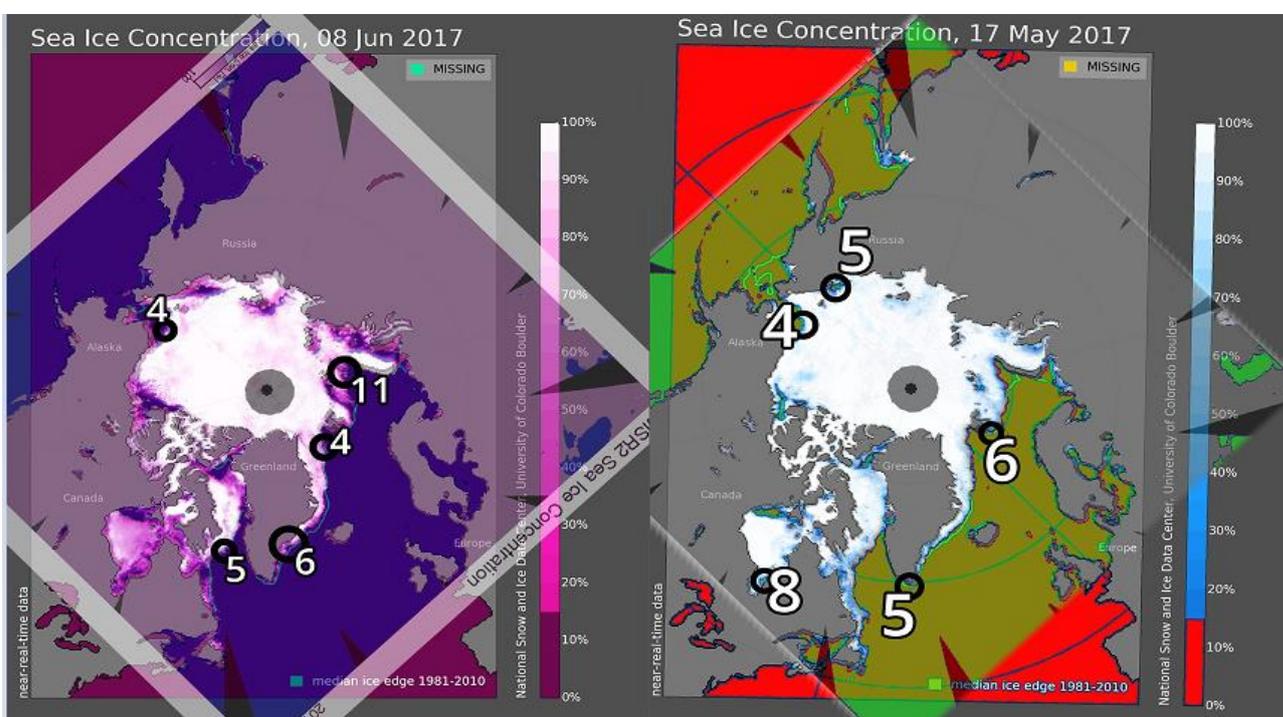


Рисунок 3.10 Пример областей с максимальным значением погрешности для 17 мая 2017г. и 8 июня 2017 г.

километрах.

3.2 Описание погрешностей, их происхождения и устранения последствий в информации для пользователей.

На Рис.3.11 изображение концентрации льда, снятый прибором AMSR 2 за последовательные три дня. Зеленый и красный отображают толщину льда, а синий определяет сплоченность талого льда.

По трем последовательным изображениям можно заметить неточность в расчетах и построении изображения, так как темно-красным цветом отображены многолетние льды толщиной более полуметра, за три дня такой толстый лед не может перебраться в другую область или вовсе раствориться. Это наблюдение и подтолкнуло к изучению данной информации и исследованию метода погрешности кромки льда в Арктическом бассейне.

Приведенные мною изображения также используется для построения Ледовых карт к примеру: Государственный научный центр "Арктический и антарктический научно-исследовательский институт" АНИИ занимается построением и анализом ледовой обстановки по данным пассивных микроволновых радиометров. (рис.3.12)

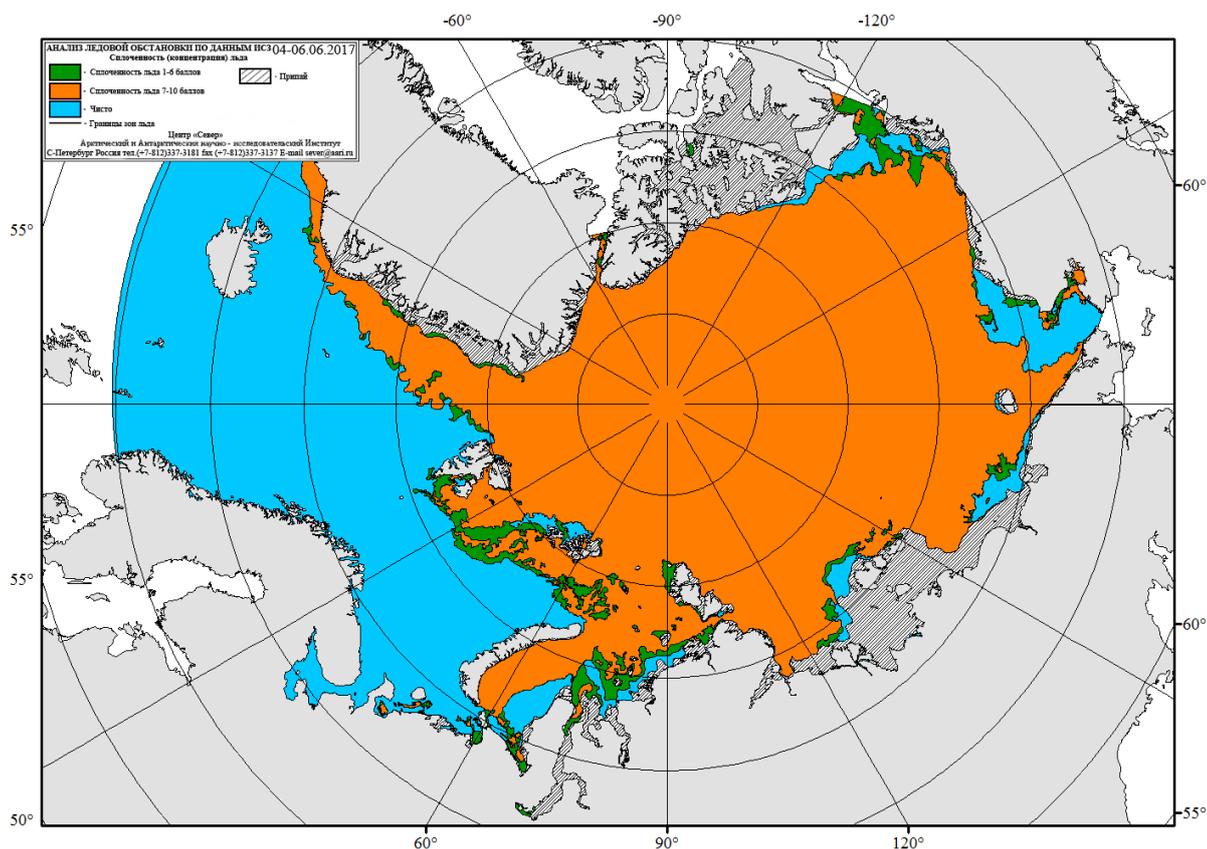


Рисунок 1.12 Обобщенная карта ледовой обстановки Северного Ледовитого океана за 04.06 по 06.06.2017г.

На Рис. 3.12 приведена ледовая карта, построенная на базе данных трех дней с 04.06.2017 по 06.06.2017. Синим цветом отображены водные массы, зеленым толщина кромки льда, оцениваемая 1-6 баллов и оранжевым отображена толщина более толстого льда, оцениваемая от 7-10 баллов.

Сбор (осреднение) информации выполняется за 2-5-ти суточный период. Обновление карты выполняется в четверг каждой недели. Карты составляются по данным ИСЗ (видимый, ИК-диапазоны, радарные снимки), судов и полярных станций.

Хочется отметить что данные приведенные с ресурса “VISHOP” имеют точность данных в 15 сотых, а данные Ледовой карты АНИИ в одну десятую. Отсюда возникает дополнительная погрешность расположения льда и его плотности.

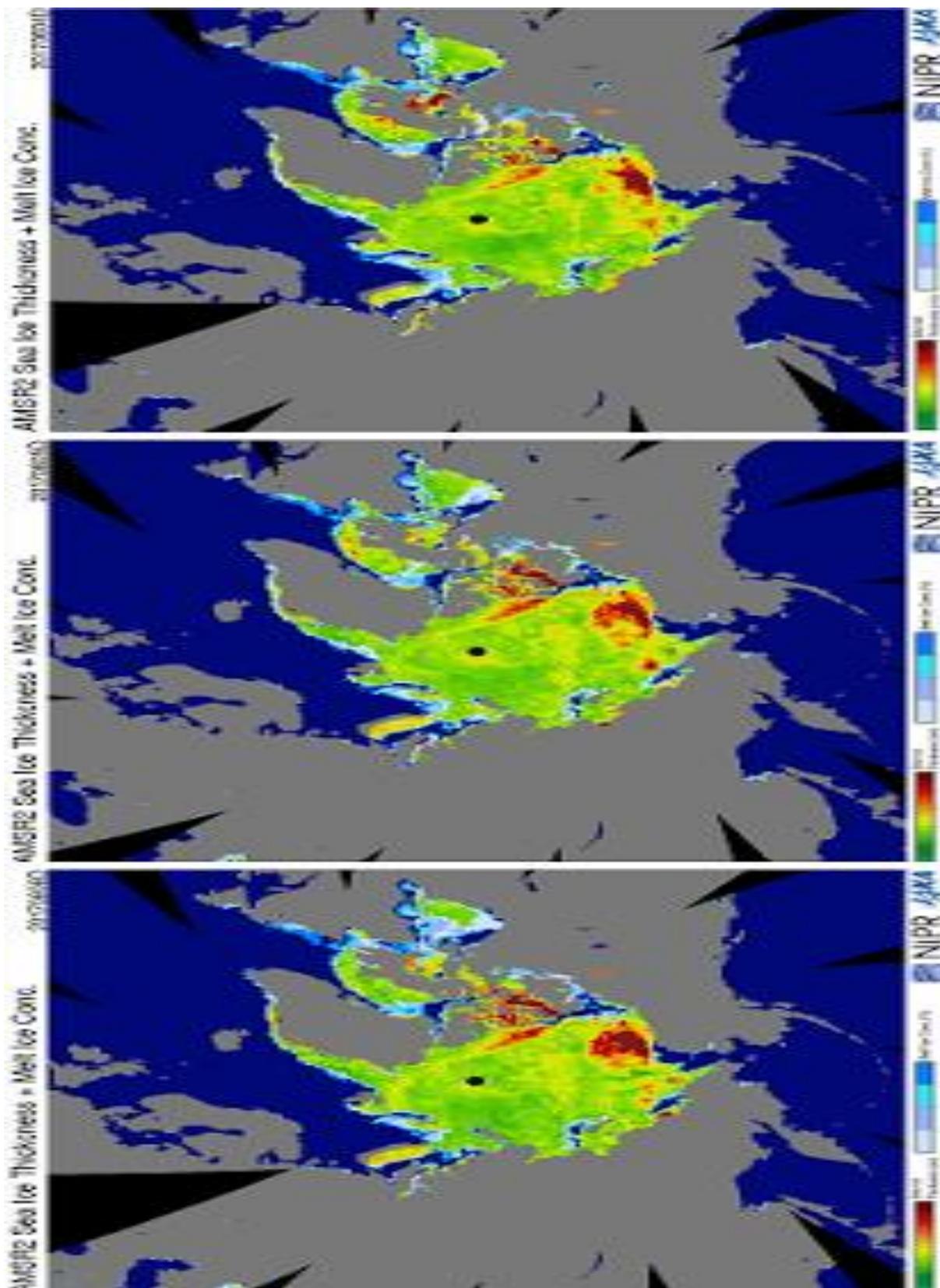


Рисунок 3.11 изображения AMSR 2 за период с 04.06 - 06.06.2017 года.

Выводы

В ходе проделанной работы мы построили совмещенное изображение из двух исходных карт Арктического бассейна взятые из источников “VISHOP” и “SeaIceIndex” где были отображены его концентрация льда и расположение его кромки. В ходе операции была растянута и наложена полупрозрачная карта с ресурса “VISHOP” при пространственном измерении в 6 км, на карту с источника “SeaIceIndex” при пространственном разрешении в 25 км. Результатами стала максимально выявленная ширина погрешности в выделенных участках карты. Операция была произведена для трех дней: 19 марта, 17 мая и 8 июня 2017г. Даты были выбраны в сезон таянья льда для визуального определения быстрой динамики концентрации и изменения кромки льда. Максимальная ширина погрешности составила 11 пикселей, при разрешении в 25 км. это 275 км льда. Данные погрешности могут вызвать опасность для навигации и должны учитываться при использовании ледовых карт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшим географическим фактором климата полярных регионов является морской ледяной покров, который также является составной частью глобальной климатической системы Земли. Эта система непрерывно меняется. Вместе с ней изменяется и состояние морского ледяного покрова – площадь его распространения, толщина, сплоченность, сезонность и другие характеристики. Задачи исследования вариаций климата полярных регионов требуют интенсивного привлечения данных спутникового дистанционного зондирования, в частности, пассивных микроволновых радиометрических наблюдений системы “VISHOP” и “SeaIceIndex”

Существующие источники интерпретации данных спутниковой микроволновой радиометрии позволяют осуществлять ежедневный контроль состояния морского ледяного покрова Арктики и Антарктики. Однако все эти алгоритмы имеют как свои преимущества, так и недостатки, связанные с климатическими сезонами и конкретной ледовой обстановкой. В периоды летнего таяния и осеннего замерзания величина ошибок алгоритмов может увеличиваться в два и более раза.

Анализ спутниковых данных позволяет сравнивать определять точность погрешность, а также сравнивать построенные карты в различных учреждениях с исходными данными, зная погрешность исходных карт можно сказать о погрешности ледовых карт и приспособленности их к навигации. Что позволяет обеспечивать безопасность

Две системы с данными спутниковым систем SSMR, SSM/I, AMSR 2 позволили оценить положение и изменения кромки льда сравнить неточности в обеспечении навигации и тем самым обеспечить более достоверную информацию пользователю. С изменением климата в Арктике и вечного таяния льда погрешности будут увеличиваться. Оценивая погрешность

кромки льда для показаний разных радиометров можно следить за точностью такого метода и его эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Наблюдение за ледовой обстановкой: учебное пособие. – Спб.: ГУ <<ААНИИ>>, 2009. – 15с.
2. Barry R.G., Serreze M.C., Maslanick J.A., Preller R.H. The Arctic Sea Ice-Climate System: Observations and modeling // Rev. Geophysics. 1993. V. 31(4). P. 397-422. doi:10.1029/93RG01998
3. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. / Семенов С.М., ред. / Москва, 2012, НИЦ «Планета», И. Е. Фролов, З. М. Гудкович, В. П. Карклин, В. М. Смоляницкий, С. В. Клячкин, С. В. Фролов. Глава 10. Морской лед.
4. Кравченко Е. Д. Карпий В. М. С Антарктидой — только на «Вы»
5. Анализы пассивных СВЧ приборов [Электронный ресурс]. – <https://rkwok.jpl.nasa.gov/icemotion/>
6. Характеристики SSM/I - Microwave Imager[Электронный ресурс]. –<https://ngdc.noaa.gov/eog/sensors/ssmi.html>
7. Описание приборов SSMI / SSMIS [Электронный ресурс]. – <http://www.remss.com/missions/ssmi>
8. Определение сплоченности и распространения морского ледяного покрова по данным пассивного микроволнового зондирования
Репина И.А.^{1,2}, Тихонов В.В.², Раев М.Д.², Шарков Е.А.², Боярский Д.А.²,
Комарова Н.Ю.² ¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
²Институт космических исследований РАН
9. Анализ результатов наблюдений и методы расчета гидрофизических полей океана удк 551.326.7(292.2) Отклик воздействия внутренних и внешних факторов в широтном смещении кромки морского льда в Арктическом бассейне © 2016 А.Е. Букатов, А.А. Букатов, М.В. Бабий
Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

10. Gentemann C.L., Wentz F.J., Brewer M., Hilburn K., Smith D., Passive Microwave Remote Sensing of the Ocean: An Overview, Oceanography from Space. Revisited. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010, Ch. 2, pp. 13–33
11. Букало Н.А., Рудаков С.Д. Деятельность партии ледовых разведок. Дело №14,402. Североморск, 2007. С41.
12. Карлекин Д.В. Гидрометеорологическое исследование в Арктике // Записки по гидрографии. 1946. №1. С. 7-16
13. Бахарев В.И., Куприк С.К. Использование фототелеграфических аппаратов для отображения результатов ледовой разведки // Записки по гидрографии. 1988. №220. С. 62-65.
14. Бушуев А.В. Развитие и совершенствование системы и методов ледовых наблюдений // Развитие и совершенствование системы и методов ледовых наблюдений.
15. Репина И.А., Иванов В.В. Применение методов дистанционного зондирования в исследовании динамики ледового покрова и современной климатической изменчивости Арктики. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. № 5. С. 89–103.
16. Репина И.А., Тихонов В.В., Алексеева Т.А., Иванов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Комарова Н.Ю. Электродинамическая модель излучения арктического ледяного покрова для решения задач спутниковой микроволновой радиометрии. // Исследование Земли из космоса. 2012. № 5. С. 29–36.
17. Тихонов В.В., И.А. Репина, М.Д. Раев, Е.А. Шарков, Д.А. Боярский, Н.Ю. Комарова. Комплексный алгоритм определения ледовых условий в полярных регионах по данным спутниковой микроволновой радиометрии (VASIA2). // Исследование Земли из космоса. 2015. № 2. С. 78–93.

18. Шарков Е.А. Пассивное микроволновое зондирование Земли: прошлое, настоящее и планы на будущее // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. В. 1. Т. 1. С. 70–80.

19. Иванов В.В., Алексеев В.А., Алексеева Т.А., Колдунов Н., Репина И.А., Смирнов А.В. Арктический ледяной покров становится сезонным? // Исследования Земли из космоса. 2013. № 4. С. 50–65.

20. Kern S. A new method for medium-resolution sea ice analysis using weather-influence corrected Special Sensor Microwave/Imager 85 GHz data. // Int. J. Remote Sensing. 2004. Vol. 25. P. 1–28.

21. Бобылев Л.П., Шалина Е.В., Йоханнессен О.М., Заболотских Е.В., Сандвен С., Бабина О.И. Изменение арктического ледяного покрова по данным спутникового пассивного микроволнового зондирования. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. Т. 78. № 1. С. 38–47.

22. Agnew T., Howell S. The use of operational ice charts for evaluating passive microwave ice concentration data. // Atmosphere-Ocean. 2003. Vol. 41. No. 4. P. 317–331.

23. Сычев В.И., Эдвардс А. Д. Введение в программное обеспечение для обработки спутниковых изображений. // Краткое руководство пользователя и примеры практического использования программных продуктов ЮНЕСКО – СПб.- ЮНЕСКО: 2008 г., 96с.

24. Алексеев Г. В., Радионов В. Ф., Александров Е. И., Иванов Н. Е., Харланенкова Н. Е., 2010. Климатические изменения в Арктике и Северной полярной области, Проблемы Арктики и Антарктики, № 1 (84), с. 67—80.

25. Аппель И. Л., Гудкович З. М., 1992. Численное моделирование и прогноз эволюции ледяного покрова арктических морей в период таяния, Л., Гидрометеоиздат, 143 с

26. Аппель И. Л., Гудкович З. М., Николаев С. Ю., Позднышев С. П., 1994. Результаты моделирования динамики льдов Арктического бассейна

за длительные промежутки времени, Проблемы Арктики и Антарктики, вып. 67—68, с. 108—120.

27.Гордиенко П. А., Бузуев А. Я., Сергеев Г. Н., 1967. Изучение ледяного покрова моря как среды судоходства, Проблемы Арктики и Антарктики, вып. 27, с. 93—104.

28.Гудкович З. М., Кириллов А. А., Ковалев Е. Г., Сметанникова А. В., Спичкин В. А., 1972. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей, Л., Гидрометеиздат, 348 с