



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

Кафедра Морские информационные системы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистр)

На тему Исследование возрастного состава льдов в Баренцевом море и выявление основных закономерностей их изменчивости

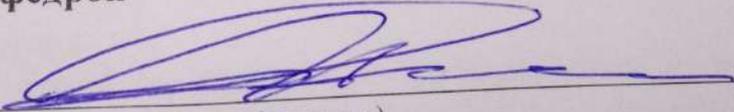
Исполнитель Баринова Ксения Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Абрамов Валерий Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

доктор технических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Сикарев Игорь Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«08» июни 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Морские информационные системы

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ года

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

студенту Бариновой Ксении Алексеевны

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема Исследование возрастного состава льдов в Баренцевом море и выявление основных закономерностей их изменчивости

закреплена приказом ректора Университета от «08» декабря 2021 года, № ____.

2. Срок сдачи законченной работы «__» _____ 2022 года.

3. Исходные данные к работе

3. Нормативно-правовые документы

3.2 Нормативно-технические документы

...объекты исследования или их компоненты, условия их функционирования, т.п.

4. Основные вопросы, подлежащие разработке (краткое содержание ВКР)

- сформулировать актуальность решаемой прикладной задачи, цели и задачи ее решения и место прикладной задачи в области мониторинга возрастного состава льда;
- выполнить анализ льда в Северо-Восточной и Северной части Баренцева моря;
- пополнить архивные данные по распределению и составу льда, с помощью современных инструментов исследования Earth, MarineTraffic и LandViewer;
- выполнить исследование возрастного состава льда за период 2020-2021 гг. и основных закономерностей его изменчивости;
- сделать вывод о возрастных льдах в Баренцевом море и их закономерностях;
- письменно обосновывать и защитить свои позиции и результаты исследований и оформить как рукописный труд.

5. Перечень материалов, представляемых к защите:

- ВКР (пояснительная записка);
- отзыв руковод

- ителя;
- заключение о проверке работы в системе «Антиплагиат»;
- иллюстративный материал (плакаты, слайды, таблицы, схемы, графики...).

6. Консультант по работе с указанием разделов работы:

_____ (должность, фамилия, имя, отчество, глава __)

7. Дата выдачи задания: «__» _____ 20__ года

Руководитель выпускной квалификационной работы

кандидат физико-математических наук, доцент Абрамов В.М.

(должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

(подпись)

Задание принял к исполнению «__» _____ 2022 года

Студент Барина Ксения Алексеевна МД-М20-1

(фамилия, имя, отчество, учебная группа)

(подпись)

Реферат

Магистерская диссертация: 84 страницы, 78 иллюстраций и 4 таблицы. Состоит данная работа из введения, 3 глав, заключения, списка литературы. Список литературы содержит в себе 38 источников и одного приложений.

Ключевые слова: БАРЕНЦЕВО МОРЕ, ВОЗРАСТНЫЕ ЛЬДЫ, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ, ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ.

Объект исследования – Баренцево море.

Предмет исследования – Возрастной состав льдов в Баренцевом море.

Цель работы: исследование возрастного состава льда в Баренцевом море и выявление основных закономерностей их изменчивости.

Выполненная работа содержит исследование возрастного состава льдов в Баренцевом море и их изменчивость. Основная часть выпускной работы посвящена исследованию возрастных льдов Баренцева моря в его Северной и Северо-Восточной части. Однако до настоящего времени отсутствует такая работа, которая использовала для исследования современные инструменты исследования, такие как: Earth, MarineTraffic и LandViewer. Это делает результаты данной работы актуальными на сегодняшний день.

Оглавление

Введение	3-6
1. Характеристика режимов в Баренцевом море	7-18
1.1 Гидрологический режим Баренцева моря.....	7-10
1.2 Характеристика климатического режима Баренцева моря.....	10-14
1.3 Анализ ледового режима Баренцева моря	14-18
2. Современные методы исследования ледяного покрова в Баренцевом море	19-44
2.1 Характеристика инструмента Earth для мониторинга состояния Баренцева моря.....	19-28
2.2 Характеристика инструмента MarineTraffic для мониторинга состояния Баренцева моря.....	28-35
2.3 Характеристика инструмента LandViewer для мониторинга состояния Баренцева моря.....	35-44
3. Исследование изменения ледового режима Баренцева моря и факторов, влияющих на закономерности формирования ледового покрова	45-78
3.1 Исследование возрастных льдов и изменчивости ледового покрова в Баренцевом море.....	45-63
3.2 Исследование возрастных льдов в Северо-Восточной части Баренцева моря.....	64-72
3.3 Исследование ледового режима вблизи крупных портов в Баренцевом море.....	72-78
Заключение	79-82
Список использованной литературы	83-86
Приложения	87

Введение

Главная отличительная особенность Северного Ледовитого океана – это постоянный ледяной покров, который влияет на глобальные процессы. Исследование морских возрастных льдов в окраинных морях является важной задачей.

Крайний север является стратегически важной территорией для России и Норвегии, а также для всего международного сообщества. Баренцево море отличается сложными ледовыми условиями, например дрейфующим льдом, а также обледенением и сильными ветрами. Для безопасного передвижения судов по Баренцеву морю, необходимо проводить мониторинг характеристик движения льда [1].

В природе происходят климатические изменения, в северной части Баренцева моря наблюдаются резкие изменения климата. Из-за таяния льдов в Баренцевом море происходит нарушение баланса соленной и пресной воды [2].

Актуальность и значимость исследования ледяного покрова в Баренцевом море заключается в климатическом, геополитическом и хозяйственном значении, а именно, том что:

- Морской лед, влияет на изменения климата;
- Баренцево море имеет геополитическое значение, так как акватория моря является зоной плавания кораблей ВМФ РФ;
- В акватории Баренцева моря действует интенсивная хозяйственно-промышленная деятельность;
- В восточном и южном районах Баренцева моря проходят судоходные трассы (начало Северного морского пути).

Исследование Баренцева моря, а именно его ледового режима, проводились на протяжении многих веков, как на техническом, так и на методологическом уровне. Русские исследования в Баренцевом море восходят к научно-промысловой работе руководителя экспедиции Н.М. Книповича, которая началась в 1899 г. [3].

Исследование возрастных льдов в Баренцевом море начались с научных работ В.Ю. Визе, которые были посвящены эволюции формирования ледового покрова. Две монографии, которые были изданы, где рассказывалось об исследовании ледяного покрова, и были сформированы методические вопросы прогнозирования ледовых условий [4,5].

В 1920 годах на Баренцевом море проводили исследования, такие как: Н.Н. Зубов, В.В. Тимонов, В.Г. Богоров, Е.М. Крепс. Эти исследования стали классикой современной науки в области океанологии [6].

В ААНИИ в 70 года проводились экспериментальные научные исследования ледяного покрова в Баренцевом море, которые позволили получить новые данные о физических изменениях в акватории льда и изменчивости дрейфа льда. Лед Баренцева моря зависит от приносимых теплых атлантических вод Северо-Атлантическим течением. Вследствие этого даже в суровую зиму море полностью не замерзает. Все эти выводы сделаны в исследовании Г.К. Зубакина (1987). Также в эти годы стали появляться спутниковые снимки, которые помогали при мониторинге ледяного покрова. Для Баренцева моря и других морей составляются обзорные ледовые карты [6].

В период последних 50 лет российские исследователи (Гудкович З.М., Захаров В.Ф.) выделяют различные климатические стадии, например, похолодание/потепление Арктики, которые связаны с циклическими колебаниями [7].

Выполненная работа содержит исследование возрастных льдов в Баренцевом море и их изменчивость. Основная часть выпускной работы посвящена исследованию возрастных льдов Баренцева моря в его Северной и Северо-Восточной части. Однако до настоящего времени отсутствует такая работа, которая использовала для исследования современные инструменты исследования, такие как: Earth, MarineTraffic и LandViewer. Это делает результаты данной работы актуальными на сегодняшний день. Дальнейшее

прогнозирование ледового режима с выявлением основных закономерностей является актуальной.

Цели и задачи диссертационной работы.

Основной целью работы является исследование возрастного состава льда в Баренцевом море и выявление основных закономерностей их изменчивости.

Для исследования были поставлены и решены следующие задачи:

1. Выполнить анализ льда в Северо-Восточной и Северной части Баренцева моря;
2. Пополнить архивные данные по распределению и составу льда, с помощью современных инструментов исследования Earth, MarineTraffic и LandViewer;
3. Выполнить исследование возрастного состава льда за период 2020-2021 гг. и основных закономерностей его изменчивости.

Методы исследования. Исследование проводилось с использованием современных инструментов Earth, MarineTraffic и LandViewer, которые помогли в:

1. Сборе данных и характеристик ледяного покрова, изменения и влияния ветра-волновых условий в Баренцевом море.
2. Обработке данных и составление теоритических выводов.

Научная новизна работы состоит в том что:

1. В ходе исследования возрастных льдов Баренцева моря, была выявлена деградация льдов.
2. В исследовании были использованы современные инструменты для анализа ледового режима Баренцева моря, которые ранее не использовались.
3. Выполнено выявление основных закономерностей изменчивости возрастных льдов в Баренцевом море.
4. Дополнены данные о распространении возрастных льдов в Баренцевом море за 2020-2022 гг., для безопасного мореплавания.

Объект исследования – возрастные льды Баренцева моря.

Личный вклад автора заключается в сборе и обработке информации и получении результатов. **На защиту выносятся следующие положения:**

1. Закономерности сезонной изменчивости возрастных льдов в Баренцевом море и основные факторы, влияющие на его формирование.
2. Прогноз о распределении возрастных льдов в разных частях Баренцева моря с помощью инструментов Earth, MarineTraffic и LandViewer.
3. Анализ сплоченности и толщины льда в Баренцевом море.

Публикации по теме диссертации.

Материал диссертации использовался для написания статьи, которая была опубликована на конференции, прикреплена в приложении.

Структура и объем работы.

Выпускная работа содержит 84 страницы машинописного текста, также включает в себя 78 иллюстраций и 4 таблицы. Состоит данная работа из введения, 3 глав, заключения, списка литературы. Список литературы содержит в себе 38 источников и одного приложений.

Автор выражает искреннюю благодарность Абрамову В.М. (руководство диссертацией) за помощь при подготовке диссертационной работы, за участие в обсуждении концепции работы, а также в реализации плановой тематики и обсуждении полученных результатов.

1. Характеристика режимов в Баренцевом море

1.1 Гидрологический режим Баренцева моря

Баренцево море – это море, которое относится к окраинным морям Северного Ледовитого океана. В море находятся архипелаги Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. Граничит с Норвежским морем на западе, на юге с Белым морем, на востоке с Карским морем, на севере – с Северным Ледовитым океаном. Карта Баренцева моря представлена на рисунке 1.1.1 [8].



Рисунок 1.1.1 – Карта Баренцева моря [9].

Находиться море на Северо – Европейском шельфе, является большим морем в РФ. Объем вод 267 900 км³. Большую часть занимают в море острова. Самым крупным островом в Баренцевом море является о.Колгуев [10].

Дно Баренцева моря имеет спуск к северо-востоку и раздробленный рельеф (Рисунок 1.1.2). Береговая линия Баренцева моря содержит большое количество мысов и заливов, бухт. Все это из-за не простой расчлененности береговой линии моря, берега сильно изрезанные, высокие и скалистые. Это из-за берегового рельефа, который начинает резко меняться восточнее п-ов Канин Нос. Таким образом, видно, что море имеет особенность

неравномерного распределения глубин, и рельеф дна существенно влияет на гидрологический режим моря [11].

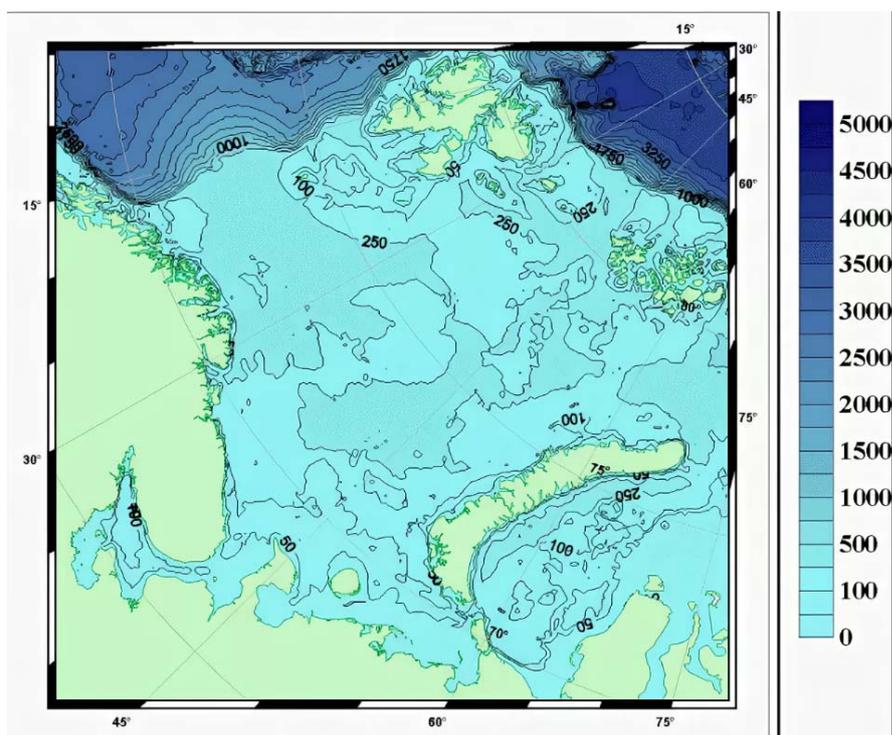


Рисунок 1.1.2 - Рельеф дна Баренцева моря [11].

В Баренцевом море существует система течений, которая относится к Северо – Атлантическому течению и его ответвлениям [12].

Нордкапское течение образует теплый и мощный поток, атлантические воды которого движутся в Баренцево море с юго-запада на восток. Течение разветвляется на более мелкие течения, а именно Прибрежное - Мурманское и Мурманское течения. Также в море существуют внутри круговые течения, которые находятся в центральной части.

Таким образом, в северной части Баренцева моря наблюдается циклонический круговорот, где перемешиваются теплые Атлантические и холодные стоковые воды Северного Ледовитого океана это можно увидеть на рисунке 1.1.3 [13].

Приливы в море осуществляются с запада, начинают действовать на восток до архипелага Новая Земля. У Маточкина Шара приливная волна поворачивает на северо-восток, а также на юго-восток (рисунок 1.1.4).



Рисунок 1.1.3 - Течения в Баренцевом море [14].

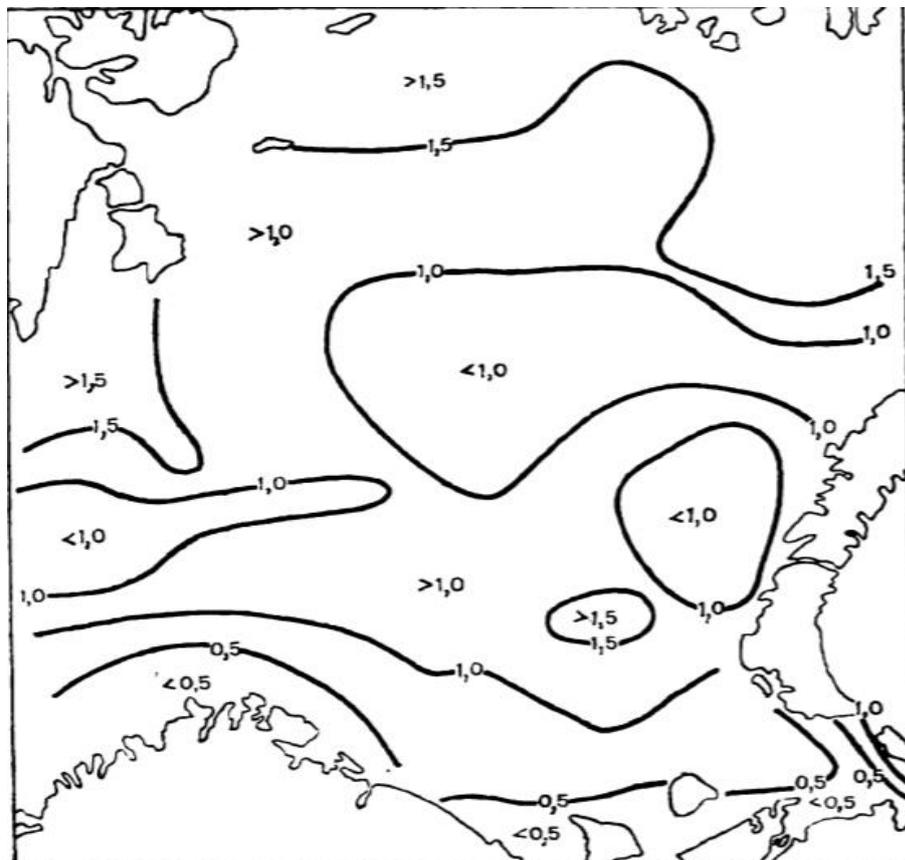


Рисунок 1.1.4 - Приливы в Баренцевом море [14].

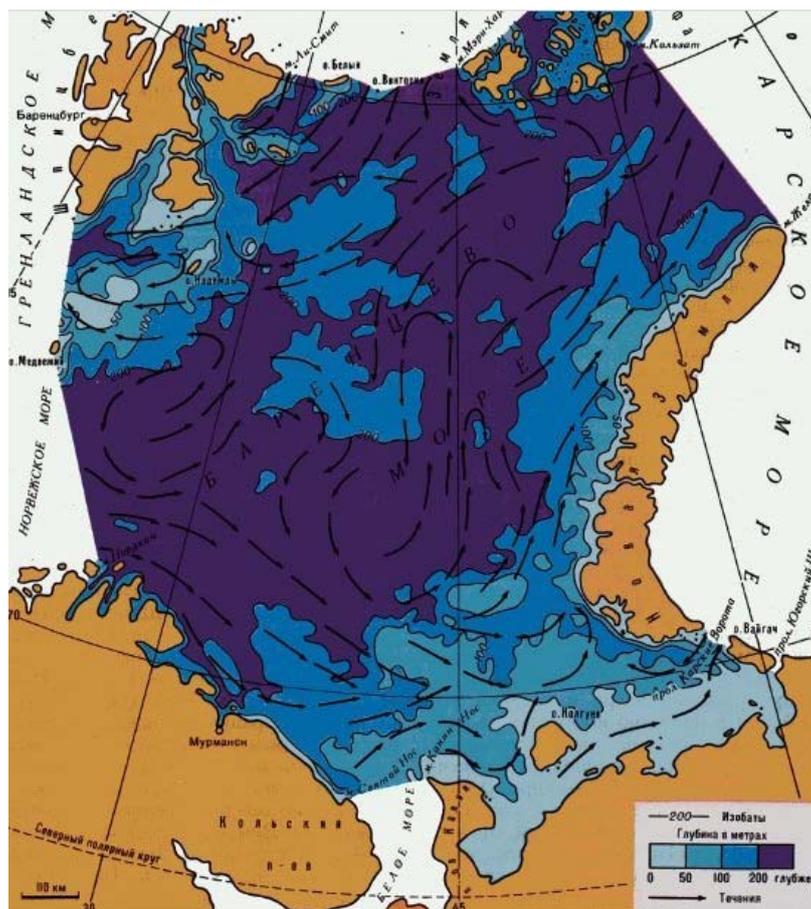


Рисунок 1.1.5 – Течения в Баренцевом море [14].

Изменение направления приливных течений в Баренцевом море происходит по часовой стрелке. Кроме районов, где наблюдается перепад глубин. Приливные течения присутствуют во всех районах Баренцева моря. Скорость течений уменьшается с увеличением глубины (рисунок 1.1.5).

1.2 Характеристика климатического режима Баренцева моря

В море наблюдается полярно – морской климат, который в большей степени теплый среди шельфовых морей Северного Ледовитого океана. Баренцево море никогда полностью не покрывается льдом, только 3/4 его поверхности ежегодно находится подо льдом [15].

В Баренцевом море наблюдается долгая зима и холодное лето. Так как море имеет положение в высоких широтах, то здесь наблюдается большая относительная влажность. Из-за связи с Атлантическим океаном и Центральным арктическим бассейном в море наблюдается низкая величина изменения годовой температуры воздуха. Арктический воздух наблюдается в

северной части моря. В зимний сезон распространены юго-западные ветра. Скорость ветра обычно средняя, но иногда увеличивается до 16 м/с. Самый холодный месяц – это март, среднемесячная температура равна -22° - это у Шпицбергена, на западе моря минус 2° , в восточной части минус 14° . Такая температура моря связана с влиянием теплого Норвежского течения и холодных вод из Карского моря [16].

Самым теплым месяцем является август, когда море полностью освобождено и температура воздуха там достигает почти 10° - это в западной и центральной части. На севере температура наблюдается около 5° , на юго-востоке она равна 8° .

В весенний сезон температура воздуха очень быстро растет, осенью температура медленно снижается. Эти сезоны являются переходными и в море наблюдаются сильные ветра и пасмурная погода [17].

Атлантические воды приносят в море большое количество тепла, их годовой приток равен 80 тыс. км³. Баренцево море является самым теплым морем Северного Ледовитого океана [18].

В Баренцевом море наблюдаются 4 большие водные массы, которые представлены на рисунке 1.2.1.

- Атлантические воды.
- Арктические воды.
- Прибрежные воды.
- Баренцевоморские воды.

В зимний сезон в море Северо-Восточная часть занята баренцевоморскими водами, атлантические воды распространяются в Юго-Западной части моря. Прибрежные воды наблюдаются только в поверхностном слое моря. Зимой арктические воды не наблюдаются.

В летний сезон арктические воды наблюдаются в северной части моря и занимают поверхностный слой. В центральной части находятся только атлантические воды, южная часть заполнена прибрежными водами, которые занимают поверхностный горизонт [19].

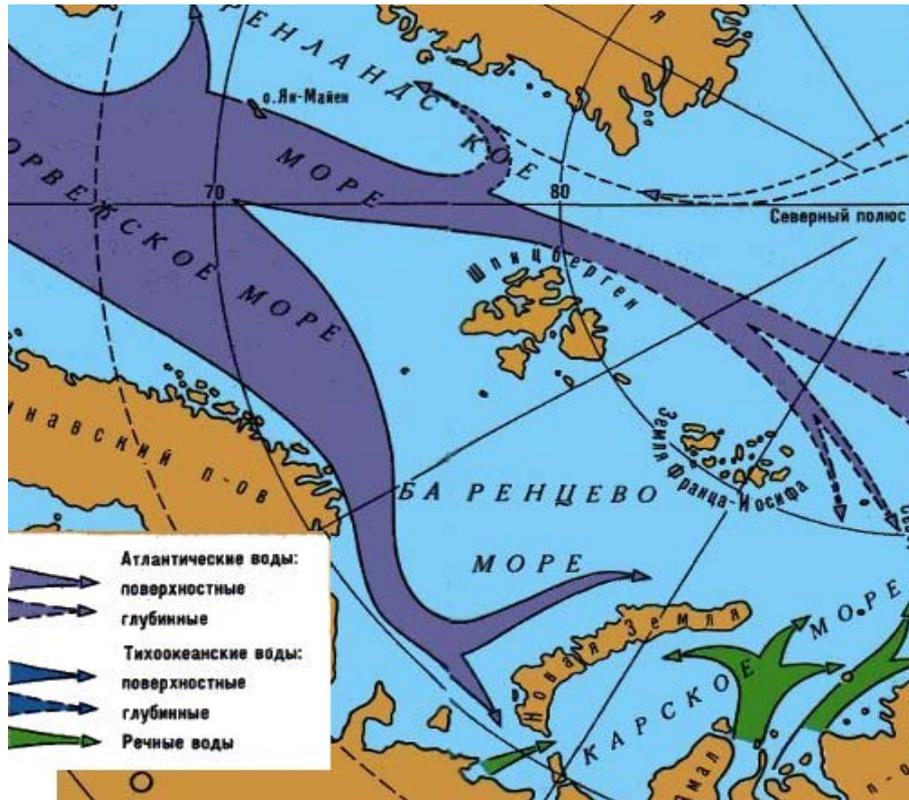


Рисунок 1.2.1 – Водные массы в Баренцевом море [19].

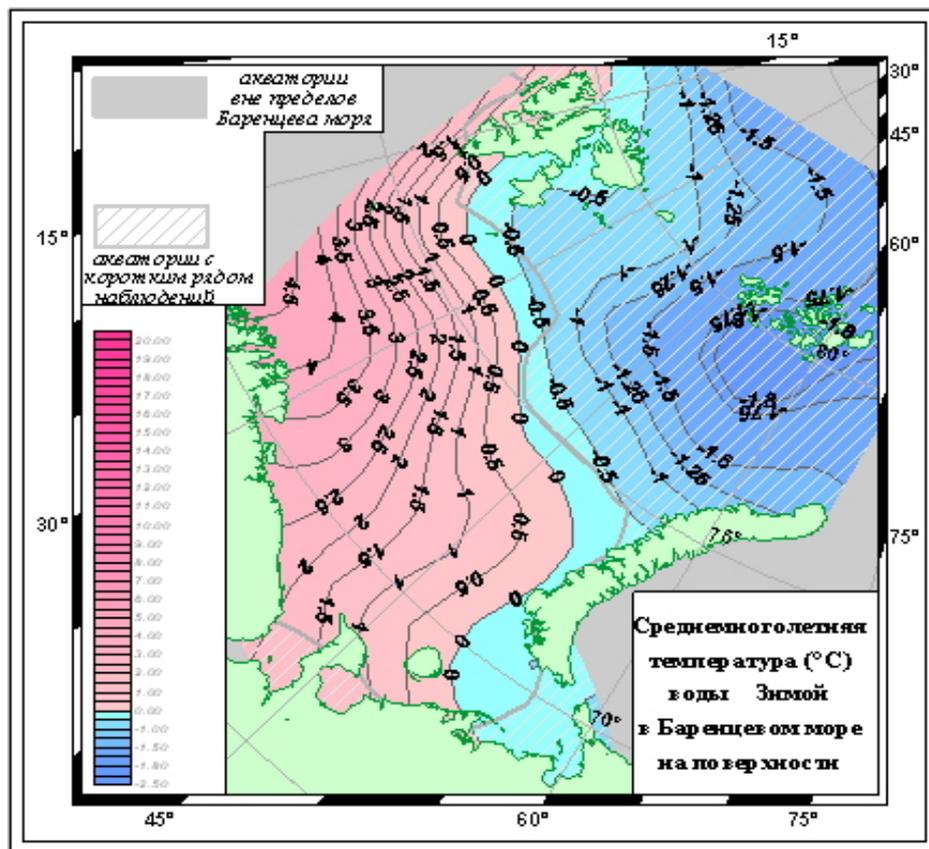


Рисунок 1.2.2 – График температуры воды на поверхности зимой [17]

На рисунке 1.2.2. наблюдается, как происходит понижение температуры на поверхности в зимнее время с юго-западной части моря на северо-восточную. Зимой температура имеет показатель: на юге – около 5° , на севере моря она равна 0° , а в центральной части примерно 3° .

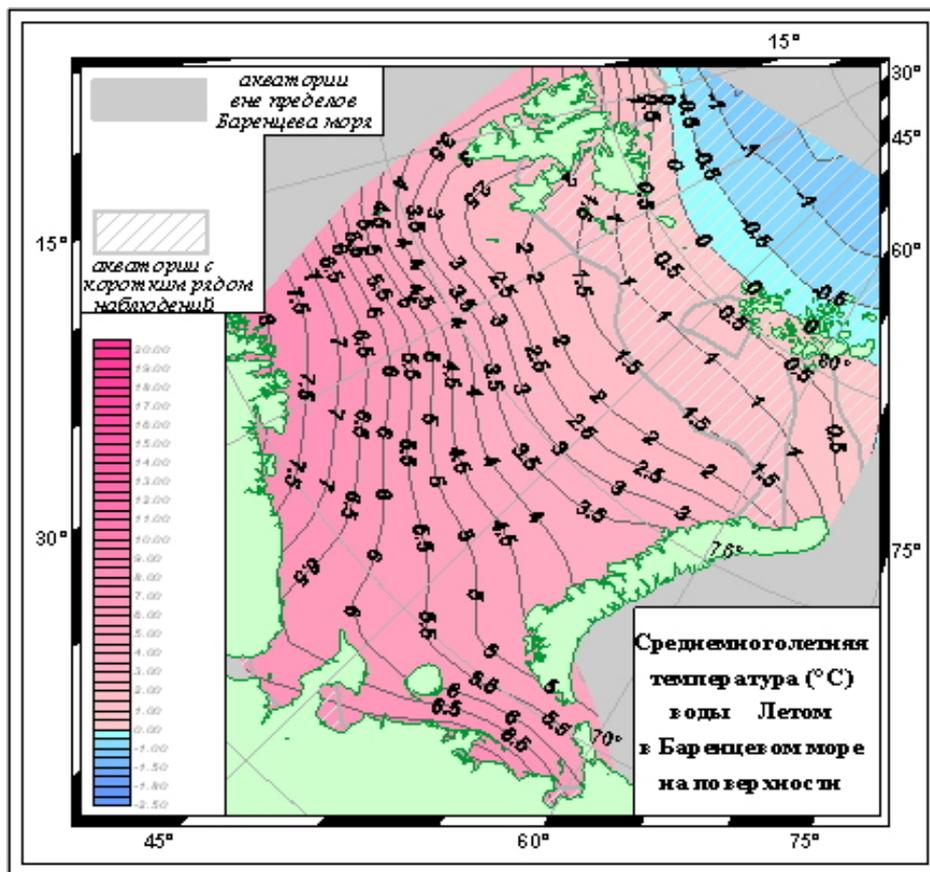


Рисунок 1.2.3 – График температуры воды на поверхности летом [17]

На рисунке 1.2.3 показано температура поверхности воды, которая в южной части моря наблюдается около 9° . В центральной части моря температура равна 5° , в северной части она имеет отрицательное значение.

На рисунке 1.2.4 изображена температура поверхности воды в апреле, которая является переходной, где видно, что в северной части моря она достигает -1° , у порта Мурманск температура около 3°C . В западной части температура имеет показатель 6° , восточная часть в весенний сезон имеет отрицательную температуру.

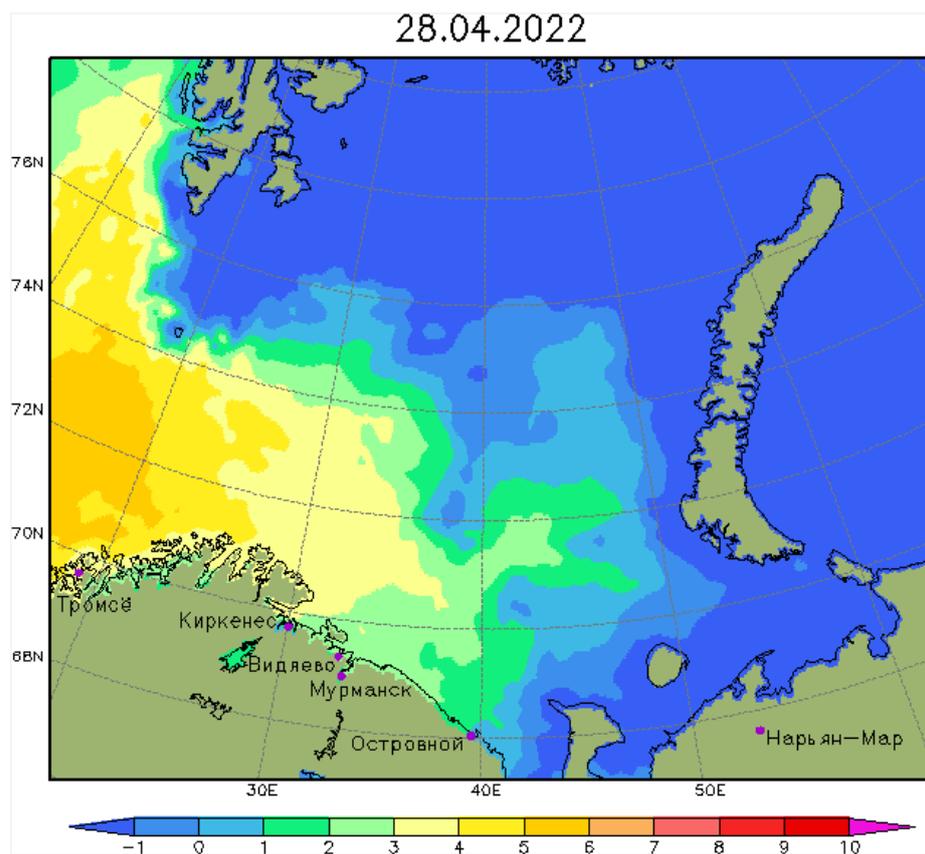


Рисунок 1.2.4 – Температура поверхности воды в Баренцевом море [20].

1.3 Анализ ледового режима Баренцева моря

На Баренцево море большое воздействие имеют Северный Ледовитый и Атлантический океаны, которые влияют на образование ледяного покрова в море. В море наблюдаются льды местного происхождения. Из-за теплых вод, которые приносит течение Гольфстрим и небольших течений из Карского моря, только маленькая доля старых льдов поступает из океанов, остальные льды – это льды, образованные в самом море. В море наблюдается большая межгодовая изменчивость ледовитости [21].

В апреле месяце наблюдается максимум ледового покрова, в августе происходит минимум ледовитости, в сентябре море обычно полностью освобождено ото льда. В очень теплые года, когда зафиксировано аномально теплое лето, было замечено что море в августе и сентябре полностью находится безо льда. В холодные зимы около 95% моря, покрывается толстыми однолетними льдами.

В октябре начинается появление первого льда, но с сильным изменением климата, сроки появления льда меняются каждый год. В проливах архипелагов Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена происходит первое обледенение, на рисунке 1.3.1 можно это увидеть [22].

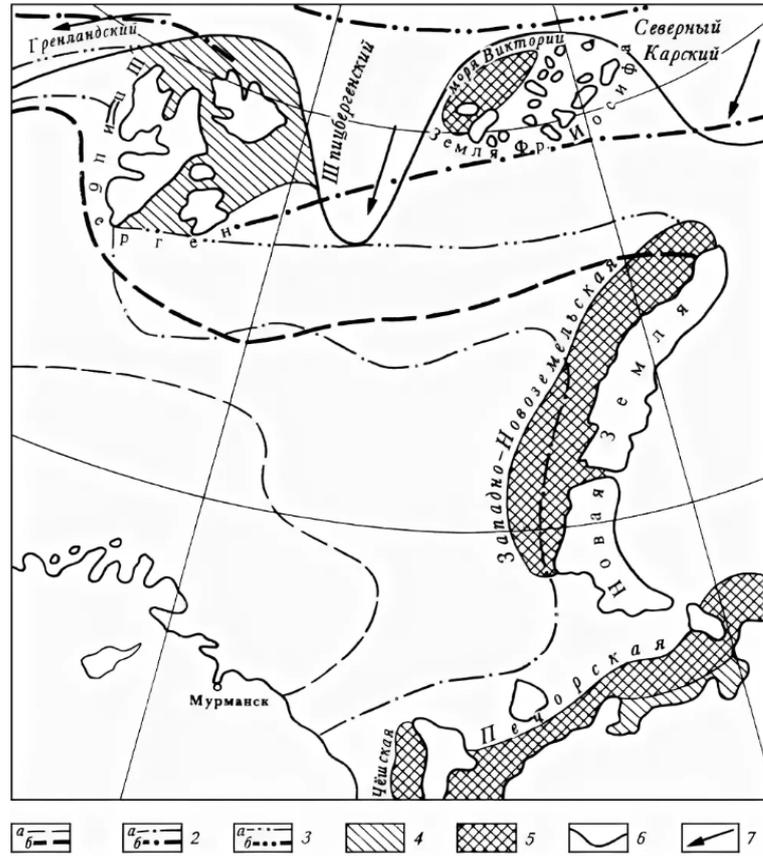


Рисунок 1.3.1 – Распределение льда в Баренцевом море [22].

Видно, что в море присутствуют льды, которые образовались в самом море. Однолетний лед наблюдается в центральной части моря, в некоторые anomalно холодные года встречается старый лед в северо-восточной части моря. Плавающий лед приходится на большую часть моря, в котором встречаются айсберги. Свое происхождение айсберги начинают у архипелагов, которые находятся в море. Припайный лед в море практически не наблюдается, он занимает небольшую площадь у архипелага Новая Земля. Льды местного происхождения имеют практически равную толщину около 1 м [23].

В зимний сезон льды распространяются с севера моря на юг, с востока моря на запад. С мая кромка льда начинает отступать обратно на север и

восток и продолжается это до сентября. В этот период происходит вытаявание тонких льдов, это представлено на рисунке 1.3.2.

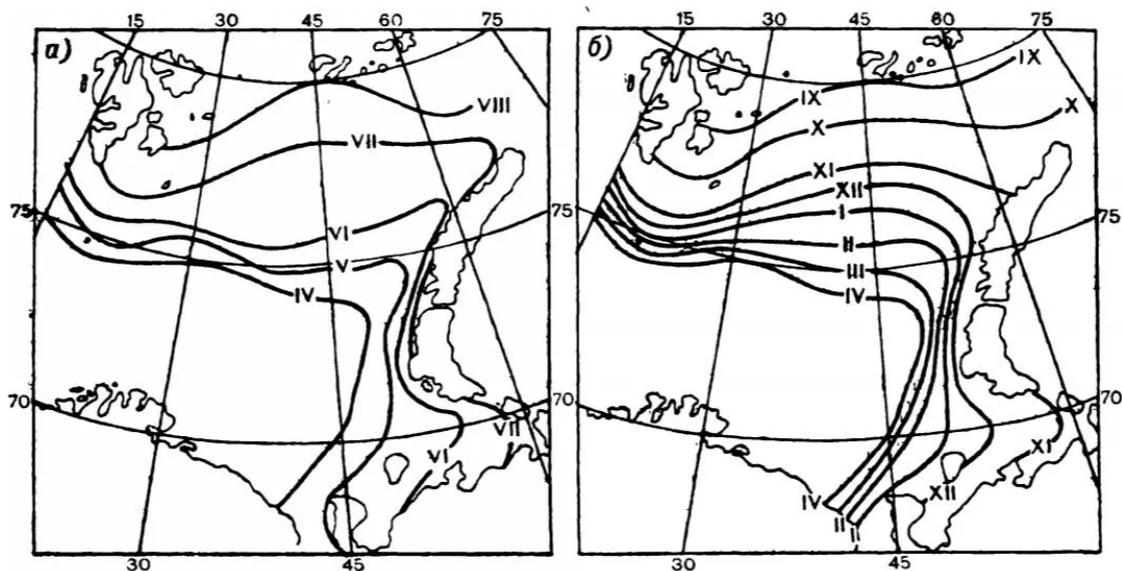


Рисунок 1.3.2 – Положение кромки льда в Баренцевом море.

В мае - июль начинается процесс таяния и разрушения льда, под действием солнца и большого притока тепла. К середине лета берега архипелага Новая Земля и район у острова Колгуев полностью находятся безо льда. В августе кромка льда начинает перемещение к северу, на участках теплых течений это происходит намного быстрее (Рисунок 1.3.3).

По спутниковым снимкам наблюдается большая сплоченность льда в зимний сезон. Из-за интенсивных ветров, в море образуются полыньи в юго-восточной части [24].

В начале весеннего сезона толщина льдов около берегов около 20 см. В юго-восточной части наблюдается дрейфующий лед, который поступает через пролив Карские ворота. Из-за интенсивных ветров и постоянных течений в море происходит дрейф льда. Айсберги встречаются только в северной части моря. У Земли Франца-Иосифа из-за влияния теплых вод и сильного ветра образуется большое пространство чистой воды, которое способствует быстрому очищению моря ото льда [25].

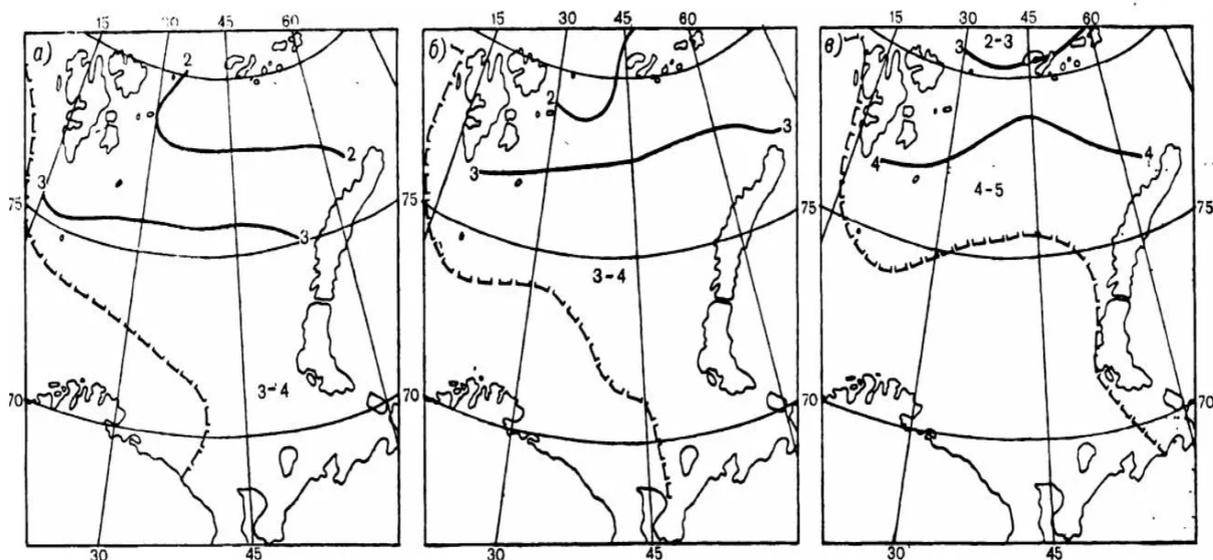


Рисунок 1.3.3 – Средняя разрушенность льда и положение кромки льда в Баренцевом море (июнь, июль, август) [22].

В летний сезон навигацию может затруднить существование льда в восточной части моря. В зимний сезон для судов затруднения вызывают местные льды моря, а также большие дрейфующие льды, которые поступают из Карского моря под действием ветра, через пролив Карские ворота. В северо-восточном районе пройдут только специально предназначенные суда, то есть ледоколы. В летний период (с июня по сентябрь) никаких ограничений по плаванию не имеется, так как море освобождено ото льда [26].

Северо-восточная часть Баренцева моря находится подо льдом практически весь год. Образовавшийся лед в конце сентября начинает свое движение к южной части моря, и к началу весны покрывает всю юго-восточную часть Баренцева моря.

Лед, который образовался в Баренцевом море, не имеет толщину больше 40 см и это не мешает судоходству. Большие размеры, сплоченность, возраст имеют льды, пришедшие из Арктики. В период с марта по май, покрытие льда в море составляет 50-70% от всего моря, остальное – это все открытая вода. Зимой в море образуются большие глыбы и торосы, все это из-за сильных сжатий льдов и их торшения.

Вдоль берега Баренцева моря образуются стамухи - их глубина составляет до 30 м. По данным наблюдения на протяжении года в море вдоль берегов встречается неподвижный лед – припай. В апреле месяце в Баренцевом море площадь дрейфующих льдов составляет около 95% от всех льдов. В последние года источниками информации о дрейфе льда, о ледовых фазах, о распространении припая, о положении кромки льда являются искусственные спутники Земли.

Подведем итоги по данному разделу, что предмет исследования – возрастные льды Баренцева моря, являются важным элементом климатической системы и хорошим индикатором изменения климата. В данное время Баренцево море имеет большое геополитическое и хозяйственное значение. Поэтому исследование, мониторинг льдов Баренцева моря актуально и значимо.

2. Современные методы исследования ледяного покрова в Баренцевом море.

2.1 Характеристика инструмента Earth для мониторинга состояния Баренцева моря.

Баренцево море является важным районом для мониторинга и анализа климатических изменений. Оно не покрывается льдом полностью, обычно лед наблюдается на севере моря, на востоке и юго-восточной части. Баренцево море является очень важным морским объектом. На берегах Баренцева моря находятся два государства Россия и Норвегия.

Баренцево море – важный морской путь, по которому ходят торговые суда между северной Европой и другими странами. В акватории Баренцева моря (Печорское море) находится большое и очень богатое месторождение арктической нефти, которая добывается российскими бурильщиками. В дальнейших годах в планах изучить еще одно месторождение нефти - Альбановского газоконденсатного, в территориальных водах РФ [27].

Баренцево море имеет большое транспортное и промысловое значение для нашей страны и Норвегии. Морские глубины моря богаты планктоном и рыбой больше 100 видов. В восточных водах Баренцева моря мало видового разнообразия, так как увеличивается ледостав из-за снижения воды и воздуха [28].

В климате происходят значительные изменения, поэтому ледовый период составляет около 10 месяцев. Температура повышается, происходит глобальное потепление, и ледяной покров каждый год уменьшается. В научных исследованиях говорили о ледниковом периоде, который нас ждет, теперь ситуация изменилась и к нам грядет глобальное потепление, которое набирает большие обороты. Уже в настоящее двадцатилетие лед сокращается в Баренцевом море с большой скоростью, показывая нам не привычную обстановку ледяного покрова зимой. Только за последние десять лет произошло уменьшение площади льда в море на 15% [29].

Межгодовая изменчивость льда в Баренцевом море главным образом зависит от входа или выхода льда под действием ветра, поэтому теплые течения играют наименьшую роль в изменение ледяного покрова. Интенсивные ветра северных и южных направлений имеют большое влияние на сдвиг границ льда в Баренцевом море [29].

Поэтому для исследования возрастного льда воспользуемся современными инструментами, которые помогут в анализе. Эти инструменты еще не были использованы для исследования вместе, что определяет новизну данной работы.

Earth – это цифровой инструмент для мониторинга погоды и состояния океана. Этот инструмент является визуализацией, которая помогает при анализе погодных условий в глобальном масштабе. Инструмент представляет собой красивую и гармоничную интерактивную карту погодных условий. Там показываються ветра, океанические течения, температура поверхности моря и все это в реальном времени. Также в этом инструменте можно посмотреть архив погодных условий, наперед прогнозов нет. Информация обновляется каждые три часа (Рисунок 2.1.1) [30].

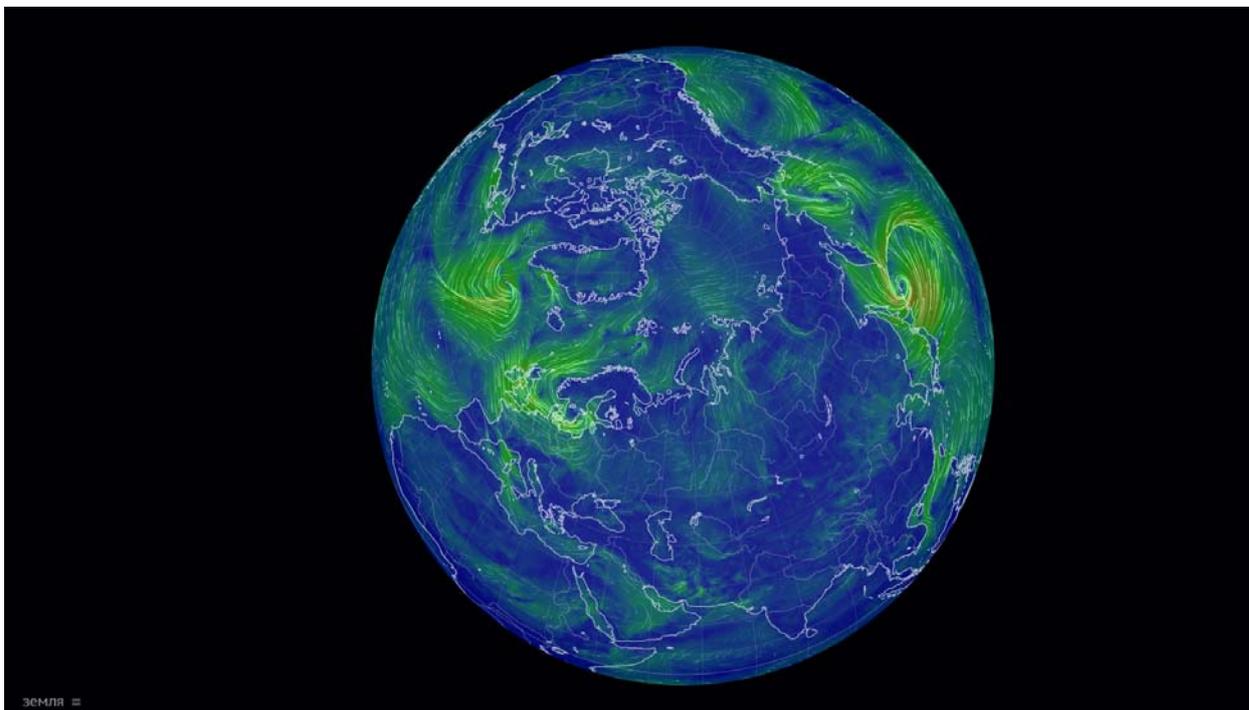


Рисунок 2.1.1 – Earth, глобальная карта ветра и погоды [30].

В данном инструменте имеется шкала, которая помогает увидеть степень усиления чего-либо. Например: на карте показываются потоки воздуха, слабые отражаются – голубым цветом, самые сильные – белым цветом. Также можно крутить земной шар и приближать за интересующие районы. В инструменте есть строка, в которой можно вводить координаты, для быстрого нахождения нужного объекта, на самой карте отображается окно, в котором есть вся интересующая информация.

В инструменте Earth есть меню, в котором можно поменять режимы: поток ветра, океанические течения, температура воды и воздуха, волны, загрязнение атмосферы и многое другое (Рисунок 2.1.2).

В меню имеются множество пунктов:

- Данные - текущая визуализация на карте.
- Дата – отображена дата и время.
- Источник - Перечислены источники данных для конкретного режима карты.
- Масштаб – это шкала, по которой можно увидеть числовые параметры выбранного режима.
- Контроль - Здесь, можно выбрать нужную дату и время, с помощью стрелок. Показать сетку на карте (для удобства).
- Режим – Режимы карты: воздух, океан, химические загрязнения, твердые частицы.
- Высота – для каждого режима, она выражена в своих измерениях.
- Наложение – здесь много дополнительных визуализации:
 - Wind — Скорость ветра, km/h;
 - Temp — Температура, °C;
 - RH (Relative Humidity) — Относительная влажность, %;
 - WPD (Instantaneous Wind Power Density) — Мгновенная плотность энергии ветра, в разработке;

- TPW (Total Precipitable Water) — Общее количество воды в столбе воздуха от земли до космоса, kg/m²;
- TCW (Total Cloud Water) — Количество воды в облаках в столбе воздуха от земли до космоса, kg/m²;
- None — Без дополнительной визуализации.
- Проекция - Различные картографические проекции [30].

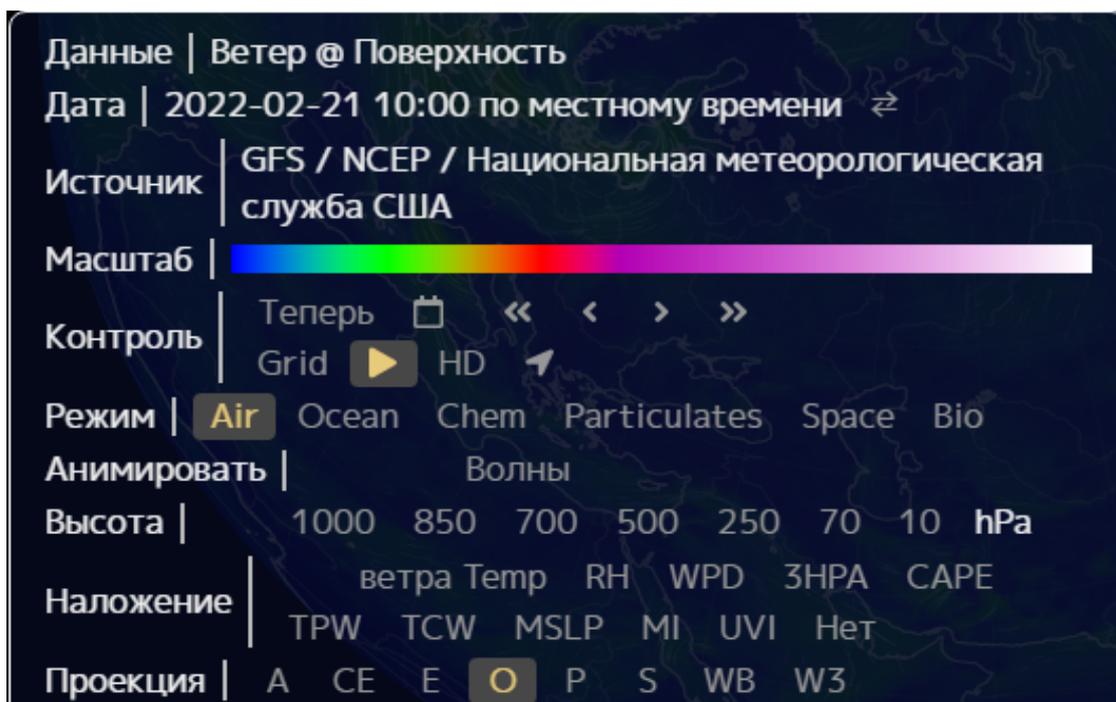


Рисунок 2.1.2 – Меню инструмента Earth [30].

Проведем мониторинг Баренцева моря, для ознакомления с данным инструментом Earth, которое представлено на рисунке 2.1.3.

На рисунке видно, что в феврале, а именно 20.02.2022 года Баренцево море в районе Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа покрыто льдом. С помощью данного инструмента можно проанализировать температуру на нужных участках, которая поможет понять обстановку. Например, в центральной части моря температура поверхности воды колеблется в пределах +1-+2°C . Видно, что юго-западная часть в феврале находится полностью безо льда. Тогда как юго-восточная часть полностью закрыта ледяным покровом, льдами из Карского моря, пролив заблокирован льдом, что затрудняет нахождение там судов в это время.

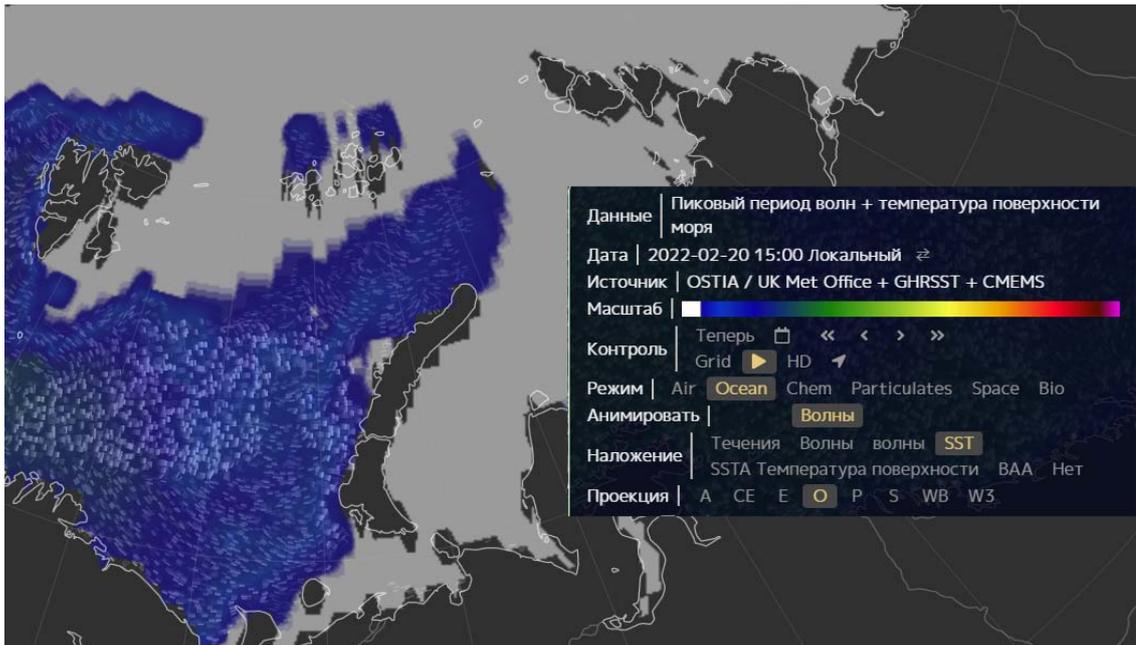


Рисунок 2.1.3 – Баренцево море в инструменте Earth [30].

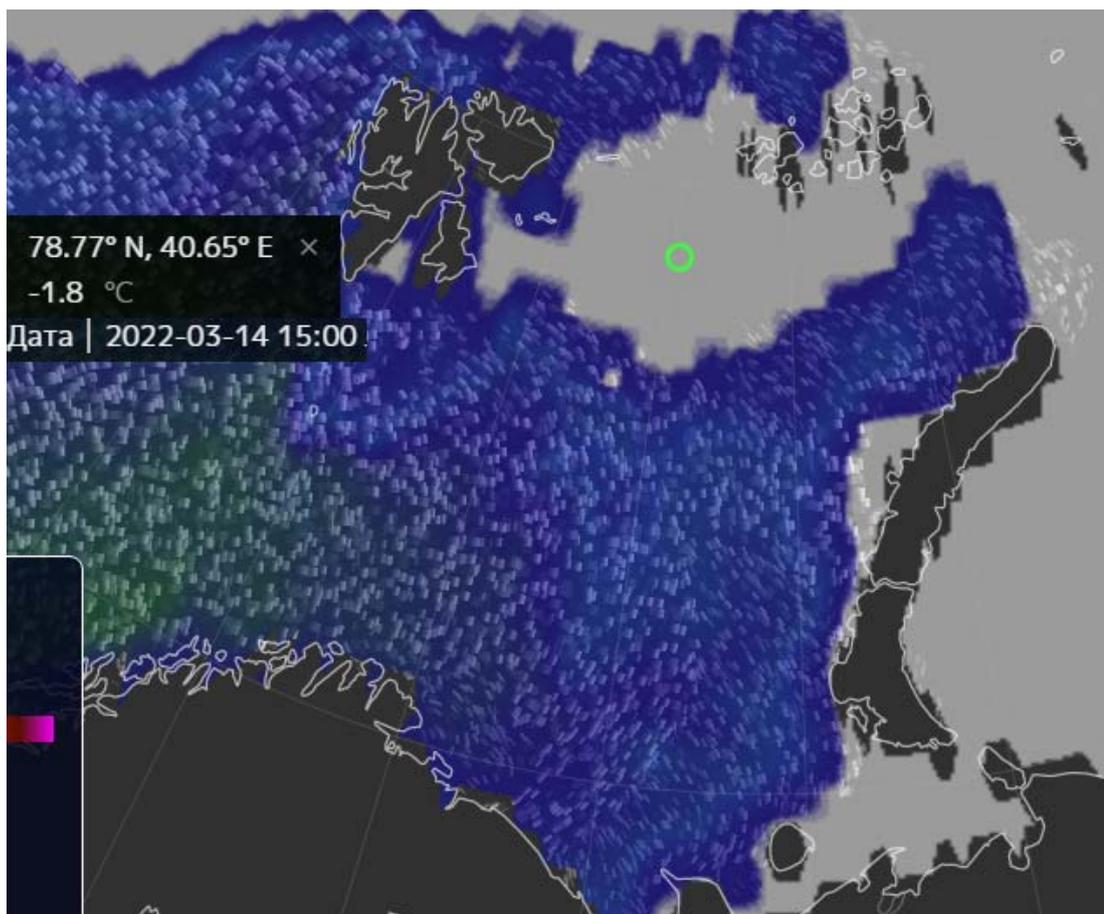


Рисунок 2.1.4 – Температура поверхности Баренцева моря (14.03.2022г.) [30].

В данном инструменте можно узнать нужные данные любой точки. На рисунке 2.1.4 показано, как можно распознать нужную для нас температуру, и сделать вывод о том, что это лед в Баренцевом море. Наведя курсор на нужный участок, нам выходят все точные данные. На рисунке видно, что лед находится в район Земли Франца-Иосифа и центральная часть моря освобождена ото льда.

На рисунке 2.1.5 показана обстановка 15 марта 2022 года, можно увидеть, как отличается рисунок от предыдущего. На данном рисунке 2.1.5 можно отметить, что море освобождается ото льда. Например, между Новой Землей и о.Визе можно увидеть кусочек свободный ото льда. Видно как о.Колгуев начинает освобождаться ото льда со стороны Баренцева моря. За один день поменялась обстановка у о.Рудольфа и островов Белая Земля они полностью свободны ото льда. В северо-западной части моря видно как кромка льда уже отступает на восток.

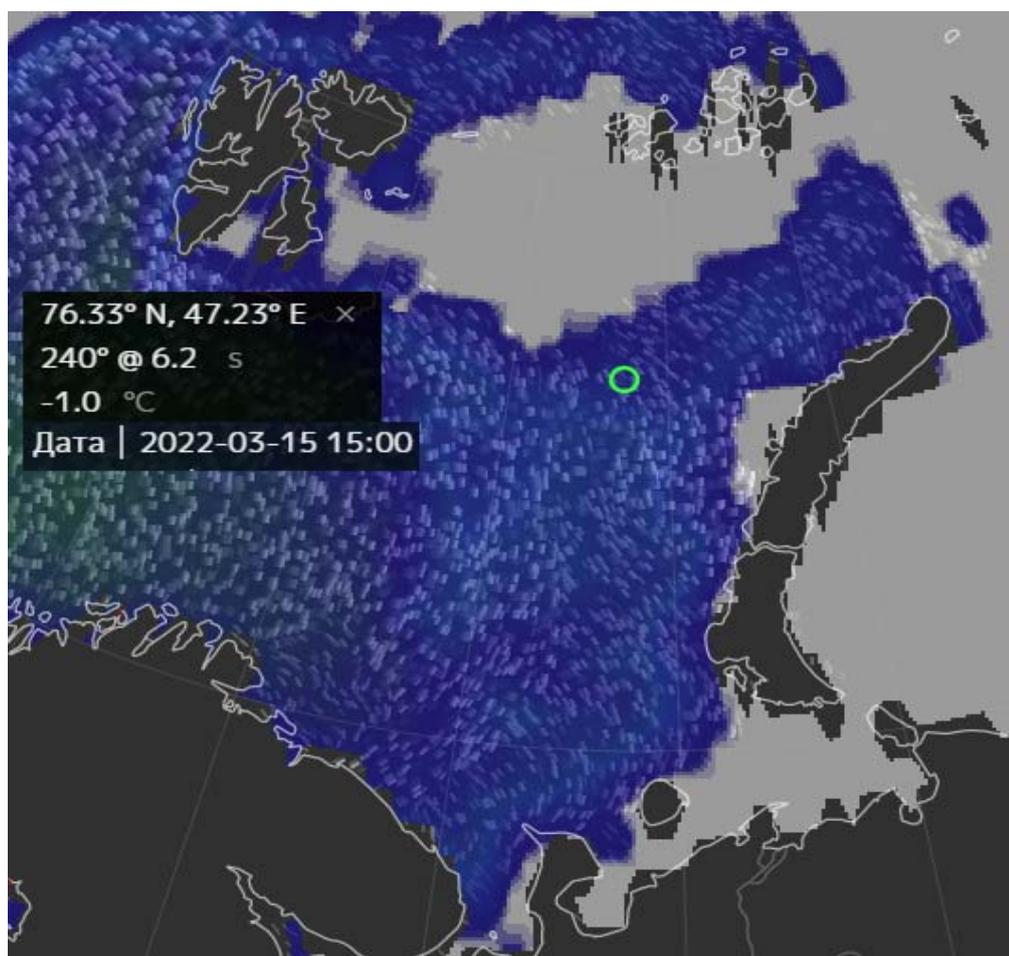


Рисунок 2.1.5 – Температура поверхности Баренцева моря [30].

На рисунке 2.1.6 показано, как можно в данном инструменте посмотреть и проанализировать высоту волны. Например, в центральной части моря высота волны достигает почти 2 м. Эта информация поможет понять интенсивность течения и ветра. Чем темнее, тем высота волны меньше. На данном рисунке хорошо виден лед, там, где волн нет находится ледяной покров, поэтому можно сделать анализ для судов.

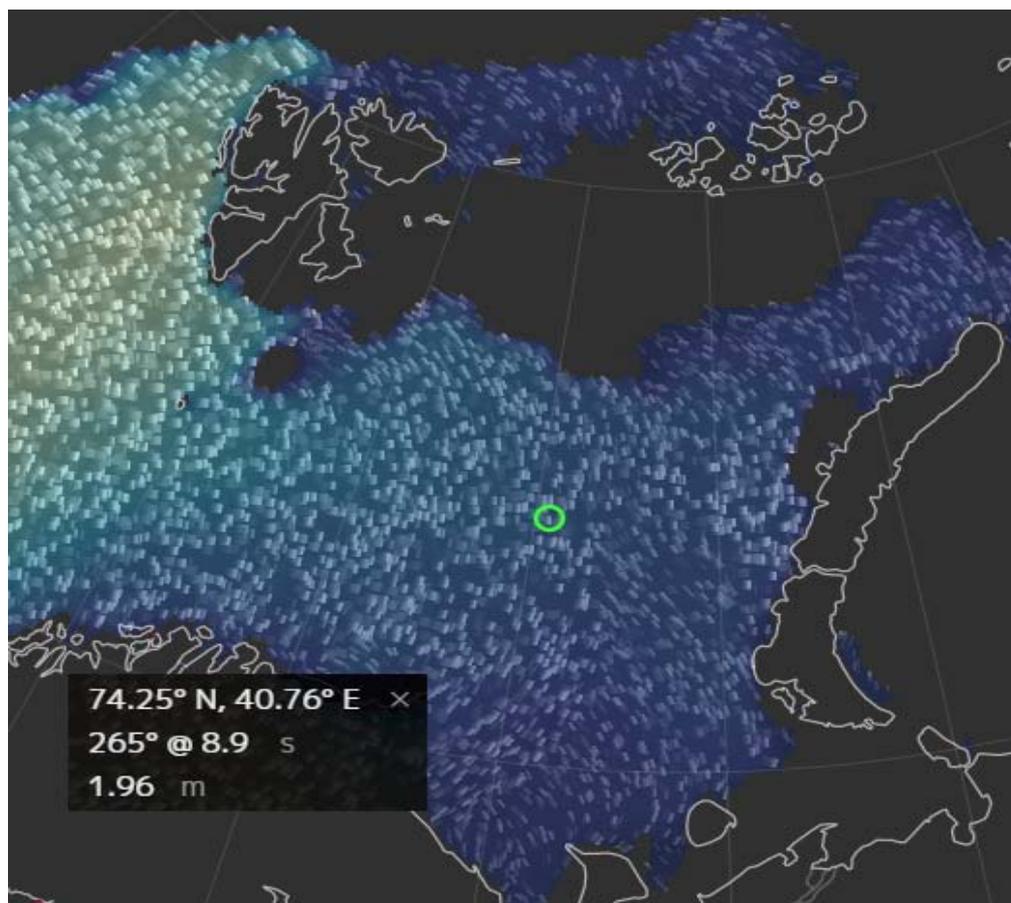


Рисунок 2.1.6 – Высота волны в Баренцевом море [30].

На рисунке 2.1.7 показано Баренцево море 16.03.2022 года, можно увидеть разную цветовую гамму, черный цвет характеризует температуру поверхности моря от 0°C и ниже, красный показывает температуру +2°C и выше. Юго-западная часть Баренцева моря вся находится в красном цвете, температура поверхности моря там равна около +4°C. Наблюдается это по всему Мурманскому побережью. В западной части моря на март месяц наблюдается самая высокая температура, она обозначена желтым цветом и равняется +8°C. Северная часть моря на данное время находится подо

льдом. Так как где черный цвет – это лед, также видно, что начинают появляться оттаины.

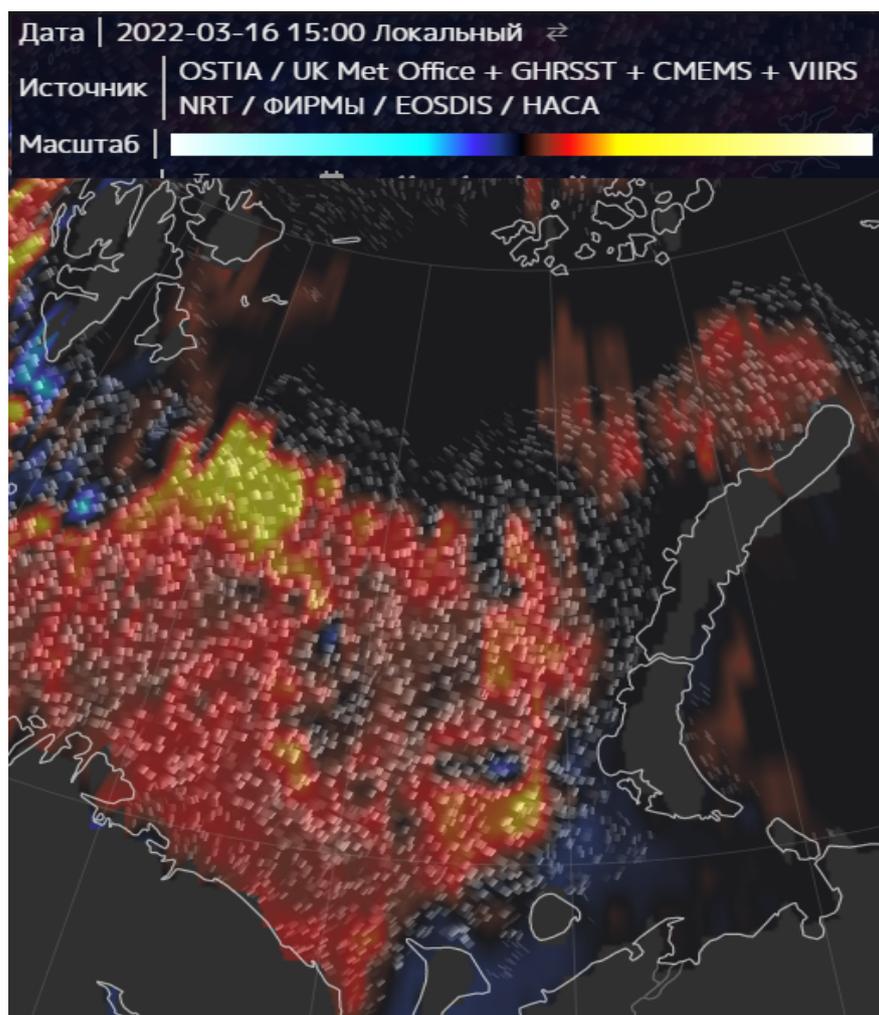


Рисунок 2.1.7 – Аномалия температуры поверхности Баренцева моря.

От влияния ветра зависит ледообразование, дрейф льда, направление и скорость течений. В инструменте Earth можно использовать данную функцию, которая поможет провести мониторинг ветра, а также проанализировать его скорость, направление и т.д. Пример, влияния ветра приведен на рисунке 2.1.8. На рисунке видно, что в северо-восточной части Баренцева моря происходит круговорот ветра, большая скорость, что является распространённым для моря. Наблюдается большой поток ветра из Карских ворот, который двигается на запад моря, а потом к северной части.

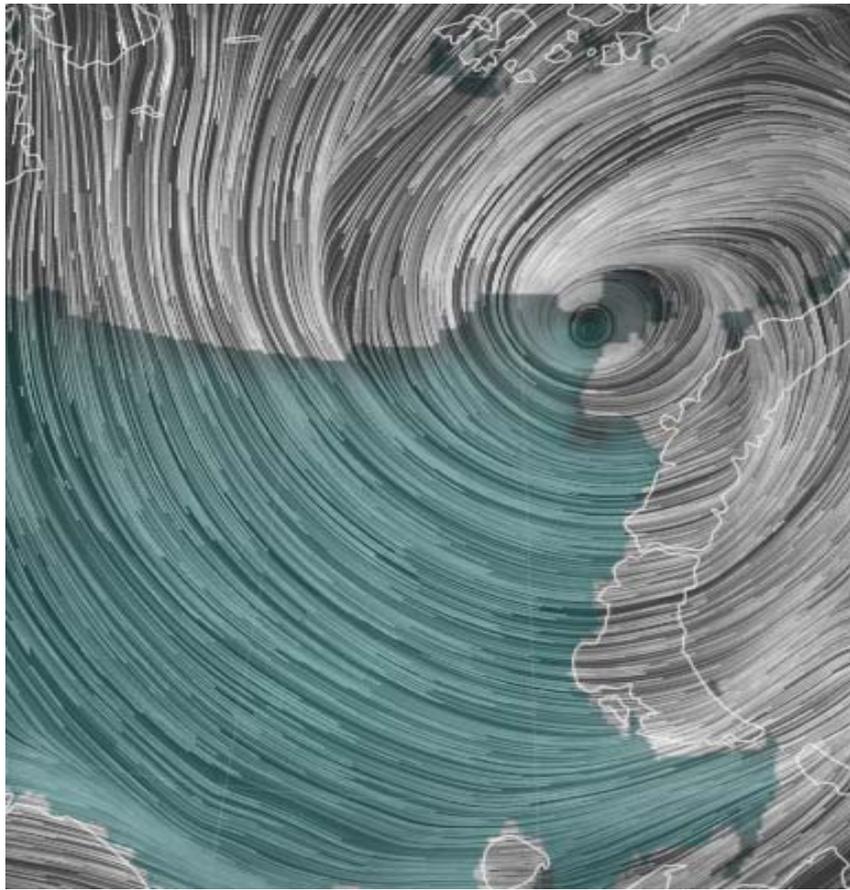


Рисунок 2.1.8 – Ветер на поверхности Баренцева моря.

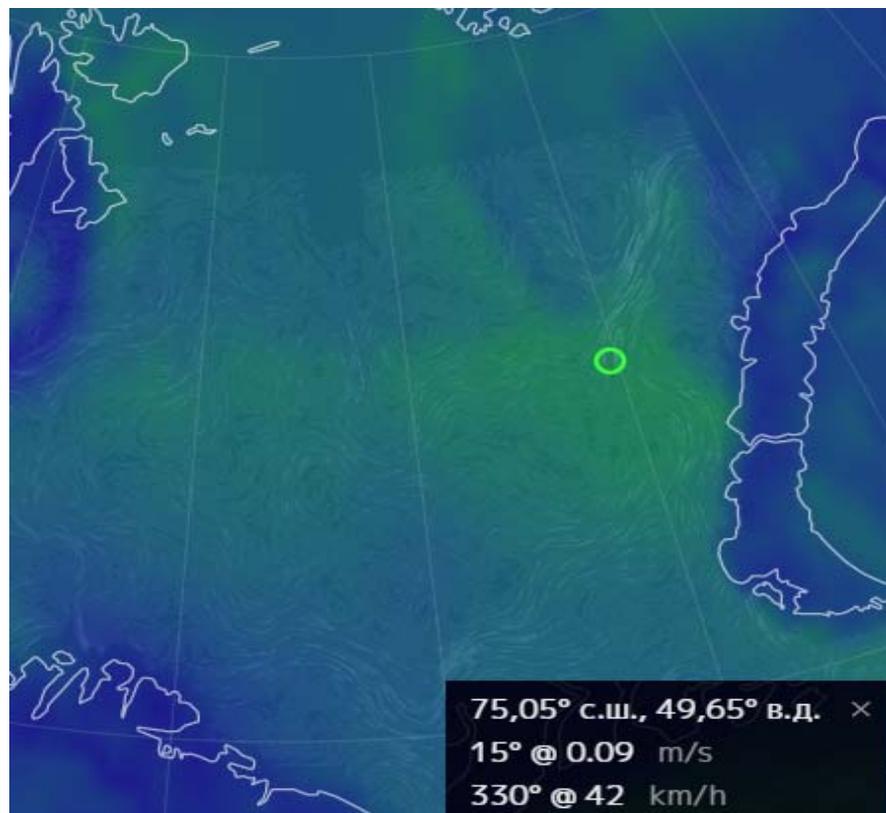


Рисунок 2.1.9 – Океанические течения в Баренцевом море в инструменте Earth.

На рисунке 2.1.9 показаны океанические течения, с помощью этой функции, в данном инструменте можно узнать скорость течений в нужной точке. Эта функция помогает проанализировать дрейф льда, по направлениям течения можно понять направление ветра.

Данный инструмент позволяет проанализировать обстановку интересующего объекта, с помощью спутников. В современном мире необходимо контролировать ледовую обстановку, для того чтобы суда могли беспрепятственно ходить. В данном инструменте нет прогноза ледовой обстановки на будущее.

2.2 Характеристика инструмента MarineTraffic для мониторинга состояния Баренцева моря.

MarineTraffic — проект, основанный на сообществе, который предоставляет информацию в реальном времени о движении судов и текущем местоположении судов в гаванях и портах. База данных информации о судах включает, например, данные о месте их постройки, а также размеры судов, валовую вместимость и номер ИМО. Пользователи могут отправлять фотографии судов, которые могут оценить другие пользователи [31].

Инструмент современный, который помогает проследить за судами, которые обозначены на карте разными цветами, каждый цвет обозначает разный класс судов. На карте показано их движение стрелками, кружками обозначены те суда, которые пришвартованы.

В данном инструменте используется АИС система, которая служит для обнаружения судов, курса и габаритов судна. АИС применяется для мониторинга безопасного плавания. Радары, которые применяются на судах различных классов, затруднительно определяют даже небольшое плавательное средство в солнечную погоду. При нулевой видимости, когда гроза или шторм, радары становятся бессильными. АИС использует радиоволны, которым плохие погодные условия не помеха, в любую погоду днем или ночью, корабли будут определены и обозначены на

интерактивной карте. Поэтому благодаря АИС системе, которую используют в судоходстве, можно избежать столкновения.

В настоящее время сферы применения АИС каждый раз обновляются. Сейчас АИС систему используют и для отслеживания коммерческого трафика. На сайте данного инструмента находится карта, которая показывает в реальном времени все существующие суда, а также подробную информацию о каждом судне. АИС систему используют не только для того чтобы суда видели местонахождение друг друга, но и для ряда других функций, например:

- для наблюдения за своими судами, транспортными компаниями;
- для контролирования морского груза, заказчиком перевозки;
- как контроль над безопасностью прибрежных вод, государственными службами;
- для спасения экипажа судна в чрезвычайных ситуациях [31].

Услуги Марин трафик бесплатные, но для большого мониторинга, где используются расширенные функции, снимается плата.

Марин трафик — это сайт, на котором можно отслеживать местоположение судна. Марин трафик получает координаты от многочисленных приемников АИС систем, расположенных в прибрежной зоне, которые в свою очередь принимают сигналы непосредственно с судов. Направляя всю информацию на интерактивную карту, зайдя в данный инструмент, пользователь видит всю доступную информацию и анализирует обстановку.

Благодаря множеству фильтров, которые содержит данный инструмент можно определить, сколько кораблей находится в нужной зоне (районе). Под каким флагом ходит судна и куда держит курс, что за груз доставляет и к какому классу относится. Также инструмент помогает различным плавательным средствам сообщать о своем местонахождении, и даже загружать фотографии, которые помогут для быстрого определения судна.

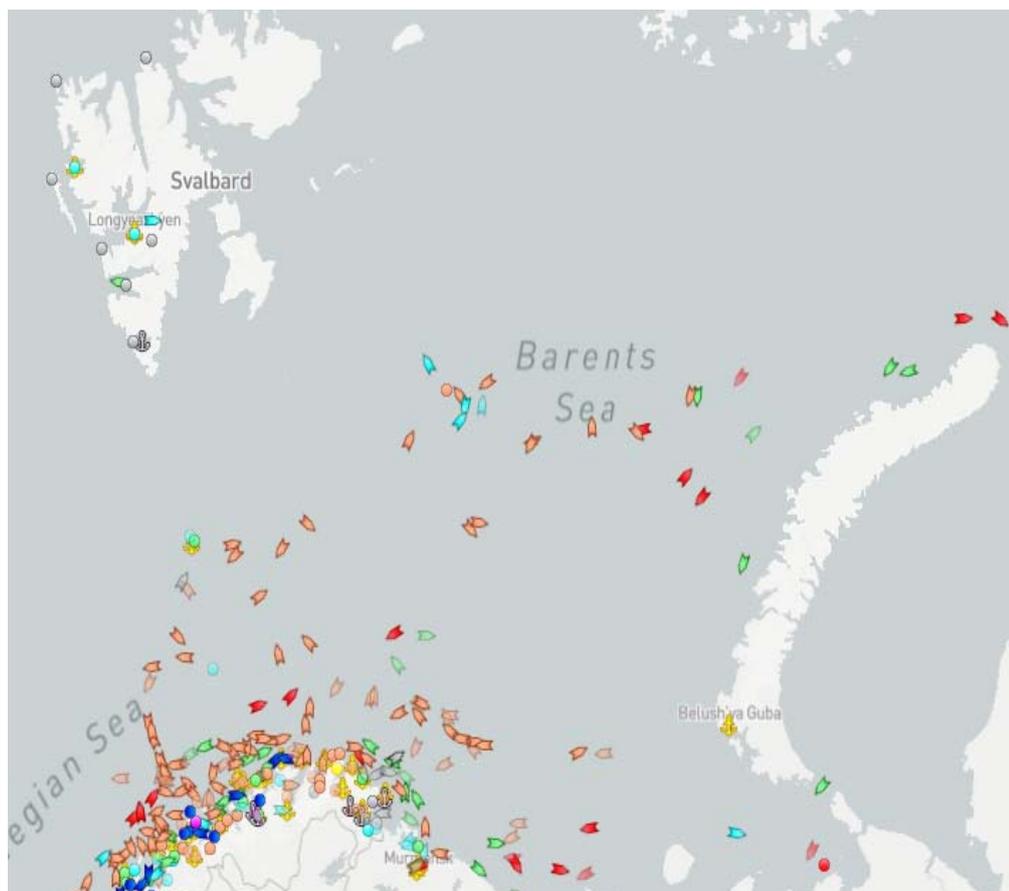


Рисунок 2.2.1 – Пример инструмента Марин трафик (Баренцево море).
 Основные функции в Марин Трафике, которые способствуют безопасному передвижению судна, по всем акваториям.

- Название и основная информация о судне и портах (рисунок 2.2.2);
- Прогнозируемый курс (рисунок 2.2.4);
- Положение пристаней и маяков на карте;
- Фото причалов и кораблей (рисунок 2.2.5);
- Краткая история судна;
- Опция «мои флоты», которая помогает отслеживать сразу множество судов одновременно;
- Можно запросить прогноз ветра.

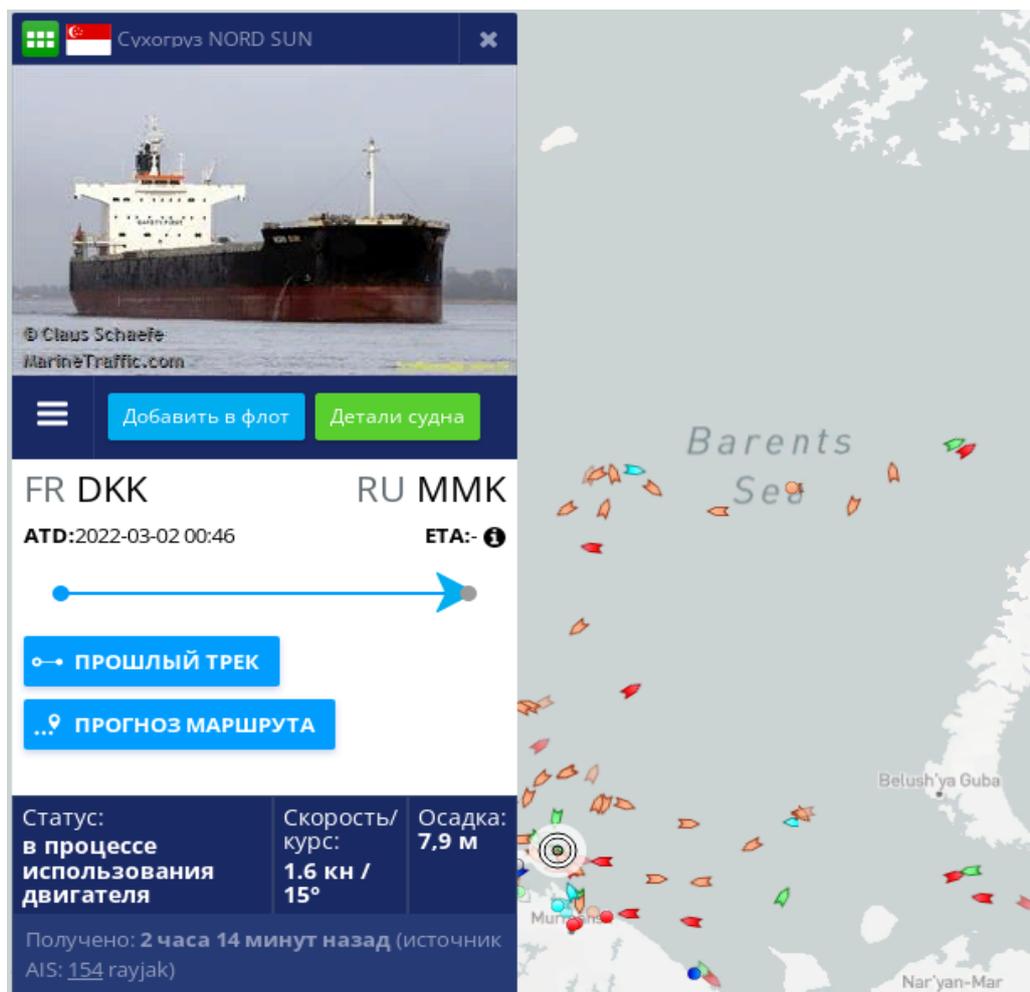


Рисунок 2.2.2 – Информация о судне.

На рисунке 2.2.2 показан пример, как можно узнать всю информацию о нужном судне, в инструменте Марин трафик. В данном инструменте можно узнать все о нужном судне:

- Скорость;
- Название;
- Маршрут;
- под каким флагом ходит судно;
- статус/курс судна;
- осадку и многое другое.

Очень удобное и нужное для мониторинга инструмент, можно узнать какие суда находятся в нужном объекте. Можно посмотреть и проанализировать маршрут нужного судна (рисунок 2.2.4).

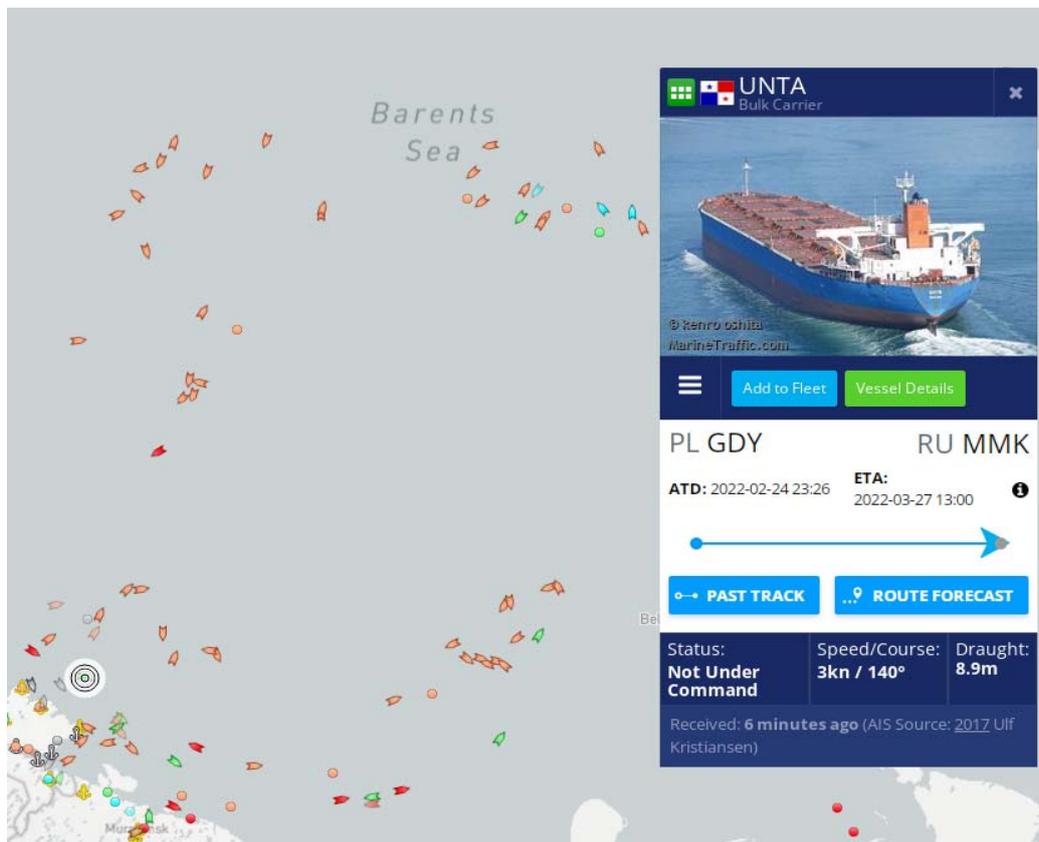


Рисунок 2.2.3 – Судно UNTA в Баренцевом море

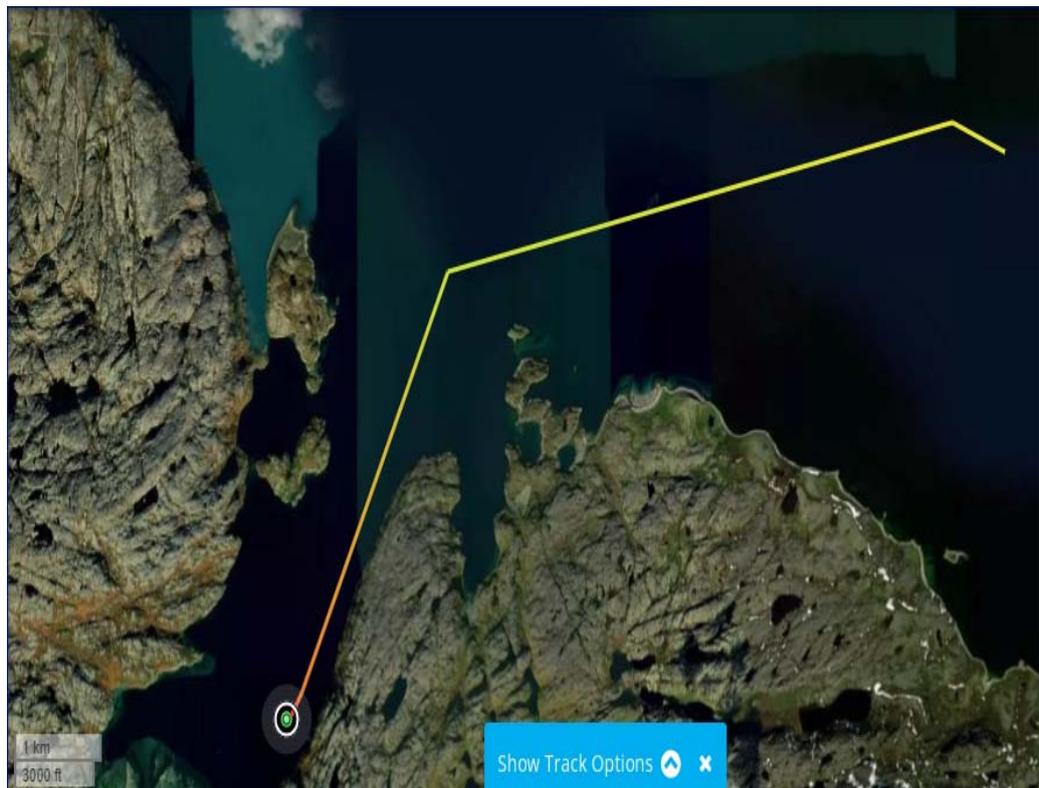


Рисунок 2.2.4 – Прогнозируемый курс судна «VALERI KHARLAMOV».



Рисунок 2.2.5 – Фотография судна «Валерий Харламов».

В данном инструменте можно использовать функцию «ветер», которая поможет проанализировать скорость, направление ветра в нужном районе. Пример, представлен на рисунке 2.2.6.

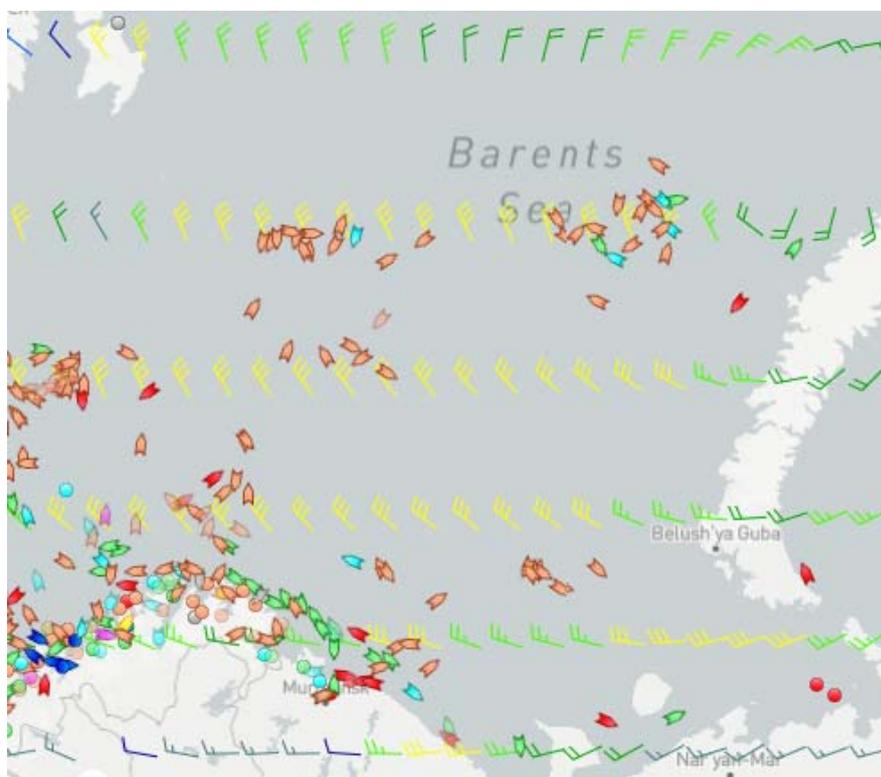


Рисунок 2.2.6 – Функция «ветер» в инструменте Марин трафик.

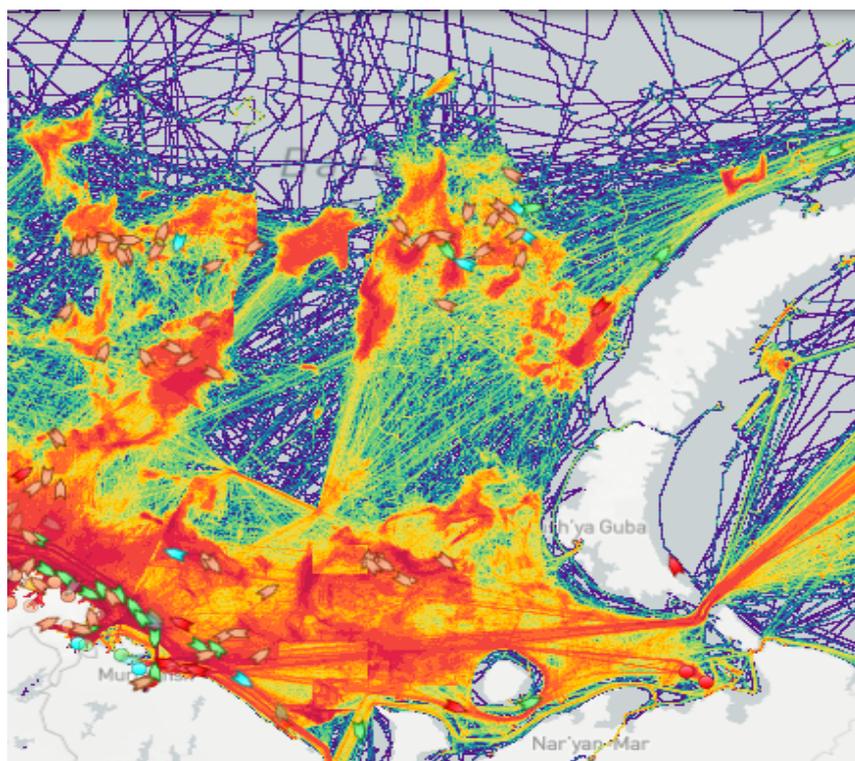


Рисунок 2.2.7 – Функция «карты плотности» в инструменте Марин трафик.

На рисунке 2.2.7 представлена функция «карты плотности», с помощью данной функции можно проследить маршруты нужного судна за любой год. На рисунке представлен 2020 год.



Рисунок 2.2.8 – Спутниковая карта в инструменте Марин Трафик.

В инструменте Марин Трафик можно выбрать функцию «слои», в которой существуют типы карт. Например, есть стандартная карта, спутниковая карта (рисунок 2.2.8).

2.3 Характеристика инструмента LandViewer для мониторинга состояния Баренцева моря.

LandViewer - это инструмент для обработки и анализа космических изображений в режиме реального времени, который предлагает:

- мгновенный доступ к петабайтам новых и архивных данных;
- возможность поиска геопространственных изображений в любом масштабе двумя щелчками мыши, путем выбора нужной области на карте или по названию местоположения (рисунок 2.3.1);
- анализ изображений в режиме реального времени, с возможностью загрузки желаемых изображений в коммерческих целях [32].

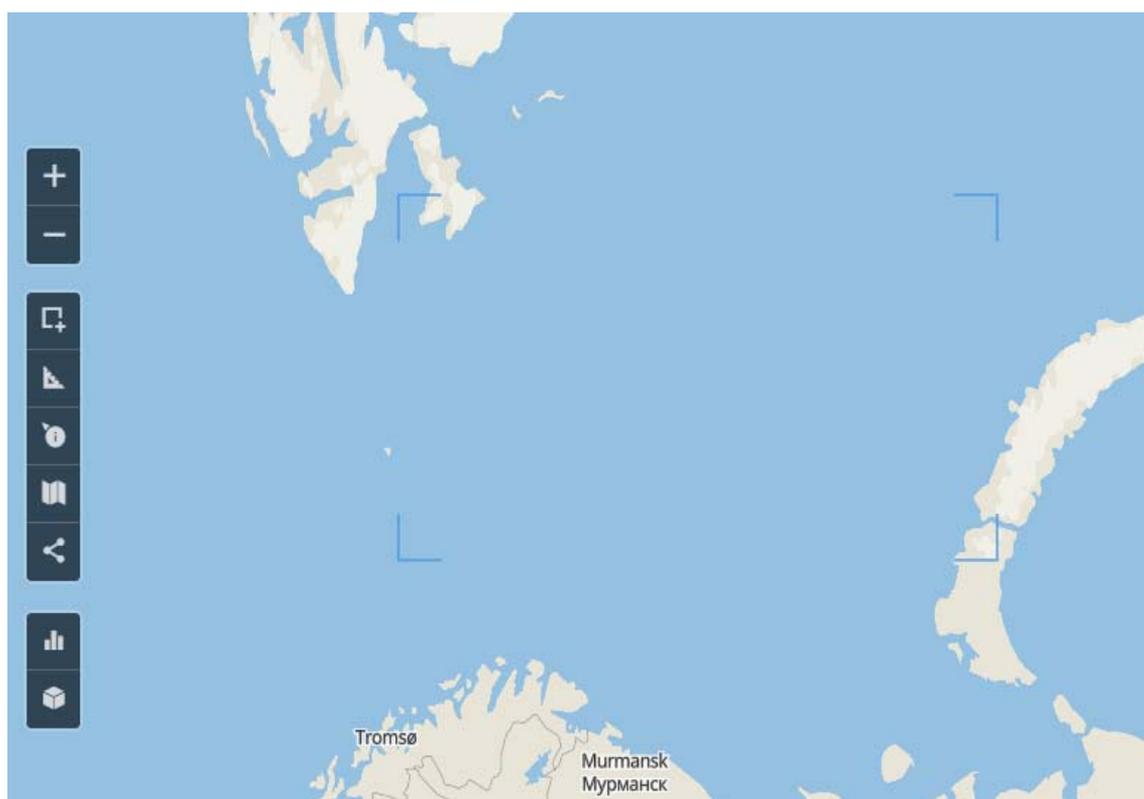


Рисунок 2.3.1 – Акватория Баренцева моря в инструменте LandViewer [32].

Данный инструмент разрешает пользователям выполнять многоцелевые запросы. Проводить мониторинг и использовать разные космические изображения для наблюдения Земли, которые предоставляются со спутников

Сентинел-1, Сентинел-2, Модис и множество других. Это услуга в данном инструменте является бесплатной, которой может воспользоваться любой пользователь из любого места.

Благодаря данному инструменту любой пользователь может проанализировать спутники Сентинел-1, Сентинел-2, Модис. Получить нужные снимки любой локации для исследования, применить фильтры поиска, например:

- для даты спутниковых изображений;
- для применения облачности;
- угол падения солнечных лучей;
- настройка сенсоров применения.

Сентинел-1

Сентинел-1 первый спутник из системы Коперник спутниковой группировки, проводимой Европейским космическим агентством. Эта миссия состоит из двух спутников, Сентинел-1А и Сентинел-1Б, которые находятся на одной орбитальной плоскости. Они несут С-диапазон радар с синтезированной апертурой инструмент, который обеспечивает сбор данных в любую погоду, днем или ночью. Этот инструмент имеет пространственное разрешение до 5 м и полосу обзора до 400 км. Созвездие находится на солнечно-синхронной околополярной ($98,18^\circ$) орбите. Орбита имеет двенадцатидневный цикл повторения и совершает 175 оборотов за цикл [33].

Сентинел-1А был запущен впервые 3.04.2014 года, а Сентинел-1Б запущен 25.04.2016 года. Сентинел-1 А и Б стартовали с одного места – Куру.

На борту спутника «Сентинел-1» установлена РЛС с синтезированной апертурой, которая обеспечивает космическими снимками в любую погоду. Съемка выполняется в С-диапазоне, длина волны составляет 6 см.

Основные области использования данных, полученных со спутника Сентинел-1:

- обнаружение и мониторинг разливов нефти;

- картирование морских льдов;
- мониторинг подвижек земной поверхности;
- картирование изменений используемых земель;
- наблюдение за морскими судами и т.д.

Сентинел-2

Сентинел-2 — семейство спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства, созданное в рамках проекта глобального мониторинга окружающей среды и безопасности. Спутники семейства Сентинел-2 предназначены для мониторинга использования:

- земель;
- мониторинга ледовой обстановки;
- растительности;
- лесных и водных ресурсов;
- для ликвидации последствий стихийных бедствий.

Сентинел-2 оснащен оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съемок с разрешением от 10 до 60 м в видимо ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра. Эти сенсоры, включают в себя 13 спектральных каналов, которые помогают отражать состояния растительности, также их временные изменения, и помогает, сводит к минимуму влияние на качество съемки атмосферы [33].

Находясь на орбите, котрая высой коло 785 км, спутник Сентинел-2 может проводить съемки каждые пять дней на экваторе.

Сентинел-2А был запущен 23.06.2015 года, а запуск Сентинел-2Б был 07.03.2017 года.

Основные области использования данных, полученных с спутника Сентинел-2:

- мониторинг состояния сельскохозяйственных культур;

- инвентаризация сельскохозяйственных угодий, создание планов землепользования, точное земледелие;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций;
- инвентаризация и оценка состояния лесов, ледяного покрова;
- широкий круг задач для охраны окружающей среды.

В 2022 году будут запущены два спутника Сентинел-2С и Сентинел-2Д, которые продолжат функционирование программ.

Модис

Модис – это вторая, гиперспектральная система на борту спутника Терра [34].

Основные области исследования спутника:

- Модис оснащен двумя сканирующими спектрометрами. Первый – это Модис-Н, который сканирует до надира, второй – это Модис-Т, который в момент съемки может наклонять ось. Спутник использует 36 спектральных зон, которые охватывают диапазон длин волн от 0,4 до 14,4 мкм. Съемка в двух зонах (620-670 и 841-876 нм) ведется с разрешением 250 м, в пяти зонах видимого и ближнего инфракрасного диапазона с разрешением 500 м, а в остальных (диапазон от 0,4 до 14,4 мкм) - 1000 м.
- Данные Модис начали использоваться еще в начале 2000-х годов. Цветные изображения, которые построены в различных каналах, размещаются на специализированном сайте.
- Снимки Модис предназначены для изучения атмосферы и океанов, изучения суши, изучения снега и льда [34].

Использование спутниковых снимков позволяет изучать труднодоступные районы и получать их расширенные снимки, получать высоко детальные спутниковые снимки, а также проводить подробный анализ нужного района.

В данном инструменте есть снимки в пассивных и активных сенсорах.

Отличие пассивных сенсоров от активных сенсоров:

- Пассивные сенсоры регистрируют естественное излучение, отраженное солнечное излучение или собственное тепловое излучение объекта.
- Активные сами подсвечивают цель и регистрируют отраженные волны, как, например, при радиолокационной съемке или лазерном сканировании.

На рисунке 2.3.2 изображен спутниковый снимок в пассивном сенсоре (день) без применения функции «комбинация каналов». Изображение в северном районе Баренцева моря со спутника Сентинел-2 27 апреля 2022 года. На данном рисунке хорошо виден толстый лед, также черным цветом проталины.

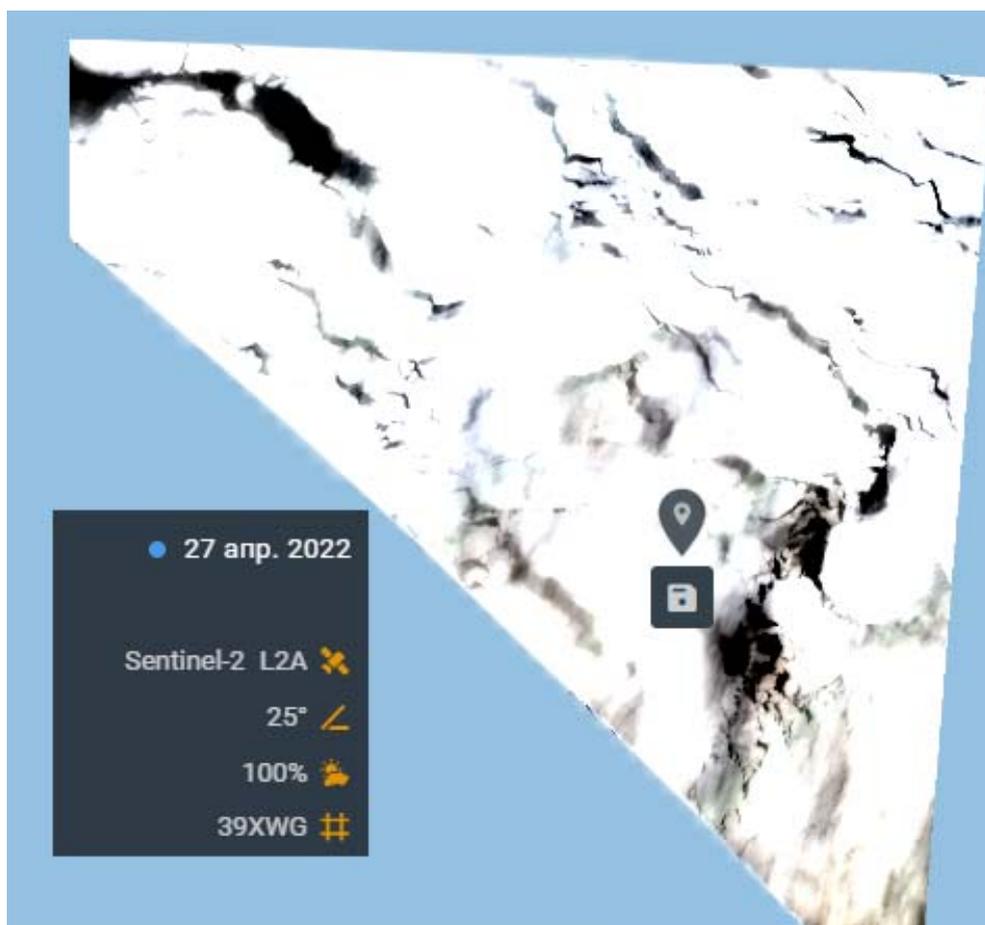


Рисунок 2.3.2 – Спутниковый снимок в пассивном сенсоре (день).

Например, в данном инструменте используются различные комбинации спектральных диапазонов, настраивать каналы для анализа данных любых

типов изображений. Как это показано на рисунке. На данном рисунке 2.3.3 применена комбинация «SNOW/CLOUDS Blue, SWIR1, SWIR2», которая помогает хорошо выявлять снег и лед, так как они хорошо отражаются в видимой части.

Видимый цвет в этой комбинации – красный, снег и лед отображаются ярко красного цвета. Чем больше льда, тем сильнее поглощение. Толстый лед будет на изображении выглядеть ярко красным цветом, а маленькие кристаллы льда в облаках будут оранжевыми. Осадки в воде отображаются темным оттенком.

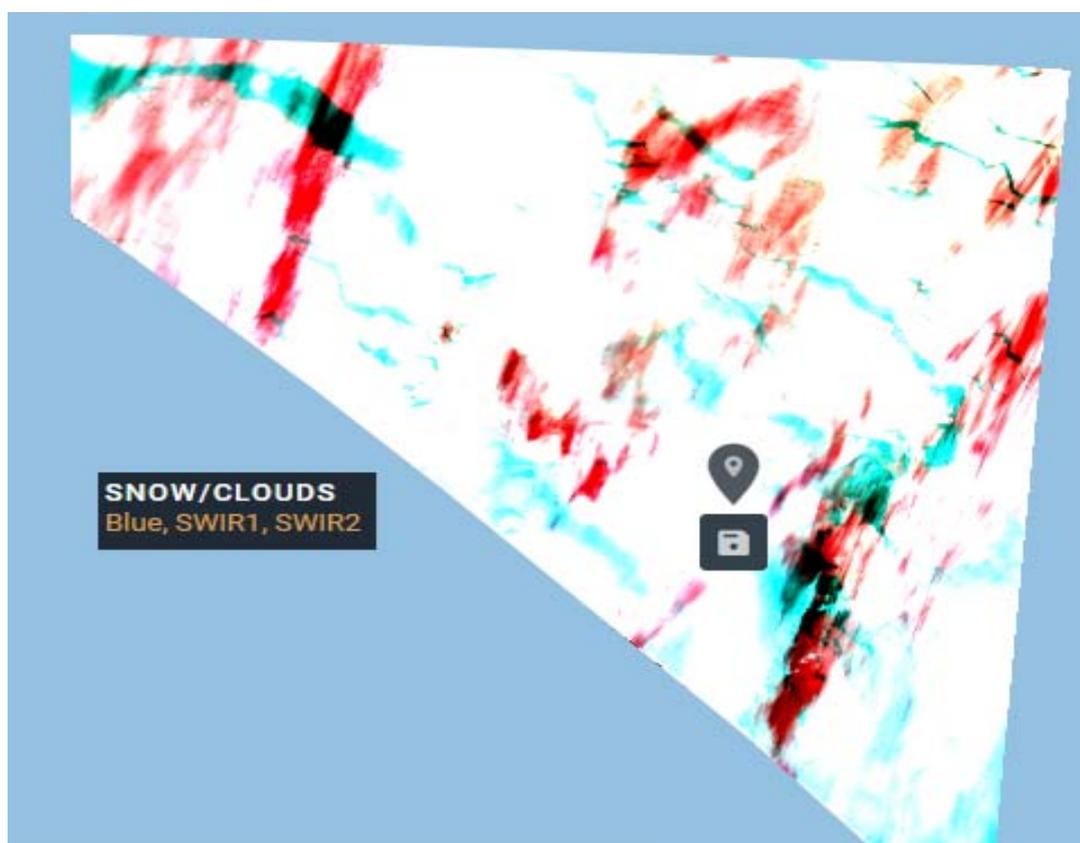


Рисунок 2.3.3 – Применение функции «комбинация каналов».

На рисунке 2.3.4 изображен район Земли Франца-Иосифа в пассивном сенсоре (ночь) без комбинации каналов 7 декабря 2020 года.

На рисунке 2.3.5 изображен спутниковый снимок архипелага Шпицбергена от 9 апреля 2022 года, без использования комбинации каналов, со спутника MODIS MCD43A4.

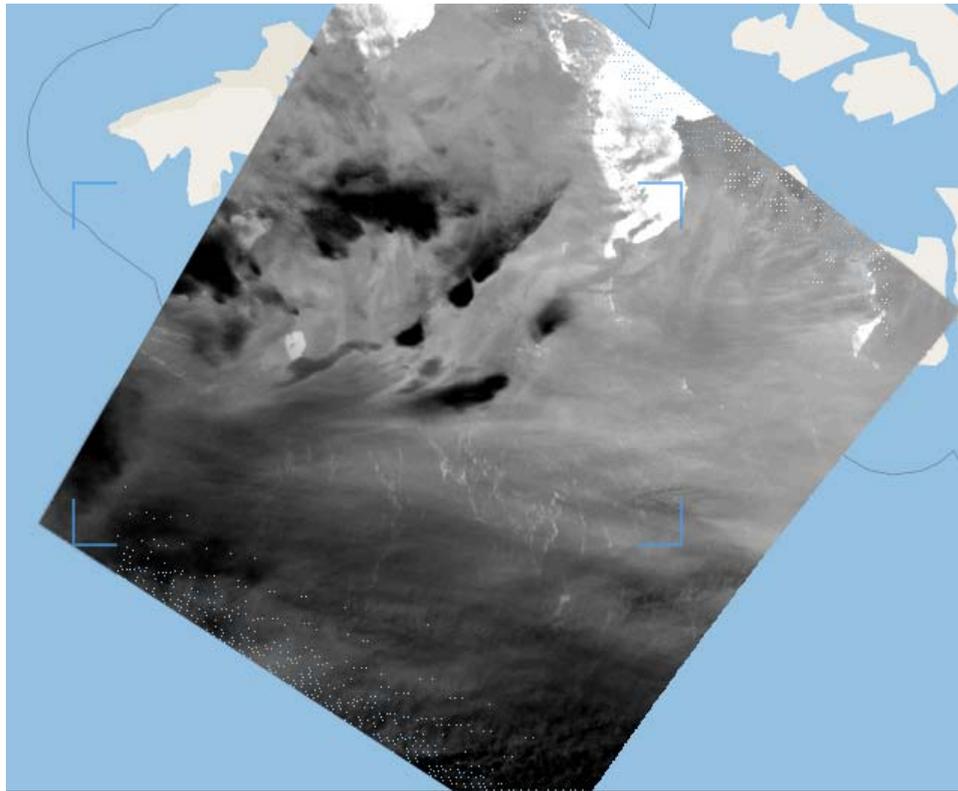


Рисунок 2.3.4 – Спутниковый снимок в пассивном сенсоре (ночь).

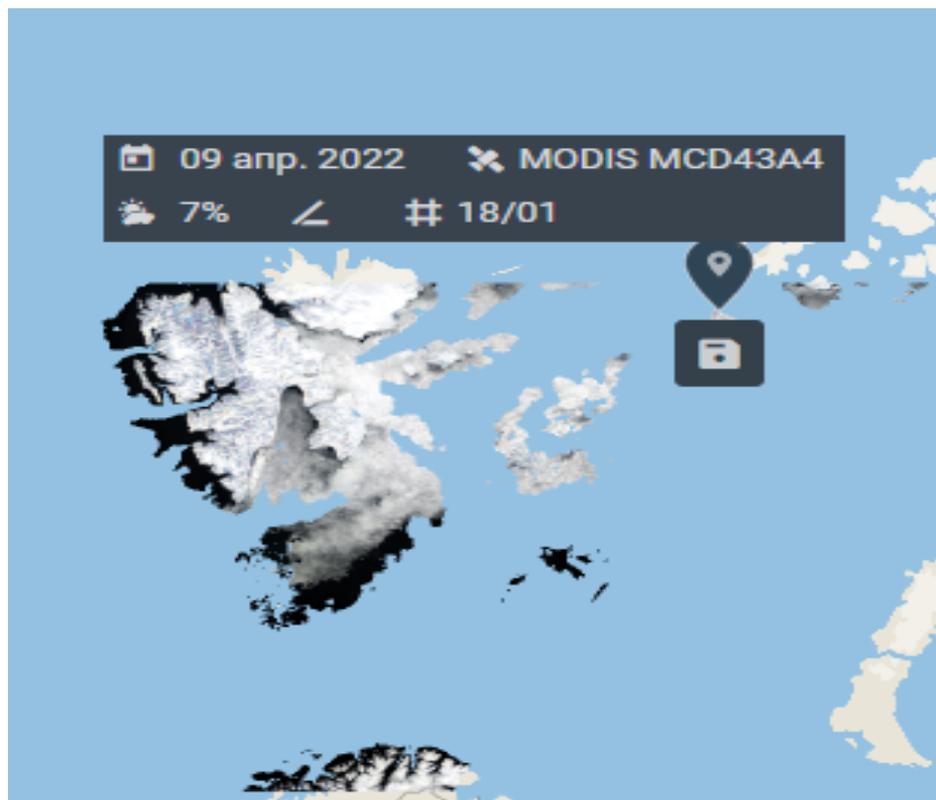


Рисунок 2.3.5 – Спутниковый снимок в пассивном сенсоре (низкое разрешение).

На рисунке 2.3.6 применена комбинация каналов «SNOW/CLOUDS Blue, SWIR1, SWIR2», которая позволяет увидеть снег/лед в нужном районе. Лед отображается красным оттенком.



Рисунок 2.3.6 - спутниковый снимок с комбинацией каналов.

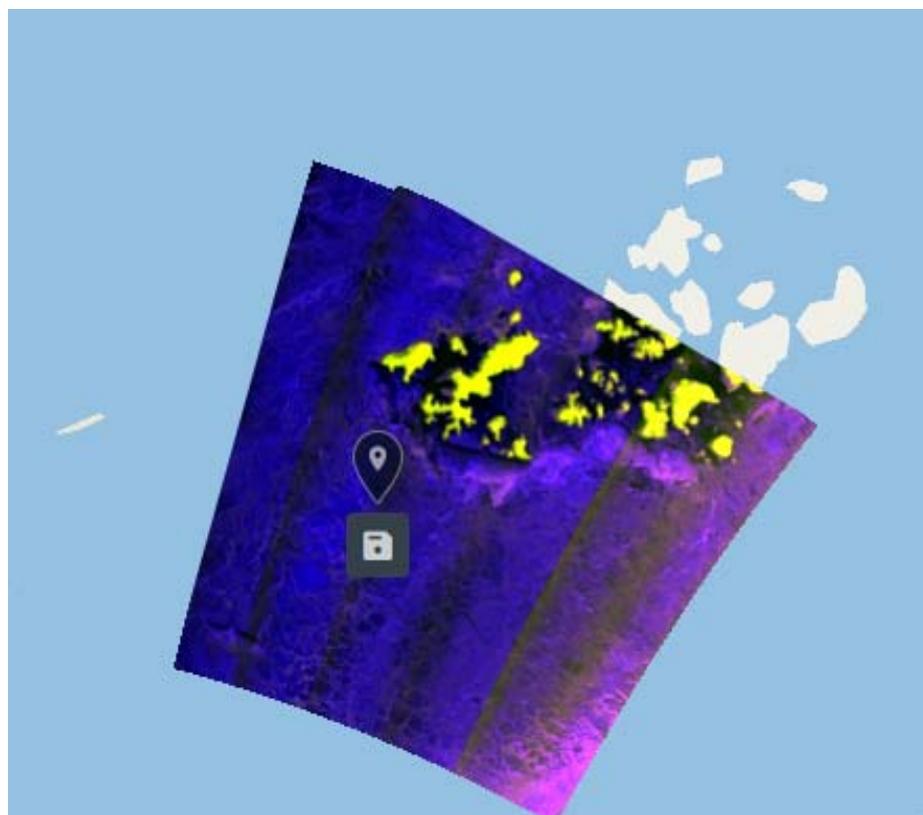


Рисунок 2.3.7 – Спутниковый снимок в активном сенсоре.

На рисунке 2.3.7 изображен спутниковый снимок от 23 марта 2022 года со спутника Sentinel-1, в районе Земли Франца-Иосифа без комбинации каналов. Все эти комбинации помогают проанализировать нужный район, в котором будет проходить судно или проводиться добыча полезных ископаемых.

Основными особенностями инструмента являются:

- поиск по АОИ;
- расширенные спутниковые фильтры;
- пользовательские индексы / комбинации диапазонов;
- анализ временных рядов;
- промежуток времени;
- кластеризация;
- добавление данных в слой WMS [32].

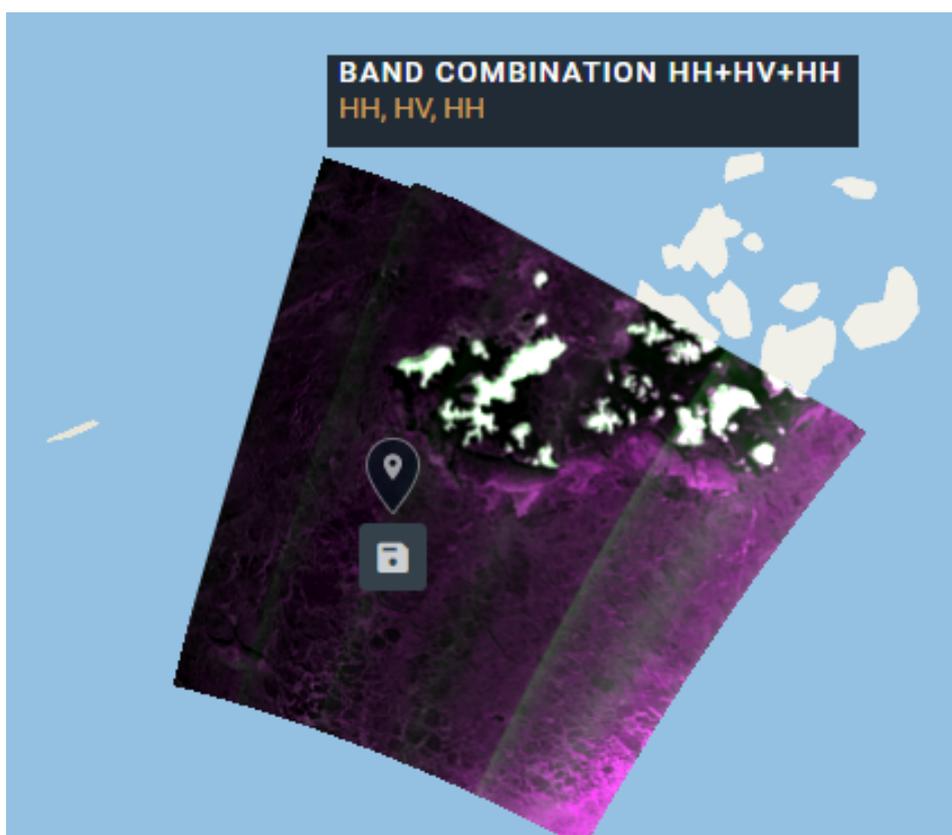


Рисунок 2.3.8 – Спутниковый снимок с комбинацией каналов.

На рисунке 2.3.8 изображен спутниковый снимок с использованием комбинации "HH, HV, HH", которая дает информацию о водной поверхности,

растительности, типах природного и антропогенного покрытий. На данном изображении открытая вода имеет тёмный оттенок. С помощью комбинации каналов можно рассмотреть растительность, береговую линию, рельеф дна и т.д.

Таким образом, можно сделать вывод по данному разделу, что для полного исследования ледового покрова в Баренцевом море, целесообразно использовать вышеперечисленные инструменты. Они являются современными методами исследования, которые помогают в решении поставленных задач.

3. Исследование изменения ледового режима Баренцева моря и факторов влияющих на закономерности формирования ледового покрова.

3.1 Исследование возрастных льдов и изменчивости ледового покрова в Баренцевом море.

Потепление Арктики главная тема 21 века, которая сопровождается уменьшением площади ледяного покрова в арктических морях. По мнению экспертов, продолжительность «мягких зим» увеличилась на 17%. Баренцево море очень важный объект, анализ Баренцева моря происходит постоянно [35].

С помощью данного инструмента Earth, мною был произведен анализ возрастных льдов в Баренцевом море. Изменчивость ледовитости Баренцева моря носит циклический характер.

В данной главе выполнено исследование изменения ледового режима Баренцева моря, а также факторы, влияющие на закономерности формирования ледового покрова Баренцева моря. В данном инструменте проводится анализ всех районов моря, но большое внимание будет уделено Северо-Восточной части Баренцева моря.

Лед в Баренцевом море обычно начинается в середине сентября – начале октября, в северном и северо-восточном районах моря. Первое ледообразование происходит в районе о.Хейса в конце октября – начале ноября.

В начале ноября лед начинает поступать к архипелагу Земля Франца-Иосифа – это нилас, который потом образуется в серый лед. Серый лед начинает приближаться к центральному району Баренцева моря, у архипелага Шпицберген у о.Эдж образуется нилас.

На рисунке 3.1.1 изображено Баренцево море 31.10.2020 ледообразование только начинает активизироваться.

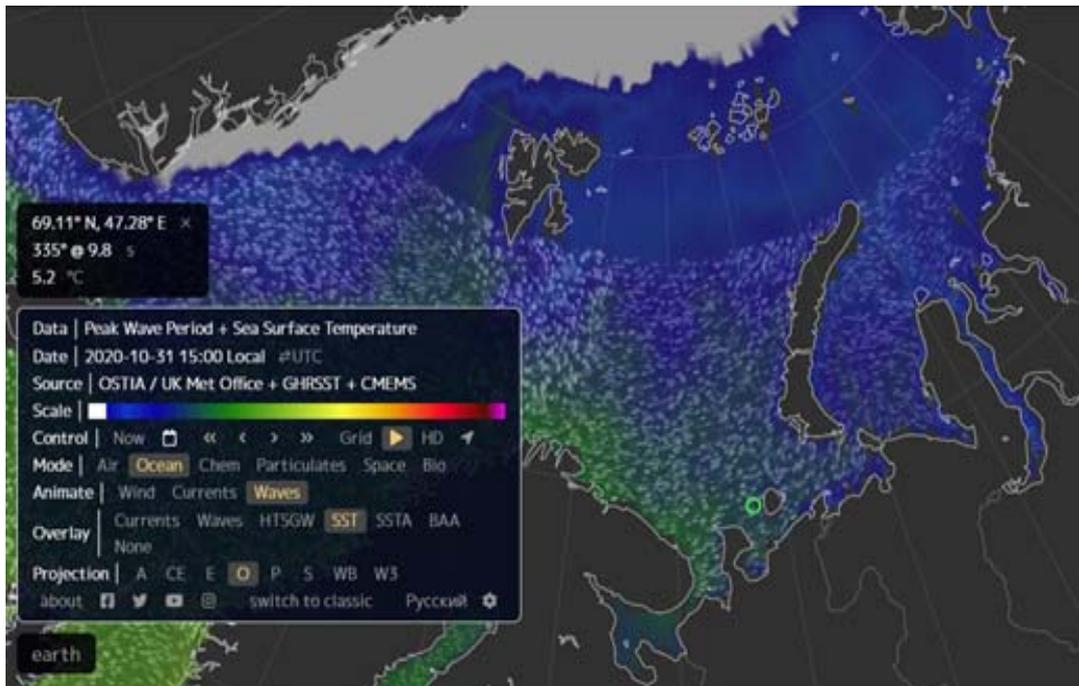


Рисунок 3.1.1 – Баренцево море в инструменте Earth 31.10.2020 год.

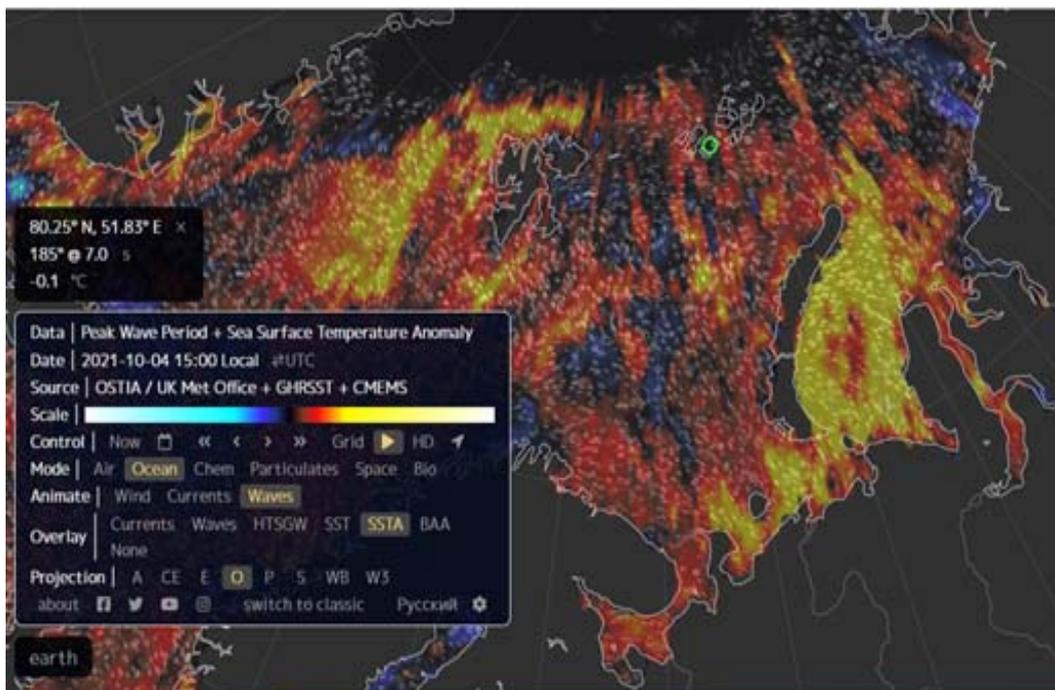


Рисунок 3.1.2 – Температура на поверхности Баренцева моря
04.10.2021 года.

На данном рисунке 3.1.2 показано, что в начале октября 2021 года только начинает образовываться лед, так как температура в районе Земли Франца-Иосифа наблюдается ниже 0. Красным цветом на рисунке показана температура +1 и выше, черным – температура равная 0. Таким образом, можно сделать вывод, что в поверхностном слое из-за большого прогрева

воды, образование молодого льда начинается позже октября, в начале ноября. На данном рисунке наблюдается nilas и серый лед. На рисунке 3.1.3 видно как начинает образовываться лед в северной части моря около Земли Александры и Земли Георга.

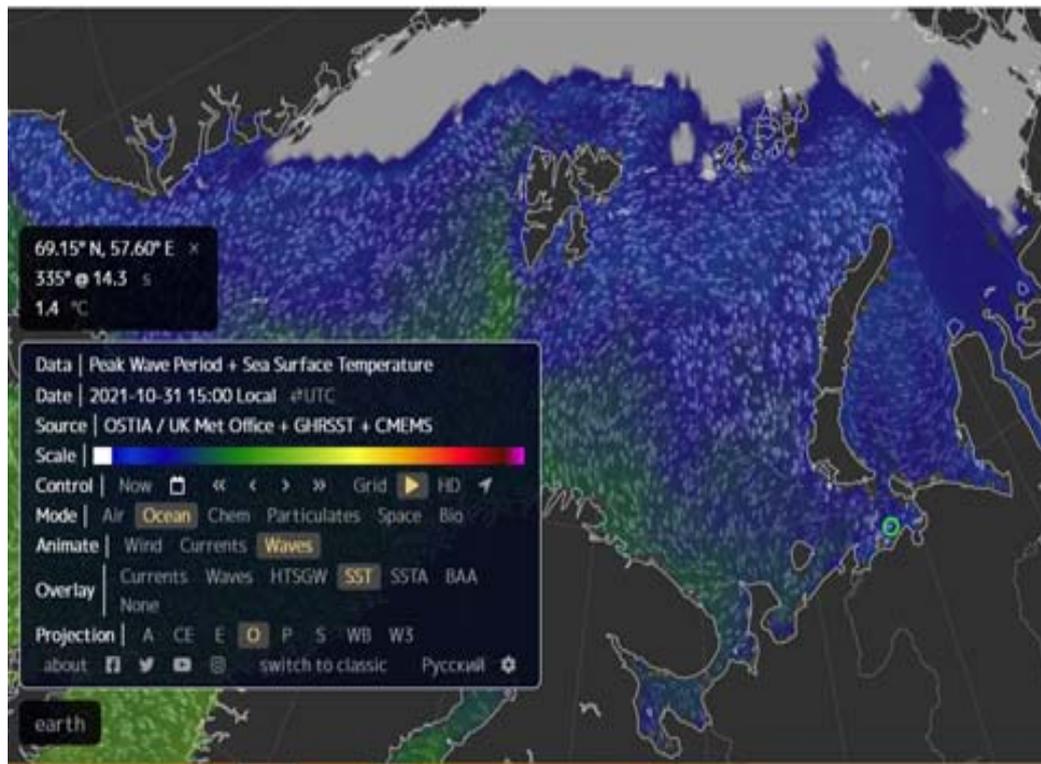


Рисунок 3.1.3 – Баренцево море 31.10.2021 год.

В середине ноября 2021 года (рисунок 3.1.4) лед активизируется в северной части Баренцева моря и переходит в центральную акваторию моря. По сравнению с ситуацией в конце октября 2021 года, припай начинает образовываться в проливах Земли Франца-Иосифа, только юго-западная часть архипелага остается свободной ото льда. Кромка льда начинает двигаться к Шпицбергену. Средний однолетний лед наблюдается в Северном и Северо-Восточном районе моря. В отмеченной точке температура равна -1.8 °С. Юго-Западная часть моря в середине ноября не покрыта ледяным покровом.

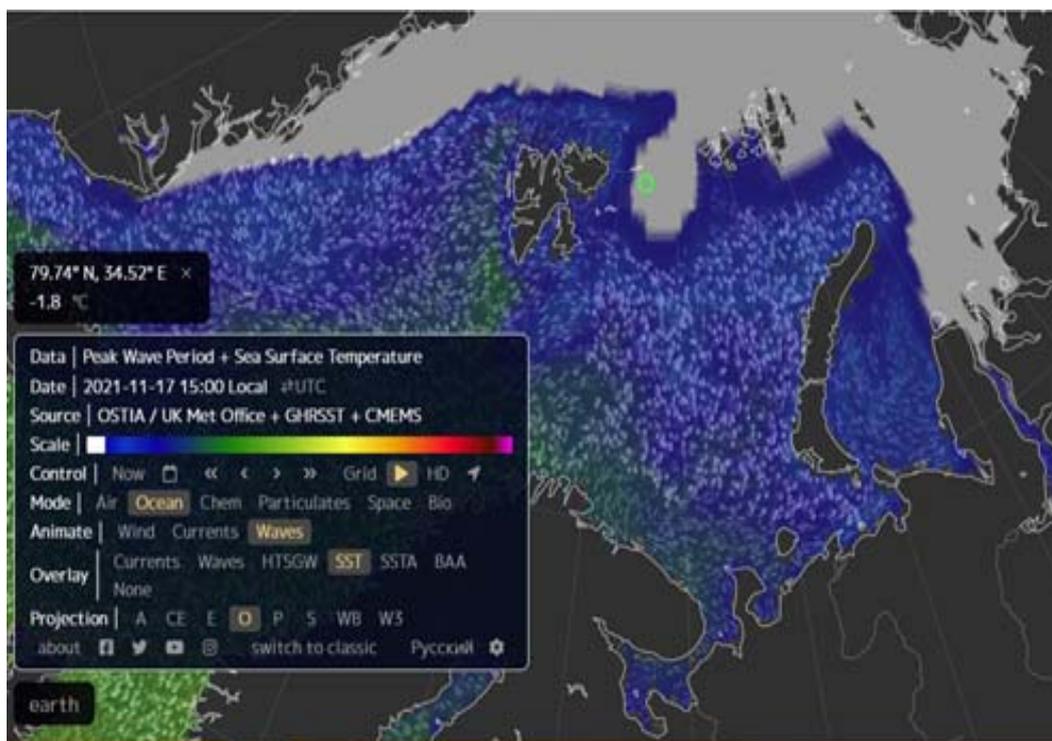


Рисунок 3.1.4 – Баренцево море 17.11.2021 год.

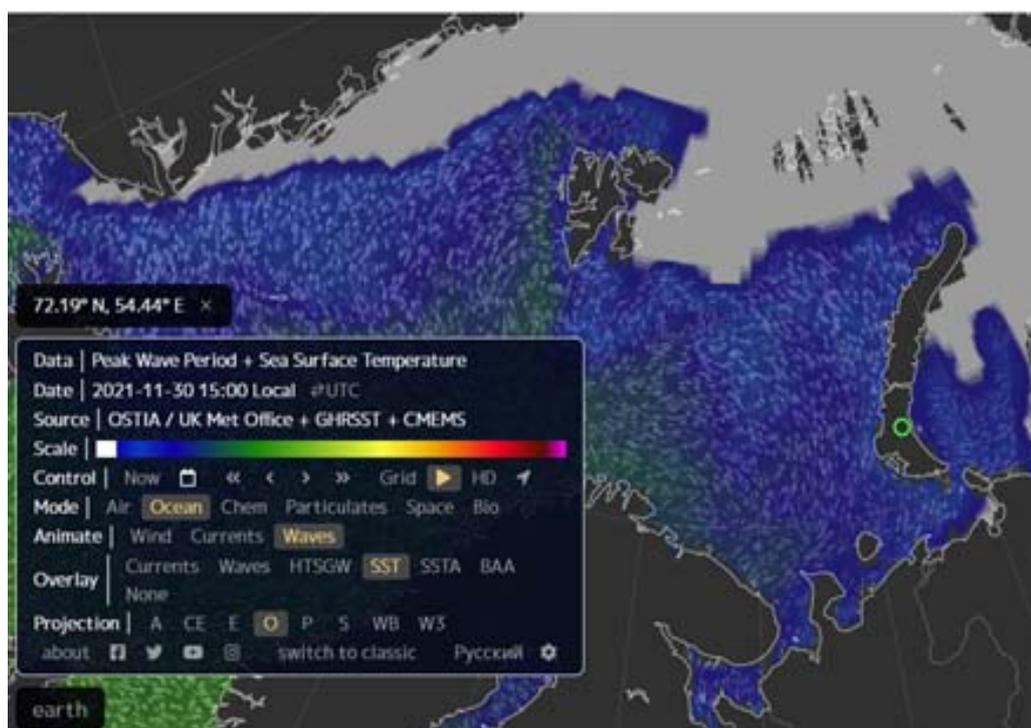


Рисунок 3.1.5 – Баренцево море 30.11.2021 год.

На рисунке 3.1.5 показан конец ноября, видно, что кромка льда вплотную приблизилась к Шпицбергену. Земля Франца-Иосифа находится полностью в ледяном покрове, там образуется тонкий однолетний лед и молодой лед. У Новой Земли в западной части только начинает

образовываться нилас и серый лед. В Чёшской губе образуется серо-белый и серый лед. Между Шпицбергенем и Землей Франца-Иосифа наблюдается серо-белый лед.

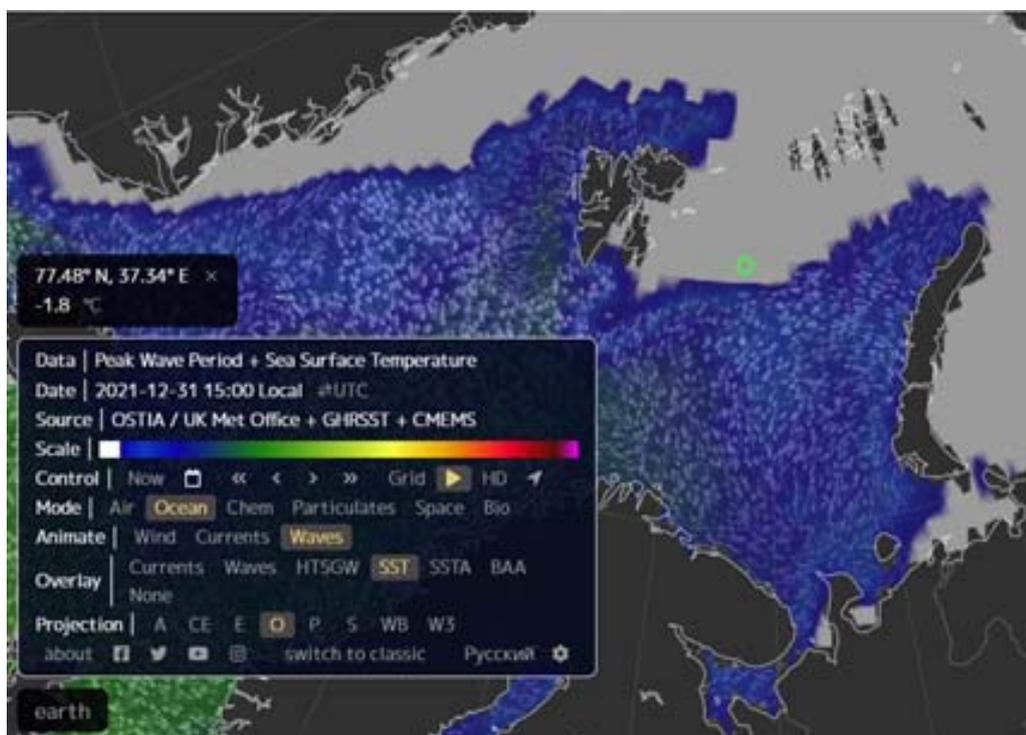


Рисунок 3.1.6 – Баренцево море 31.12.2021 год.

Декабрь 2021 года представлен на рисунке 3.1.6, там наблюдается серо-белый лед между Шпицбергенем и Землей Франца-Иосифа. Архипелаг Новая Земля западная его часть свободна ото льда. Старый однолетний лед наблюдается в северной части Баренцева моря. В Чёшской губе наблюдается ледяной покров – это молодой лед. Юго-Западная часть Баренцева моря в декабре остается свободной ото льда. В Северо-Западной части начинает образовываться нилас.

На рисунке 3.1.7 Юго-Восточная часть моря покрыта льдом, ледяная кромка приблизилась к о.Колгуев, Поморский пролив почти полностью охвачен льдом. В Северо-Западной части Баренцева моря наблюдается кромка молодого льда, который приближается к о.Медвежий. В Северной и Северо-Восточной части моря наблюдается толстый однолетний лед. Пролив Карские ворота и о.Вайгач в середине января полностью находятся под

ледяным покровом, по сравнению с ситуацией показанной на рисунке 3.1.6, в конце декабря.

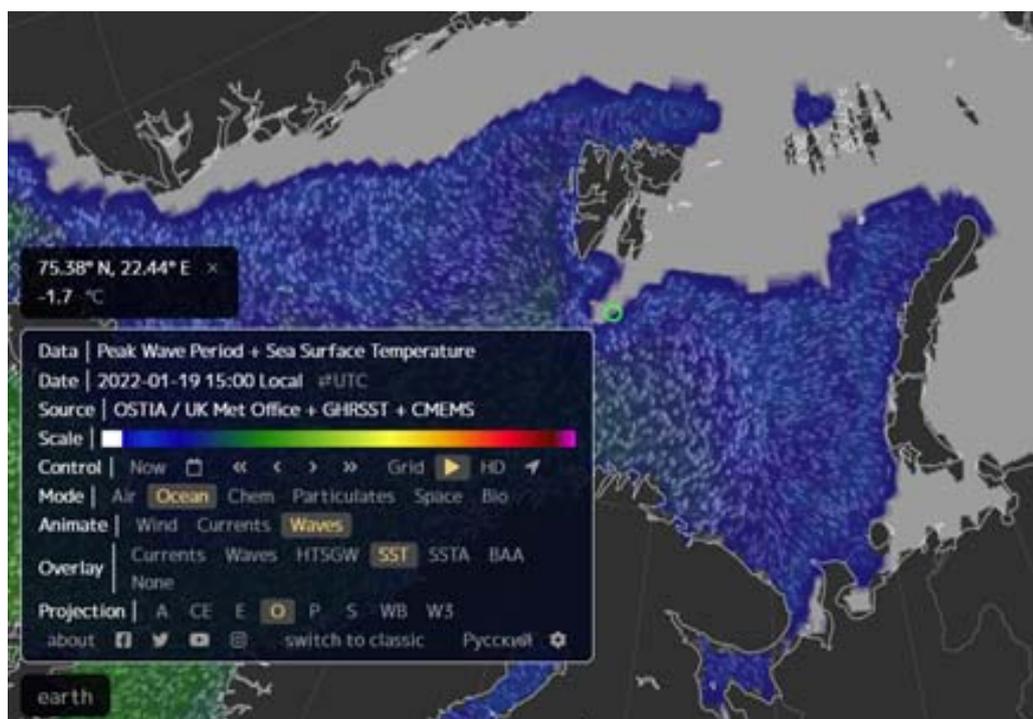


Рисунок 3.1.7 – Баренцево море 19.01.2022 год.

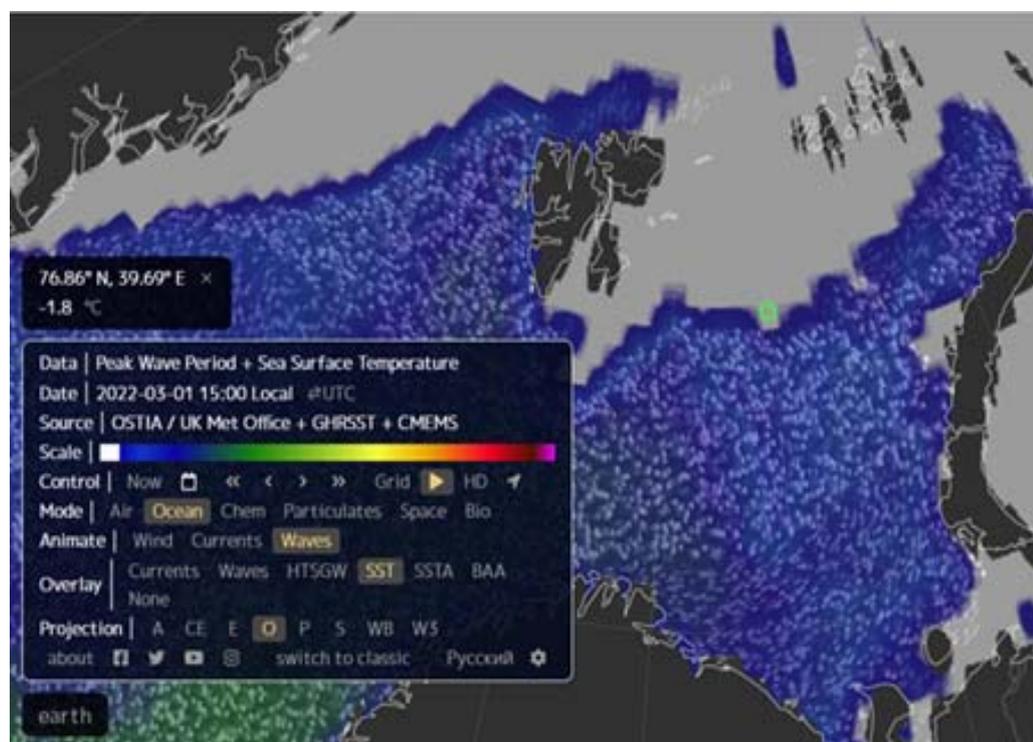


Рисунок 3.1.8 – Баренцево море 01.03.2022 год.

На рисунке 3.1.8 в районе отмеченной точки преобладает битый лед. Толщина дрейфующих льдов в конце зимы – начале марта не больше 30 см.

Наибольшая толщина дрейфующего льда наблюдается в северной части моря. Дрейфующий лед сжимается и торошится в течение всего зимнего периода, что представляет большую опасность для судов. Максимум ледяного покрова в Баренцевом море приходится на март - апрель.

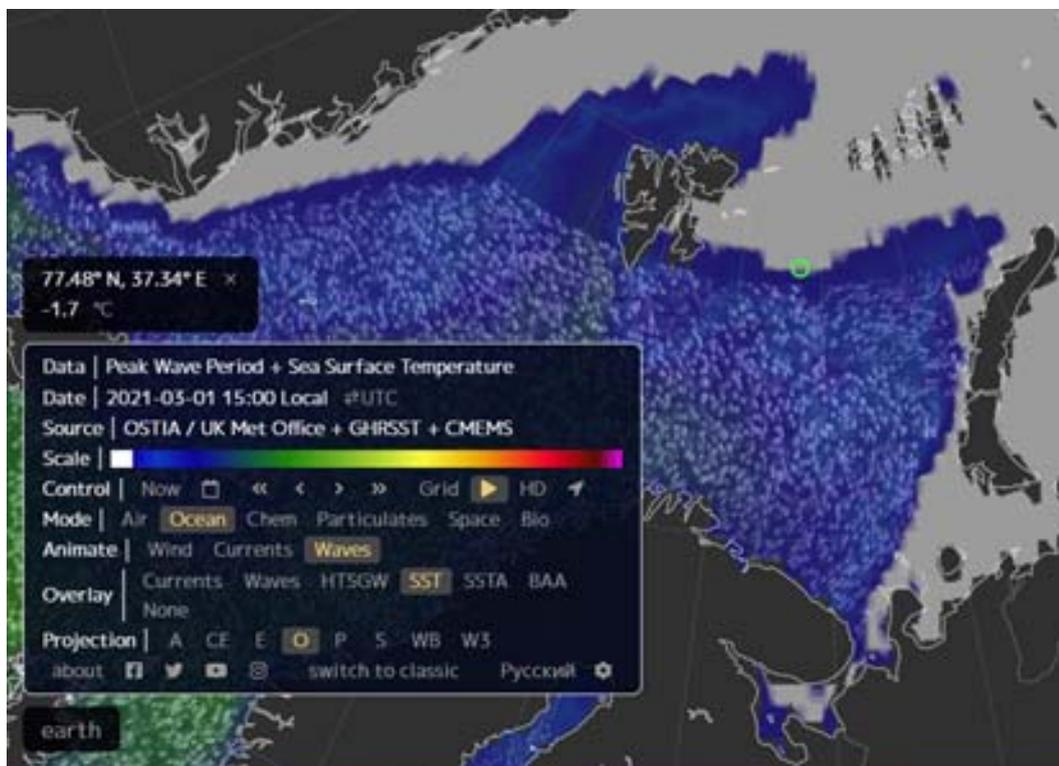


Рисунок 3.1.9 – Баренцево море 01.03.2021 год.

На рисунке 3.1.9 в марте 2021 года наблюдается тонкий однолетний лед в районе о.Колгуев и через Поморский пролив до пролива Карские ворота тонкий однолетний лед сохраняется. У Новой Земли наблюдается тонкая кромка серо-белого льда. Нилас встречается у о.Рудольфа и о-ва Белая Земля, а также в центральной части моря. В марте 2021 года в северо-восточной части Баренцева моря наблюдается только тонкий однолетний лед.

На рисунках 3.1.8 и 3.1.9 показан март 2021 и 2022 годов, можно сделать вывод, что в 2022 году ледяной покров больше, максимум наблюдается в марте.

Затем лед начинает отступать на северо-восточную часть Баренцева моря и в начале июля лед уже отступает от Земли Франца-Иосифа. Баренцево море в июле 2021 свободно ото льда в Земле Франца-Иосифа наблюдается

припайный лед (рисунок 3.1.11). В 2020 году в районе о.Баренца видна кромка припайного льда (рисунок 3.1.10).

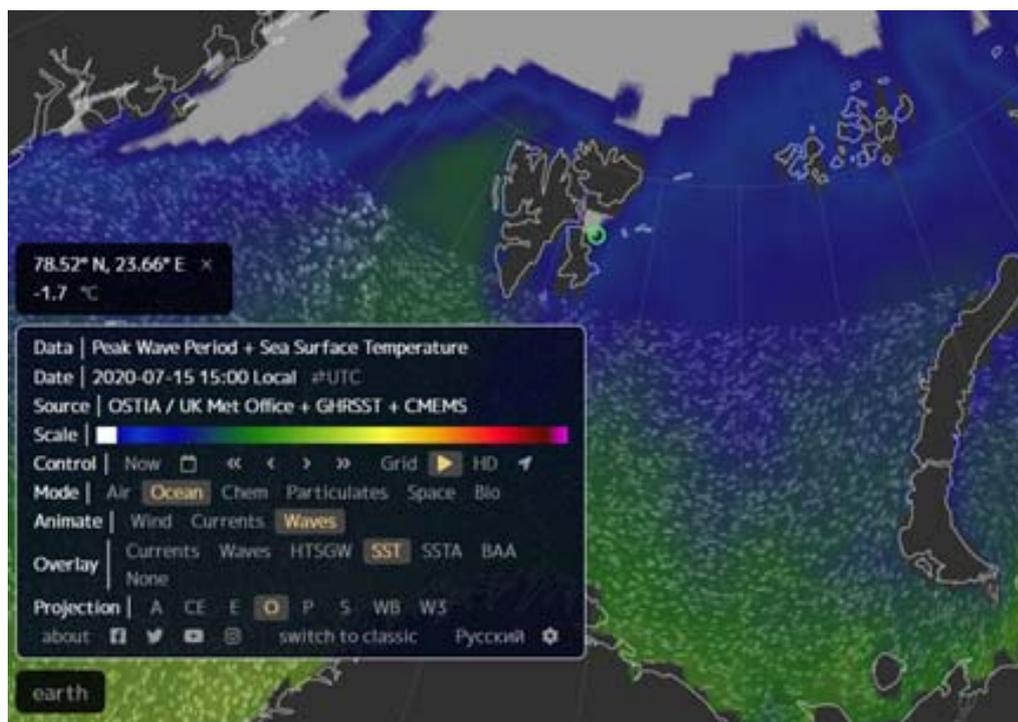


Рисунок 3.1.10 – Баренцево море 15.07.2020 год.

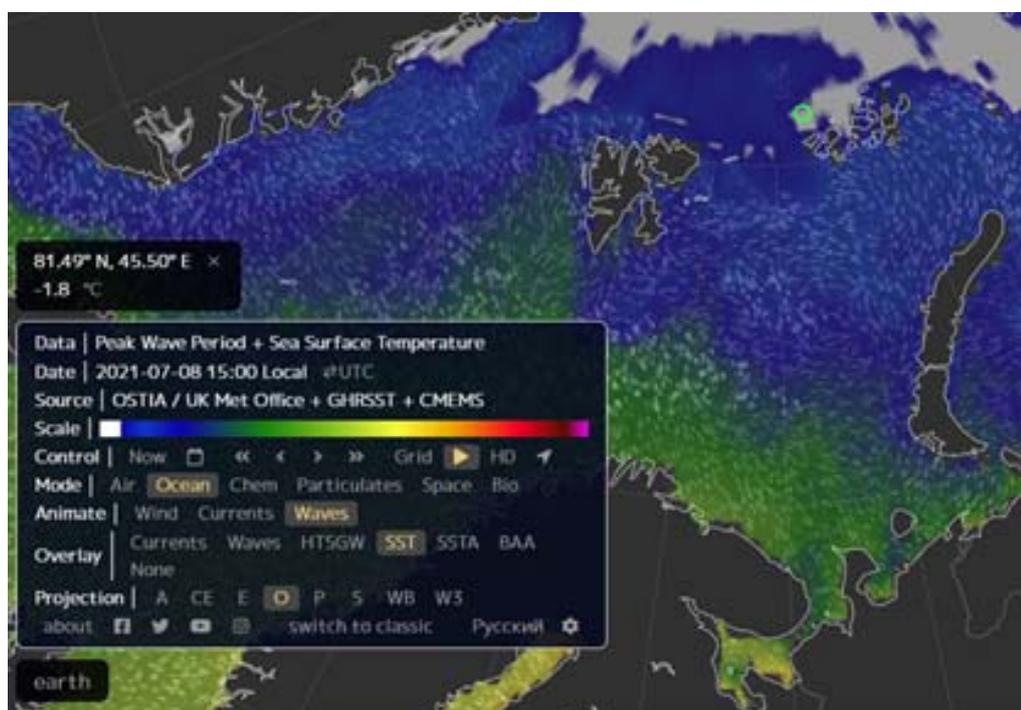


Рисунок 3.1.11 – Баренцево море 08.07.2021 год.

На рисунке 3.1.11 видно, что кромка льда сместилась к северу, западные берега архипелага Новая Земля полностью свободны ото льда. В

северо-западной части моря ледяной покров быстро отступил на север моря в районе Нордкапского течения.

На рисунках 3.1.12 и 3.1.13 видно, что в сентябре 2020 года Баренцево море полностью свободно ото льда, что доказывает аномально теплый год. В 2021 году море тоже находится свободным ото льда.

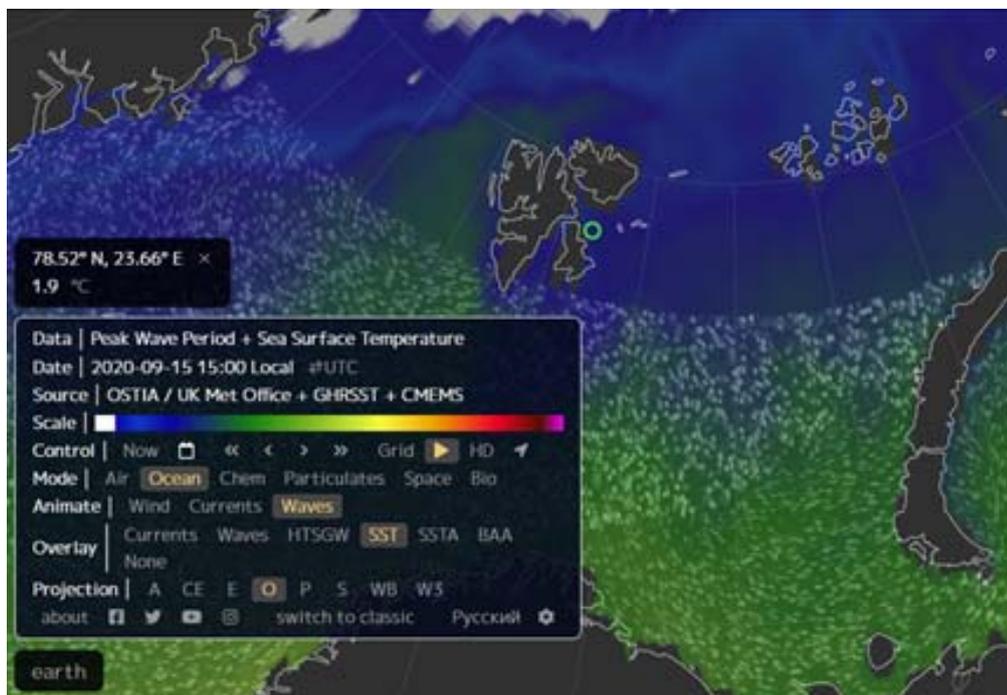


Рисунок 3.1.12 – Баренцево море 15.09.2020 год.

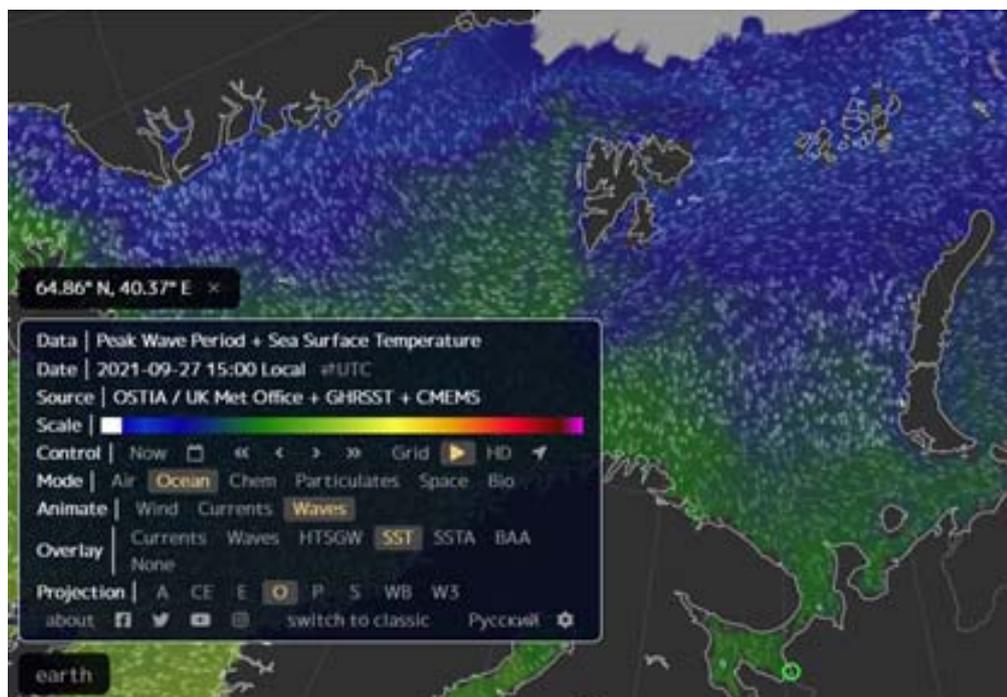


Рисунок 3.1.13 – Баренцево море 27.09.2021 год.

На рисунке 3.1.14 изображено Баренцево море 01.04.2021 г., отступление ледяного покрова происходит в апреле, а в начале мая кромка льда начинает подходить вплотную к Новой Земле в Восточной части моря. В начале апреля наблюдается максимум ледяного покрова. Южная часть моря, Чёшская губа в начале апреля свободна ото льда. В Северо-Восточной части моря наблюдаются старые однолетние льды.

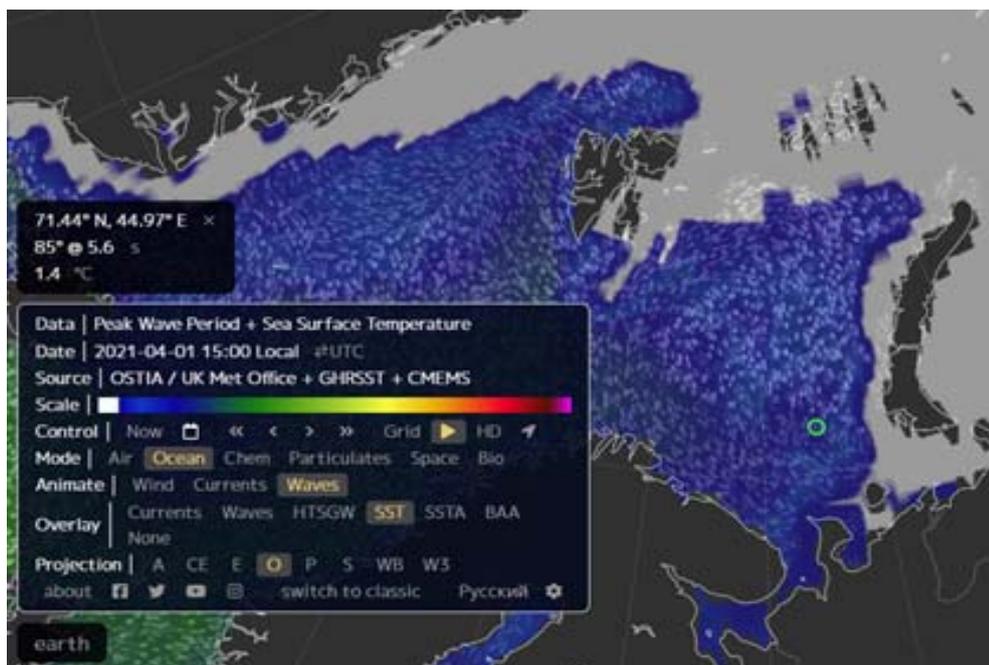


Рисунок 3.1.14 – Баренцево море 01.04.2021 год.

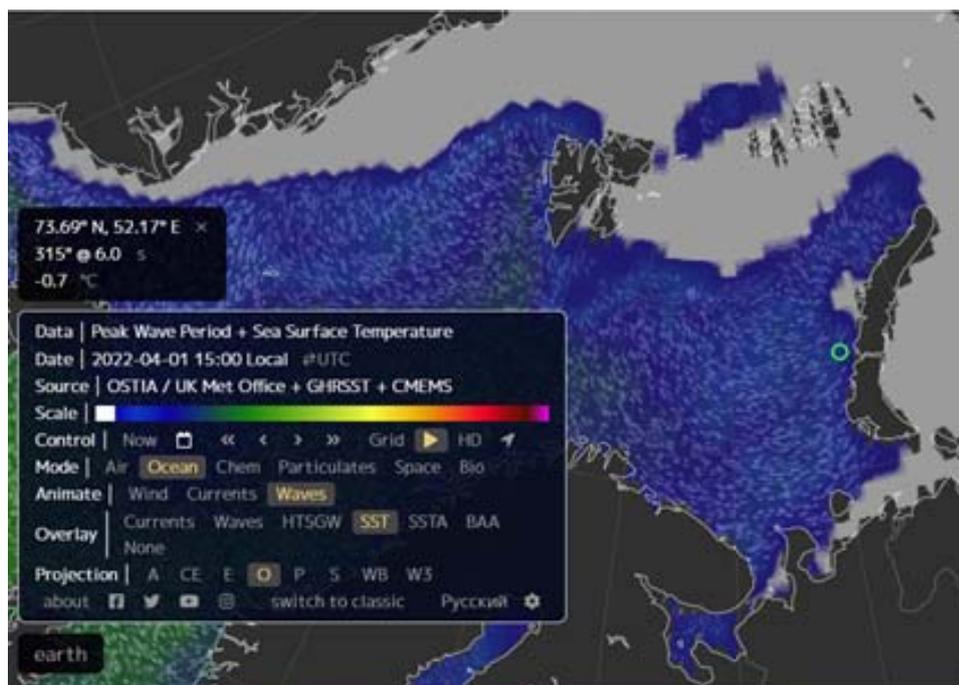


Рисунок 3.1.15 – Баренцево море 01.04.2022 год.

В начале апреля 2022 года при анализе данного рисунка 3.1.15 видно, что кромка льда начинает отходить. В Северной части моря появляется часть открытой воды. В 2022 году архипелаг Новая Земля со стороны Баренцева моря свободная ото льда, чем в 2021 году. Скорость таяния льда зависит от начала сроков отступления кромки льда и появления полыней. Чем раньше таяние происходит, тем быстрее море освобождается ото льда. При данных условия таяния к летнему сезону остается однолетний лед с толщиной до 30 см. В летний сезон море освобождено от возрастных льдов.

На рисунках 3.1.16 и 3.1.17 изображено Баренцево море с разницей в год. В мае 2021 года на архипелаге Земля Франца-Иосифа наблюдается припай, у о.Баренца и о.Эдж – тонкий однолетний лед, в центральной части Баренцева моря наблюдается серо-белый и серый лед.

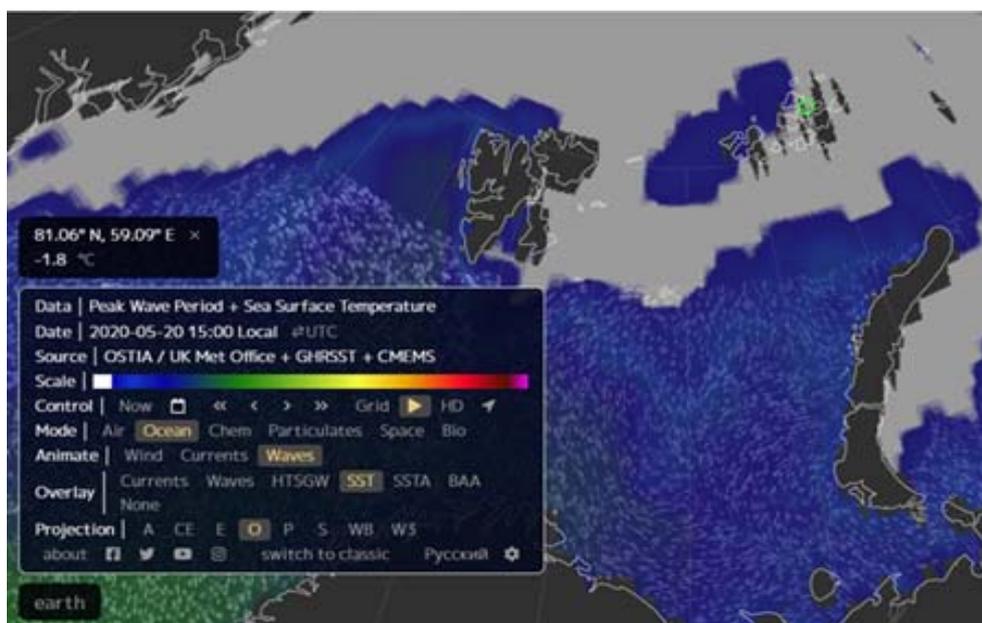


Рисунок 3.1.16 – Баренцево море 20.05.2020 год.

В мае 2020 года у Земля Александры и о.Рудольфа наблюдается открытая вода. У о.Белый наблюдается тонкий однолетний лед, который имеет протяженность вдоль всего Шпицбергена. На самих архипелагах Земля Франца-Иосифа и Шпицберген находиться припай. У Земли Франца-Иосифа видна кромка льда – это серый лед и в западной части архипелага наблюдается нилас (очень тонкий, разрушенный лед). В Северной части моря

наблюдается открытая вода – полынья. В мае 2020 года общая площадь льда в Баренцевом море меньше, чем в мае 2021 года.

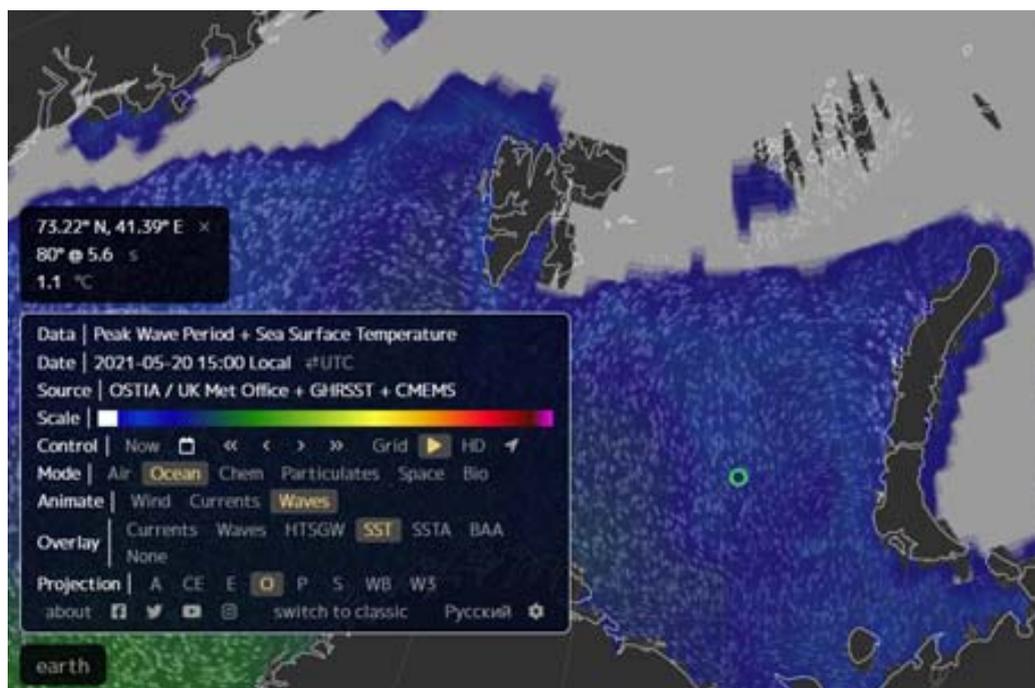


Рисунок 3.1.17 – Баренцево море 20.05.2021 год.

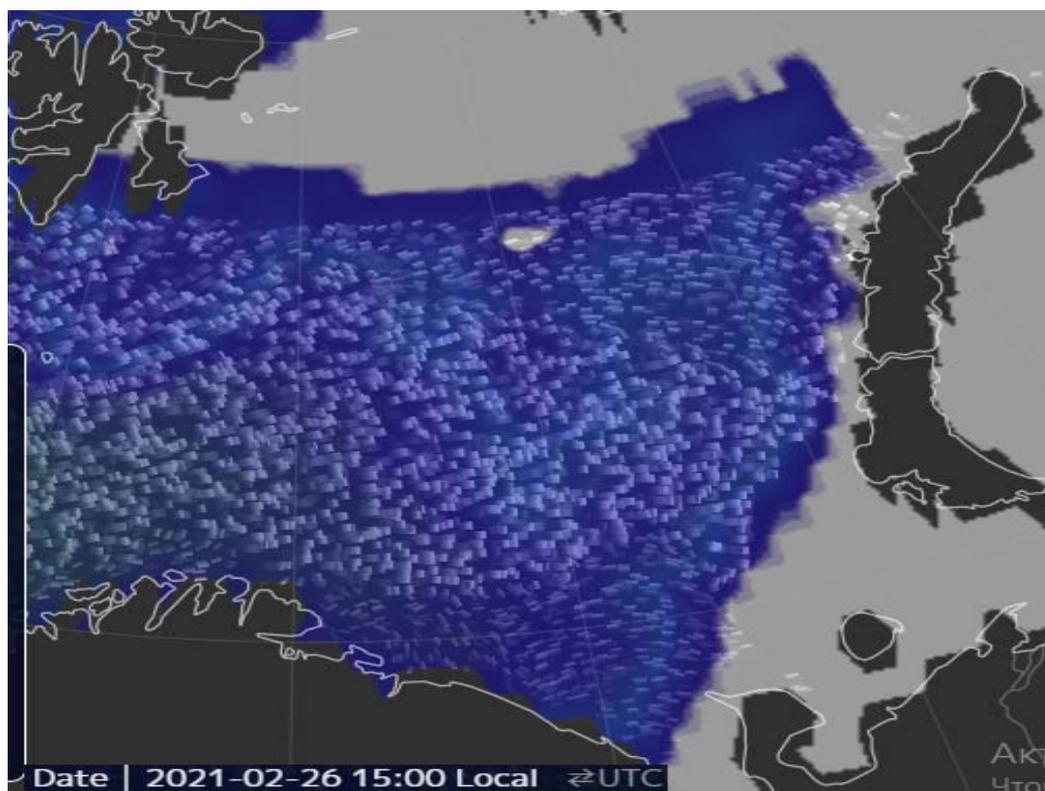


Рисунок 3.1.18 – Баренцево море 26.02.2021 год.

На рисунке 3.1.18 наблюдается в центральной части Баренцева моря – серо-белый лед. Вдоль Новой Земли наблюдается нилас и молодой лед –

маленькая кромка вдоль берегов архипелага. В районе о.Колгуев присутствует серый лед, который имеет протяженность от Чёшской губы до о.Вайгач. Юго-Западная часть на конец февраля 2021 год свободная то льда.

На рисунке 3.1.19 изображен февраль 2022 года видно, что в центральной части моря кромка льда выступает больше, чем в 2021 году. В Юго-Западной части меньше льда в 2022 году, у п-ова Канин ледяного покрова не наблюдается. В 2022 году о.Эдж полностью находится в ледовом покрове, чем в 2021 году. Северо-Восточная часть Баренцева моря в 2022 году имеет меньшую площадь льда, чем в 2021 году.

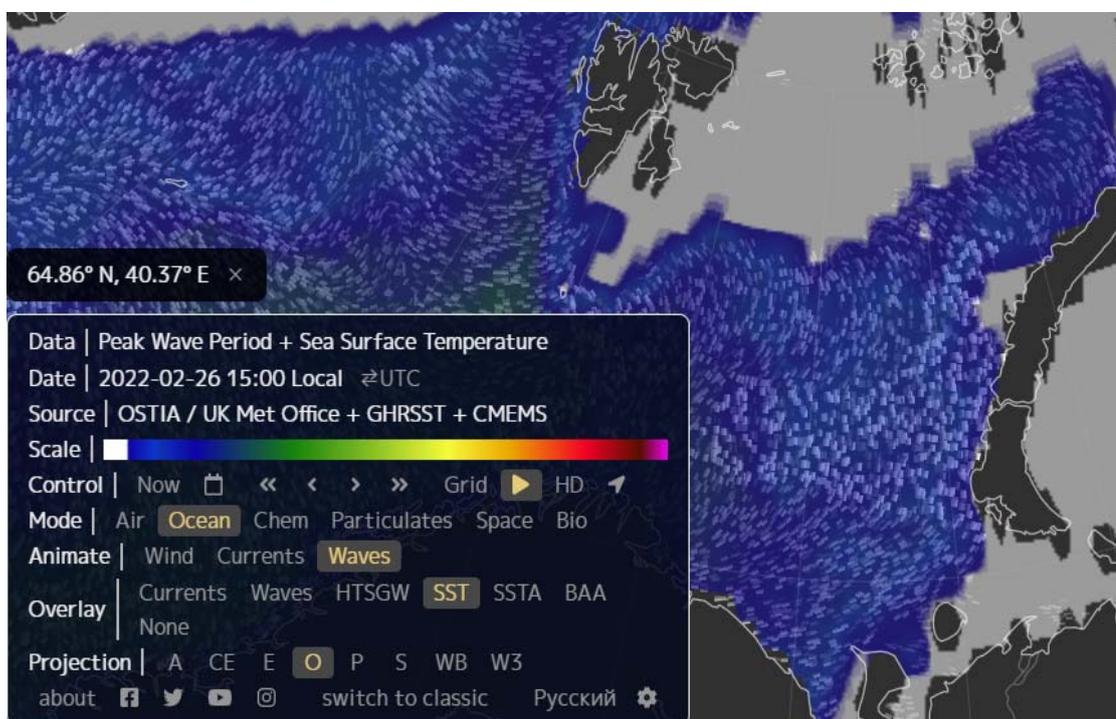


Рисунок 3.1.19 – Баренцево море 26.02.2022 год.

На основе анализа была составлена таблица толщины льда в Баренцевом море.

В таблице 3.1.1 - первые четыре градации возрастного льда приносятся в Баренцево море из Белого моря. В Юго-Восточной части Баренцева моря, которая практически всегда остается без ледяного покрова, иногда встречаются средние однолетние льды. В Северном районе моря теперь встречаются однолетние толстые льды, которые поступают из Северо-Западной части Карского моря. Также в Северо-Восточном районе моря в

максимум ледового покрова преобладают старые однолетние льды. В ходе анализа с помощью данного инструмента был сделан вывод о том, что произошла деградация возрастных льдов в Баренцевом море, многолетний лед в море не наблюдается. В море преобладают однолетние льды.

Таблица 3.1.1 – Характерная толщина льда в Баренцевом море.

Номер градации	Возрастной состав льда	Средняя толщина, см
1	Нилас	5,0
2	Серый лед	12,5
3	Серо-белый	22,5
4	Тонкий однолетний	50,0
5	Средний однолетний	100,0
6	Старый однолетний	140,0
7	Двухлетний	200,0
8	Многолетний	300,0

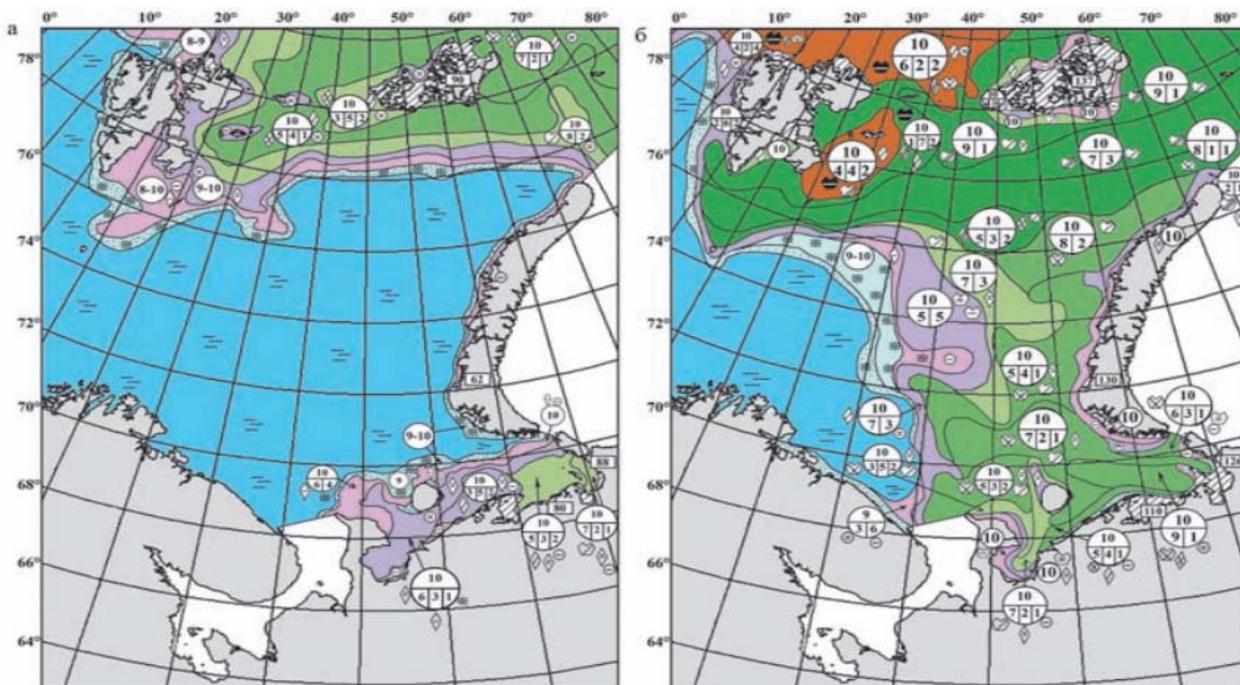


Рисунок 3.1.20 - Ледовые условия в марте 2020 года «мягкой зимы» и 2022 года «суровой зимы».

На рисунке 3.1.20 показаны условия в марте мягкой зимы 2020 г. и суровой зимы 2022 года. В момент максимума в марте кромка ледяного

покрова в Баренцевом море наблюдается вдоль берегов Шпицбергена. Потом она начинает спускаться и отклоняться к юго-востоку. Далее кромка льда поворачивает на юго-запад и приближается к берегам Кольского полуострова в районе м. Святой Нос.

Сплоченность кромки льда уменьшается из-за таяния тонких льдов (Ниласа), которое происходит из-за теплых атлантических вод. Лед в открытом море (центральная часть моря) имеет большую сплоченность (8-10 баллов) в течение всей зимы, на основе анализа ледовых карт. У о.Колгуев где преобладает тонкий однолетний лед, а также вдоль архипелага Новая Земля часто образуются полыньи, образование и нахождение которых зависит от преобладающих ветров.

В таблице 3.1.2 - Толщина припайного льда в Баренцевом море, показаны результаты исследования развития ледяного покрова в момент максимума в марте 2021 года (рисунок 3.1.21), с помощью инструмента Earth.

Таблица 3.1.2 – Толщина припайного льда.

Объект	Толщина припая, см
Новая Земля	105-110
Земля Франца-Иосифа	90-100
о.Колгуев	75-80
В устье Индиги	90-95
м.Нордкин	105-115

В ходе анализа, а также спутниковых данных и данных гидрометеорологических станций средняя толщина припая (припайного льда) в Баренцевом море уменьшилась на 1-8 см. Сезонное сокращение количества льда в море объясняется не в уменьшении площади ледяного покрова, а в уменьшении его толщины.

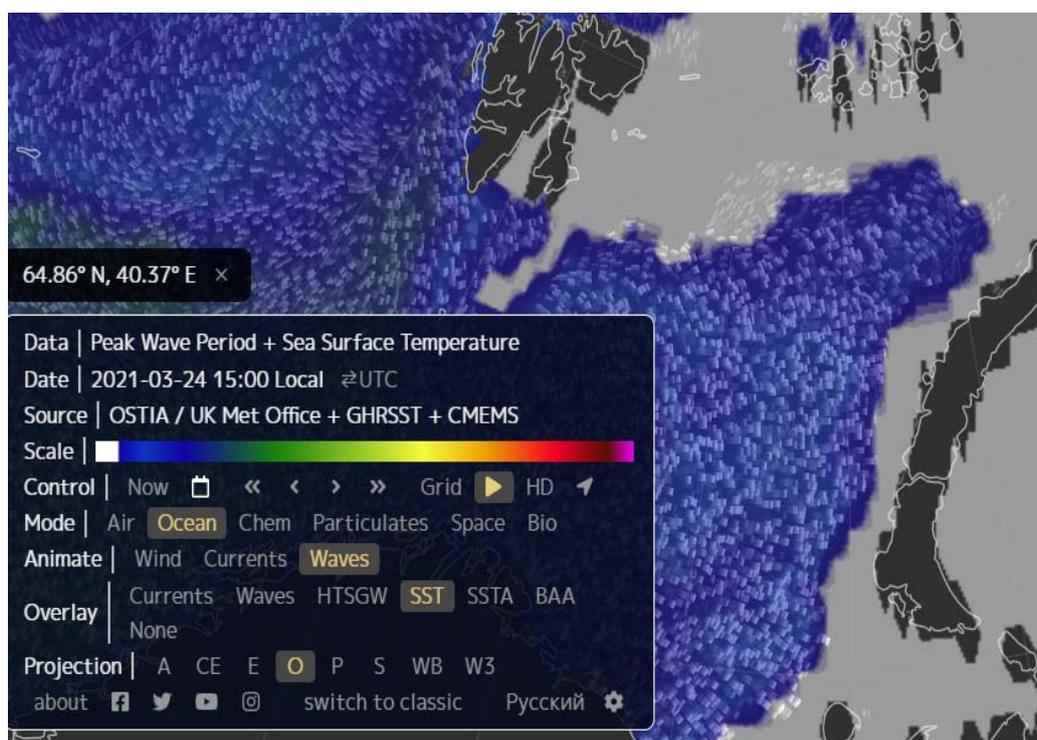


Рисунок 3.1.21 – Максимум ледового покрова в Баренцевом море.

Таблица 3.1.3 – Площади районов Баренцева моря, свободных ото льда в момент таяния, %.

Район Баренцева моря	Год	Месяцы					
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Северо- Восточная часть	2020	14	21	38	64	79	83
	2021	10	15	27	56	76	80
Западная часть	2020	47	56	64	72	90	94
	2021	45	53	59	70	86	94
Юго-Западная часть	2020	30	47	77	98	100	100
	2021	26	43	72	95	100	100

В таблице 3.1.3 представлены площади акватории районов Баренцева моря, которые свободны ото льда. Очищение моря ото льда происходит с разной интенсивностью и не одновременно. Наибольшее освобождение моря ото льда происходит в августе – сентябре. Юго-Западная часть в июле – сентябре находится полностью свободной ото льда.

Освобождение Баренцева моря от ледяного покрова происходит быстрее, чем в других морях, благодаря динамическому воздействию теплых течений. Главная особенность освобождения моря ото льда – это зоны открытой воды, которые характерны для условий в Баренцевом море. Например, полыньи, которые в Баренцевом море присутствуют, в этих зонах происходит интенсивное таяние. В августе – сентябре в аномально холодные года около 35-40 % площади ледяного покрова сохраняется в северной части Баренцева моря. А в аномально теплые года в эти месяцы вся акватория моря освобождена ото льда.

В июле западные берега Новой Земли полностью освобождены ото льда (рисунки 3.1.10 и 3.1.11) и юго-восточная часть моря тоже.

В августе 2021 года лед находится вблизи Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа, в августе 2020 года наблюдается припай вблизи берегов архипелагов (рисунки 3.1.22 и 3.1.23).

Таким образом, можно сделать вывод на основе таблицы 3.1.3, что перед началом ледообразования Баренцево море полностью свободно ото льда. Ледообразование начинается в октябре – ноябре.

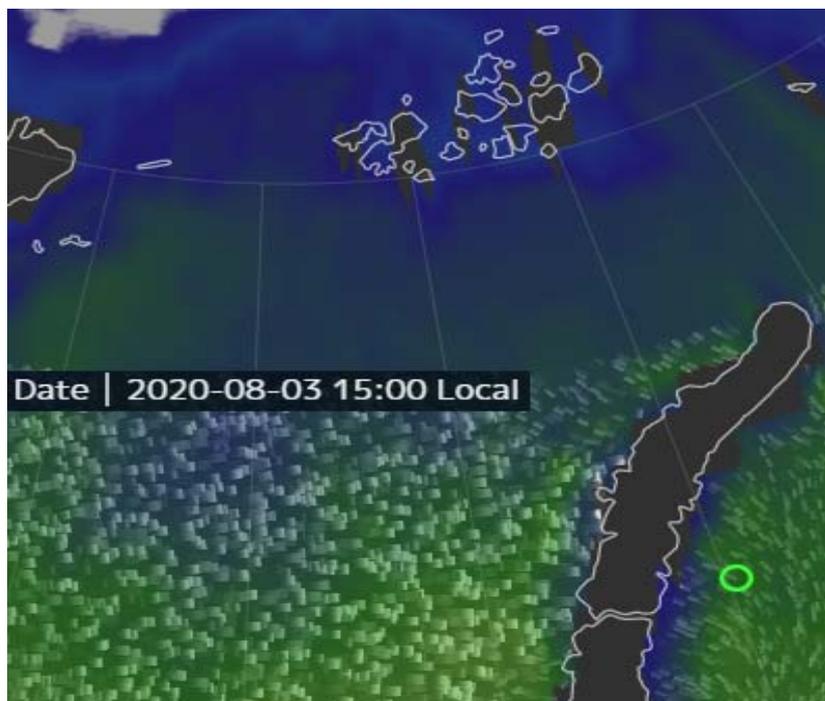


Рисунок 3.1.22 – Баренцево море 03.08.2020 год.

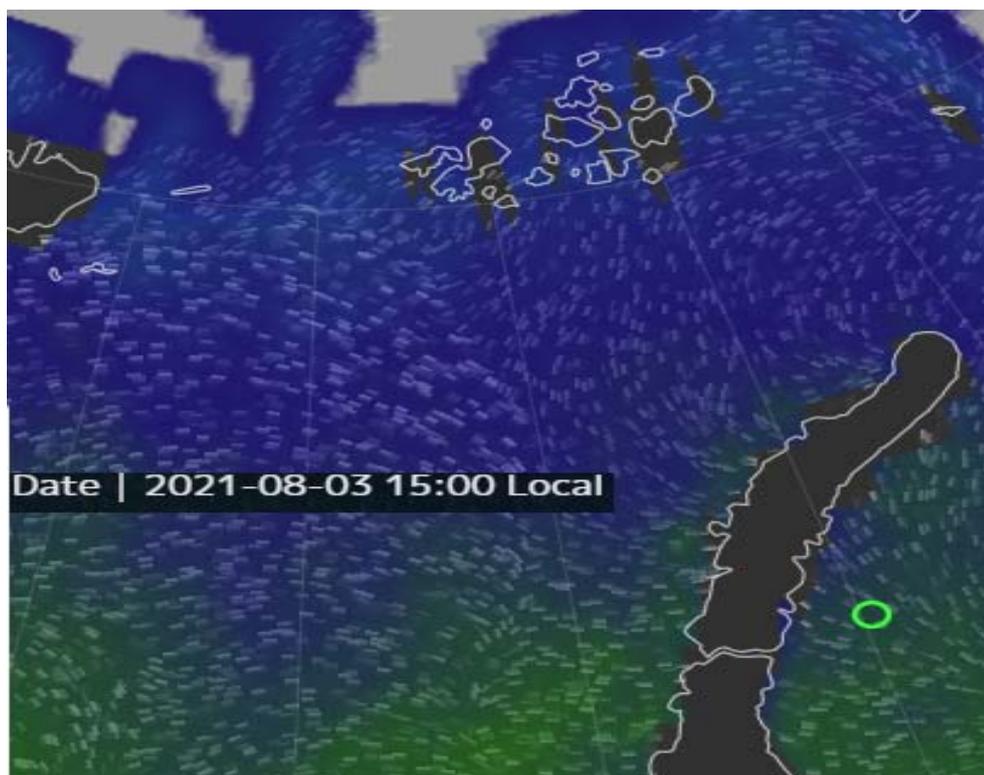


Рисунок 3.1.23 – Баренцево море 03.08.2021 год.

Таблица 3.1.4 – Возрастной состав льда в Баренцевом море, %.

11-ноябрь 02-февраль 04-апрель	Месяцы											
	11	02	04	11	02	04	11	02	04	11	02	04
Район Баренцева моря	Молодой лед			Однолетний тонкий			Однолетний средний			Однолетний толстый		
Западный	30	10	5	3	25	20	0	15	30	0	0	10
Северо- Восточный	15	5	2	30	20	10	0	55	68	0	0	10
Юго- Восточный	5	9	5	0	55	25	0	0	45	0	0	0

В таблице 3.1.4 проанализирован возрастной состав льда в Баренцевом море за 2021 год, создана таблица на основе анализа, проведенного с помощью данного инструмента.

В ноябре только начинается ледообразование и поэтому большая часть акватории моря свободна ото льда, в ноябре наблюдаются молодой и однолетний тонкий лед. В Юго-Восточной части в ноябре встречается только молодой лед.

В феврале в Юго-Восточной части преобладают однолетние тонкие льды, которые занимают 55 % площади района. В Западной части моря однолетние тонкие льды занимают 25 %. В Северо-Восточной части Баренцева моря преобладают льды однолетние средние, которые составляют 55%.

В апреле однолетние средние льды преобладают в Северо-Восточной части Баренцева моря. В Юго-Восточной части 45 % площади занимают однолетние средние льды. Однолетние толстые льды наблюдаются в Западном и Северо-Восточном районах и составляют 10%. В Северо-Восточном районе существенно уменьшается площадь молодого льда.

Как показывают исследование возрастных льдов в данном инструменте, ледовый режим Баренцева моря терпит большие изменения в течение последних десятилетий. В течение последнего столетия на основе анализа происходит сокращение (таяние) ледяного покрова на акватории Баренцева моря.

Как видно из анализа, что 2019-2020 год был теплее, чем 2021-2022. В 2019-2020 году наблюдалась «мягкая зима», которая стала типичной для 21 века. Из анализа в данном инструменте видно, что ледообразование началось в начале ноября, в районе Земли Франца-Иосифа, чем на целый месяц меньше нормы. Толщина припайного льда по данным из ледовых обзорных карт была на 5-10 см ниже нормы.

Анализ в данном инструменте показал, что юго-западная часть Баренцева моря практически весь год остается без ледяного покрова. Юго-восточная часть моря свободна ото льда в августе-октябре. Анализ положения зон льда проводился с помощью обзорных ледовых карт ААНИИ.

3.2 Исследование возрастных льдов в Северо-Восточной части Баренцева моря.

В последние 5-10 лет основными источниками информации о положении ледяного покрова являются искусственные спутники Земли (ИСЗ). Спутниковые данные используются очень часто для анализа разных объектов.

С помощью инструмента Land Viewer в данном подразделе, был произведен анализ возвратных льдов, и исследования отступления кромки льда в Северо-Восточной части Баренцева моря. В этом инструменте для исследования использовались данные со спутников Sentinel-1, Sentinel-2 и MODIS. Для льда характерны темные тона, у многолетних льдов более яркий тон, чем у однолетних и двулетних [32].

На рисунке 3.2.1 видно, что в конце сентября 2021 года в районе Земли Франца-Иосифа льда практически не видно, но он постепенно начинает образовываться. Прослеживаются бледно красные тона - это припайный лед, который является не подвижным льдом и примёрзшим к берегам архипелага Земля Франца-Иосифа.

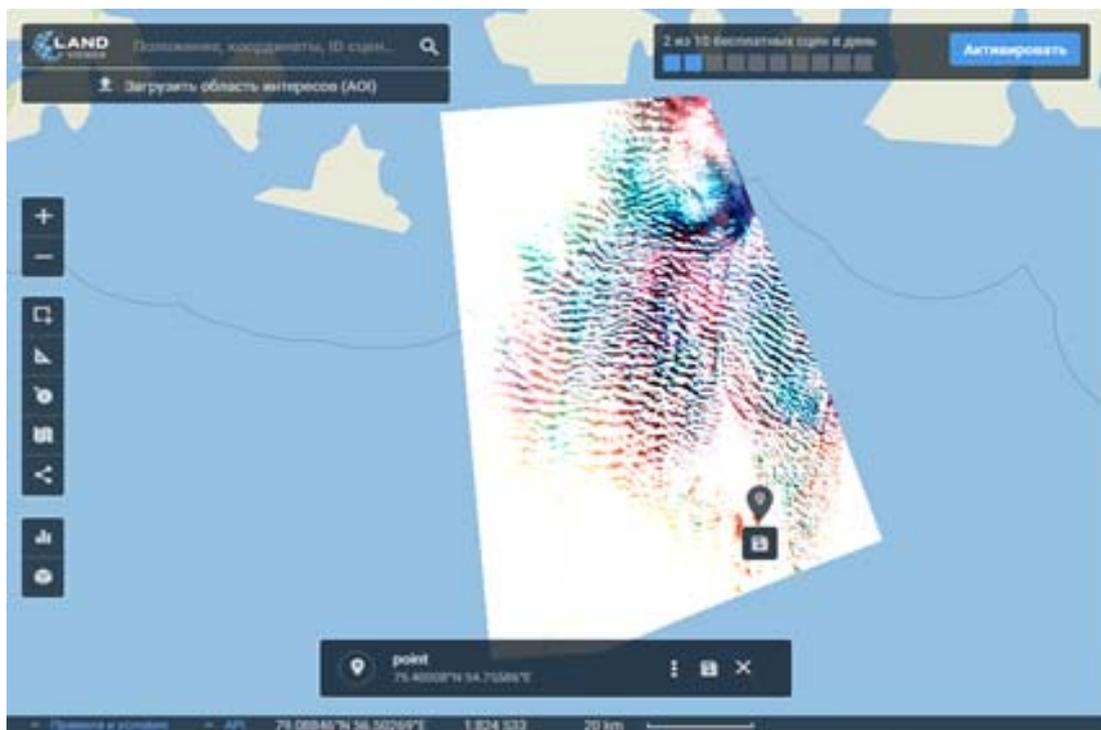


Рисунок 3.2.1 – Снимок в пассивном сенсоре со спутника Sentinel-2.

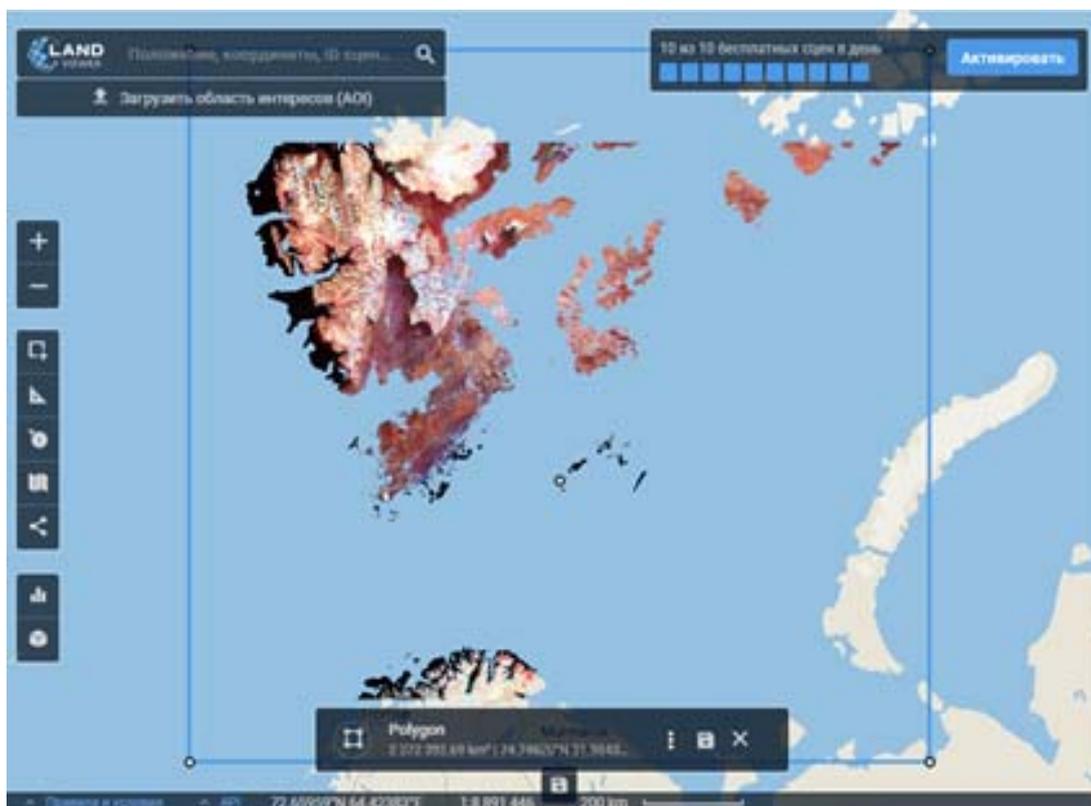


Рисунок 3.2.2 - Снимок в пассивном сенсоре со спутника MODIS
27.03.2022 г.

Рисунок 3.2.2 27 марта 2022 года при анализе спутникового снимка, виден ярко бордовый оттенок у Северо-Восточной Земли и в проливе Стурфьорд – это однолетний лед. В районе о.Баренца и о. Эдж наблюдается розовый оттенок – это молодой лед. На берегах архипелага Шпицберген виден розовый оттенок – это снег. Побережье в юго-западной части Баренцева моря отображается темным цветом, что показывает присутствие снега/льда.

На рисунке 3.2.3 23 апреля 2022 года, в пассивном сенсоре, видно как кромка льда отошла от берегов архипелага Земля Франца-Иосифа. Голубой цвет характеризует открытые участки воды. Розовым оттенком показан лед, который остался у берегов – это молодой тонкий лед и нилас. Происходит торошение льда. Розово-белым оттенком в центральной части рисунка – это серо-белый лед, нилас. Темными красным оттенком показан однолетний лед.



Рисунок 3.2.3 – Снимок в пассивном сенсоре со спутника Sentinel-2
23.04.2022 г.

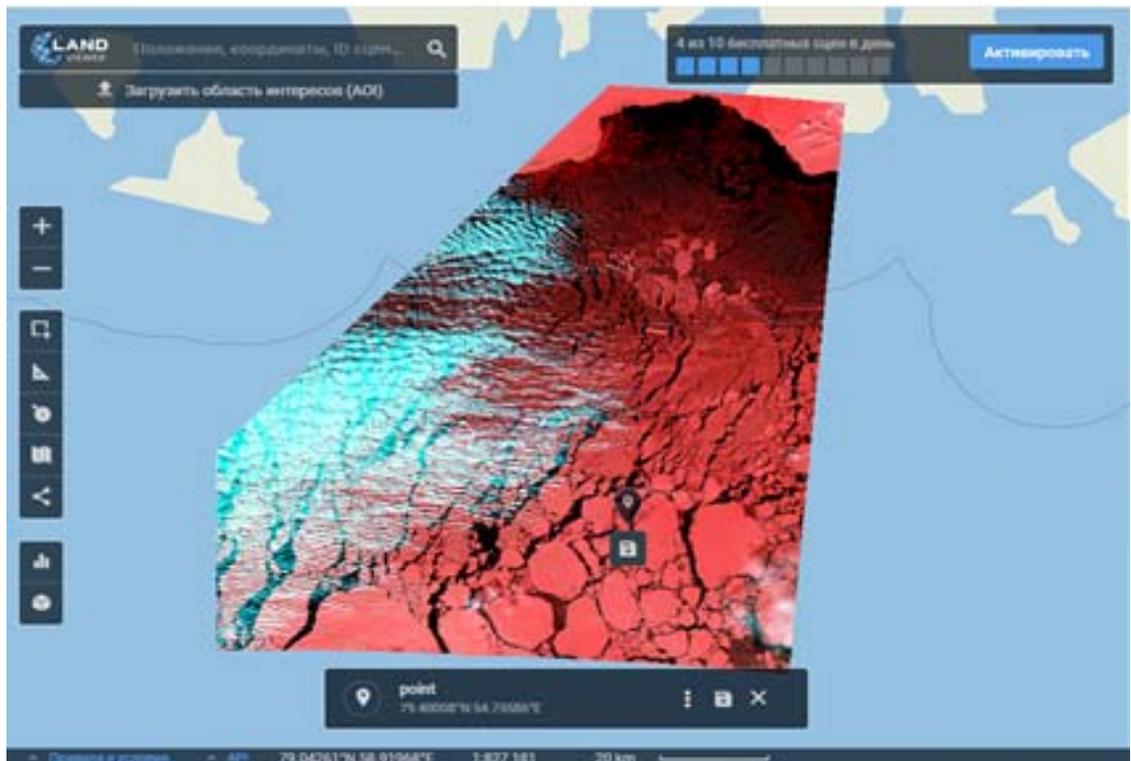


Рисунок 3.2.4 – Снимок в пассивном сенсоре со спутника Sentinel-2
30.04.2021 г.

На рисунке 3.2.4 30 апреля 2021 года в районе Земли Франца-Иосифа, изображён ярко красный цвет – это серо-белый лед. Голубой оттенок на рисунке это морская вода, которая же наступает на кромку льда. Менее красный оттенок – это молодой лед. Темный оттенок – это нилас, разрушающийся лед.

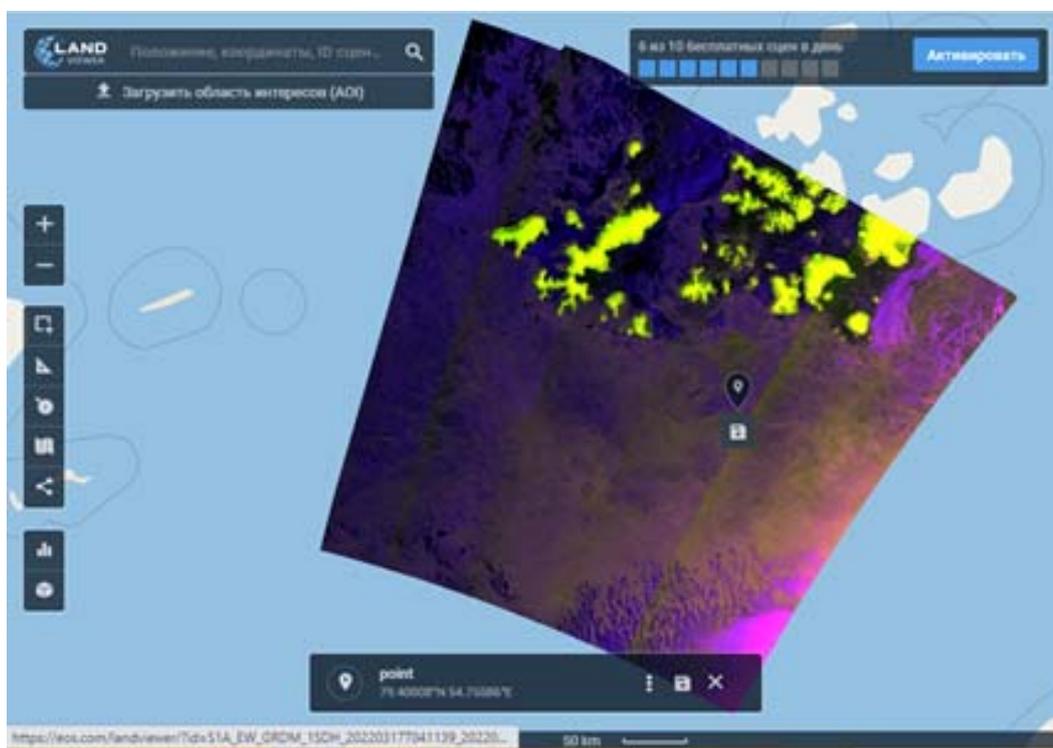


Рисунок 3.2.5 – Снимок в активном сенсоре со спутника Sentinel-1
17.03.2022 г.

Рисунок 3.2.5 представлен в активном сенсоре 17 марта 2022 года в районе Земли Франца-Иосифа, на нем хорошо виден лед – он представлен розовым оттенком. Вода представлена фиолетово-голубым оттенком. На рисунке светло-розовым оттенком наблюдается тонкий однолетний лед. Видно, что вода уже в некоторых местах проходит через лед.

На спутниковом снимке (рисунок 3.2.6) видно, что у о.Колгуев на конец марта наблюдается вода, бордовым оттенком обозначен – молодой лед. На берегах видно розовый оттенок – это снег, у п-ова Канин наблюдается темно-бордовый оттенок – это однолетний лед. Самый темный цвет, который виден на изображении – это является нилас.

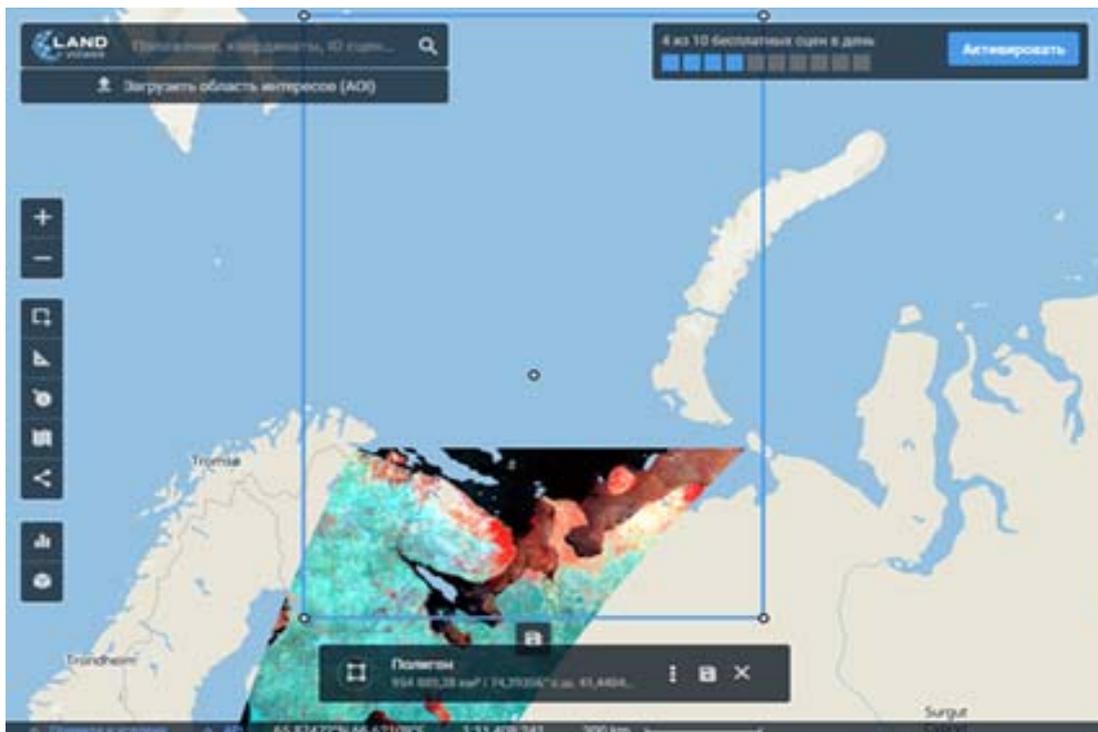


Рисунок 3.2.6 - Снимок в пассивном сенсоре со спутника MODIS
28.03.2022 г.

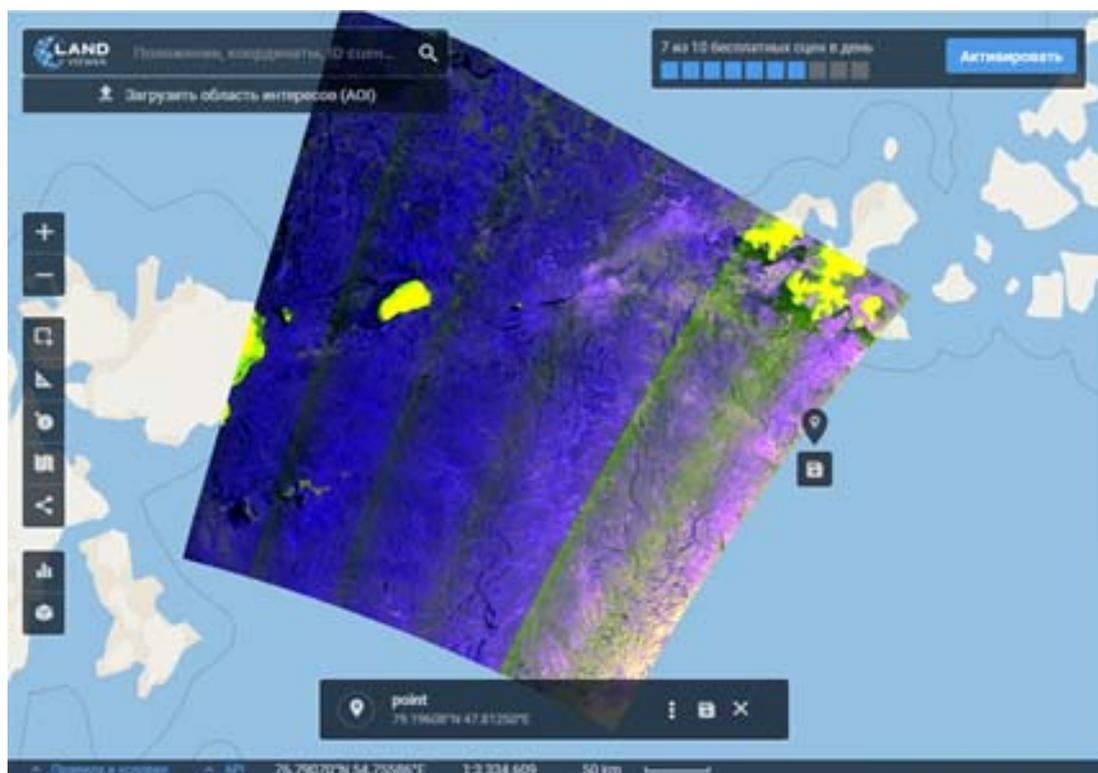


Рисунок 3.2.7 – Снимок в активном сенсоре со спутника Sentinel-1
28.11.2021 г.

На рисунке 3.2.7 28 ноября 2021 года видно, как только начинается ледообразование. Светло-розовый оттенок наблюдается в районе Земли

Франца-Иосифа – это серый лед. Серый лед и кромка ниласа начинают смещаться в сторону о.Белый, который выделен ярко-желтым оттенком. В районе Шпицбергена еще наблюдается вода, она выделена фиолетово-голубым оттенком.

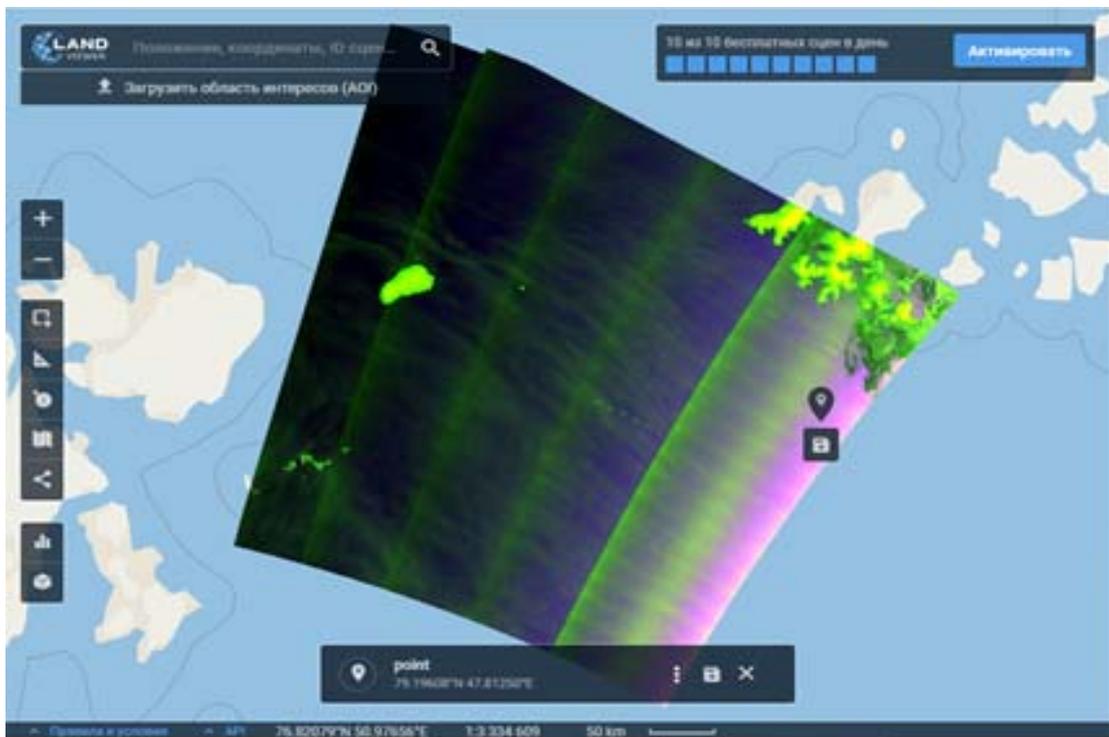


Рисунок 3.2.8 – Снимок в активном сенсоре со спутника Sentinel-1 28.11.2020 г.

Рисунок 3.2.8 28 ноября 2020 года, где видно, что льда практически не наблюдается. Земля Франца-Иосифа практически свободна ото льда, начинает образовываться нилас - тонкий осенний лед. Спутниковые снимки с разницей ровно в год показали, что происходит отступление кромки льда в Баренцевом море, которое связано с изменением динамики вод.

На рисунке 3.2.9 у о.Колгуев виден бордовый оттенок – это молодой лед, который наблюдается от Чёшской губы по Поморскому проливу. У п-ова Канин наблюдается розовый оттенок – это нилас, через который просматривается вода. Темный оттенок на изображении – это нилас.

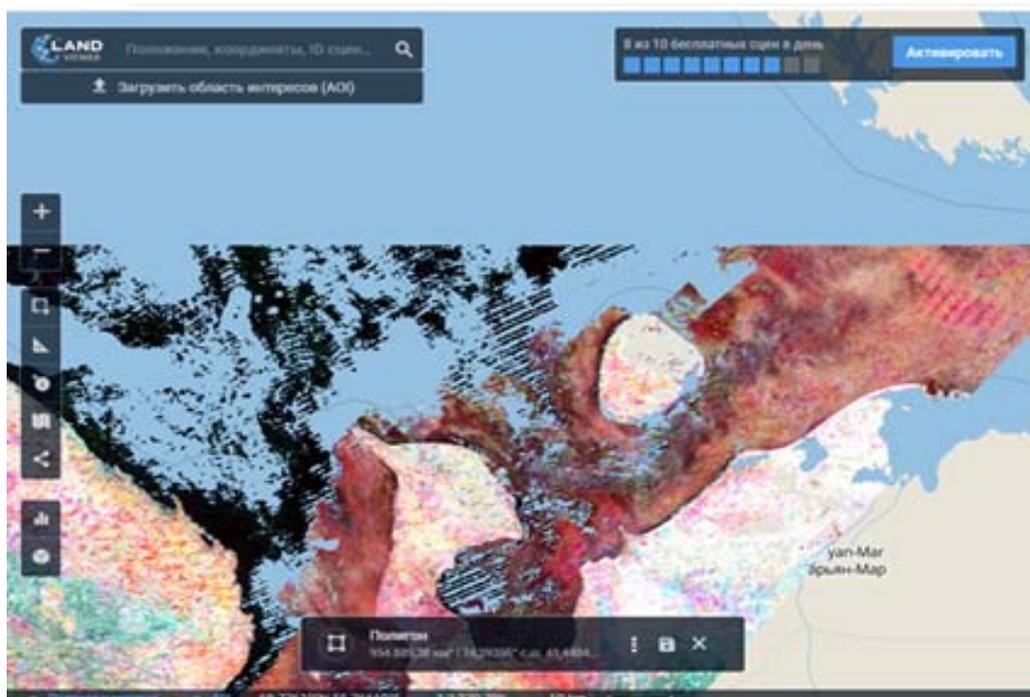


Рисунок 3.2.9 - Снимок в пассивном сенсоре со спутника MODIS
21.02.2022 г.

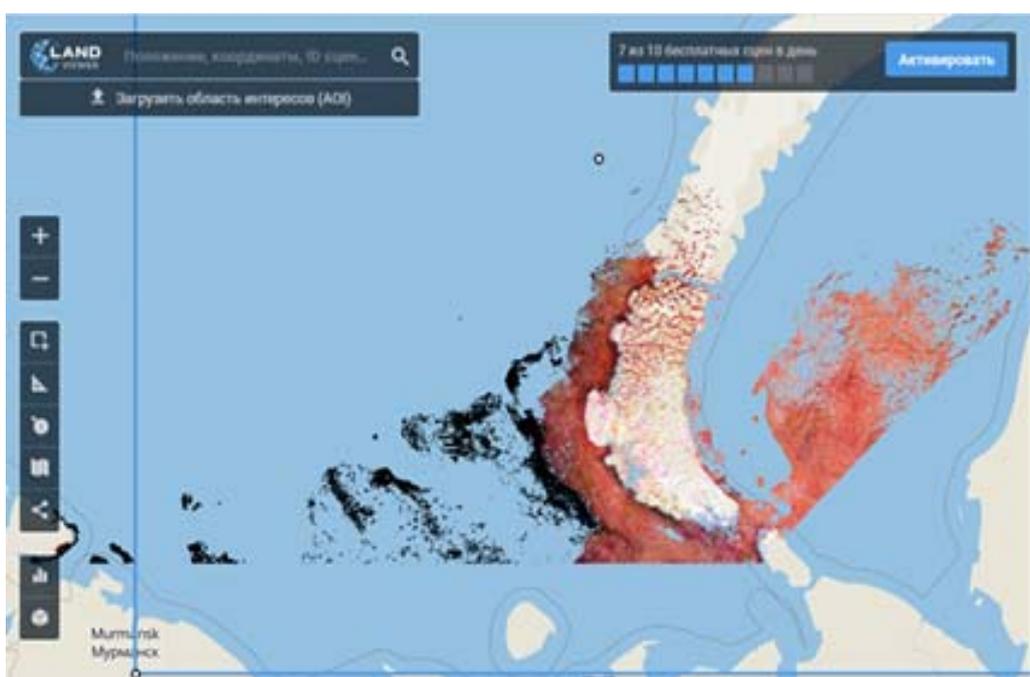


Рисунок 3.2.10 - Снимок в пассивном сенсоре со спутника MODIS
19.02.2022 г.

На рисунке 3.2.10 изображен спутниковый снимок архипелага Новая Земля, вдоль берегов архипелага наблюдается ровный бордовый оттенок – это молодой лед, который наблюдается до пролива Карские ворота. В проливе Карские ворота и у о.Вайгач присутствует ярко-розовый оттенок –

это однолетний лед. Темным оттенком на снимке изображен нилас – кромка тонкого льда.



Рисунок 3.2.11 – Снимок в пассивном сенсоре со спутника Сентинел-2

На рисунке 3.2.11 показан снимок в пассивном сенсоре 18 апреля 2022 года, где изображен восточная часть архипелага Новой Земли. На самом архипелаге виден светло-красный оттенок, который характеризует снег. У побережья виден голубой оттенок – это открытая вода.

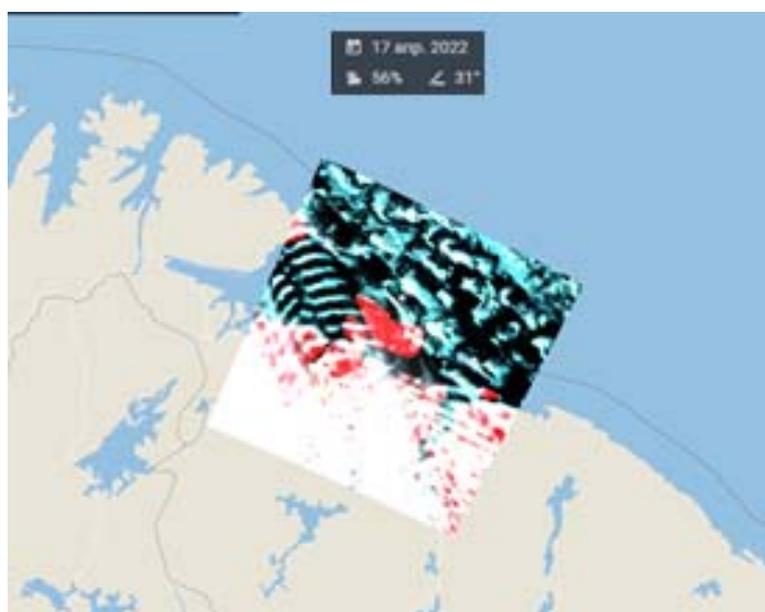


Рисунок 3.2.12 – Снимок Мурманского побережья

На рисунке 3.2.12 показан снимок со спутника 17 марта 2022 года. Видно, что вначале марта Мурманское побережье свободно ото льда, так как на рисунке присутствует голубой оттенок, который характеризует открытую

воду. На самом побережье виден красный оттенок – это показывает наличие снега.

3.3 Исследование ледового режима вблизи крупных портов в Баренцевом море

В ходе выше изложенного анализа выяснилось, что в Баренцевом море присутствует припай – это неподвижный лед, который наблюдается в холодный период. На протяжении всей кромки припайного льда появляются заприпайные полыньи, которые способствуют плаванию судов в зимнее время. В Баренцевом море припай составляет около 2 % от всего ледяного покрова моря. В процессе таяния льда в конце апреля, происходит разрушение припая. Также в Баренцевом море присутствует дрейф льда, что является проблемой для судоходства и промышленности.

При исследовании в вышеперечисленных инструментах Баренцева моря выяснилось, что однолетний лед образуется в центральной части моря и не представляет опасности для судов. Для исследования ледовой обстановки вблизи крупных портов, которые располагаются в Баренцевом море, используется инструмент Marinetraffic. Который поможет понять и определить, как происходит движение судов в максимум и минимум ледовитости.

Дрейфующий лед, который направляется с севера моря, он может включать в себя айсберги и многолетний лед. Этот лед приходит из Северного Ледовитого океана (СЛО) и приносит с собой большую опасность. В Баренцевом море функционирует важная составляющая природно-хозяйственной системы – это рыбный промысел. Шельф Баренцева моря наиболее перспективный для добычи нефти и газа. Для этой хозяйственной деятельности актуальна проблема – айсбергов, которая связана с потеплением климата.

В Баренцевом море находятся наиболее крупные порты, такие как: Мурманск, Нарьян-Мар, Варандей.

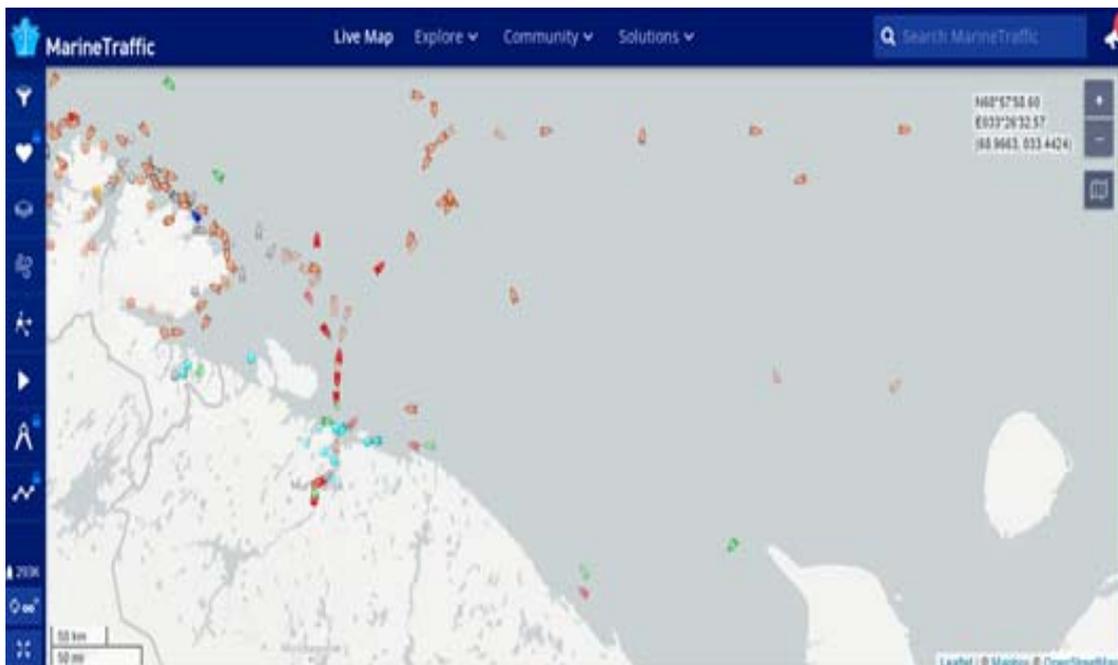


Рисунок 3.3.1 - Порт Мурманск.

На рисунке 3.3.1 представлен порт Мурманск на 21.04.2022 год. Можно отметить, что в районе порта море полностью освобождено ото льда, в порту много разных типов судов.

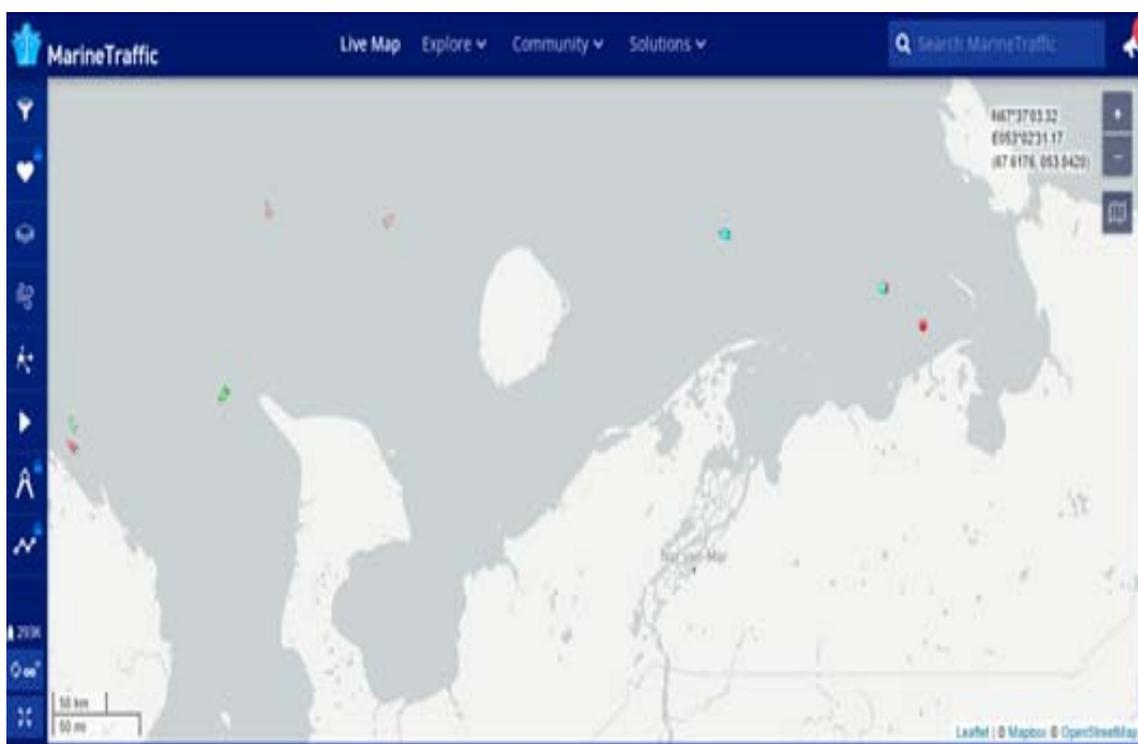


Рисунок 3.3.2 - Порт Нарьян-Мар.

На рисунке 3.3.2 представлен порт Нарьян-Мар на 21.04.2022 год, где видно, что судов вблизи порта нет. Навигация осуществляется в летний сезон

(с июня по ноябрь). В районе порта наблюдаются молодой лед и тонкий однолетний лед, который затрудняют движение.

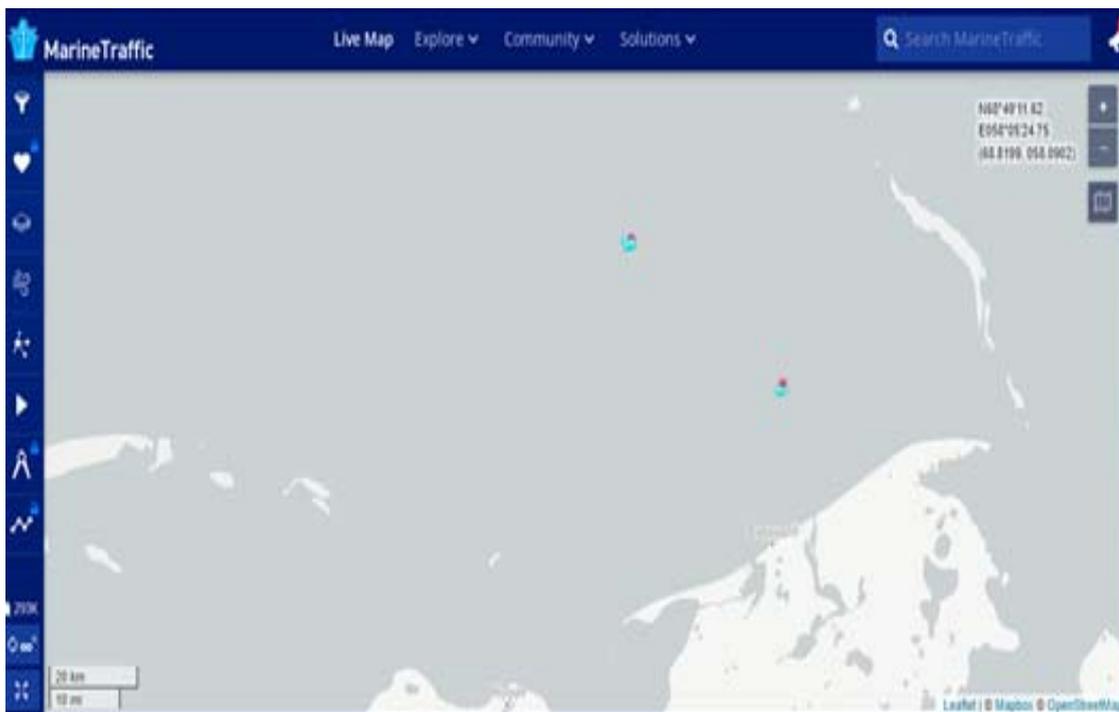


Рисунок 3.3.3 - Порт Варандей.

На рисунке 3.3.3 изображен порт Варандей, на 21.04.2022 год вблизи порта изображен танкер и ледокол. Так как на конец апреля в районе порта преобладают еще тонкие однолетние льды.

Морские порты, которые являются стратегически и экономически важными в развитии территории Арктики, расположены в бассейне СЛО. В период с ноября по май транспортировка груза по морю затруднена (рисунок 3.3.4). У Мурманска на юго-западе, где проходит ответвление Гольфстрима – это теплое Нордкапское течение, море почти полностью освобождено ото льда. В порту Варандей требуется использование ледоколов и специализированной техники, а порт Нарьян-Мар находится на р.Печора, которая замерзает на весь зимний период.

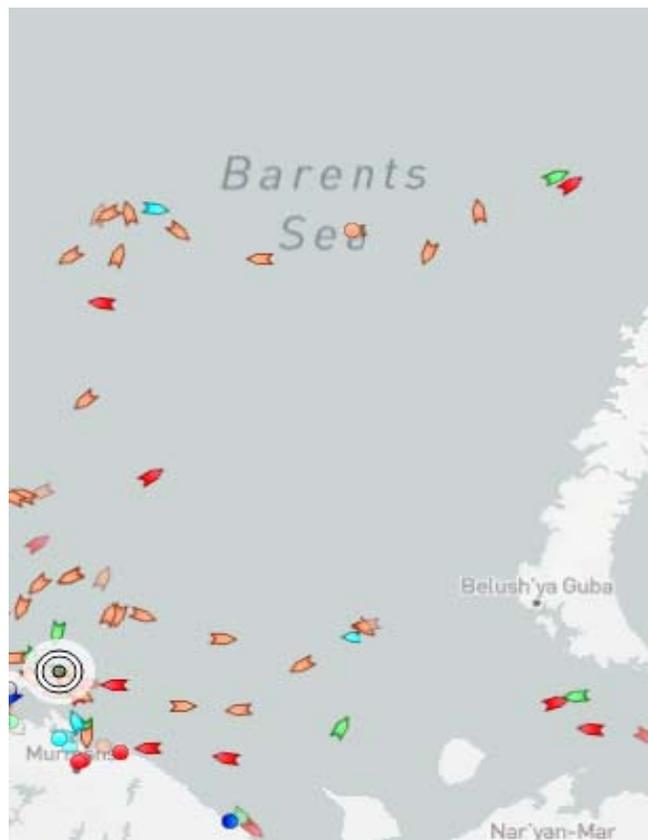


Рисунок 3.3.4 - Баренцево море 28 .02.2022 год.

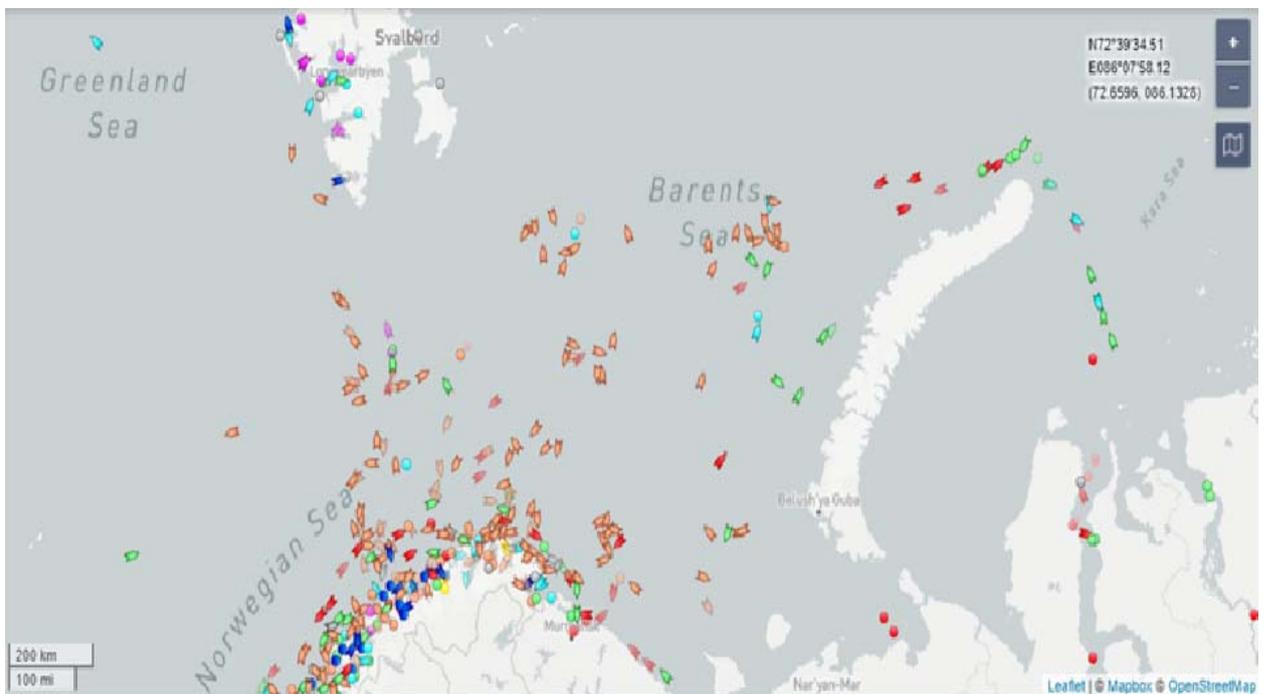


Рисунок 3.3.5 – Баренцево море на 25.04.2022 год.

На рисунке 3.3.5 изображено Баренцево море конец апреля, можно увидеть, как вблизи портов появляются суда – танкеры, так как юго-восточная часть Баренцева моря, Северный морской путь в апреле уже

освобождены ото льда. В Северо-Восточной части моря вдоль архипелага Новая Земля суда свободно передвигаются, так как кромка льда сдвинулась к Земли Франца-Иосифа.

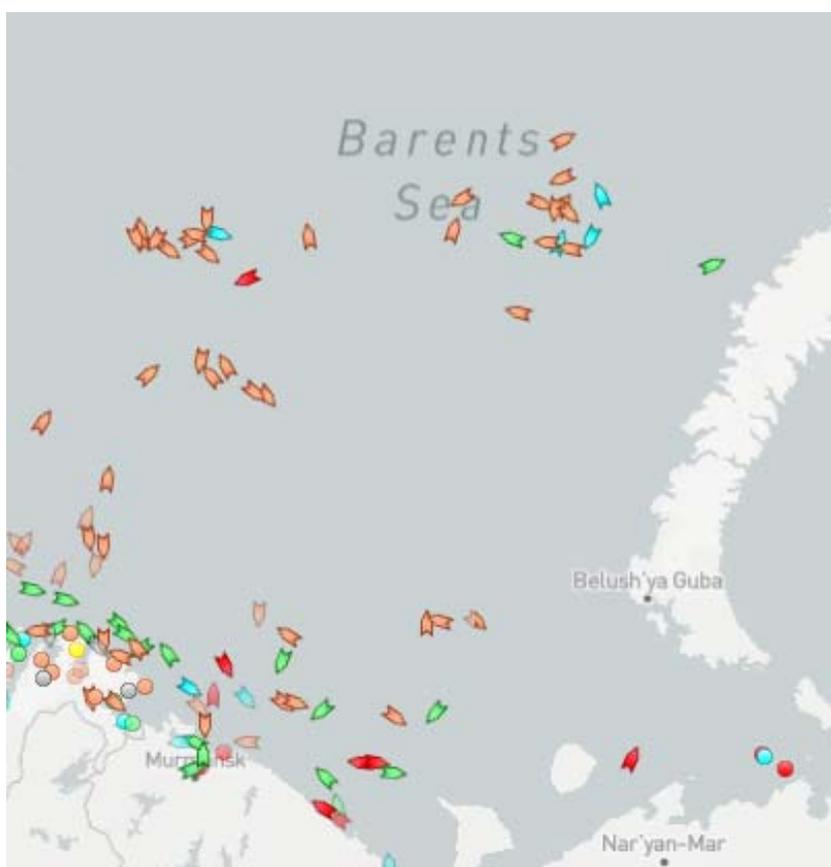


Рисунок 3.3.6 – Баренцево море 01.05.2022 год.

В Баренцевом море суда и нефтегазовая инфраструктура может безопасно находиться с мая по ноябрь (рисунок 3.3.6). В мае видно, что начинают появляться суда у портов Нарьян-Мар и Варандей. У порта Мурманск суда могут беспрепятственно ходить целый год.

Новые технологии обеспечивают высокую степень ледостойкости. «Мягкие» зимы в Баренцевом море позволяют использовать море для мореплавания с ледоколами весь зимний сезон.

Обледенение судов главная проблема в мореплавании. Обледенение влияет на устойчивость суда, может придать судну крен на какой либо борт. Поэтому борьба с обледенением главная задача для мореплавателей [36].

Анализ обледенения в Баренцевом море производился по модели на сайте Ventusky.com [37]. Обледенение в Баренцевом море связано с

сезонной ритмичностью. За летний сезон вода хорошо прогревается, и большая теплоемкость вод способствует сохранению температуры до начала ледообразования (ноября). Был произведен анализ обледенения в Баренцево море в 2021 и 2022 году.

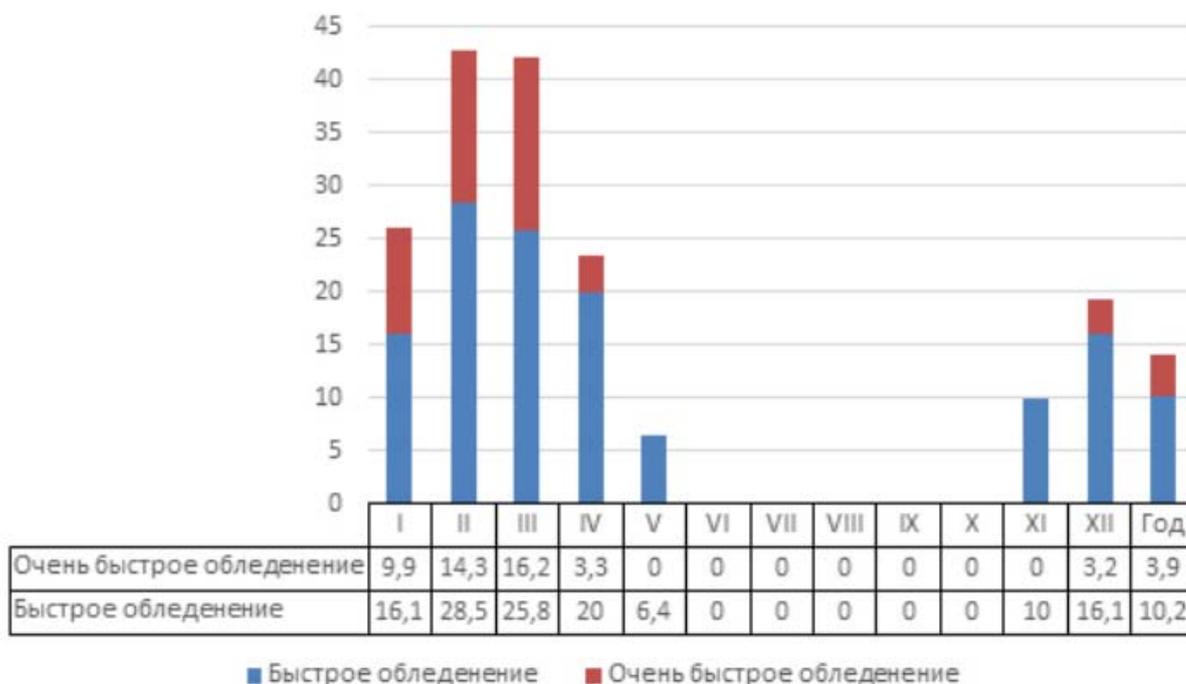


Рисунок 3.3.6– Повторяемость обледенения в Баренцевом море 2021 г.

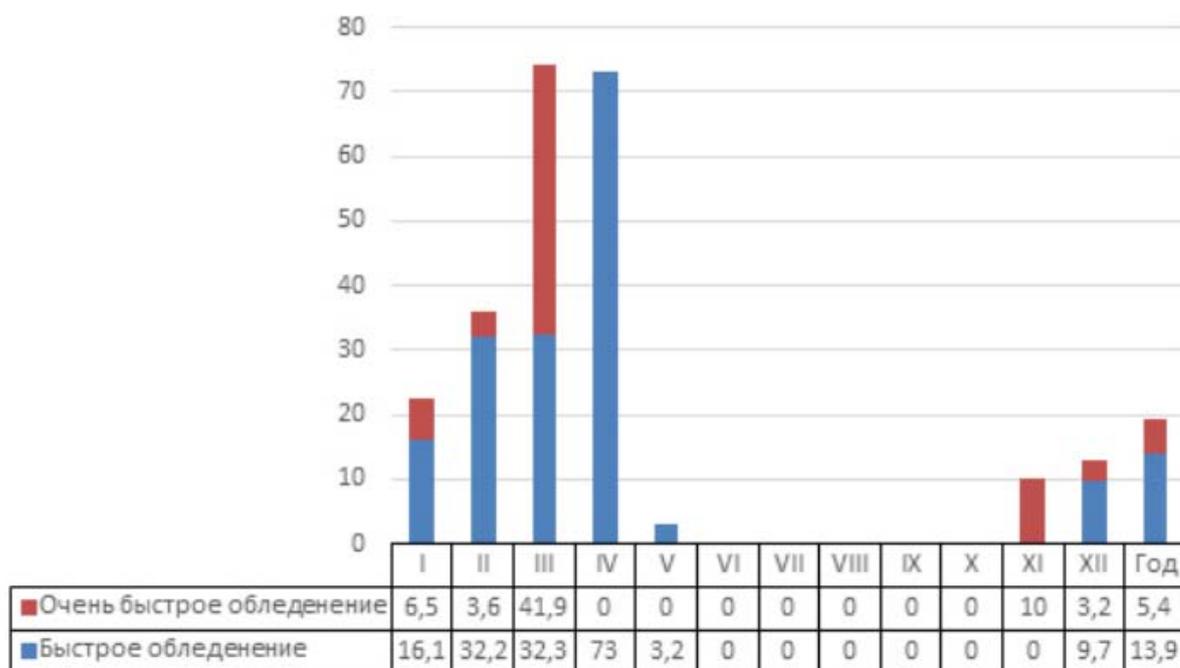


Рисунок 3.3.7 – Повторяемость обледенения в Баренцевом море 2022 г.

В 2021 году максимальное обледенение пришлось на февраль и март. В 2022 году максимальное обледенение пришлось на март и апрель.

Таким образом, анализ с помощью данного инструмента показал, что: дрейфующий лед оказывает большое влияние на движение судов. Если не проводить постоянный мониторинг ледовых условий в Баренцевом море, то при осуществлении мореплавания в зимний период судно может большие экономические потери, такие как механические повреждения и вынужденные простои.

Таким образом, по данному разделу можно сделать вывод, что происходит изменчивость температурного режима в море, также в Баренцевом море наблюдается период минимума ледовитости. Исследование показало, что западная часть моря практически весь год свободна ото льда. Происходит изменение ветра, которое влияет на продолжительность ледового покрова в Баренцевом море, которое в свою очередь уменьшается.

Заключение

В выпускной работе было проведено исследование возрастных льдов Баренцева моря. На формирование ледового покрова в Баренцевом море действует большое количество факторов:

- Изменчивость температурного режима в Баренцевом море;
- Ветер, который влияет на сроки начала ледообразования. Ветер в Баренцевом море смешивает воды и влияет на скорость выхолаживания верхнего слоя. Из-за западного и юго-западных ветров, которые преобладают в холодный период в западных и южных частях моря, появляются за припайные полыньи;
- Арктические льды, которые могут поступать в Баренцево море под действием восточных ветров и сохраняться на долгий период в виде остаточных льдов (всего летнего сезона);
- Теплые воды, которые приносят теплые течения.

По проведенному анализу мною был сделан вывод, что похолодания климата в Баренцевом море (баренцевоморском регионе) не предполагается, а наоборот ожидается минимум ледовитости на 2019 -2025 года. Минимум ледовитости в Баренцевом море не совпадает с временем максимального западного-восточного переноса

Северный ветер в море повышает сплоченность льда и увеличивает приток холодных арктических вод. Эти воды поступают в море из района Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа. Также восточные ветра, повторяемость которых увеличилась в несколько раз, способствовали в районах Земли Франца-Иосифа и Новой Земли к увеличению площади за припайных полыней, что привело к смещению таяния льда в более ранние сроки и уменьшению ледового покрова в летний период.

С помощью вышеперечисленных инструментов были исследованы возрастные льды, исследование показало, что количество льда в Баренцевом море уменьшается. На это влияют: сила восточных ветров, которые

способствуют выносу холодных вод и льда из соседнего моря, через проливы Карские ворота и Югорский Шар.

От западных ветров, которые приносят теплые течения и при этом увеличивают потоки тепла в юго-западной части моря, помогают формированию:

- Увеличению температуры поверхности моря;
- Плохой сплоченности льда;
- Медленному ледообразованию.

Поэтому исследование показало, что юго-западная часть Баренцева моря почти всегда свободна ото льда.

В Баренцевом море на ветровой режим влияет множество факторов, например, смещение арктического фронта, который пересекает море с запада на восток и влияет на изменение площади ледяного покрова.

Например, в южной части Баренцева моря, с помощью инструмента Earth, видно потепление, которое поспособствовало изменению ветрового режима. Циклоны, которые смещаются к северу моря, сопровождают уменьшение ледовитости в Баренцевом море в центральном районе.

Продолжительность ледового покрова в Баренцевом море существенно изменилась. Например, ледообразование сместилось в более поздние сроки на 3-9 дней, чем раньше. Освобождение моря полностью ото льда стало более ранним на 6-10 дней, чем раньше.

По данной теме была написана статья, которая была представлена на всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие информационных систем и технологий в гидрометеорологии», сертификат представлен в приложении [38].

Исследование изменения возрастных льдов, а также факторов влияющих на закономерности их формирования с помощью инструментов Earth и Land Viewer, Marinetraffic показал:

- Произошла деградация возрастных льдов, были многолетние, стали однолетние;

- Повторяемость «мягких зим» увеличилась на 17 %;
- Наибольшая изменчивость ледовитости Баренцева моря приходится на июль, наименьшая на август – октябрь;
- Над акваторией Баренцева моря преобладают ветра западных направлений;
- В Баренцевом море произошло понижение средней сплоченности льда на всей акватории;
- Ледообразование начинается - в более поздних сроках, море полностью освобождается ото льда – в более ранние сроки. Продолжительность ледового покрова уменьшилась на 2-4 недели;
- Уменьшилась толщина припайного льда в юго-восточном районе Баренцева моря;
- Зимой многолетняя изменчивость площади ледяного покрова в Баренцевом море формируется за счет межгодовых изменений. Основным фактор, определяющий межгодовую изменчивость это теплые течения и большие площади тонкого льда;
- Основные факторы, влияющие на межгодовую изменчивость летом это интенсивность поглощения солнечной радиации льдами Баренцева моря, возрастной состав ледяного покрова, зависящий от направления дрейфа льда и его интенсивности, также толщина льдов в начале ледообразования.

На основе исследования, с помощью вышеперечисленных инструментов, можно сделать вывод о том, что в Баренцевом море:

- Ледообразование начинается в сентябре в северной части, в ноябре в юго-восточной части;
- Льды в море распространяются с севера на юг и с востока на запад;
- Припай в море составляет 2% от всей площади ледового покрова;

- С мая по сентябрь происходит отступление ледяного покрова на север моря. Юго-восточная часть моря освобождается ото льда в мае, центральная часть Баренцева моря – в июне;
- Сезонный максимум ледяного покрова в 2020-2021 и 2021-2022 годах приходится на март – апрель;

По средним многолетним исследованиям, ледообразование в Баренцевом море прекращается в середине апреля. Воды, которые распространяются к западу, имеют высокую температуру и препятствуют дальнейшему образованию льда. В результате 1/3 часть Баренцева моря свободна ото льда круглый год. В Баренцевом море преобладают однолетние льды.

Список использованной литературы

1. Алексеева Т.А., Сероветников С.С., Фролов С.В., Соколов В.Т. Ледовые условия плавания в Арктическом бассейне в летний период 2018 года // Российская Арктика Москва 2018 №2 С. 31 – 40.
2. Суркова Г.В. Климатические ресурсы современного климата в середине и конце XXI века как основа прогноза социально-важных показателей в Арктике/ Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики. – М.: Лига Вент. 2015. – С. 7-20.
3. Дженюк С.Л. К оценке океанологической изученности Баренцева и Белого морей. Вестник МГТУ, том 15, №4, 2012. С.739-748.
4. Визе В.Ю. Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей М.: Изд-во Главсевморпути, 1944 - 274 с.
5. Визе О.Ю. Климат морей Советской Арктики. -Л.-М.: Изд. Главсевморпути, 1940- 124 с.
6. Егоров А.Г., Спичкин В.А. Метод локально-генетической типизации ледовых условий // Труды ААНИИ, 1994. С. 146-163.
7. Гудкович З.М., Захаров В.Ф., Аксенов Е.О., Позднышев С.П. Взаимосвязь современных климатических изменений в атмосфере, океане и ледяном покрове Арктики//Тр. ААНИИ 1997, т.437, с. 7-16.
8. Зонн И. С., Костяной А. Г. Баренцево море. Энциклопедия. — М., 2011.
9. А. Д. Добровольский, Б. С. Залогин. Баренцево море. - URL: <http://tapemark.narod.ru> (Дата обращения: 19.10.2021 г.). // Моря СССР. Изд-во Моск. ун-та, 1982
10. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Известия РАН. Сер. Географическая, 2007, №3, С. 27-41.
11. Данилов А.И., Миронов Е.У., Спичкин В.А. Изменчивость природных условий в шельфовой зоне Баренцева и Карского морей. Санкт-Петербург: ААНИИ, 2004.
12. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016. / под ред. Коршенко А.Н., М: «Наука», 2017. 190 с.

13. Дженюк С.Л. К оценке океанологической изученности Баренцева и Белого морей. Вестник МГТУ, том 15, №4, 2012. С.739-748.
14. Шошина Е. В. Определитель водорослей Баренцева моря. - URL: <http://www.mstu.edu.ru> (Дата обращения: 28.11.2021 г.).
15. Павлов В.А., Вербицкая О.А., Миронов Е.У., Тарасов П.А., Корнишин К.А., Ефимов Я.О. Атлас гидрометеорологических и ледовых условий морей российской Арктики: обобщение фондовых материалов и результаты экспедиционных исследований ООО «АНПЦ» в 2012-2014 гг. Москва: Нефтяное хозяйство, 2015.
16. Лебедев С.А. Методика обработки данных спутниковой альтиметрии для акваторий Белого, Баренцева и Карского морей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 13. № 6. 2016.С. 203-223.
17. Балкин А.А., Алексеев Г.В., Богородский П.В., Харитонов В.В., Соколов В.Т. Вертикальные потоки тепла в верхнем 400 – метровом слое Арктического бассейна по данным наблюдений на дрейфующей станции «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-38» // Проблема Арктики и Антарктики. 2014. №2. С. 41 – 56.
18. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов. // Краткие итоги реализации /Программы фундаментальных исследований/ Отделения наук о Земле РАН № 13 в 2012 – 2014 гг., – М., Институт географии РАН. 2014. – 166 с.
19. Башмачников И.Л., Юрова А.Ю., Бобылева Л.П., Весман А.В. Сезонная и межгодовая изменчивость потоков тепла в районе Баренцева моря // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Том 54. №2. С. 239 – 249.
20. Есимо: официальный сайт.- URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Bar/index.html> (дата обращения 28.04.2022). – Текст электронный.
21. Костылев А., Сазонов К.Е. Мировой опыт изучения методов управления ледовой обстановкой // Арктика: экология и экономика, Т. 3, № 23, 2016. С. 86-97.

22. Думанская И.О. Ледовые условия морей европейской части России. – Москва; Обнинск: ИГ – СОЦИН, 2014. – 608 с.
23. Ефимов Я.О., Сочнев О.Я., Корнишин К.А., Тарасов П.А., Сальман А.Л., Глазовский А.Ф., Лаврентьев И.И., Мамедов Т.Э. Исследование ледников Российской Арктики для обеспечения айсберговой безопасности работ на шельфе // Нефтяное хозяйство, № 10, 2018. С. 92-97.
24. Ефимов Я.О., Корнишин К.А., Бузин И.В., Миронов Е.У., Павлов В.А., Сухих Н.А. Исследования дрейфа ледяных образований на шельфе Российской Арктики с помощью автоматических радиомаяков спутниковой системы ARGOS // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть», № 4, 2016.
25. Оборин М.С., Ермакова Л.Н., Баталова А.Г. Оценка степени благоприятности погодных условий Приволжского федерального округа для целей рекреации и санаторно-курортного лечения // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. – Вып. 2. 2014. – С. 162 -170.
26. Афонин, А. Б. Концепция развития судоходных трасс акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — № 1 (41). — С. 81-87.
27. Шеломенцев А.Г., Хоштария В.Н., Чурсина Н.В. [электронный ресурс]: Арктический цейтнот: фактор времени при реализации лицензионных соглашений на поисково-оценочном этапе // Тр. Межд. Конф. «Нефть и газ арктического шельфа», 15-17 ноября 2006 г., Мурманск.
28. Малавенда С.В., Шошина Е.В., Капков В.И. Видовое разнообразие макроводорослей в различных районах Баренцева моря // Вестник МГТУ. Т. 20, № 2. 2017. С. 336–351.
29. Думанская, И. О. [электронный ресурс]: Некоторые тенденции в изменении ледовых характеристик арктических морей в XXI веке / И.О. Думанская // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. - 2016. - № 362. - С. 129-154.

30. Цифровой инструмент Earth. сайт. URL: - <https://earth.nullschool.net/> (дата обращения 21.02.2022).
31. Инструмент Марин Трафик. Сайт. URL: - <https://www.marinetraffic.com/> (дата обращения 22.02.2022).
32. Инструмент LandViewer. Сайт. URL: - <https://eos.com/landviewer/> (дата обращения 20.01.2022).
33. Сентинел-характеристика/SENTINEL Program Overview. ESA. Сайт.URL: -<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions> (дата обращения 27.01.2022).
34. Лагутин Ал.А., Лагутин А.А., Никулин Ю.А. [электронный ресурс]: Оперативное восстановление параметров атмосферы и подстилающей поверхности с использованием данных MODIS и прогнозных метеорологических полей моделей MM5/WRF // Матер. 2-й Междунар. конф. “Земля из космоса — наиболее эффективные решения”. М., 2005. С. 199–200.
35. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утверждена Президентом Российской Федерации 20.02.2013, действующая редакция) [Электронный ресурс] - URL: - <http://government.ru/info/18360/> (дата обращения: 12.02.2022).
36. Сазонов, К. Е. Развитие ледовой ходкости судов в XXI веке / К.Е. Сазонов // Труды Крыловского государственного научного центра. - 2018. - № 2 (384). - С.9-27.
37. Погодный сервис. Сайт. URL: - <https://www.ventusky.com> (дата обращения 24.03.2022).
38. Баринаева К.А; Босавин И.Н; Саватеев Н.Н; Простакевич К.С; Абрамов В.М. Статья - «Анализ состояния ледяного покрова Баренцева моря». URL: - <https://www.researchgate.net/> (дата обращения 17.03.2022 г.).



The image shows a certificate of participation template with a decorative border of blue and green wavy lines. The text is in Russian and includes fields for the recipient's name, the event name, and the organizer's name. There are also two circular logos: one of the Russian Hydrometeorological University and another of the organizing committee.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**СЕРТИФИКАТ
УЧАСТНИКА МЕРОПРИЯТИЯ**

В Ы Д А Н

В том, что Баринаова Ксения Алексеевна
(фамилия, имя, отчество, должность, № учебной группы, должность)

принимал(-а) участие в работе Всероссийской научно-практической
(наименование мероприятия, дата/период проведения)

конференции «Инновационное развитие информационных систем и технологий в гидрометеорологии» 12 апреля 2022 года

в качестве Участника
(организатор, участник, докладер, др.)

Заместитель председателя
Организационного комитета



12 апреля 2022 года