



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра Морских информационных систем**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(магистерская диссертация)

**На тему: «Исследование современного состояния гидрологического режима  
арктических и субарктических морей при изменении климата»**

**Исполнитель Филиппов Иван Александрович**

**Руководитель Кандидат ф-м. н., доцент Абрамов Валерий Михайлович**

**«К защите допускаю»**

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ Завгородний В.Н.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**«Согласовано»**

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Сикарев И.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Санкт-Петербург

2021 год

## СОДЕРЖАНИЕ

Принятые сокращения.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Современные представления о гидрологическом режиме арктических и субарктических море. ....	5
1.1 Физико-географическое описание Арктических и Субарктических морей	5
1.2 Гидрологический режим арктических и субарктических морей и определяющие его процессы .....	17
1.3 Влияние гидрологического режима Арктических и Субарктических морей на морехозяйственную деятельность в Арктике.....	20
Глава 2. Определение и поиск данных по изменению гидрологического режима арктических и субарктических морей в связи с изменениями климата. ....	36
2.1 Состояние направления.....	36
2.2 Выбор методов и инструментов исследования .....	42
2.3 Геоинформационная система ARGO .....	51
Глава 3. Обобщенная характеристика изменения гидрологического режима арктических и субарктических морей в связи с изменениями климата по результатам анализа натурных данных. ....	57
3.1 Краткая характеристика танкерных перевозок в рамках проекта ЯМАЛ СПГ. ....	57
3.2 Ледовая обстановка на трассах Северного Морского пути ЯМАЛ СПГ. .	63
3.3 Краткая характеристика гидрологического режима на трассах Севморпути по средствам возможностей интерактивного сервиса “EARTH” .....	71
Заключение .....	77
Список литературы.....	78

## **принятые сокращения**

СМП – Северный Морской Путь

SDWG - Рабочая группа по устойчивому развитию в Арктике

SwAM – Шведское агентство по управлению морскими и водными ресурсами

ICES - Международный совет по исследованию моря

## ВВЕДЕНИЕ

На данный момент Арктика является перспективным регионом для морехозяйственной деятельности. Ресурсная база арктики не разведана должным образом, что создает предпосылки для освоения Арктического региона. Арктика является труднодоступным регионом для ведения деятельности, так как располагается в суровых климатических условиях Крайнего севера. Так же следует сказать, что транспортная система является неотъемлемой частью транспортной системы России, поэтому вопросу развития и эксплуатации транспорта в Арктике уделяется повышенное внимание.

В настоящее время развитие северных регионов Российской Федерации является одним из перспективнейших направлений развития, так как Арктическая зона представляет собой слабо исследованную территорию. Первоочередным интересом определено «использование Арктической зоны как стратегической ресурсной базы, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны». Эти задачи необходимости широкомасштабного освоения арктических ресурсов прямо связаны с необходимостью создания единой арктической транспортной системы и совершенствования ее инфраструктуры. Северный Морской Путь – является основной водной транспортной артерией Арктики, ему уделяется наибольшее внимание в развитии Арктического региона, так как он позволяет значительно сократить расстояние для доставки грузов будь то в порты Арктической зоны РФ, либо доставку грузов в Азиатский регион. Чтобы эффективнее использовать данный путь – нужно брать в учёт гидрологический режим водоёмов, рек, которые располагаются в данном регионе. На данный момент существует множество способов как дистанционно, так и оперативно отслеживать параметры океана – как температура, плотность и солёность, ледообразование. Благодаря спутниковым данным с высоким разрешением и буям системы ARGO мы можем оперативно следить за состоянием ледяного покрова в Арктической зоне, что позволяет эффективно составлять маршрут движения судов. Конечно стоит учитывать, что буи АРГО располагаются только до Баренцева моря, а восточнее – еще система АРГО не заработала, и нам доступны остаются только дистанционные методы исследования.

Целью работы является исследование современного состояния

гидрологического режима арктических и субарктических морей при изменении климата.

Предметом исследования является: изменение гидрологического режима на Северном Морском пути в области транспортировки СПГ от Ямала порта Сабетта до Юго-Восточной Азии.

В ходе работы будут решены следующие задачи:

1. Обзор физико-географический акваторий
2. Обзор методов исследования
3. Анализ геоинформационных данных из сервиса EARTH

## 1.1 Физико-географическое описание арктических и субарктических морей

Арктика – географическая область, расположенная к северу от Северного Полярного круга (66°33' северной широты) – это параллель, на широте которой солнце в период летнего равноденствия не заходит, а в день зимнего равноденствия солнце не восходит за горизонт вообще.

Вся поверхность Северного Ледовитого океана можно разделить на три больших участка, которые разделяют естественные или искусственные границы.

1. Арктический бассейн – занимает центральную и самую глубокую часть океана
2. Северо-Европейский бассейн – находится между островами Шпицберген и Гренландией
3. Канадский бассейн – в него входит Канадский архипелаг, Гудзонов залив и море Баффина.

В данной работе упор будет делаться на моря Арктического бассейна, омывающие Российскую федерацию, так как Россия обладает большей площадью морей в Арктической зоне.

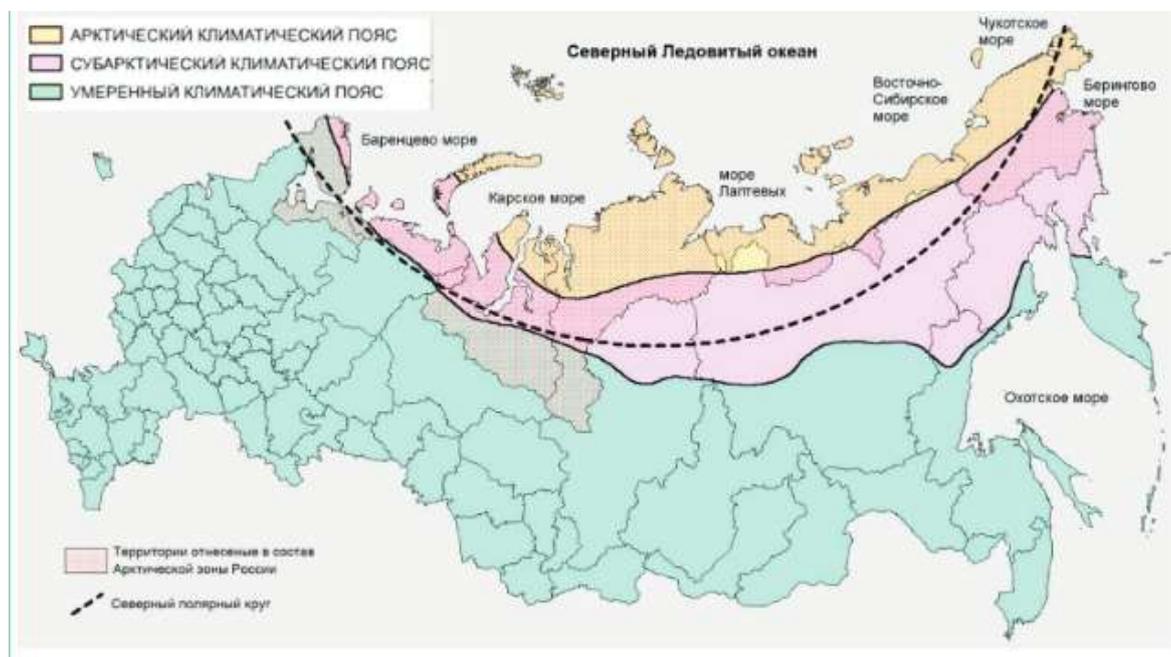


Рис 1.1 Границы Арктики и Субарктики

Моря входящие в зону Арктики и Субарктики: Гренландское море, Норвежское море, море Бофорта, море Баффина, море Лабрадор, а так же моря омывающие Российскую федерацию: Белое море, Баренцево Море, Море Лаптевых, Восточно-сибирское море, Чукотское море, Карское море.

Стоит заметить, что моря омывающие РФ – мелководны, так как расположены на шельфе материка с глубинами менее 200м, только северная часть моря Лаптевых расположена в глубоководной котловине “Нансена”, там максимальная глубина 3385, а средняя глубина моря – 533 метра, и оно является самым глубоководным морем Северного Ледовитого Океана.

Моря, омывающие южные берега Северного Ледовитого океана (Гренландское, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское. Чукотское, Бофорта) большую часть года покрыты льдами, а для судоходства пригодны только два, бывает три месяца в году.

Рассмотрим физико-географические характеристики каждого моря:

*Гренландское море* – это часть Северно-Ледовитого океана, которое расположено между Гренландией, Исландией и Шпицбергенем.

Общая площадь моря составляет около 1 205 000 км<sup>2</sup>

Средняя глубина — 1444 м, наибольшая глубина — 5527 м

Средние температуры - от 0 °С до +6 °С, зимой — от -2 °С до +1 °С. Солёность — 32—34 ‰, зимой показания солёности возрастают из за льдообразования, а летом наоборот солёность падает с таянием льдов, распресняя поверхностный слой.

Гренландское море ограничено на западе Гренландией, а на юге — Датским проливом и Исландией. На юго-востоке за островом Ян-Майен простирается Норвежское море, продолжением которого можно считать Гренландское море. Через пролив Фрама на северо-востоке море разграничено Шпицбергенем, арктическим архипелагом. Глубины опускаются вплоть до 5км, море является самым глубоким среди морей Арктики. Дно представляет собой котловину, котрая обособлена от Норвежского моря на востоке подводными хребтами Исландско-Ян-Майенским, Мона и Книповича, а от прилегающих глубоких районов Северной Атлантики на юге — Исландско-Гренландским порогом. Подводные возвышенности, поднимающиеся до глубин 1000-2000 м, тянутся от северных берегов Гренландии к северо-западной оконечности Западного Шпицбергена и отделяют котловину Гренландской котловины от котловины Северного Ледовитого океана. От хребта Книповича на северо-запад отходит отрог — Гренландский хребет, разделивший дно Гренландского моря на две глубокие впадины: Северную — с глубинами 3100-3200 м и ровным дном и

Южную — с глубинами 3500-3700 м и относительно сложным рельефом[1].

*Норвежское море* — представляет собой окраинное море, которое расположено между Скандинавским полуостровом, Исландией и островом Ян-Майен. Площадь занимает в 1340 тысяч км<sup>2</sup>. В акватории моря расположены острова Исландия, Шпицберген и Ян-Майен (Норвегия), Гренландия и Фарерские (Дания), Шетландские (Британия). Дно Норвежского моря представляет собой котловину, которая отделена хребтами от Атлантического океана и Гренландского моря, а так же порогами на юге. Порог Уайвилла Томсона и Фарерско-Исландский, на западе — хребты Исландский, Мона и Книповича. Имеется шельфовая зона у моря, но она незначительна, она находится у Шетландских и Фарерских островов, где обнаружены значительные месторождения нефти и природного газа. Подводную добычу нефти начала Норвегия в 1993 г[2]. Самые глубокие места находятся в его центральной части, где располагается Норвежская впадина (2900-3500 м), и Лофотенская котловина (2800-3200 м). Имеются и значительные отмели — Лофотенские банки, где глубины составляют всего около 100 м[3]. Береговая линия материка и островов по всему Норвежскому морю сильно изрезана. Море знаменито тем, что имеет множество заливов и фьордов, выступающих в море мысов. Берега, главным образом, скалистые. Скандинавское побережье характеризуется многочисленными мелкими скалистыми островами, такими как Лофотенский архипелаг[4]. Море является относительно теплым, хотя расположено в арктической зоне, но тёплое оно по причине теплого Северо-Атлантического течения, которое преобразуется в Норвежское течение, состоящее из нескольких ветвей. По этим причинам большая часть моря свободна от ледяного покрова круглый год. Ледяной покров имеется только на границах с Баренцевым и Гренландским морем и то только в зимний период. Море является активной акваторией для ведения хозяйственной деятельности[5].



Рис.1.2. Норвежское море и его границы

*Море Бофорта* – окраинное море Северного Ледовитого океана, омывающая северные побережья Канады и Аляски.

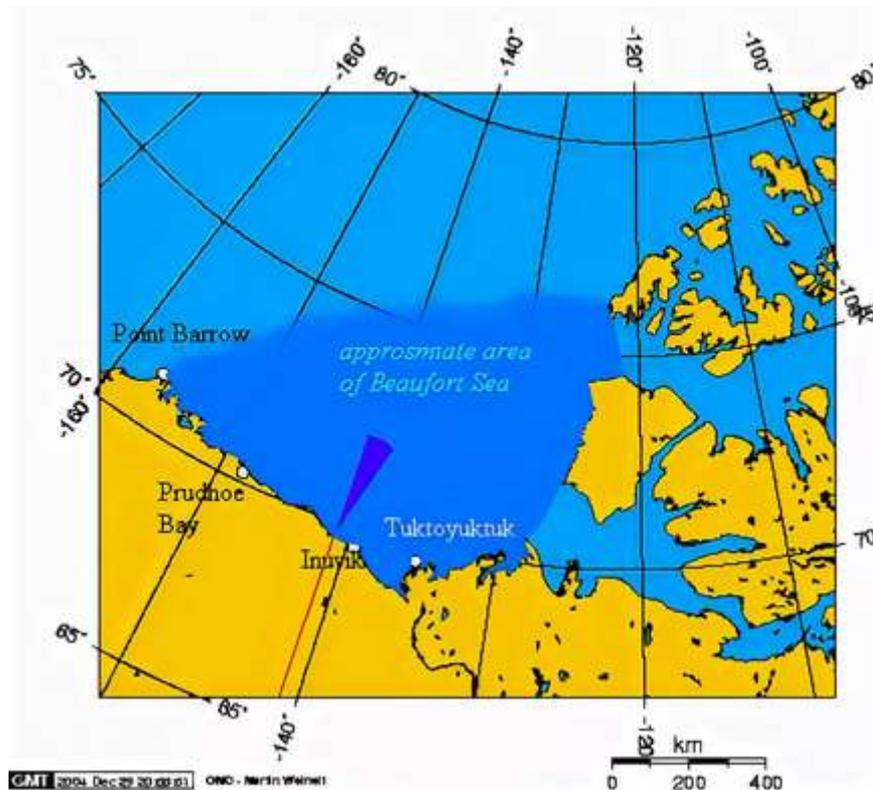


Рис. 1.3. Расположение моря Бофорта в Арктическом Бассейне

*Баффиново море* - это море Северного Ледовитого океана, которое граничит с Лабрадорским морем Атлантического океана и омывает западное побережье Гренландии. Длина моря с севера на юг 1130 км[6].



Рис.1.4. Баффиново море

*Море Лабрадор* - занимает обширную область между полуостровом Лабрадор, островами Баффинова Земля, Гренландия и Ньюфаундленд. Через Гудзонов пролив море Лабрадор связано с Гудзоновым заливом, через Девисов пролив – с морем Баффина.



Рис.1.5. Море Лабрадор на карте

*Чукотское море* – крайнее море Северного Ледовитого океана, лежащее между Чукоткой и Аляской. Его западный край проходит от точки пересечения меридиана  $180^\circ$  с краем континентального шельфа ( $76^\circ$  с.ш.,  $180^\circ$  в.д.) вдоль меридиана  $180^\circ$  примерно до Врангеля и далее через пролив Длинный и мыс Якан, то есть по восточной границе Восточно-Сибирского моря. Северная граница проходит от точки с координатами  $72^\circ$  с.ш.,  $156^\circ$  в.д. до мыса Барроу на Аляске, затем вдоль материкового побережья до южного входа в залив Шишмарева (полуостров Сьюард)[7].



Рис.1.6. Чукотское море на физической карте земли

*Берингово море* - окраинное море, расположенное в северной части Тихого океана, отделенное от Тихого океана Алеутскими и Командорскими островами, а Берингов пролив соединяет его с Северным Ледовитым океаном и Чукотским морем[8].



Рис.1.7. Берингово море на физической карте

*Восточно-Сибирское море* – является окраинным морем, которое расположено между Новосибирскими островами и островом Врангеля, в восточной части Северно-Ледовитого океана. На западе граничит с м. Лаптевых,

соединяясь с ним проливами: Дмитрия Лаптева, Этерикан и Санникова, на востоке – с Чукотским м., с которым соединяется прол. Лонга. Северная граница проходит по краю материковой отмели, примерно по изобате 200 м (79° с. ш.). Площадью 913 тыс. км<sup>2</sup>, объём 49 тыс. км<sup>3</sup>. Наибольшая глубина 915 м[9].



Рис.1.8. Восточно-Сибирское море

*Море Лаптевых* – так же является окраинным морем, которое расположено у северо-восточных берегов Азии (самого севера Сибирского Федерального округа РФ), между архипелагом Северная Земля, полуостровом Таймыр. В акватории этой акватории расположен один из узлов СМП – порт Тикси.

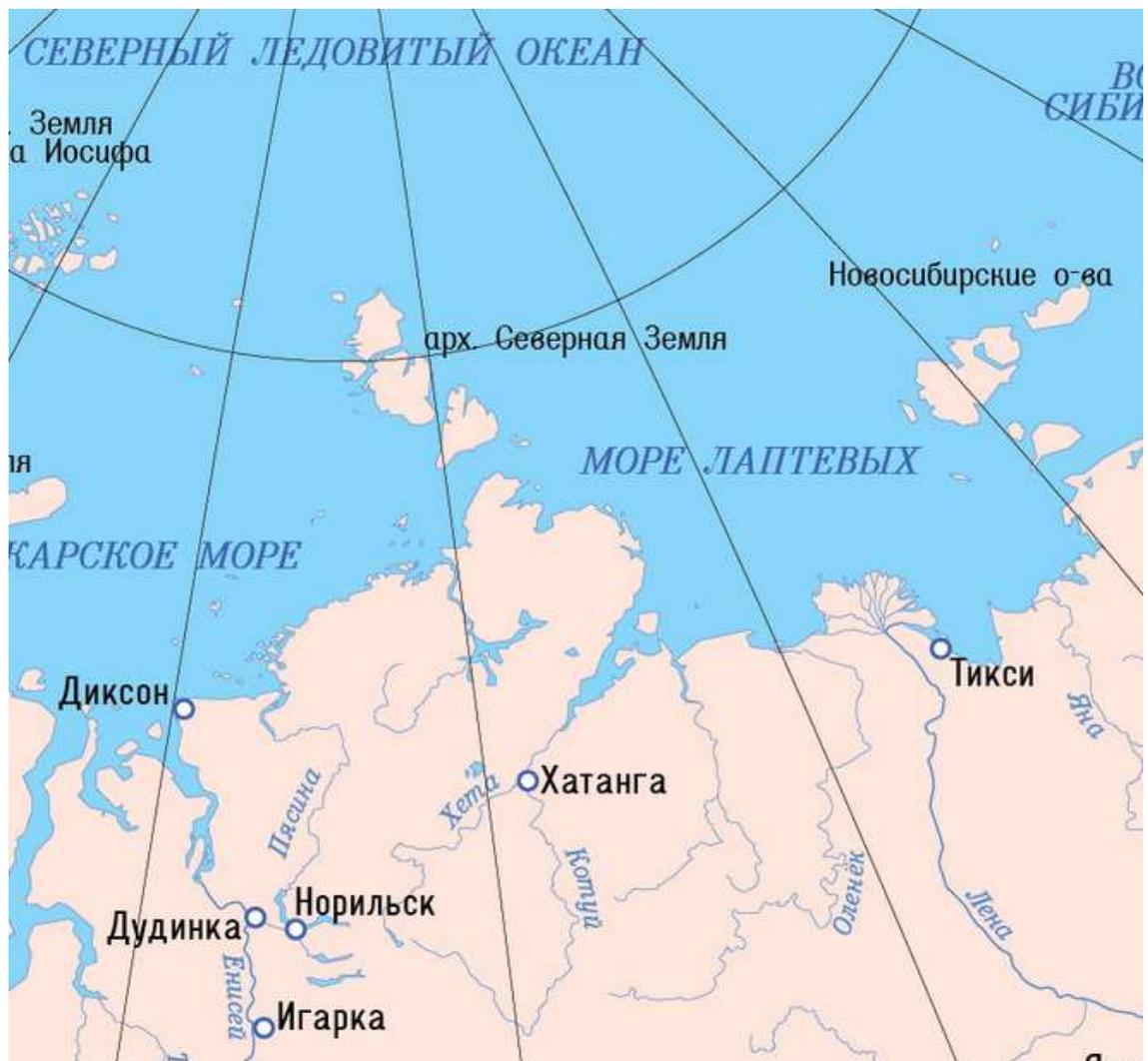


Рис.1.9. Море Лаптевых

*Карское море* – окраинное море Северо-Ледовитого океана, которое расположено между берегами Северной Евразии.



Рис.1.9 Карское море

## 1.2 Гидрологический режим арктических и субарктических морей и определяющие его процессы

Гидрологический режим - закономерные изменения гидрологических

элементов водного объекта во времени, обусловленные физико-географическими и в первую очередь климатическими условиями бассейна[10].

В данной работе мы будем рассматривать гидрологический режим морей, омывающих берега Российской Федерации.

Внутригодовое распределение поступления материковых вод в моря крайне неравномерно. На теплый период года(май-сентябрь) приходится более  $\frac{3}{4}$  стока, поступающего за год. Контрастность распределения усиливается с запада на восток[11].

Распределение поверхностного слоя воды прибрежных морей Арктики происходит под воздействием следующих основных факторов:

- Таяние снега и морского льда на акватории морей;
- наличие положительного баланса атмосферных осадков над испарением;
- поступление пресных материковых вод
- поступление талых вод ледникового происхождения.

Таблица 1.2 – Среднеголетнее поступление речного стока в моря

Бассейн моря	Река	Объем стока (км <sup>3</sup> )												
		I	II	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	од		
Бассейн моря	Печора	2,26	1,61	1,51	1,70	1,3	4,2	6,1	9,91	1,87	0,5	1,27	1,31	36
Карское	Обь	6,4	2,5	2,1	1,8	1,7	27	06	3,1	7,2	6,7	2,2	9,1	36
Карское	Енисей	6,8	5,5	6,5	6,1	3,8	26	7,2	0,1	4,9	9,5	8,5	6,2	13
Карское	Пясина	6,69	1,55	1,55	1,41	1,53	8,4	5,0	9,91	1,12	0,3	1,04	1,21	7,7
Лаптевых	Хатанга	1,05	1,05	1,05	1,05	1,34	2,0	4,7	3,4	0,5	1,53	1,34	1,57	5,6

Лаптевых	Анабар	,0	,0	,0	,0	,28	0,6	,95	,02	,26	,27	,06	,01	7,4
Лаптевых	Оленек	,02	,01	,0	,1	,41	2,0	,94	,24	,37	,01	,22	,08	8,3
Лаптевых	Лена	,36	,44	,58	,73	2,3	62	04	9,7	8,2	4,4	,66	,68	78
Лаптевых	Яна	,0	,0	,0	,0	,52	1,5	,11	,20	,46	,64	,15	,03	4,5
Восточно-Сибирское	Индирик	,12	,06	,04	,02	,96	7,4	7,2	3,7	,84	,66	,41	,24	9,6
Восточно-Сибирское	Колыма	,81	,57	,60	,50	,26	6,2	5,2	0,4	6,4	,50	,45	,13	24
Чукотское	Амгуэма	,0	,0	,0	,0	,09	,83	,34	,46	,71	,16	,04	,01	,64

Поступление пресных вод на акваторию морей в результате таяния морских льдов и атмосферных осадков происходит обычно на значительные пространства, в то время как распреснение под действием материкового стока проявляется наиболее ощутимо в местах впадения крупных рек. Пространственное расположение ареала распреснения вод имеет большую годовую и сезонную изменчивость, обусловленную как характеристиками речного стока, так и особенностями доминирующих атмосферных процессов над акваториями морей, характером преобладающих типов морских течений, условиями водообмена прибрежных морей с Арктическим бассейном и т.д.

В весенний период наибольшее влияние поднимающихся вод рек наблюдается в устьевых районах морей, где наблюдается наиболее раннее освобождение акватории ото льда, начавшееся, за счет значительного накопления солнечной энергии, активная очистка прилегающей акватории ледникового покрова. Летом при полном воздействии оттепелей, притока континентального стока и осадков образуется обновленный поверхностный слой воды толщиной от десяти до пятидесяти метров, слой отличается повышенной гидростатической устойчивостью, что препятствует прогреву с глубины. морские воды из-за турбулентной теплопередачи. Осенью этот слой является очагом быстрого похолодания и раннего образования льда, что благодаря своим гидрофизическим характеристикам препятствует притоку

более теплых морских вод с глубин. Зимой над важными участками прибрежных морей наблюдается слой охлажденных вод.[12].

Речные воды с меньшей плотностью, которые растекаются в поверхностный слой моря и смешиваются с морскими водами, теряют свои индивидуальные свойства. Под воздействием речных вод морские воды охлаждаются, меняют присущие им гидрофизические и гидрохимические свойства, обогащаются растворимыми и взвешенными веществами. Зона активного контакта речных и морских вод, это таким образом, представляет собой естественную систему, в которой происходит существенная трансформация гидрофизических характеристик соприкасающихся речных и морских вод, особенность гидрохимического режима. и изменчивость гидробиологических и седиментационных процессов.

Зона подраста характеризуется высокой пространственно-временной изменчивостью, что связано с сезонным характером притока речного стока и особенностями гидрометеорологических процессов, определяющих режим морской прибрежной зоны [13]. На основании анализа и обобщения материалов гидрохимических наблюдений, выполненных в арктических морях длительный период времени, рядом авторов [14] показана возможность использования в качестве индикаторов собственно речных вод показателя содержания растворенного кремния, основным источником которого являются богатые биогенными элементами речные воды. При фоновом содержании растворенного кремния[15] в сопредельных районах Арктического бассейна в количестве 235 мкг/л изменение содержания кремния в поверхностных слоях воды прибрежных морей пропорционально разбавлению речных вод при смешивании их с морскими водами, что показано на рисунке 1.2 и 1.3.



Рис. 1.2 Граница ареала распространения речных вод в морях и затока морских воды в зимний период

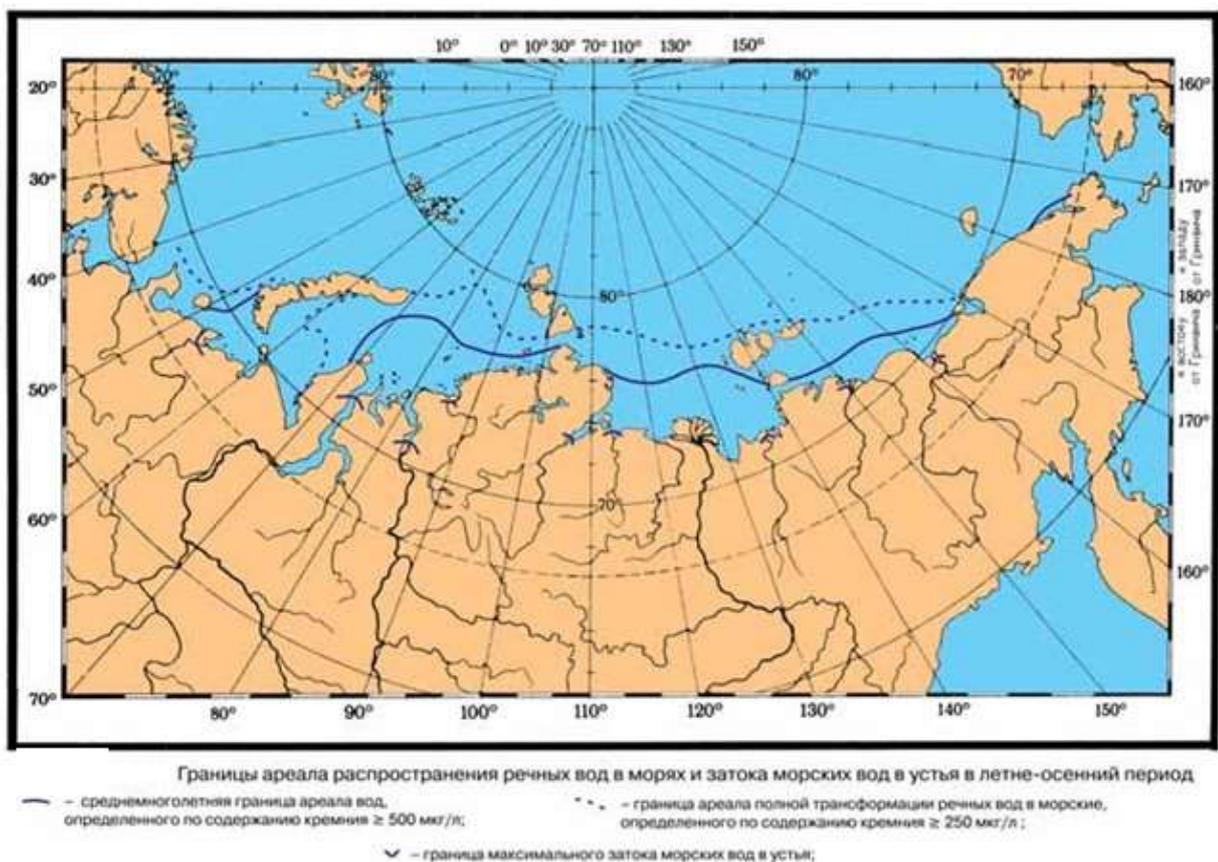


Рис.1.3 Граница ареала распространения речных вод в морях и затока морских воды в летне-осенний период.

### 1.3 Влияние гидрологического режима арктических и субарктических морей на морехозяйственную деятельность в Арктике.

Прежде всего, гидрологические режимы оказывают огромное влияние на процесс планирования любой хозяйственной деятельности на море. От обыкновенного рыболовства и судопроизводства, до разработки и безопасной эксплуатации месторождений полезных ископаемых[16].

Повышение температуры и подкисление могут приводить к потере морских мест обитания и видов[17]. Смещение океанских течений и потепление воды изменяют распределение рыбных запасов и структуру экосистем[18]. Изменение климата угрожает рыбным запасам, но также создает новые возможности для рыболовства, а так же новые сырьевые ресурсы.[19]

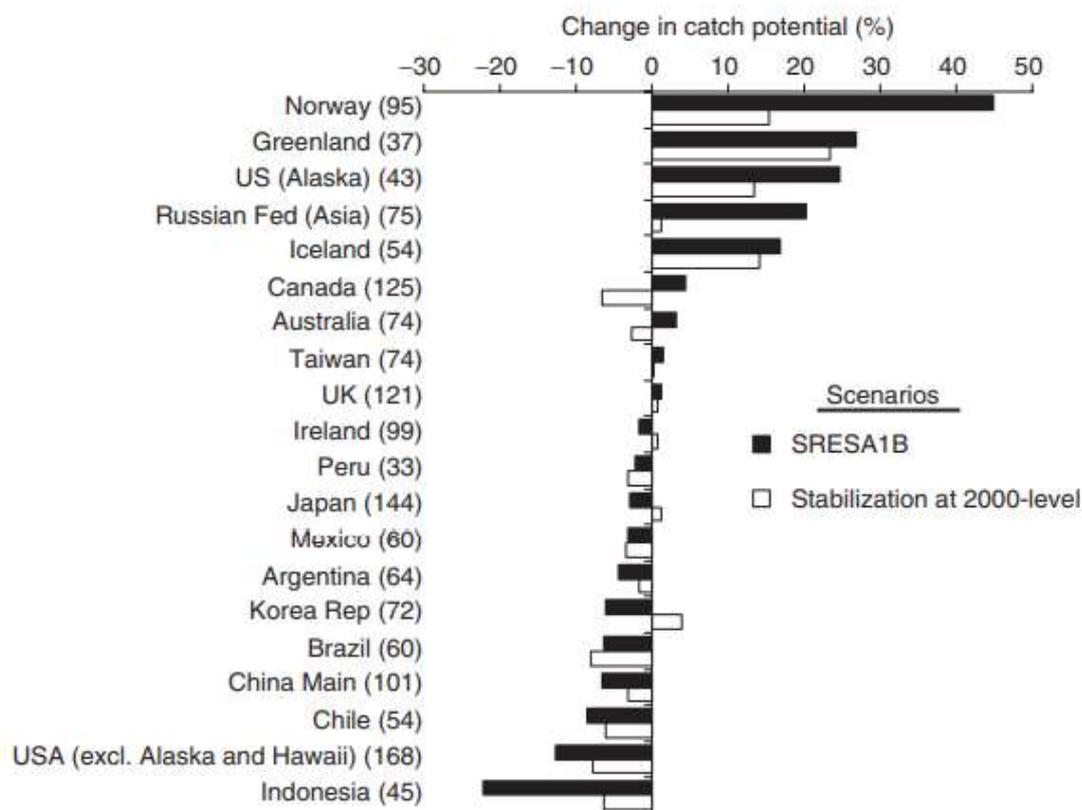


Рис 1.3 График потенциала рыбного промысла

Со временем происходят изменения в вылове рыбы, из за изменчивости среды (повышение кислотности воды, смещение течений), но это вызывает лавинообразные изменения в преобладании в вылове одного вида над другим.[21]

Как видно из прогнозов, потенциал вылова у стран Арктики огромен и

будет лишь возрастать, особенно у Норвегии и Исландии [22].

Эти изменения приносят проблемы. Чтобы продолжать вести устойчивый промысел, необходимо освоить новые способы рыболовства. Рыбпромышленникам и правительствам трудно договориться о том, как лучше всего управлять изменяющимися рыбными запасами, особенно если рыба перемещается через международные границы или где уловы необходимо значительно сократить.

С 2007 года в распределении атлантической скумбрии произошли быстрые изменения. Запасы переместились на север по мере повышения температуры моря. Изменение в перемещении скумбрии привело к спорам между прибрежными государствами о том, как делиться рыбными ресурсами. Поскольку рыба перемещается через геополитические границы, нет единого мнения о том, как лучше всего управлять запасом. Это вынуждает вносить многие изменения в политику и в управленческие решения.

Повышение кислотности океана, которое в основном связано с повышением уровня углекислого газа в атмосфере, приводящим к снижению рН (мера кислотности или основности водного раствора), затрудняет образование раковин морскими организмами, такими как креветки, устрицы или кораллы, – процесс, известный как кальцификация. Многие важные животные, такие как зоопланктон, который образует основу морской пищевой цепи, имеют кальциевые оболочки. Таким образом, изменяется вся морская пищевая сеть – появляются "трещины в пищевой цепи". В результате меняется распределение, продуктивность и видовой состав мирового производства рыбы, что создает сложные и взаимосвязанные последствия для океанов, эстуариев, коралловых рифов, мангровых зарослей и зарослей морской травы, которые обеспечивают среду обитания и питомники для рыб. Изменение характера осадков и нехватка воды оказывают влияние на речное и озерное рыболовство и Аква культурное производство. Потепление уже затронуло некоторые виды рыб. По мере того как вода нагревается, рыбам требуется больше кислорода для выполнения ежедневных действий, таких как кормление. Таким образом, изменение температуры изменит размер тела рыбы и ее распределение.

Возможный риск сокращения промысла и увеличение стоимости продуктов питания, добываемых из моря может послужить очень хорошим

поводом для развития голубой биоэкономики. Голубая биоэкономика означает экономическую деятельность и создание стоимости, основанную на устойчивом и разумном использовании возобновляемых водных ресурсов и связанных с ними экспертных знаний.

Использование живых морских ресурсов является одним из основных экономических факторов в прибрежных сообществах Арктического региона. Однако было подсчитано, что только около половины всей морской биомассы, захваченной или культивируемой во всем мире, перерабатывается для потребления человеком. Другая половина либо выбрасывается, либо используется для производства малоценной продукции. Таким образом, инновационные методы улучшения использования водного сырья и создания более ценных продуктов могут иметь значительный потенциал для обеспечения устойчивого экономического роста в арктических прибрежных сообществах. Например, разработка новых продуктов из частей улова, которые ранее выбрасывались в качестве отходов, таких как рыбы головы, кости и кожа, может позволить производителям максимизировать стоимость единицы и одновременно минимизировать биологические отходы[23].

Голубая биоэкономика основана на устойчивом и разумном использовании возобновляемых водных природных ресурсов с акцентом на улучшение их использования и создание более ценных продуктов. Примеры таких продуктов включают новые продукты питания и пищевые добавки, корма для животных, фармацевтические препараты, косметику и даже энергию. Рыболовство и другие предприятия, которые вылавливают или обрабатывают сырье для этих продуктов, или которые добывают, перерабатывают, перерабатывают и преобразуют биологические соединения, - все это является частью Голубой биоэкономики, а также компании, которые работают над разработкой необходимых технологий и оборудования[24].

Развитие голубой биоэкономики является целью отдельного проекта рабочей группы Арктического совета Рабочая группа по устойчивому развитию в Арктике (англ. Sustainable development working group SDWG)[24]

Учреждена в 1991 году, главный фокус группы - Содействие устойчивому развитию и улучшению экологических, экономических и социальных условий коренных народов и арктических общин. На данный момент- страна

председатель Исландия.

Рабочая группа по устойчивому развитию (СДВГ) фокусируется на человеческом измерении Арктики. Она функционирует для защиты и улучшения окружающей среды, экономики, социальных условий и здоровья коренных общин и жителей Арктики.

Проект направлен на картирование возможностей Арктического региона для развития Голубой биоэкономики, сбор историй успеха и передового опыта, а также выявление препятствий, которые могут помешать прогрессу. Выводы и заключения будут доведены до сведения Арктического совета, включая рекомендации по возможным мерам по созданию благоприятной среды для устойчивого роста голубой биоэкономики в Арктике [25].

Так как происходят медленнотекущие изменения гидрологического режима не только со стороны Российской Арктики, но и побережья Норвегии, Аляски тоже страдают сокращением количества рыбного промысла.

Имея береговую линию протяженностью более 83 000 км, включая фьорды и острова, Норвегия является одной из ведущих стран мира по производству продукции морского рыболовства и аквакультуры, следовательно ей важен рыбный промысел и изменения климата, которые будут влиять на него и уже влияют. Сектор рыболовства всегда играл ключевую социальную и экономическую роль на национальном и региональном уровнях и был основой для расселения и занятости на всем норвежском побережье. Обширные морские районы, находящиеся под норвежской юрисдикцией, являются одними из самых продуктивных в мире и обеспечивают идеальные условия для производства аквакультуры. Рыболовство и рыбоводство составляют 0,7 процента валового внутреннего продукта (ВВП) в 2010 году, при этом в этом секторе занято 12 900 человек, занятых полный рабочий день. В 2009 году Норвегия заняла 11-е место в мировом производстве рыбного промысла и 7-е место в производстве аквакультуры. Он произвел 3,5 миллиона тонн морепродуктов, около 25 процентов которых поступило из аквакультуры[26].

Норвегия, в стоимостном выражении, является вторым по величине в мире экспортером рыбы и рыбной продукции по стоимостному объему., Ее основными рынками сбыта, в стоимостном выражении экспорта являются Европейский Союз (ЕС), Российская Федерация, Япония, Китай, Украина и

Соединенные Штаты Америки. С 8,9 миллиардами долларов США морепродукты были второй по значимости статьёй экспорта в 2012 году и составляли 6 процентов от общего объема норвежского товарного экспорта. Наибольшая доля приходится на нефть и газ (70 процентов). Ежегодное потребление рыбы на душу населения в 2009 году составило, по оценкам, 53,1 кг.

Общее развитие промыслового рыболовства привело к использованию меньшего числа и более эффективных рыболовных судов. Число рыбаков неуклонно сокращалось с 1940-х годов-примерно со 122 000 до 12 800 в 2011 году. Число зарегистрированных судов также сильно сократилось-примерно с 13 000 до 6 250 в период с 2000 по 2011 год. Норвегия располагает разнообразным рыболовным флотом-от крупных океанских судов до небольших прибрежных.

Основными видами промысла являются сельдь, треска, мойва, скумбрия, сайда, голубая белуха и пикша. Ряд дополнительных видов вылавливается в меньших количествах, но имеет высокую коммерческую ценность. К ним относятся креветки, гренландский палтус и линг. Общий объем уловов в результате морского промысла в 2010 году составил почти 2,7 миллиона тонн, а самый высокий уровень уловов был зафиксирован в 1977 году-порядка 3,4 миллиона тонн. Среднегодовой общий вылов в период 2001-10 годов составлял около 2,5 млн тонн. Следует отметить, что колебания улова частично обусловлены естественной изменчивостью пелагических запасов, таких как мойва и сельдь. Помимо рыб, в Антарктике эксплуатируются морские млекопитающие, в том числе различные виды тюленей и норок, а также криль.

Рекреационное рыболовство в Норвегии подлежит официальному мониторингу и контролю. Рыбаки-любители, не являющиеся гражданами Норвегии, подвергаются некоторым ограничениям. Что касается управления рыболовством, то Норвегия придает большое значение устойчивому и экологически чистому управлению рыболовством и аквакультурой, основанному на глубоких знаниях и понимании динамики рыбных ресурсов и окружающей их среды.

Управление рыбными ресурсами Норвегии находится в основном в ведении Министерства рыболовства и прибрежных дел. Норвегия обладает более чем столетним институциональным опытом в области управления рыболовством и морских исследований через Управление рыболовства и Институт морских

исследований, оба из которых были созданы в 1900 году. В 1946 году Норвегия стала первой страной в мире, создавшей Министерство рыболовства.

За последние несколько десятилетий норвежская рыбная промышленность превратилась в строго регулируемую отрасль с квотами и лицензионными требованиями. Основной основой для определения квот на вылов рыбы являются рекомендации Международного совета по исследованию моря (ICES). Норвегия придает большое значение научным исследованиям и активно стремится приобрести более глубокие знания о морской среде и ресурсах, а также опыт взаимодействия различных видов.

Девяносто процентов промысловых запасов Норвегии приходится на долю других стран. Следовательно, международное сотрудничество является важнейшим аспектом норвежского режима управления. Для наиболее важных рыбных запасов квоты устанавливаются в сотрудничестве с другими странами, включая Россию, Исландию, Фарерские острова и Гренландию, а также ЕС.

Норвегия занимается борьбой с незаконным, несообщаемым и нерегулируемым рыболовством. Эти усилия носят всеобъемлющий характер и включают борьбу с незаконным рыболовством, перевалкой грузов в море, подделкой документов о происхождении, тайными посадками и т. Д.

По инициативе Норвегии в ноябре 2006 года все Договаривающиеся стороны Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК) единогласно согласовали новые расширенные процедуры контроля со стороны государства порта. Эти меры вступили в силу 1 мая 2007 года. Инициатива Норвегии привела к Заключению 22 ноября 2009 года Соглашения ФАО о мерах государств порта по предотвращению, сдерживанию и ликвидации Незаконного, Несообщаемого и нерегулируемого рыбного промысла. Норвегия была в числе первых, кто подписал и ратифицировал это Соглашение. Соглашение вступит в силу после представления двадцать пятой ратификационной грамоты, документа о принятии, утверждении или присоединении.

С июня 1996 года и декабря 1996 года Норвегия является участником Конвенции ООН по морскому праву 1982 года и Соглашения ООН по рыбным запасам 1995 года, соответственно. Норвегия также является Стороной Соглашения ФАО по соблюдению 1993 года с декабря 1994 года.

Норвежский сектор морского рыболовства можно условно разделить на

прибрежный сектор и оффшорный сектор. В прибрежном секторе преобладают малые суда с экипажем 1-5 человек, в то время как морской сектор состоит из более крупных судов с экипажем до 20 человек и более.

В Исключительной экономической зоне Норвегии также работает ряд иностранных судов, и часть их улова выгружается в норвежских портах.

Рыболовство происходит вдоль норвежского побережья, причем большая часть улова берется из ИЭЗ. Арктическая треска добывается из пограничной зоны между Россией и Норвегией; Баренцево море вылавливается по ежегодным соглашениям с Россией на треску, пикшу и мойву.

Норвегия установила три зоны протяженностью 200 морских миль. Вокруг Шпицбергена есть рыбоохранная зона, а вокруг Ян-Майена-рыбоохранная зона.

Кроме того, в Баренцевом море есть прилегающий район, на который распространяется соглашение между Россией и Норвегией о разделе этого района между двумя странами.

За последние несколько лет выгрузка норвежских судов в норвежских портах была довольно стабильной и составляла около 2,5 миллионов тонн в год. Однако в пределах отдельных групп видов наблюдались довольно большие вариации.

В дополнение к улову, который выгружается норвежскими судами, еще 200 000-300 000 тонн выгружаются в норвежских портах иностранными судами. Большая часть этого улова-пелагическая рыба или треска и трескоподобные рыбы. В 2009 году отечественный флот выгрузил в национальных портах в общей сложности 2,5 миллиона тонн, что оценивается примерно в 11,3 миллиарда норвежских крон (1,8 миллиарда долларов США).

Восемнадцать процентов из них были предназначены для сокращения, большинство из которых состояло из пелагических видов. Второй по значимости группой с точки зрения объема посадки, но самой высокой с точки зрения ценности, была донная рыба, которая включает треску, пикшу, красную рыбу и минтай<sup>1</sup>.

Самая крупная посадка одного вида-сельдь. Посадка этого вида увеличилась примерно на 50 процентов в период с 2006 по 2009 год. В этот период значительно сократились посадки голубых белок. Посадки креветок также продолжали сокращаться. Другими важными видами с точки зрения

объема являются мойва, треска и сайда.

Норвегия имеет сильно децентрализованную портовую структуру, с посадочными площадками для рыбы во многих портах вдоль побережья. Они варьируются от небольших рыбопосадочных площадок до крупных промышленных портов.

Многочисленные посадочные площадки и порты вдоль побережья требуют больших ресурсов с точки зрения управления, администрирования, технического обслуживания и развития. Прибрежное управление (Kystverket) отвечает за развитие и техническое обслуживание примерно 800 государственных рыболовных портов.

Большинство посадок происходит в западных округах и трех самых северных. Наиболее важными рыбацкими округами с точки зрения объема являются Мер и Ромсдаль, за ними следуют Согн-ог-Фьорданене и два самых северных округа-Нордланд и Тромс. Это связано с близостью к рыболовным угодьям, хотя ряд судов, зарегистрированных в западных округах, также очень активны в Баренцевом море, например.

Уловы от промысла трески в основном высаживаются на севере, в то время как макрель и сельдь высаживаются дальше на юг.

Норвегия располагает диверсифицированным и технологически развитым рыболовным флотом, охватывающим все-от небольших одноместных прибрежных рыболовных судов до крупных траулеров и кошельковых сейнеров. Количество судов в норвежском рыболовном флоте неуклонно сокращалось на протяжении многих лет, но количество высаженных судов оставалось относительно стабильным.

Наибольшее сокращение произошло для самых маленьких судов. С 2000 по 2009 год общее количество рыболовецких судов сократилось на 50 процентов.

Исключение бездействующих рыболовных судов из Реестра норвежских рыболовных судов и введение ежегодного регистрационного сбора для судов являются основными причинами резкого сокращения числа мелких прибрежных судов в реестре. Что касается более крупных прибрежных судов и более крупных океанских судов, то считается, что структурная система квот является основным объяснением сокращения числа судов. Сравнивая количество судов, зарегистрированных в Реестре Норвежских рыболовных судов в 2008 и 2009

годах, можно отметить следующие изменения:

- Общее количество судов сократилось примерно на 4 процента.
- За исключением судов категорий длины 10-10, 9 м общей длины (ЛОА) и 28 м ЛОА и выше, с 2008 по 2009 год произошло сокращение всех категорий судов. Наибольший спад наблюдался у судов категории ниже 10 м ЛОА.
  - Несмотря на продолжающееся сокращение количества судов, общая мощность двигателей (л. с.) увеличилась примерно на 1 процент с 2008 по 2009 год.
  - Средний возраст рыбопромыслового флота увеличился с 25,5 лет в 2008 году до 25,8 лет в 2009 году.
  - Если рассматривать период с 2000 по 2009 год, то бросаются в глаза следующие изменения:
    - Общее количество судов за этот период сократилось на 50 процентов.
    - Группа ЛОА ниже 10 м за этот период сократилась на 62%; основной причиной сокращения числа судов является исключение из реестра неактивных береговых судов и схема утилизации.
    - Количество судов категории длины 15-20, 9 м ЛОА сократилось на 57 процентов, а судов категории длины 28 и выше - на 36 процентов. Для категорий длины 11-14, 9 м ЛОА и 21 - 27,9 м ЛОА сокращение составило около 20 процентов.
      - За тот же период количество судов категории длины 10-10, 9 м ЛОА увеличилось на 11 процентов.
      - Флот делится на прибрежные и морские административные категории. Оффшорная группа состоит из четырех сегментов: (i) промышленные траулеры, (ii) кошельковые сейнеры, (iii) ярусные лайнеры и (iv) тресковые, сайдовые и креветочные траулеры. Сам прибрежный флот административно разделен на две группы по длине судов: суда длиной 15-28 метров и суда длиной менее 15 метров.
      - Прибрежный флот состоит из относительно небольших судов, в основном длиной от 8 до 13 метров. Этот флот обычно нацелен на

донные виды с различными орудиями лова, включая жаберные сети, ручные лески, длинные лески и датские неводы. Треска является основным видом как по объему, так и по ценности, за ней следуют пикша, рыба-удильщик и сайда. Эти суда эксплуатируются 1-2 рыбаками и стоят в среднем 10,5 ГТ. Хотя эти небольшие прибрежные суда составляют более половины флота, который работает в течение всего года, они составляют всего семь процентов от общей стоимости высадки.

Треска, сайда и креветочные траулеры-один из важнейших сегментов норвежского рыболовного флота. Они в основном принадлежат перерабатывающей промышленности и оснащены 15 или более экипажами. Эти траулеры нацелены на треску, которая составляет 60 процентов стоимости этого промысла, пикшу, сайду, креветок и гренландского палтуса. Многие суда имеют две лицензии: одну-на лов трески, другую-на лов креветок. Что касается используемых орудий лова, то по-прежнему существует зависимость от крупногабаритных ориентированных орудий лова, таких как кошельковые неводы и тралы. Однако растет интерес к использованию более селективных (и экологически чистых) передач, таких как handline и long-line, которые в основном используются прибрежным флотом.

Морское рыболовство традиционно имело большое экономическое значение в прибрежных водах Норвегии, особенно в западных и северных районах. Северное море, Каттегат и Скагеррак дают сельдь, кильку, треску и других донных рыб, а Норвежское море и Баренцево море дают начало аркто-норвежской треске, мойве, креветкам, сельди и скумбрии.

Наиболее важным запасом норвежской трески является аркто-норвежская треска, которая мигрирует между экономическими зонами Норвегии и России. Несмотря на режим ТАС, запасы сократились в 1970-х годах, достигнув низкой точки как для запасов, так и для улова в конце 1980-х. Утверждается, что степень соблюдения ТАКС для аркто-норвежской трески была очень низкой, но строгое регулирование норвежской доли ТАКС в 1990-91 годах вместе с благоприятными климатическими условиями привело к частичному восстановлению запасов трески.

В последние несколько лет запасы трески демонстрируют признаки сильного восстановления благодаря улучшению совместного управления

Россией и Норвегией.

Многие запасы в Северном море находятся на исторически низком уровне, особенно донные запасы, и нуждаются в защите. Однако норвежская весенняя нерестовая сельдь увеличивается из-за больших классов года, и запас скумбрии здоров.

От трех до пяти коммерческих судов охотятся на тюленей в Восточных льдах. Тюлени также могут охотиться в рекреационных и специальных исследовательских целях. Есть в основном два вида пойманных тюленей: арфа и тюлени с капюшоном. Количество пойманных тюленей сократилось на 60 процентов в период с 2000 года (20 636) по 2009 год (8 437). Мясо тюленя используется для потребления человеком, как и масла. Меха и кожа перерабатываются в замшу и кожу для различных изделий.

Китобойный промысел норвежскими судами ведется в норвежской зоне Северного моря, вдоль побережья северной Норвегии, на восток и у Шпицбергена (Шпицберген) и Ян-Майена. Улов используется на мясо, ворвань и корм животным. Норвежские норки охотятся с помощью обычных небольших рыболовных судов длиной около 18 метров, которые имеют лицензию на китобойный промысел[27].

Коммерческий китобойный промысел прекратился в период с 1988 по 1992 год после моратория 1986 года, введенного Международной китобойной комиссией. Однако китобойный промысел в исследовательских целях продолжался до 1991 года, когда китобойный промысел полностью прекратился. Поскольку Норвегия выступила против этого решения и мораторий не был обязательным, в 1993 году был возобновлен коммерческий китобойный промысел. Вылов увеличился до 671 кита в 2002 году, но с тех пор снизился до 483 китов в 2009 году. В период с 1998 по 2009 год количество китобойных судов значительно сократилось - с 34 судов в 1998 году до 22 судов в 2009 году[28].

В относительном выражении сектор рыболовства играет очень небольшую экономическую роль в Швеции. Хотя вклад подотраслей аквакультуры, переработки и рыбозаготовки в общий валовой внутренний продукт Швеции незначителен, значение этого сектора для некоторых местных прибрежных экономик весьма велико.

Профессиональное рыболовство в Швеции включает морское (морское и прибрежное) и внутреннее рыболовство. Суда, используемые в морском, коммерческом рыболовстве, должны быть выданы с разрешением на судно, и по крайней мере один рыбак на судно должен иметь личную, профессиональную лицензию на рыболовство. В 2017 году было зарегистрировано чуть более 1 787 мужчин и 198 женщин-рыбаков, непосредственно занимающихся морским рыболовством.

Управление рыбными ресурсами Швеции с 1 июля 2011 года находится в ведении Шведского агентства по управлению морскими и водными ресурсами (SwAM), которое находится под эгидой Министерства по делам сельских районов. Будучи членом Европейского союза, шведская рыбохозяйственная политика и управление находятся под эгидой Общей рыбохозяйственной политики (CFP) ЕС.

В 2017 году шведский рыболовецкий флот состоял из 1 232 судов. Восемьдесят пять процентов этих судов имели общую длину менее 12 метров. В 2017 году общий объем морских уловов достиг 221800 тонн, после того как в 2012 году был зарегистрирован самый низкий общий вылов за всю историю-150 000 тонн. На сегодняшний день наиболее важными ценными видами, высаженными для потребления человеком, были треска и сельдь, Еще один очень важный промысел состоял из рыбы, высаженной для сокращения, главным образом кильки, сельди, песчаного угря и голубого беляка[29].

Очень важные запасы трески в Балтийском море резко сократились с исторически очень высоких уровней в 1980-х годах. В 2016 году количество посадок составляло менее одной шестой от того, что было в 1996 году. В результате рыболовная деятельность была серьезно ограничена, что привело к финансовым трудностям для многих рыбаков. Многие крупные суда перешли на пелагический промысел. Однако из-за слабого рынка потребления этих видов большая часть пелагического улова идет на сокращение. Вылов рыбы для сокращения составляет более половины всех шведских посадок с точки зрения объема.

Уловы во внутренних водах в 2017 году составили примерно 10 800 тонн. Это включало в себя уловы профессиональных рыбаков, о которых сообщили 179 внутренних рыбаков, и рекреационную рыбалку, что очень важно в Швеции.

Около 1,6 миллиона человек занимаются рекреационным рыболовством в общей сложности 13,3 миллиона рыболовных дней. В течение 2013 года рыболовы-любители заработали примерно более 5 миллионов евро.

Аквакультура в Швеции, как сообщается, составляет 14800 тонн в 2017 году, что составляет 6 процентов от общего объема производства рыбы в 247400 тонн в том же году. Радужная форель, безусловно, является самым важным видом, выращиваемым на фермах, за ней следуют голубые мидии и гольцы.

По расчетам ФАО, за последние 40 лет поставки рыбы на душу населения (эквивалент живого веса) стабильно составляли около 25-33 кг. Швеция имеет отрицательное сальдо торговли рыбной продукцией. В 2017 году импорт рыбы и рыбной продукции был оценен в 4,9 миллиарда долларов США, что на 0,8 миллиарда долларов превысило стоимость экспорта.

Деятельность, зависящая от океана, вносит существенный вклад в канадскую экономику. Рыболовство и военно-морские сооружения послужили основанием для первого европейского поселения. Затем последовали рыбопереработка, судостроение и морские перевозки, обеспечив основу для экономического развития и роста на всех трех побережьях Канады. Эта океаническая деятельность определила характер расселения, который продолжается и по сей день.

За эти годы появились новые виды морской экономической деятельности, включая туризм, аквакультуру, биотехнологии, специализированное производство и разведку и разработку морских месторождений нефти и газа. Широкий спектр отраслей сферы услуг поддерживает эту деятельность. Вместе они создают возможности, а также проблемы, связанные с расширением и зачастую конкурирующим использованием океанского пространства[30].

### **Выводы по разделу**

В данном разделе мы сделали физико-географическое описание территории в которой ведётся исследовательская деятельность, провели анализ

гидрологических режимов в Арктических и Субарктических морях и то какое влияние они оказывают на морехозяйственную деятельность в Арктике.

## **2. Определение и поиск данных по изменению гидрологического режима арктических и субарктических морей в связи с изменениями климата.**

### **2.1 Состояние направления**

Внимание в моей работе больше будет уделено Северному Морскому пути, так как он пролегает на территории Российской Федерации и используется в морехозяйственной деятельности, а так же является перспективным направлением в развитии Арктической зоны.

Северный морской путь (СМП) официально стартует в Мурманске. Первая часть его идет вдоль Западной и Восточной Сибири до побережья Чукотки, далее через Берингов пролив трасса проходит до Владивостока. Несмотря на суровую климатическую зону, по которой проложен путь, он остается востребованным из-за кратчайшего расстояния между Европой и Дальним Востоком.

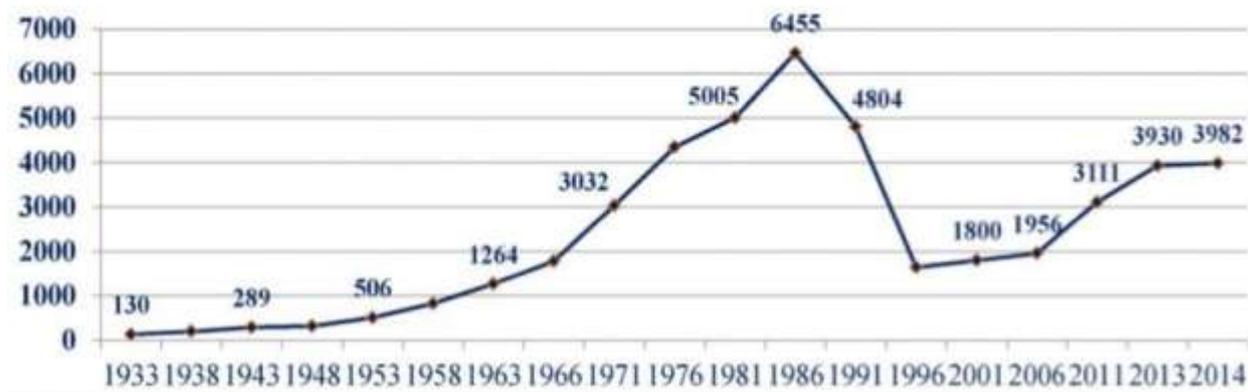
Расстояние от Петербурга до Владивостока по Северному Морскому пути составляет 14000 км. Если же отправиться морем через Суэцкий канал, то преодолеть придется порядка 23000 км. Для северных европейских стран дорога в Азию через Арктику и Берингов пролив также будет быстрее, чем через Индийский океан. Например: из Мурманска в Йокогаму по северу нужно пройти

10700 км, а по югу уже 24000 км.

Сам основной маршрут движения судов проходит через пять морей акватории Северного Ледовитого океана. Далее от Чукотки до Владивостока суда плывут по Берингову морю и части Тихого океана. За все время в пути корабли проходят архипелаг Новая земля, Землю Франца-Иосифа, мыс Челюскин на Таймыре (крайнюю северную точку Евразии) и мыс Дежнева на Чукотке (крайнюю восточную точку континента). Остановки транспортных судов возможны в крупных портах Нарьян-Мар, Дудинка, Диксон, Игарка, Певек и Тикси.

В связи с климатическими особенностями навигация по маршруту идет лишь 2-4 месяца в году. Использование атомных ледоколов для прохода Северным морским путем позволяет совершать плавания круглогодично. Однако, из-за значительной стоимости прохода судов через льды, экспедиции, а так же туристические экспедиции отправляются в плавание преимущественно в летние месяцы.

**Объем перевозок по Северному морскому пути в 1933 - 2014 годы (тыс. т)**



Северный Морской путь (рис 2.1) является кратчайшим морской маршрут между Европой и Восточной Азией, а точнее - между европейской и дальневосточной частями России. Проходит по морям Северного Ледовитого океана (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и частично Тихого океана.

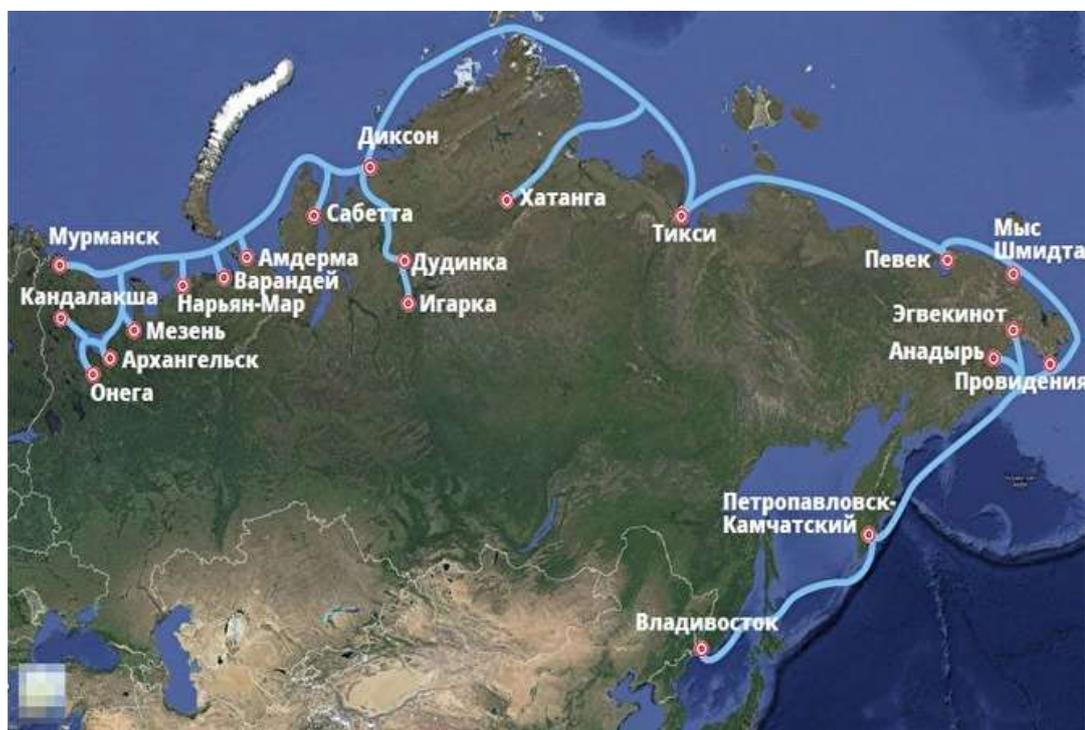


Рис. 2.1 Схематическое представление Северного Морского пути

Северный морской путь считается одним из самых перспективных проектов России в области транзитных грузовых перевозок. Но для развития маршрута нужно расширить подходы к портам, создать базы обслуживания судов, построить ледокольный флот.

Путь был открыт в далёком 1991 году, но с открытием он не стал активно использоваться, активное использование на нем началось только лишь с 2014 года, так как количество ледоколов ограничено на всем протяжении пути, а ледокольная проводка занимает большую часть года для многих акваторий, в особенности на востоке Российской Федерации. Начиная с десятых годов двадцатого века путь стал развиваться и в данный момент уже превысил поток судов в сравнении с его открытием в девяностых - в 10 раз. В далёкой перспективе до 2050 года грузопоток по северному морскому пути может быть увеличен до 100 миллионов тонн к вышеупомянутому году. Развитие данной артерии упирается в материальную, техническую базу, а так же в финансирование проектов в арктическом регионе.

Если брать и сравнивать главную европейскую артерию транзита грузов – Суэцкий канал, то преимущества Российской артерии очевидны, такие как:

1. СМП короче того же транзита грузов через Суэцкий канал почти в два с половиной раза, а это является существенным снижением расходов не только энергетических, но и так же фрахтовка и снижение показателя

человека/часов.

2. Отсутствие очередей на проводку, кроме случаев острой нужды в ледокольной проводке в ограниченной акватории
- 3 . Так как СМП находится в далеке от основных торговых путей, а так же регионов с пиратством – снижаются расходы на страхование.

Эффективность перевозки по СМП была доказана, когда совершился первый транзит сжиженного газа на судне *Обь*, так же это была первая во всем мире перевозка сжиженного природного газа в таких объёмах по арктической артерии. Так же были транспортированы с Кореи средства производства путём оказания ледокольной проводки в морях Северного-Ледовитого океана, проводу совершило судно *Мончегорск*.

Чтобы показать значимость Северного Морского пути , то можно посмотреть на данные таблиц с объёмом перевозок с учётом транзитных грузов:

Таблица 2.1 Объём грузоперевозок по Северному Морскому пути с учётом транзитных грузов(тыс.тонн).



Как мы видим из таблицы пик грузоперевозок по Северному Морскому пути был в 1986 году, но сейчас объёмы грузоперевозок в сравнении с тем годом упали почти в два раза. Падение объёмов внутренних перевозок стимулировало внимание к организации регулярных транзитных перевозок грузов зарубежных грузоотправителей и грузополучателей. В 1991 году транзит по Северному Морскому пути для них был открыт, но существенных результатов поначалу достичь не удалось.

Обслуживанием и содержанием Северного Морского пути занимается

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Администрация Северного морского пути»

Сейчас «Администрация Северного морского пути» выдает разрешения а провод судов и подсчитывает трафик. Территория же речных пароходств, в эти цифры не попадает.

Администрация выполняет следующие виды деятельности:

1. Так как большинство ледоколов являются Атомными, то не только администрация СМП выполняет разрешающие функции, а так же РОСАТОМ, чьи суда задействованы в акватории;

2. Наблюение за ледовой обстановкой, геофизической обстановкой, гидрометеорологическими данными;

3. Если требуются технические работы в акватории, то администрация выписывает разрешения на данный вид деятельности;

4. Обеспечение безопасности пребывания судов в акватории северного морского пути;

5. Оперативное предоставление информации о гидрологических и метеорологических характеристиках;

6. Данные о проводке судов по маршруту для лоцманов, исход из морского права и других документов;

7. Предоставления прав лоцманам для осуществления их деятельности в рамках акватории;

8. Получение аналитической информации, юридической информации;

9. Оперативное получение информации о судах, которые в данный момент находятся в акватории, а так же истории(треков) перемещения судов, для создания базы оптимальных маршрутов движения.

Так как актуальность данной артерии для Российской Федерации важна, то активно создается поле для деятельности в данном направлении. Экономическая целесообразность выходит на первый план. Ещё с времен Советского Союза – пути придается большая значимость ввиду того, что большую часть пути занимает шельфовая зона, на которой уже сейчас активно ведется разработка месторождений полезных ископаемых на нефтяных и газонесущих пластах. Помимо добычи полезных ископаемых путь нужен так же для транзита грузов между Азией и Европой, а так как экономически целесообразен путь ,то много

уже есть на данный момент заинтересованных сторон в виде: США, Европы, Азии. А все потому-что перегрузка Суэцкого канала не заставила себя ждать в 21 веке, и приходится открывать новые маршруты для транзитов груза, ещё и в свете растущего товарооборота между континентами, странами. Интенсивность развития будет зависеть прежде всего от состояния ледокольного флота Российской Федерации. Так что можно сказать, что СМП – явление интернациональное для общих интересов в глобальном масштабе.

Развитию Северного Морского пути мешают климатические условия в большей степени, а точнее ледообразование в арктической зоне. Здесь проблемой северного морского пути назван вопрос безопасных доставок груза, поскольку такие суда чаще всего не имеют высококачественного гидрометеобеспечения, которое является обязательным на крупногабаритных судах. Таким образом, ледокольный флот в настоящее время является безальтернативным видом транспорта, вопрос стоит только в проблеме его содержания. Так же влияет действующая политика тарифов на перевозки, которую большинство специалистов считают малоэффективной. Следует сделать доставку грузов через Северный морской путь более конкурентоспособной в сравнении с Суэцким каналом. Развитию помогает наличие и использования геоинформационных систем в ледокольной проводке судов и наблюдением при помощи стационарных/дрейфующих буёв за гидрометеорологической обстановкой. При помощи этих методов мы можем собирать данные по влиянию гидрологических режимов на морехозяйственную деятельность в Арктике, особенно влиянию их на маршруты грузоперевозок.

## **2.1 Выбор методов и инструментов исследования**

Для исследования арктической зоны будут выбраны дистанционные методы исследования по следующим причинам:

1. Дорогостоящие экспедиции в Арктику для наблюдения за ледовой обстановкой и снятию показателей характеристик среды;
2. Суровые климатические условия;
3. Большой охват территории при применении данных от ДЗЗ;
4. Высокая информативность спутниковых данных;

## 5. Накопленные базы данных за различные года наблюдений.

Проблема эффективного использования разнородной пространственной информации для исследования арктического метода остается достаточно острой, поскольку это единая целостная комплексная методика, использующая все эти данные, основанная на современных технологиях космического дистанционного зондирования земной поверхности, пока еще не была изобретена данная система.

Современные технические средства дистанционного зондирования Земли позволяют получать цифровые изображения участков земной поверхности с высоким разрешением и в широком диапазоне электромагнитных волн. Математические методы обработки цифровых изображений получили большое развитие.

Таким образом, в настоящее время существуют реальные возможности для разработки последовательной и научно обоснованной методологии пространственного мониторинга арктических территорий и внедрения на основе этой концепции географического метода изучения изменений земной поверхности в регионах России.

В арктических регионах России на первом месте стоят проблемы мониторинга состояния природных ресурсов и экологического контроля за их добычей и переработкой, анализ состояния природных комплексов в условиях антропогенного воздействия. В настоящее время базируется большинство исследований в области экологии и природопользования. Тенденции к расширению роли космического наблюдения в некоторой степени связаны с повышенными требованиями к эффективности и надежности информации о состоянии окружающей среды..

Современный рынок данных ДЗЗ предоставляет широкие возможности по выбору КС, которые могут быть использованы для создания и обновления геопространственной информации. Для задач крупномасштабного топографического картографирования подойдут снимки сверхвысокого ПР (выше 2 м), такие как WorldView-1, GeoEye-1, CARTOSAT-2, QuickBird, IKONOS, Ресурс-ДК и др., и высокого пространственного разрешения (2-3 м), такие как Radarsat-2, SPOT-5, CARTOSAT-1, FORMOSAT-2, ALOS PRISM. Для тематического картирования в большинстве случаев подходят пространственные изображения с датчиков среднего пространственного разрешения, которые имеют большое

количество спектральных каналов, отвечающих за узкие участки спектра. Наличие каналов в среднем, ближнем и дальнем инфракрасном диапазоне дает большие возможности для решения прикладных задач, связанных с картированием растительности и почвенного покрова. К таким съемочным системам относятся, прежде всего, RapidEye, ALOS AVNIR-2, Landsat-5/7, SVOT-4/5, ASTER, IRS-1C/ID,

Resoursesat-1. Современные космические снимки более низкого ПР в таких системах, как MODIS, MERIS, NOAA и других, также несут огромный объем полезной информации, позволяющей решать тематические задачи в мелких масштабах.

На данный момент уже накоплен большой архив данных дистанционного зондирования, который регулярно обновляется. Потенциальный потребитель имеет широкий спектр возможностей выбора изображений по типу съемки, пространственному и радиометрическому разрешению, а также по времени съемки. Архивные данные, как правило, намного дешевле операционных данных, но в любом случае конечному пользователю требуется некоторое время, чтобы запросить и получить изображение, даже если изображения приобретены через Интернет. Организации, работающие с большими объемами информации, могут получать данные со спутников в оперативном режиме, минуя поставщиков данных ДЗЗ, путем приобретения и установки станции приема информации [28].

Данные дистанционных спутников земли нам позволяют решать ряд задач для Арктики:

1. Мониторинг ледовой обстановки;
2. Обнаружение и контроль опасных ледовых образований по типу Айсбергов и Стамух;
3. Контроль экологической безопасности в местах добычи нефти, а так же маршрутов ее перемещения;
4. Информационное обеспечение научных операций в Арктике;
5. Наблюдение за глобальными климатическими изменениями в Арктической зоне
6. Высокодетальная прицельная съёмка объектов в Арктике.

Как пример космической съёмки в Арктической зоне можно привести радиолокационную съёмку в полярных широтах по средствам спутника Terra Aqua:

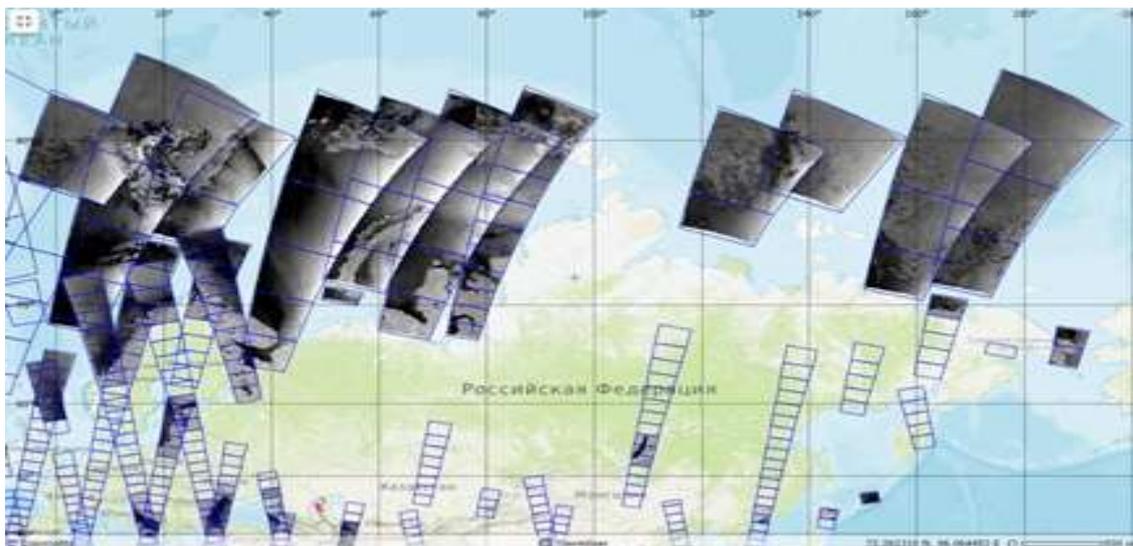


Рис. 2.2 Пример радиолокационной съёмки в полярных широтах

Приемуществом радиолокационной съёмки в полярных широтах можно назвать то, что съёмка не зависит от освещения и погодных условий, а так же полярная орбита позволяет производить съёмку два раза в день. Особенности формирования радиолокационных изображений позволяют различать типы льда на снимках и строить актуальные ледовые карты и прогнозировать ледовую обстановку в Арктической зоне.

При помощи портала GEOMIXER мы можем получить доступ к геоинформации посредством WEB-сервиса. Так как сервис является геоинформационной системой, то в нём можно как в обыкновенных картах Google Maps накладывать слои с различными данными, такими как

1. Ледовая обстановка;
2. Течения
3. Скорость ветра;
4. Треки судов и информация о судах находящихся в море.

Как пример можно рассмотреть использования данного портала для оценки ледовой обстановки за архивные года:



Рис 2.2. Сезонное таяние льда в западной части Арктической зоны.

Следующим способом мониторинга Арктической зоны и процессами в ней является портал EARTH.

Является облачной платформой для геопространственного анализа данных в планетарных масштабах. Она позволяет использовать огромные вычислительные мощности компании Google для изучения самых разнообразных проблем: потерь лесов, засухи, стихийных бедствий, эпидемий, продовольственной безопасности, управления водными ресурсами, изменения климата и защиты окружающей среды. Этот инструмент для анализа данных.

Так же для получения пространственных данных мы можем воспользоваться сервисами Earth, где детально отображается различная пространственная информация, которая представлена в виде слоёв, которые мы можем наложить на проекцию земли. Такие данные как: течения, температуры как поверхностного слоя воды, так и совместно с данными буёв арго можно получить и информацию на различных горизонтах. Данные по содержанию твердых частиц в атмосфере, преобладающий период волн, температуру поверхности суши. В нашей работе будут требовать данные по характеристикам в конкретный период в конкретной акватории, где была взята акватория северо-востока Российской Федерации.

Геоинформационные данные портала являются бесплатными с открытым

доступом в отличие от Geomixer, где доступ к детальной информации и открытию слоёв является платной информацией.

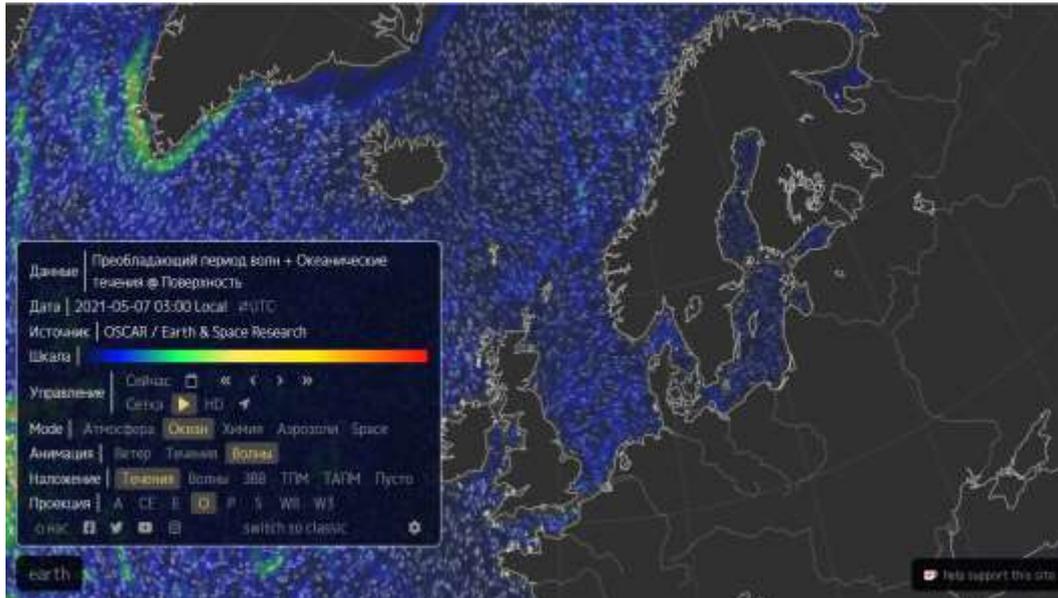


Рис 2.3. Главное окно геоинформационного сервиса Earth

Данный сервис даёт широкий спектр инструментов для исследования акватории. Ниже рассмотрим возможности данного геоинформационного сервиса:

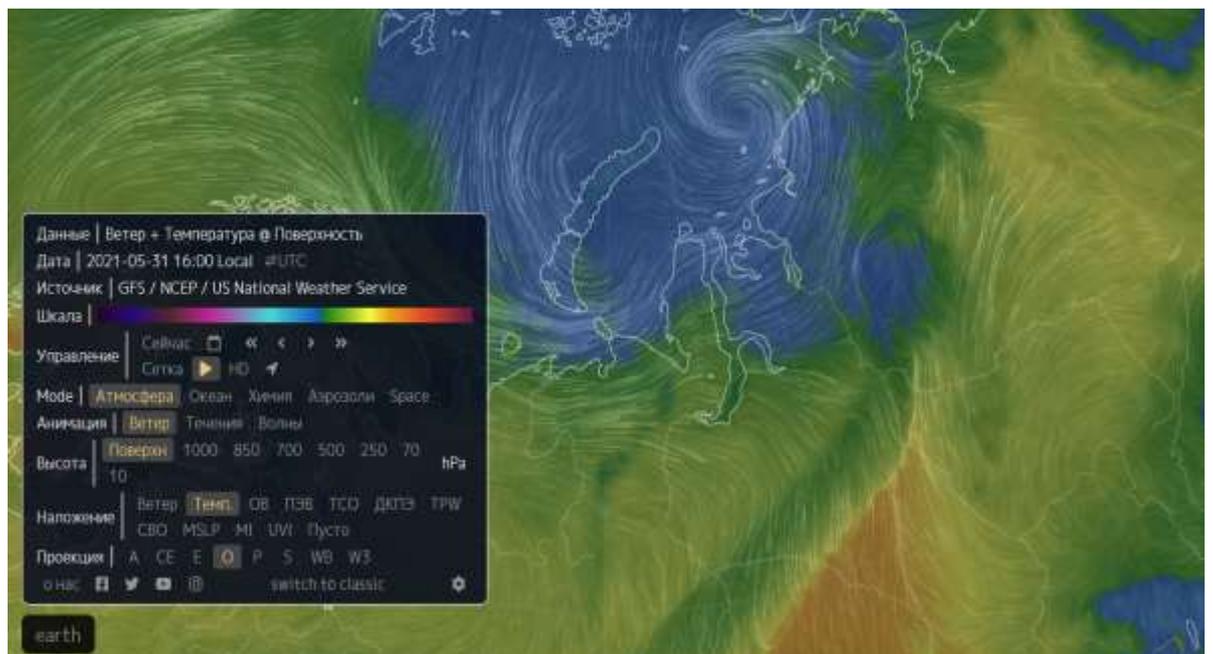


Рис.2.4 Наложение слоя температур

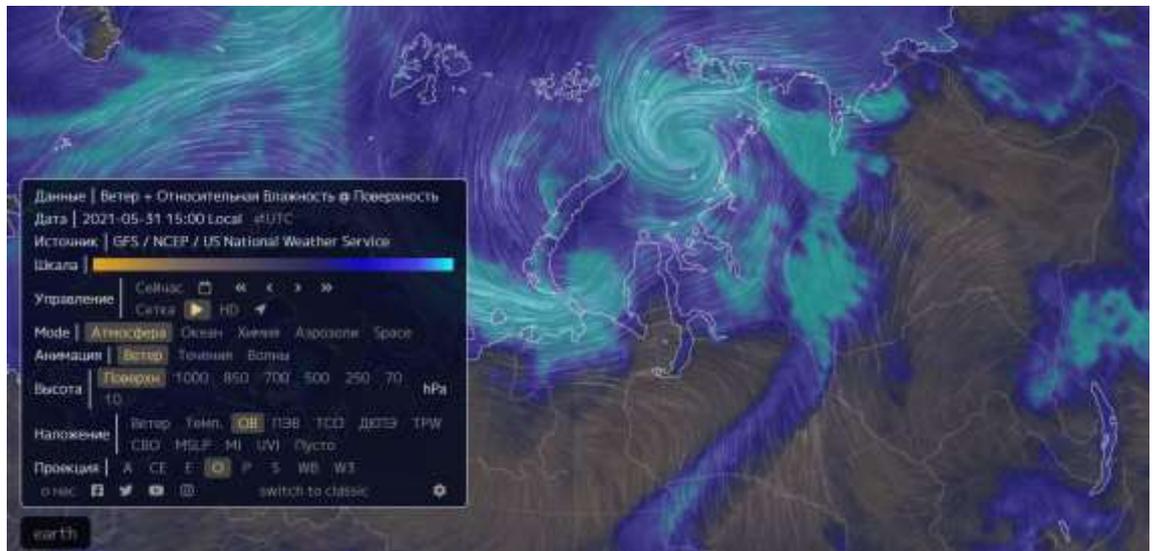


Рис.2.5 Наложение слоя относительной влажности

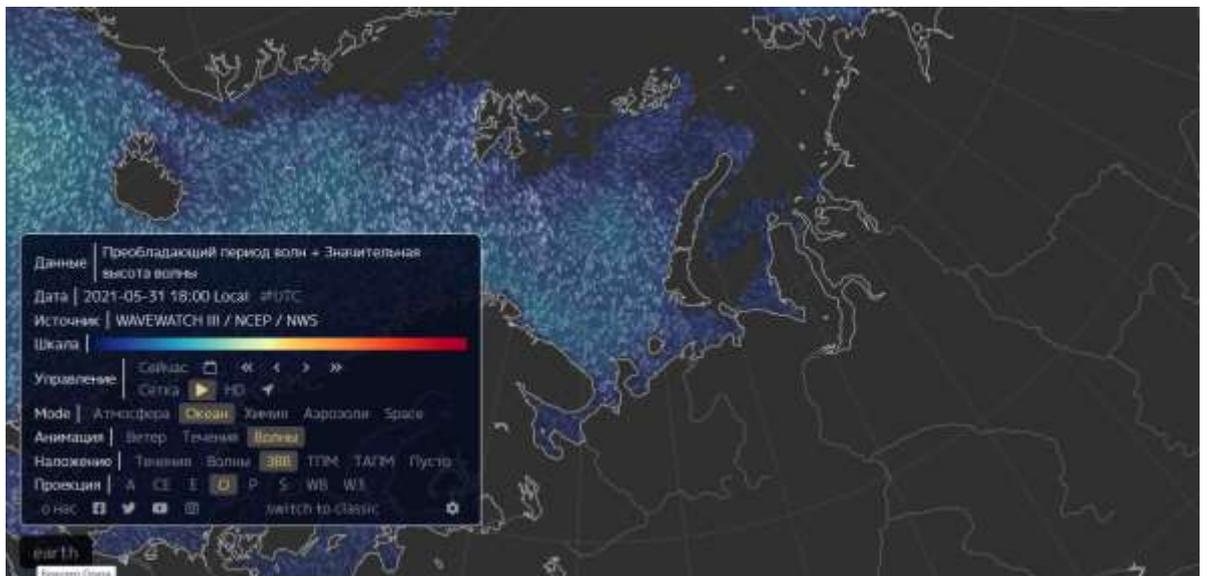


Рис.2.6 Значительная высота волн

Немаловажными функциями являются как: просмотр химического состава на предмет углекислого газа над поверхностью моря, концентрации двуокиси углерода на поверхности, содержание двуокиси серы на поверхности моря и диоксида азота. Так как данные функции позволяют определить загрязнение акватории данными потенциально вредными для среды химическими соединениями, которые в свою очередь играют роль в оказании влияния на климат.

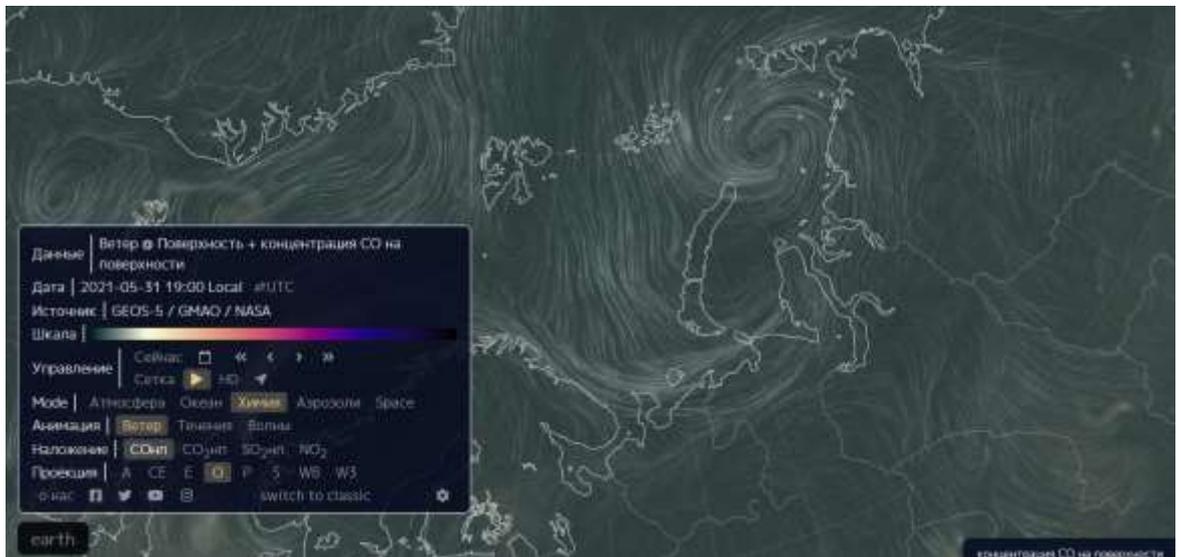


Рис 2.7 Концентрация углекислого газа на поверхности

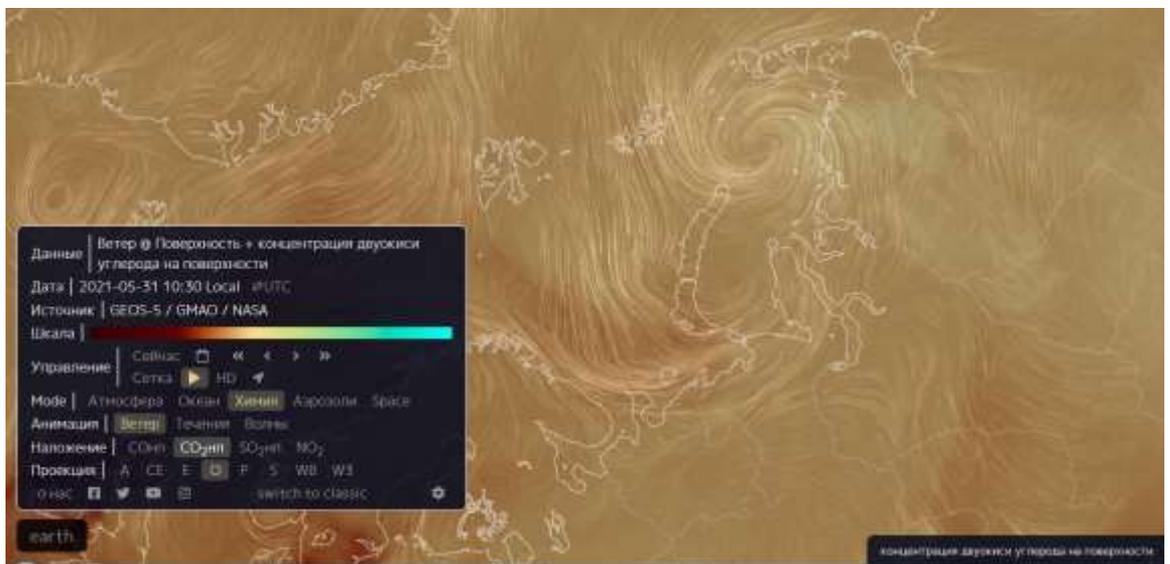


Рис.2.8 Концентрация двуокиси углерода на поверхности

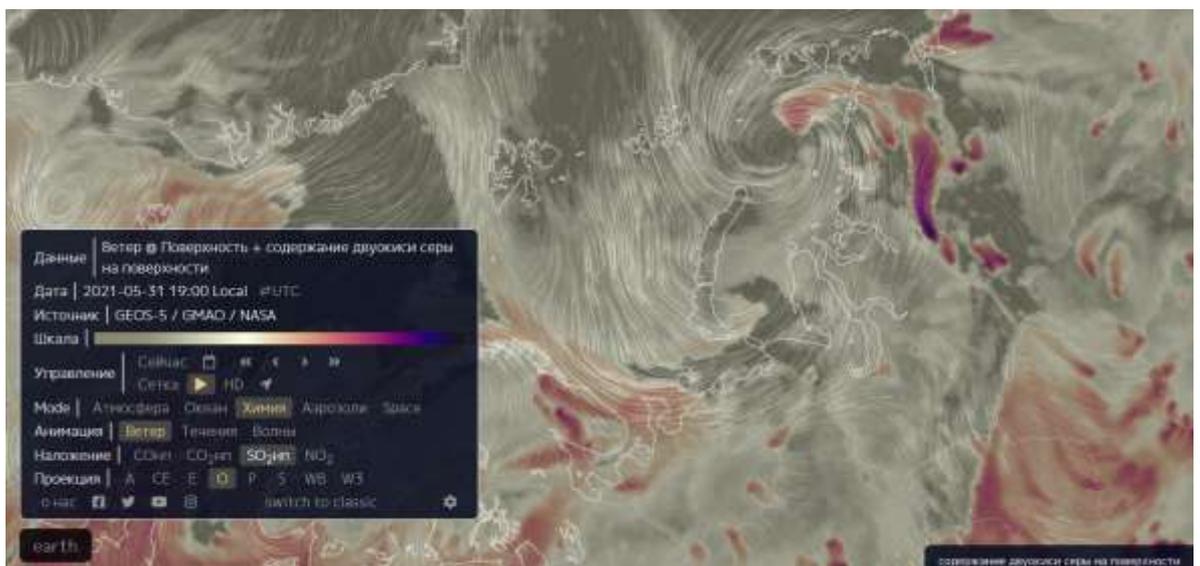


Рис.2.9 Содержание двуокиси серы на поверхности

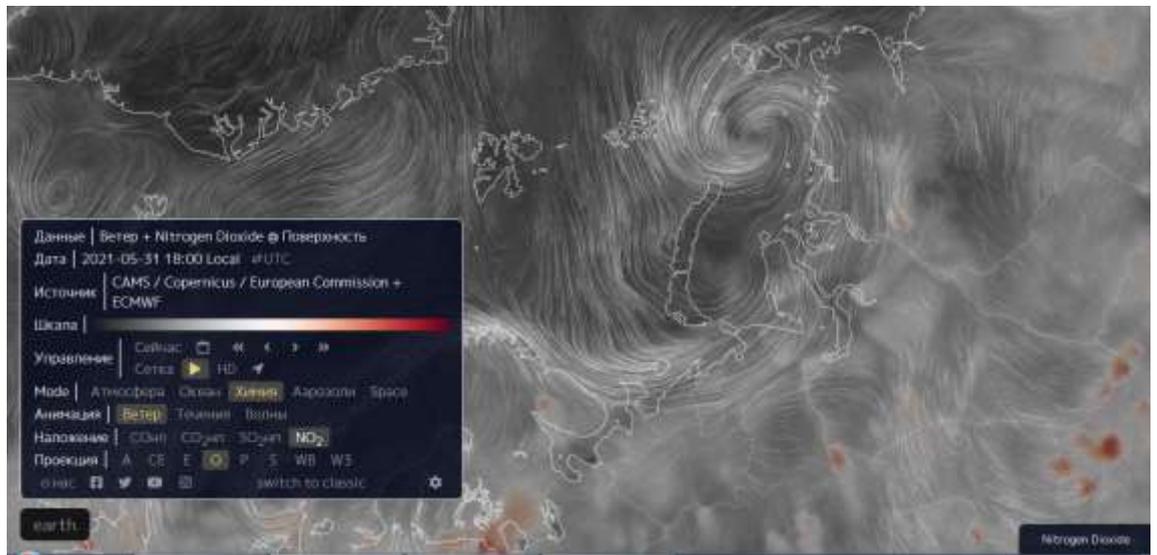


Рис.2.10 Содержание диоксида азота

### 2.3 Геоинформационная система ARGO

Арго - это международная программа, которая собирает информацию изнутри океана с помощью флота роботизированных инструментов, которые дрейфуют вместе с океанскими течениями и перемещаются вверх и вниз между поверхностью и средним уровнем воды. Каждый инструмент (поплавок) почти всю свою жизнь проводит под поверхностью. Название «Арго» было выбрано, потому что набор поплавков работает в сотрудничестве со спутниками наблюдения Земли «Джейсон», которые измеряют форму поверхности океана. (В греческой мифологии Ясон плыл на своем корабле «Арго» в поисках золотого руна).

Целью проекта АРГО создание и поддержание глобальной сети из 3000 буев-измерителей. Задачами проекта являются:

1. Размещение по определенным алгоритмам буёв в акватории;
2. Создание региональных центров;
3. Открытость информации о работе;
4. Прямая передача собранной информации в режиме реального времени, когда буй находится на поверхности.

Данные, которые собирает Арго, описывают температуру и соленость воды, а некоторые из поплавков измеряют другие свойства, которые описывают биологию / химию океана. Основная причина сбора этих данных - помочь нам понять роль океанов в климате Земли и, таким образом, иметь возможность делать более точные оценки того, как он изменится в будущем.

Например, изменения уровня моря (после усреднения приливов) частично зависят от таяния ледяных шапок и частично от количества тепла, хранящегося в океанах. Измерения температуры Арго позволяют нам подсчитывать, сколько тепла хранится, и из года в год отслеживать, как распределение тепла изменяется с глубиной и от области к области. По мере того как теплосодержание океана увеличивается, уровень моря повышается, как ртуть в градуснике. Сравнение измерений Арго с наблюдениями Джейсона продолжает давать нам новое понимание того, как «работают» океаны, что может быть использовано для улучшения климатических моделей.

В настоящее время (2020 г.) Арго собирает 12 000 профилей данных каждый месяц (400 в день). Это намного превышает количество данных, которые можно собрать из-под поверхности океана любым другим методом. Арго планирует продолжать сбор данных до тех пор, пока эти данные будут оставаться жизненно важным инструментом для широкого спектра океанских применений, одним из которых является понимание и прогнозирование изменения климата.

На рисунке 2.4 мы можем увидеть схематическое представление буя АРГО. Каждый поплавок Арго запускается с корабля. Вес поплавка тщательно регулируется так, чтобы по мере его опускания он в конечном итоге стабилизировался на заданном уровне, обычно в 1 км. Десять дней спустя внутренний насос с аккумуляторным приводом перекачивает масло между резервуаром внутри поплавка и внешним баллоном. Это заставляет поплавок сначала опускаться на 2 км, а затем возвращаться на поверхность, измеряя свойства океана по мере его подъема. Данные и положение поплавка передаются на спутники, а затем на принимающие станции на берегу. Затем поплавок снова опускается, чтобы повторить 10-дневный цикл, пока его батареи не разрядятся, батареи в буях используются литиевые, что позволяет столь долгое нахождение под водой.



Рис.2.4 Схематическое изображение буя АРГО

Так же измеряя температуру и соленость на основе датчика электропроводности, так же дрейфующие буи обеспечивают также и данные о течениях на двух горизонтах (поверхности океана, вращивумый слой воды). Новейшая система управления позволяет управлять буём из центра, а так же изменять угол дрейфа в океане. Вместе со спутниковыми измерениями возвышения поверхности океана, полученные данные позволяют определить характеристики течения от поверхности до горизонта дрейфа. Схематическое представление о этапах работы буя АРГО представлено на рисунке 2.5:

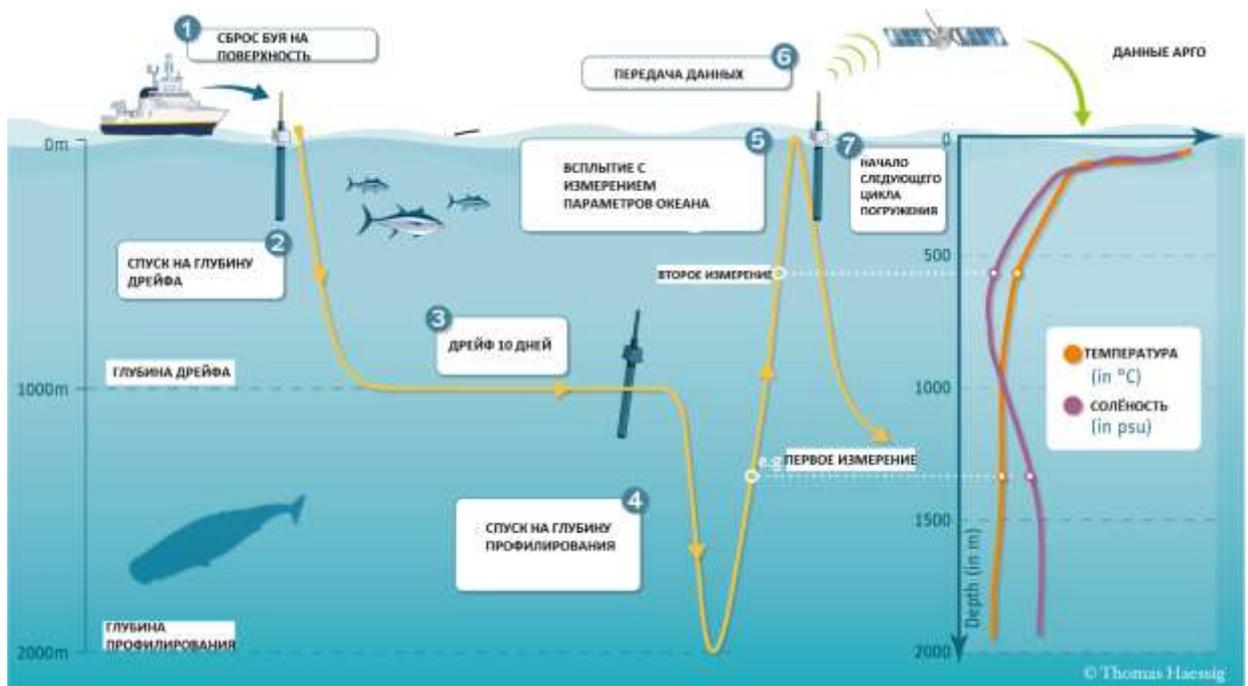


Рис.2.5 Этапы работы буя АРГО

Данные сети постоянных океанографических буёв позволяют получить следующее:

1. Оперативно в режиме реального времени данные для прогноза состояния океана;
2. Начальные, граничные и усвояемые данные для наладки и работы моделей состояния океана и парных моделей (океан-атмосфера);
3. Качественные климатические трехмерные схемы состояния Мирового океана и параметры их временной изменчивости;
4. Временные ряды параметров теплового состояния океана и параметров морской воды;
5. Характеристики состояния промежуточной и глубинной водных масс;
6. Получить характеристики течений до 2км глубиной;
7. Получить данные о глобальных(мировых) явлениях в среде океан-атмосфера (Эль-Ниньо);
8. Данные необходимые для определения абсолютного уровня Мирового океана;

Открытость данных позволяет получить их любому, кому нужна оперативная океанологическая информация. Сначала данные поступают в метео сеть, а далее уже обрабатываются на серверах системы ARGO.

Обработкой данных занимаются центры, которые были созданы для того,

чтобы управлять массивом данных поступающих нон-стопом с буёв АРГО. Глобальный центр, который расположен в Евросоюзе – обрабатывает львиную долю данных, но и так же является последним звеном в предоставлении достоверных данных о работе буя.

Существует в данное время четыре вида буев-измерителей, которые получили широкое применение в системе ARGO . Наибольшее распространение получили два вида: США – Apex и во Франции - Provog. Лучшими оказались буи фирмы APEx, ввиду более расширенных характеристик. Так же существуют буи производств других стран, но ни не столь часто применяются.

Существуют буи с тремя датчиками на борту: электропроводности, температуры и давления. Конечно у данных буёв есть существенные недостатки в виде того, что антенна около 2х метров, но с другой стороны использование данного типа буя позволяет изменять характеристику горизонта дрейфа и дискретность измерений у датчиков буя существенно выше других моделей.

Для проекта АРГО были приняты следующие параметры конфигурации стандартного буя:

1. Нижний горизонт измерений - 2000 м;
2. Частота измерения - 10 дней;
3. Время пребывания на поверхности буя - около 6 часов.

Параметры буя остаются неизменными около 3-4 месяцев. Но у буёв имеются так же и проблемы. Самая большая проблема - снижение точности измерения солёности с увеличением времени дрейфа. Чтобы оценить это, были протестированы датчики различных буев, как случайно пойманных рыбацкими лодками, так и намеренно (что непросто, учитывая, что буй находится на поверхности очень короткое время и его трудно найти). На буях нового типа можно удаленно изменять параметры буя. Соответствующие спутники уже запущены, и эти буи дорабатываются. На данный момент буи АРГО покрывают территории не всего Мирового океана, что можно видеть на рисунке 2.6.

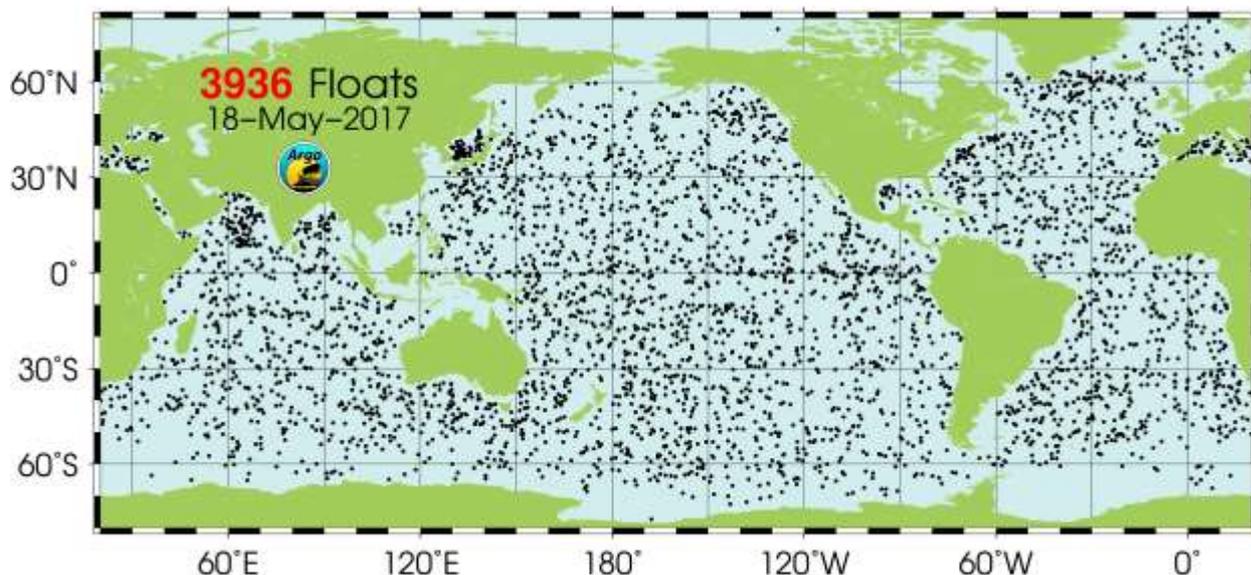


Рис 2.6 Карта покрытия Мирового океана буями системы АРГО

На карте явно видно, что буёв АРГО много в Тихом, Индийском, Атлантическом океане, но восточнее Гренландского моря они отсутствуют, что осложняет получение данных к примеру о состоянии Северно-Ледовитого океана восточнее Гренландского и Норвежского морей.

### **3. Обобщенная характеристика изменения гидрологического режима арктических и субарктических морей в связи с изменениями климата по результатам анализа натуральных данных.**

#### **3.1 Краткая характеристика танкерных перевозок в рамках проекта ЯМАЛ СПГ.**

Так как развитие Арктики является перспективным направлением в развитии Севморпути, поэтому я в данной работе мы буду рассматривать участок в акватории Российской Федерации.

На полуострове Ямал реализуется проект на базе Южно-Тамбейского месторождения. Оператором Проекта является ОАО «Ямал СПГ» - совместное предприятие ОАО «НОВАТЭК» (50,1%), концерна TOTAL (20%) и Китайской Национальной Нефтегазовой Корпорации (20%) и Фонда Шелкового пути (9,9%). Доказанные и вероятные запасы месторождения по стандартам PRMS составляют 926 млрд куб. м. газа.

Строительство завода по сжижению природного газа осуществляется тремя очередями с запуском в 2017, 2018 и 2019 годах соответственно. Проект предусматривает ежегодное производство около 16,5 млн тонн сжиженного

природного газа (СПГ) и до 1,2 млн тонн газового конденсата с поставкой на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы.

Транспортировка сжиженного природного газа по средствам Северного морского пути является перспективным направлением развитием логистики Арктической зоны Российской Федерации. Наличие и строительство новых портов в акватории Северного Морского пути способствует развитию отрасли транспортных перевозок в данном регионе. На рисунке 3.1 ниже показан порт Сабетта, являющийся отправной точкой доставки газа с месторождения.

Сабетта является арктическим портом на западном берегу Обской губы Карского моря(Рис.3.2).

Находится на восточном берегу полуострова Ямал в районе посёлка Сабетта.

Предназначен для транспортировки сжиженного природного газа и обеспечения круглогодичной навигации по Северному морскому пути.

Порт включает в себя три участка:

1. Это участок, расположенный на западном берегу Обской губы в районе поселка Сабетта в устье реки Сабетта-Яха, где построен завод по производству сжиженного природного газа (СПГ) и стабильного газового конденсата (СГК).
2. Участок, расположенный на восточном берегу Обской губы, где начинается строительство завода СПГ и СГК.
3. Данный участок, расположенный на западном берегу Обской губы в районе мыса Каменный, где находится Арктический терминал круглогодичной отгрузки нефти Новопортовского месторождения.

Большую часть времени года в морском порту занимает так называемая зимняя навигация. Как правило, свободный ото льда период небольшой – со второй половины июля до середины октября. С конца ноября начинается период ледокольных проводок, который заканчивается в июне. С открытием зимней навигации в порт Сабетта могут осуществлять заходы только суда, соответствующие критериям допуска судов в акваторию СМП в соответствии с категорией их ледовых усилений, установленных правилами плавания в акватории СМП.

Ледокольную проводку судов в Карском море и Обской губе осуществляют

атомные ледоколы ФГУП «Атомфлот». На данный момент в проводке судов в акваторию порта заняты два ледокола «Атомфлота»: «Арктика» и «Ямал». На участке №2 работают ледокол «Санкт-Петербург» и ледокольный буксир «Толбухин», принадлежащие «Росморпорту». На участке №1 работает ледокол «Обь», ледокольные буксиры «Юрибей», «Тамбей» и «Надым». На мысе Каменный помощь в постановке судов оказывают ледоколы Андрей Вилькицкий и Александр Санников[31].

С начала периода ледокольных проводок 2020/21 года ледокольные проводки не производились в связи с погодными условиями, в период ледокольных проводок 2019/20 года было произведено 552 проводки.

На первом участке морского порта функционирует терминал отгрузки СПГ и СГК. У двух технологических причалов могут одновременно грузиться газовоз и танкер-химовоз. С первого причала осуществляется отгрузка СПГ, с второго причала может осуществляться отгрузка СПГ и СГК. К причалам терминала подходят суда-газовозы длиной 299 метров и грузятся на осадку 12 метров. Один газовоз берет на борт около 75 тыс. тонн СПГ.

Также на участке один есть причалы для нефтеналивных и сухогрузных судов. Первый причал длиной 210 метров предназначен для выгрузки светлых нефтепродуктов, доставляемых для нужд поселка и аэропорта Сабетта. Второй причал длиной 224 метра и третий причал длиной 250 метров предназначены для обработки генеральных и навалочных грузов. Пятый и шестой причал длиной 230 метров каждый предназначены для приема судов-модулевозов.

Для обработки генеральных и навалочных грузов в порту есть три мобильных портовых крана грузоподъемностью до 144 тонн. Глубины у причалов №1, 2, 3, 5, 6 позволяют принимать суда с осадкой 10-11 метров. Причал №4 предназначен для стоянки буксирных судов.

На участке № 3 (мыс Каменный) функционирует Арктический терминал круглогодичной отгрузки нефти Новопортовского месторождения. Загрузка танкеров осуществляется на выносном причальном устройстве. Система отгрузки обеспечивает прием и загрузку танкеров дедейтмом до 40 тыс. тонн с осадкой до 9,5 метра. Производительность грузового оборудования терминала – 6500 кубометров в час.

Северный морской путь как национальная транспортная коммуникация России в Арктике имеет исключительное значение для обеспечения дальнейшего развития экономики северных регионов и государства в целом. Перспективы СМП зависят от реализации еще одного транспортного проекта, железнодорожного – Северного широтного хода, магистрали Обская – Коротчаево, призванной соединить Свердловскую и Северную железные дороги.

При выводе магистрали до порта Сабетта откроется кратчайший выход на СМП для более чем 50 млн тонн потенциальных грузов из Поволжья, Урала, Сибири и всей России. Так что порт Сабетта имеет все шансы превратиться в порт, способный изменить мировые транспортные потоки.

Для данного широкомасштабного проекта и строятся специальные танкеры усиленного ледового класса(7), благодаря которыми можно выолнять круглогодичную навигацию без ледокольной проводки в западном направлении и в течение арктического лета - в восточном направлении по Северному морскому пути. В разработке арктического танкера принимали участие российские и зарубежные классификационные общества и ведущие проектные и конструкторские институты, судоверфи и компании-судовладельцы. Танкер обладает системой двойного действия - носовая часть приспособлена для навигации в открытой воде и в условиях тонкого льда, а кормовая оптимизирована для самостоятельной навигации в сложных ледовых условиях[32].

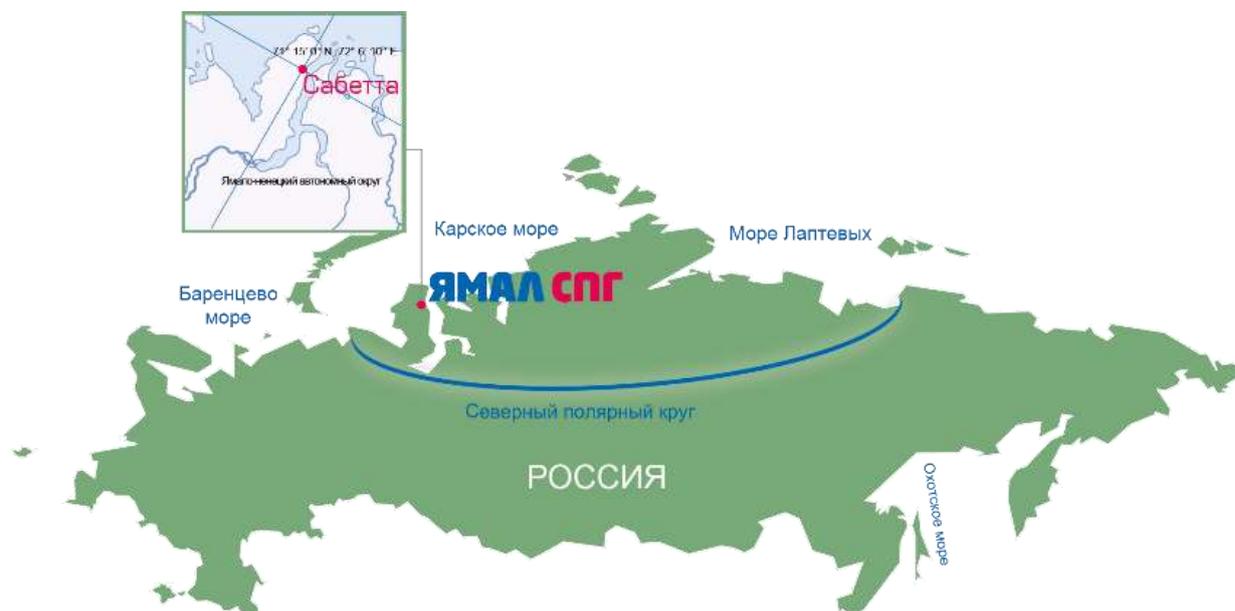


Рис. 3.1. Расположение порта Сабетта



Рис. 3.2 Ледокол в порту Сабетта

Грузооборот порта Сабетта в 2019 году вырос до 27,67 млн тонн, что на 59% больше, чем в 2018 году (17,44 млн тонн). В том числе было перегружено СПГ – 18,2 млн тонн, СНГ – 1,23 млн тонн, сырой нефти – 7,76 млн тонн, генеральных грузов – 328 тыс. тонн.

Объем перевалки грузов за 10 месяцев 2020 года составил 23,13 млн тонн, что на 197,9 тыс. тонн (+0,9%) больше по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Рост произошел за счет увеличения объема перевалки наливных грузов на 124,1 тыс. тонн (+0,5%). При этом если перевалка СПГ увеличилась на 338,6 тыс. тонн, то отгрузка нефти на мысе Каменный с Новопортовского месторождения уменьшилась на 54,1 тыс. тонн, а отгрузка газового конденсата сократилась на 153,8 тыс. тонн.

Экономический кризис, связанный с пандемией, не оказал влияния на отгрузки в порту Сабетта. В компании «Новатэк» уменьшение отгрузок объясняют тем, что пуск четвертой технологической линии завода «Ямал СПГ» мощностью 0,9 млн тонн требует подключения основного оборудования линии к факельной системе, которое было запланировано на конец 2020 года.

Сабетта – является новым, уникальным портом, не имеющий аналогов в

мире. За короткое время его название стало своеобразным брендом. Данный порт является стратегически важным объектом для развития Северного Морского пути.

### 3.2 Ледовая обстановка на трассах Северного Морского пути ЯМАЛ СПГ.

Трассы СМП пролегают в суровых климатических условиях Арктики, что обуславливает особенности эксплуатации.

Проведём анализ ледовой обстановки по картам с сайта ААНИИ по результатам спутниковых данных:

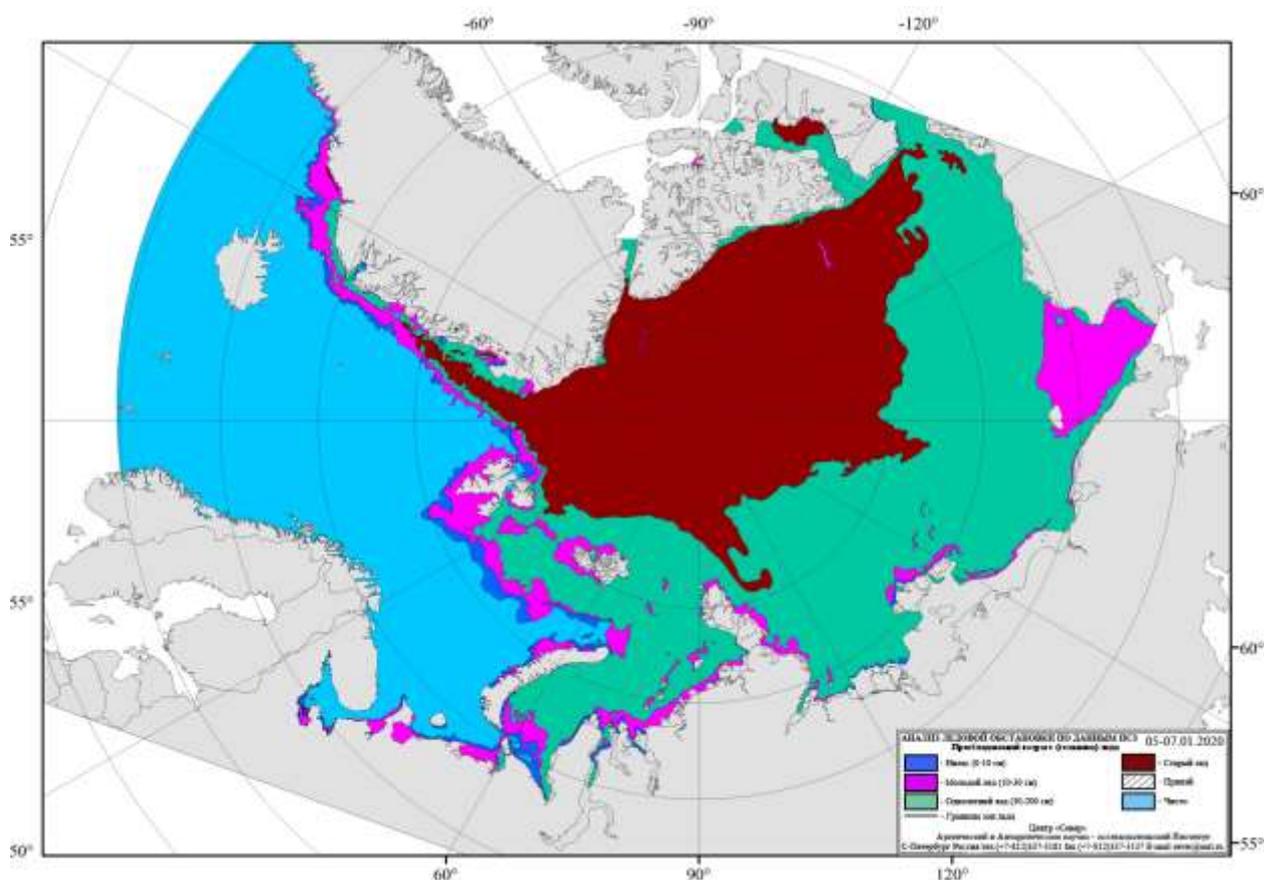


Рис 3.3. Карта сплоченности льда за 01.07.2020

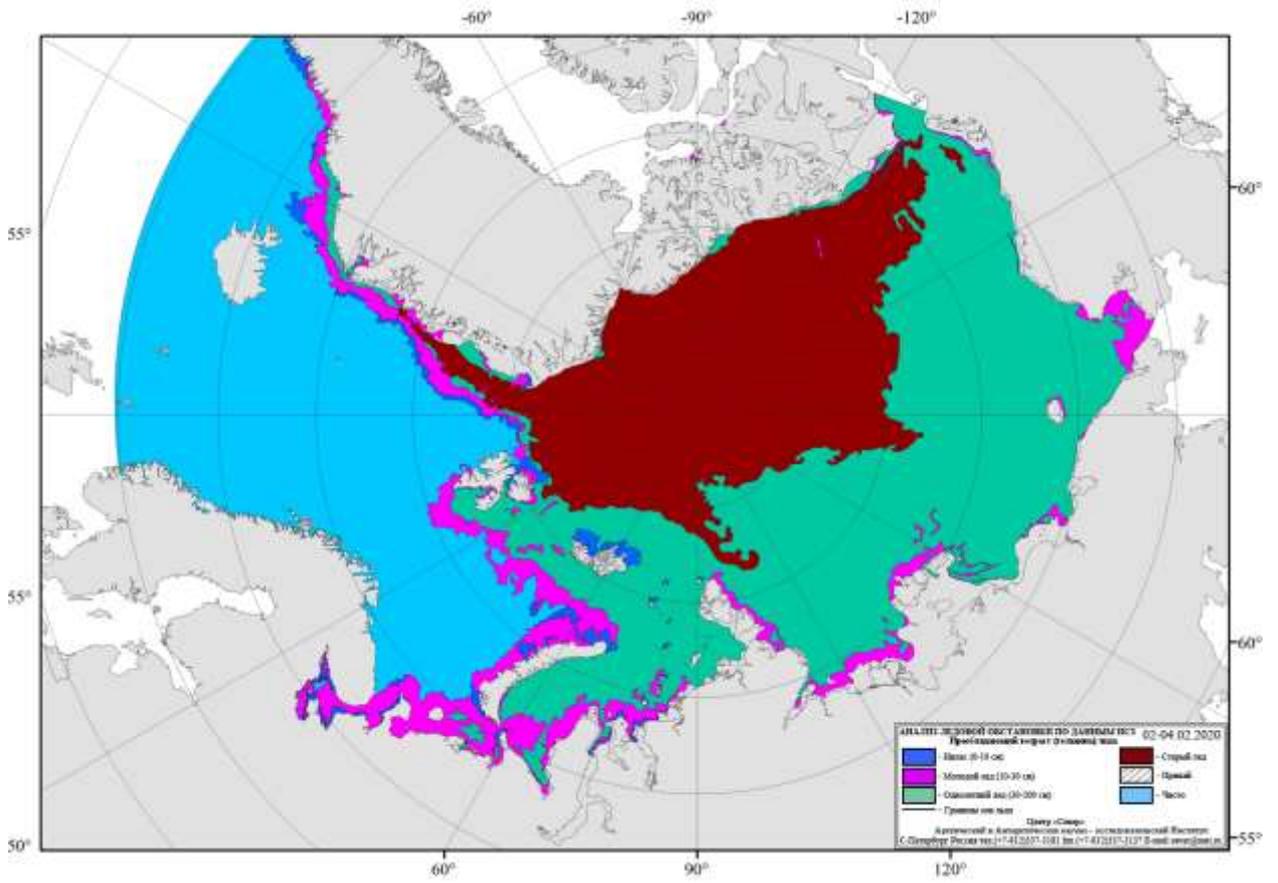


Рис 3.4. Карта сплоченности льда за 01.04.2020

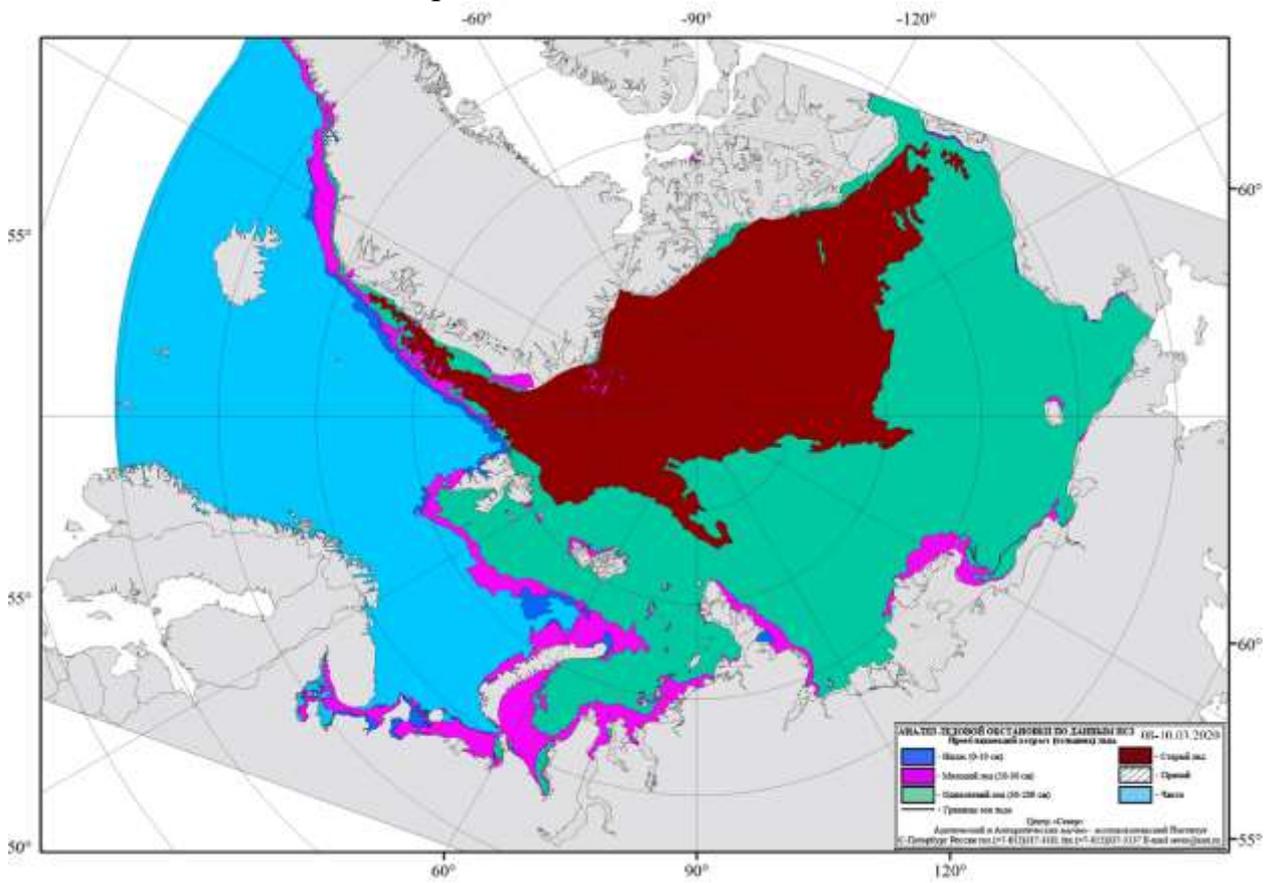


Рис.3.5. Карта сплоченности льда за 3.10.2020

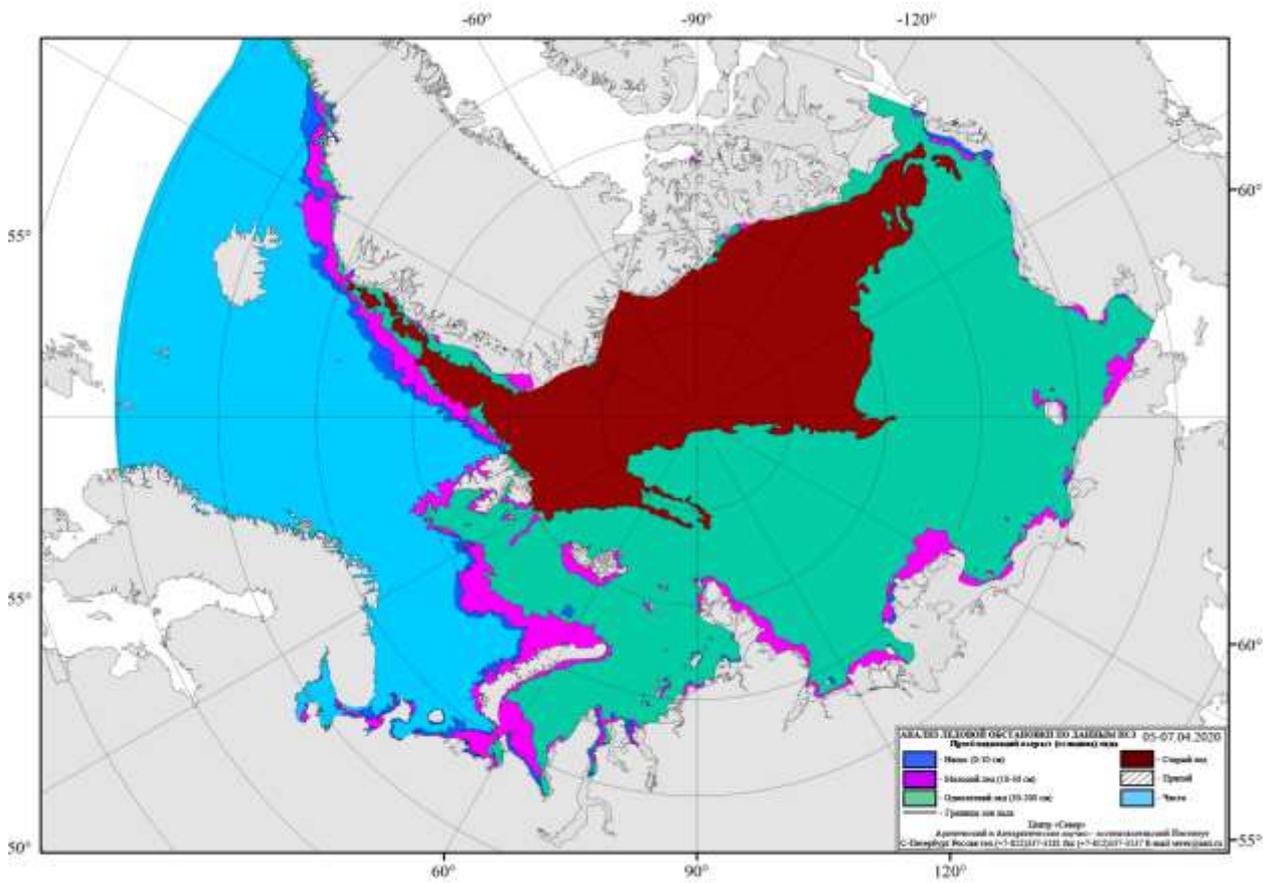


Рис.3.6. Карта сплоченности льда за 04.07.2020

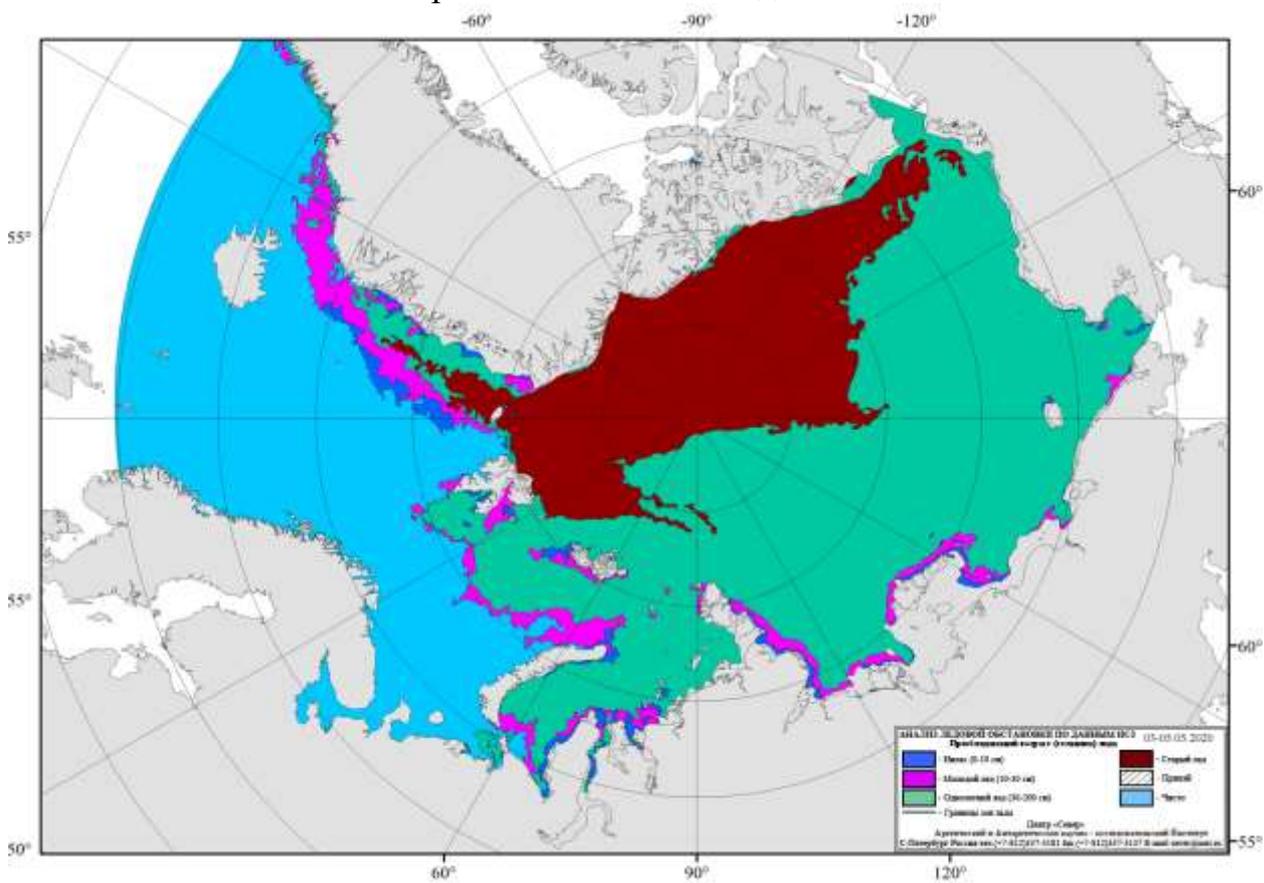


Рис.3.6. Карта сплоченности льда за 05.05.2020



Рис.3.7. Карта сплоченности льда за 06.02.2020

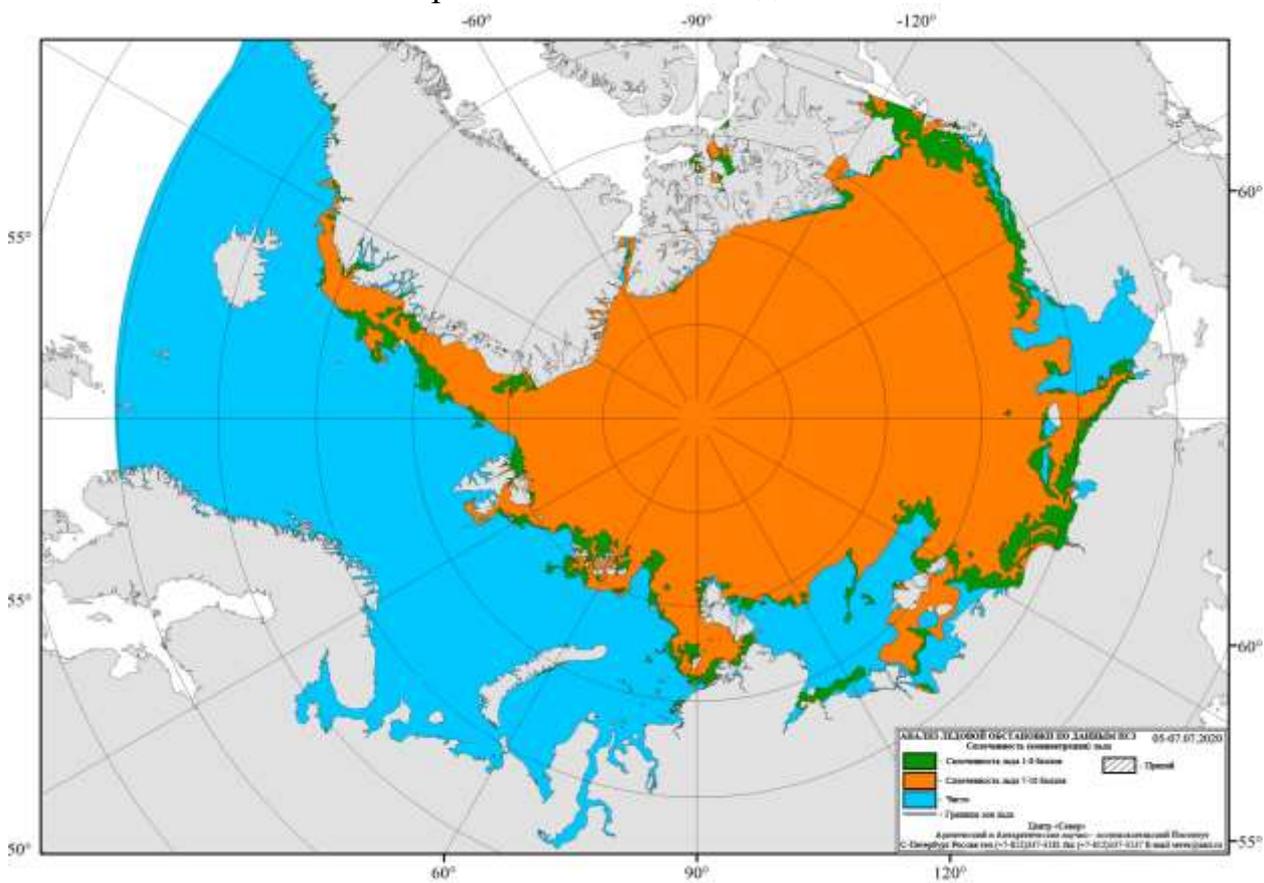


Рис.3.8. Карта сплоченности льда за 07.07.2020

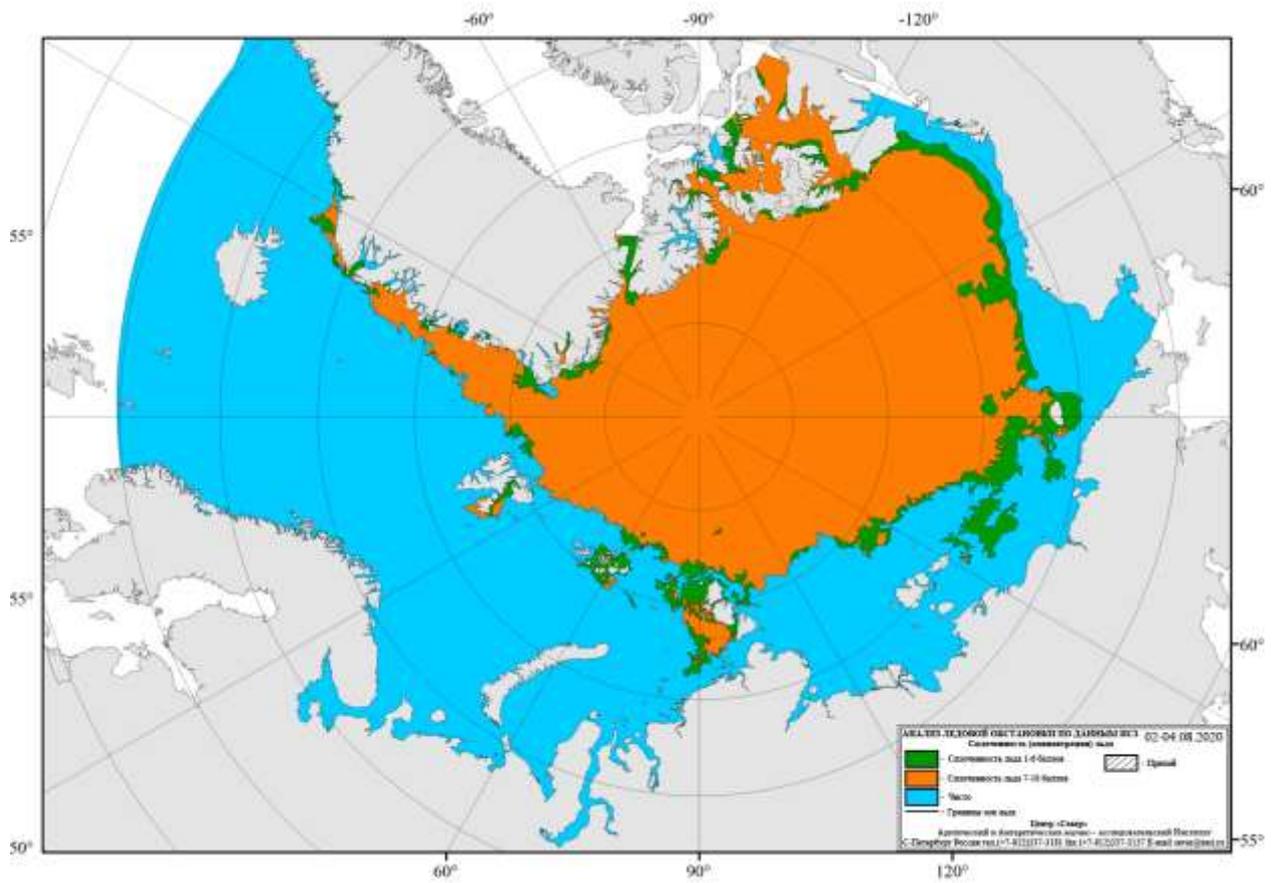


Рис.3.9. Карта сплоченности льда за 08.04.2020

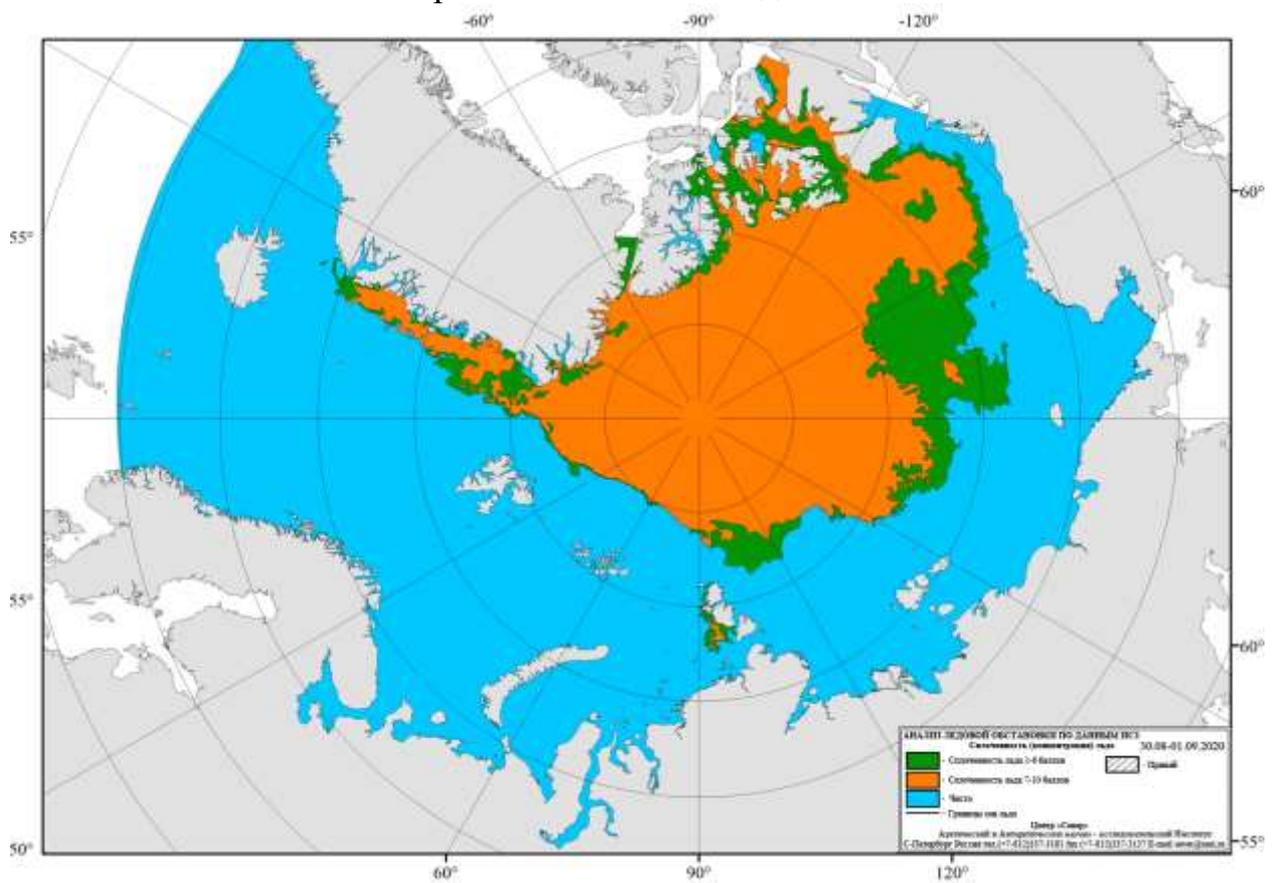


Рис.3.10. Карта сплоченности льда за 09.01.2020

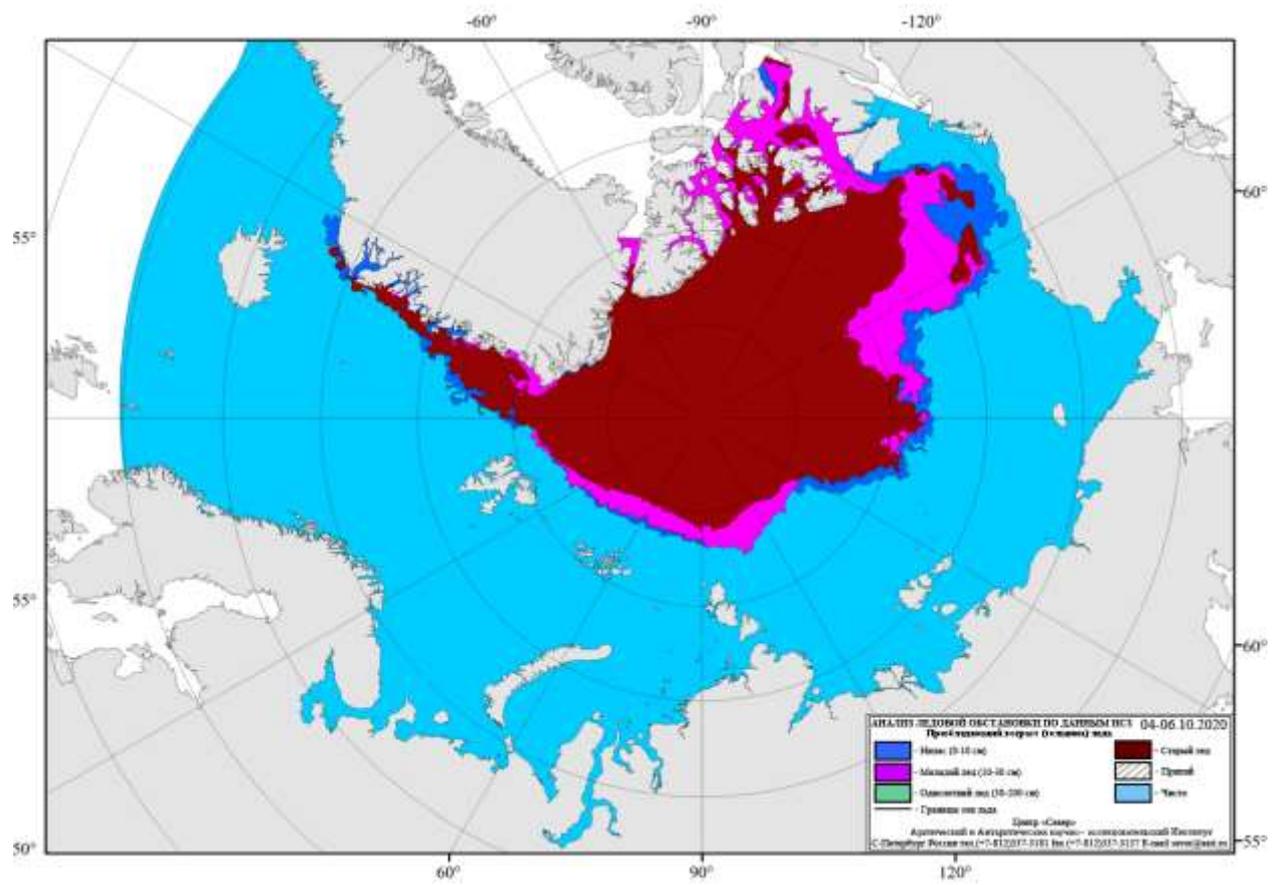


Рис.3.11. Карта сплоченности льда за 10.06.2020

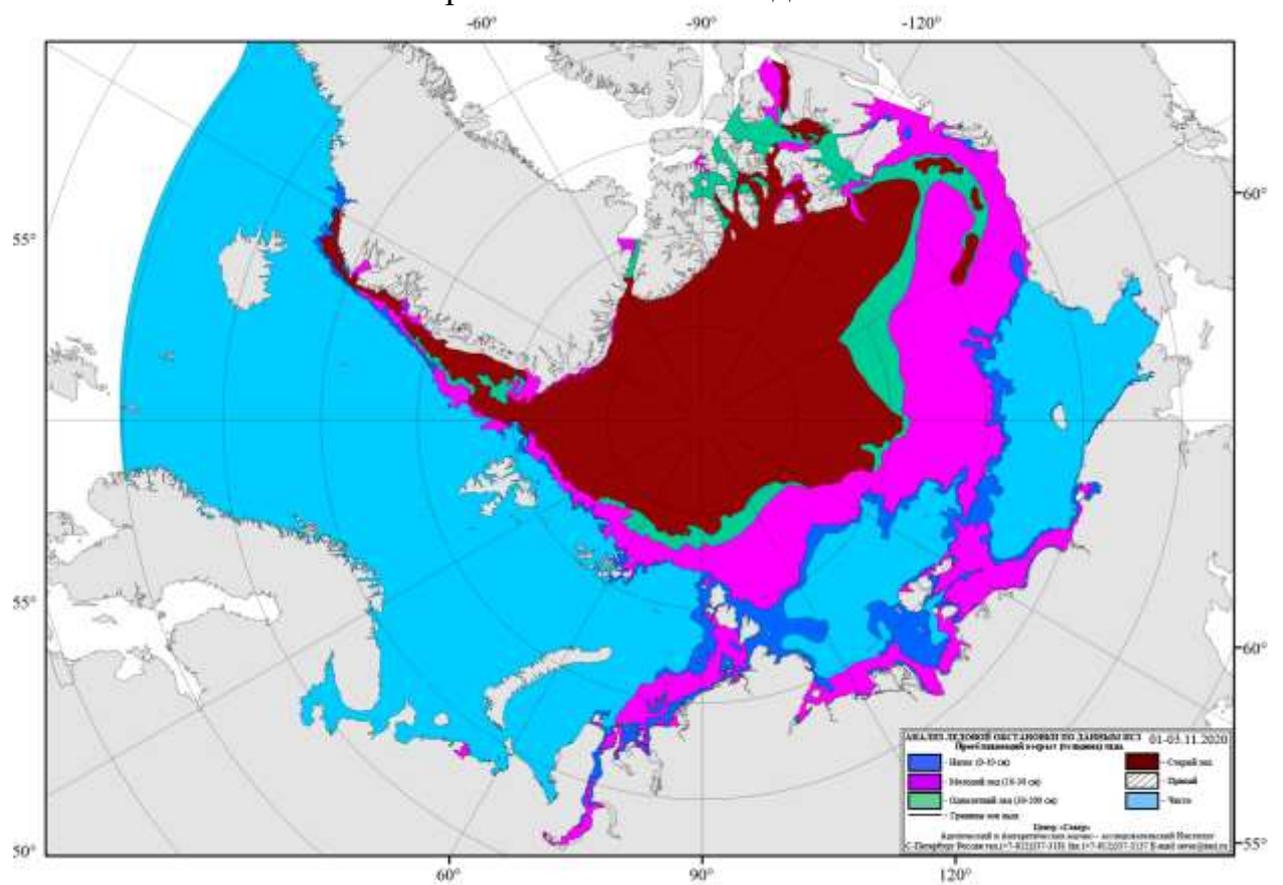


Рис.3.12. Карта сплоченности льда за 11.03.2020

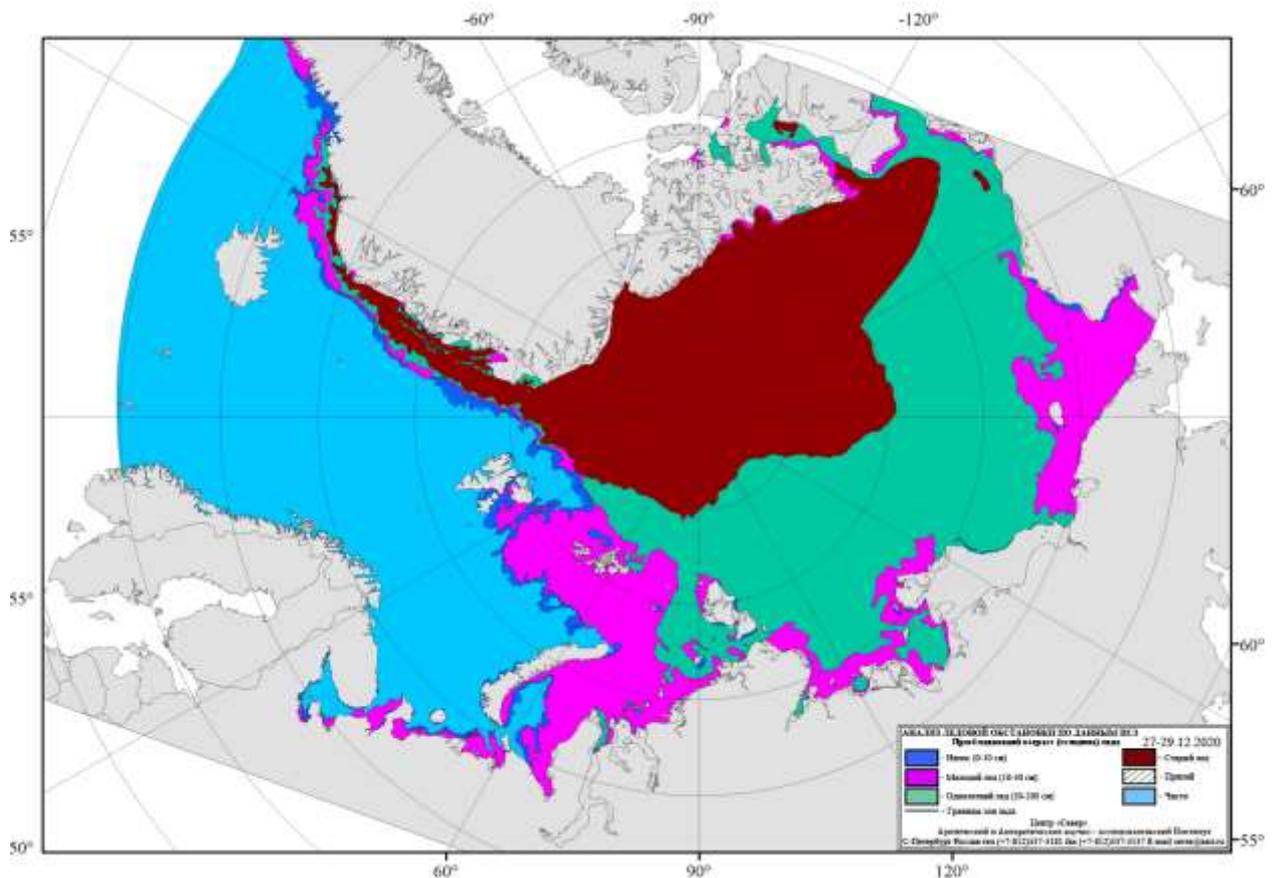


Рис.3.13. Карта сплоченности льда за 12.12.2020

Как видно из ледовых карт, крупнейший из портов Северного Морского пути Мурманск не сковывается льдом в течении всего года, благодаря тому, что существует тёплое течение Гольфстрим, которое зарождаюсь где-то в тёплых экваториальных широтах в районе восточного побережья Америки проходит по Северной Атлантике, огибает Скандинавию и совсем охлаждается в восточной части Баренцева моря, а сам Мурманск расположен в западной части этого моря, где Гольфстрим не охладился до такой температуры, чтобы замёрзнуть, благодаря чему и развивался Мурманск как незамерзающий торговый и рыбный порт.

Порт Архангельск скован молодым льдом в январе, феврале, марте, апреле и в декабре, однако, такой лёд не создаёт особо больших трудностей для судоходства, с ним справится любой ледоход.

С декабря по май порт Нарьян-Мар скован молодым и однолетним льдом, что значительно затрудняет его использование

Так же порты СМП Варандей, Сабетта, Дудинка, Игарка недоступны в такой же период времени, с последнего месяца зимы до последнего месяца весны, что делает их открытыми только лишь семь месяцев из двенадцати

Порт Диксон находится скованным льдом на один месяц больше,

приведённых выше.

Судоходство в порте Хатанга малодоступно до августа, однако, даже в августе, ему может мешать нилос и молодой лёд, толщиной до 30 см.

Порт Тикси свободен от ледового покрова с июля по ноябрь, в остальные дни, он скован плотным ледовым покровом сплочённостью от 7 до 10 баллов, кроме того, пролив, соединяющий Карское море и Море Лаптевых замерзает и становится свободным лишь к августу.

Порт Певек, самый крупный в Восточной Арктике доступен с августа по декабрь для навигации без ледокольной проводки.

### **3.3. Краткая характеристика гидрологического режима на трассах Севморпути по средствам возможностей интерактивного сервиса “EARTH”.**

Воспользовавшись интерактивным сервисом EARTH мы можем увидеть состояние Северно-Ледовитого океана за разные периоды времени, а так же можем увидеть: средние температуры поверхности моря, течения, ветра, температурные аномалии. Ниже на рисунке 3.3 мы можем видеть средние температуры поверхности моря, которые по соотношению градиента цвета со шкалой с точностью до 0.1 градус цельсия. Так же течения видны в западной части Северно-Ледовитого океана, а вот восточнее Новой Земли океан скован льдом, а так же Обская губа еще до конца не освободилась от ледового покрова.

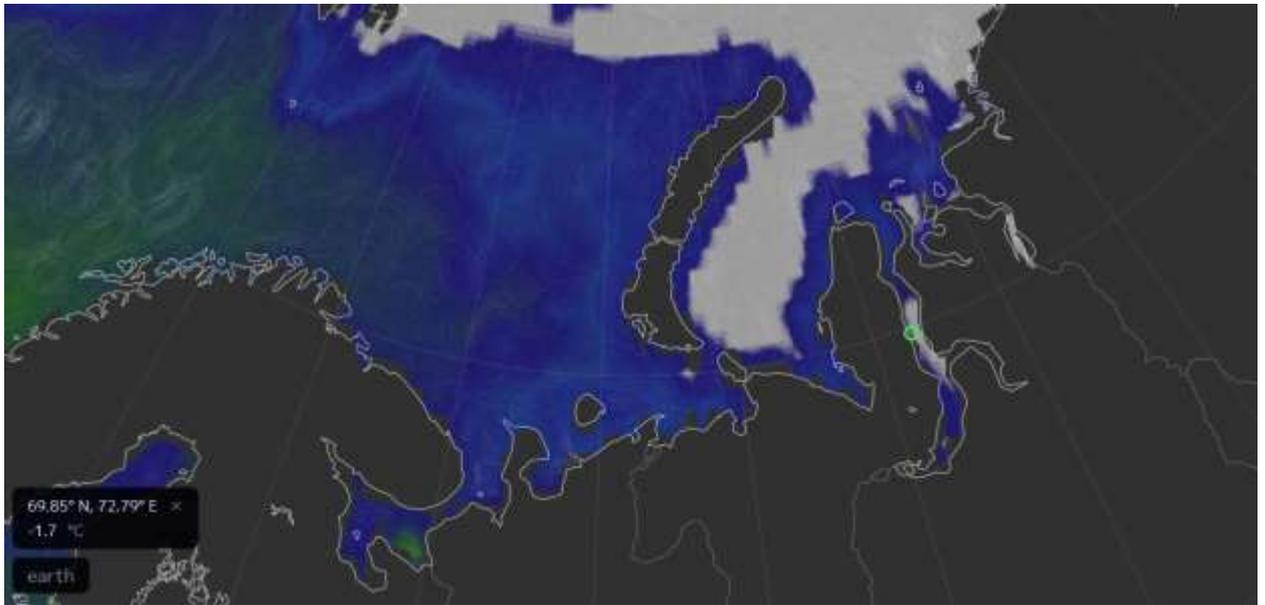


Рис.3.3. Поле температур поверхности моря с течениями. Май 2021г.

На рисунке 3.4. Можно так же видеть, что водные массы не заходят в районе Обской Губы из-за сплоченности льда

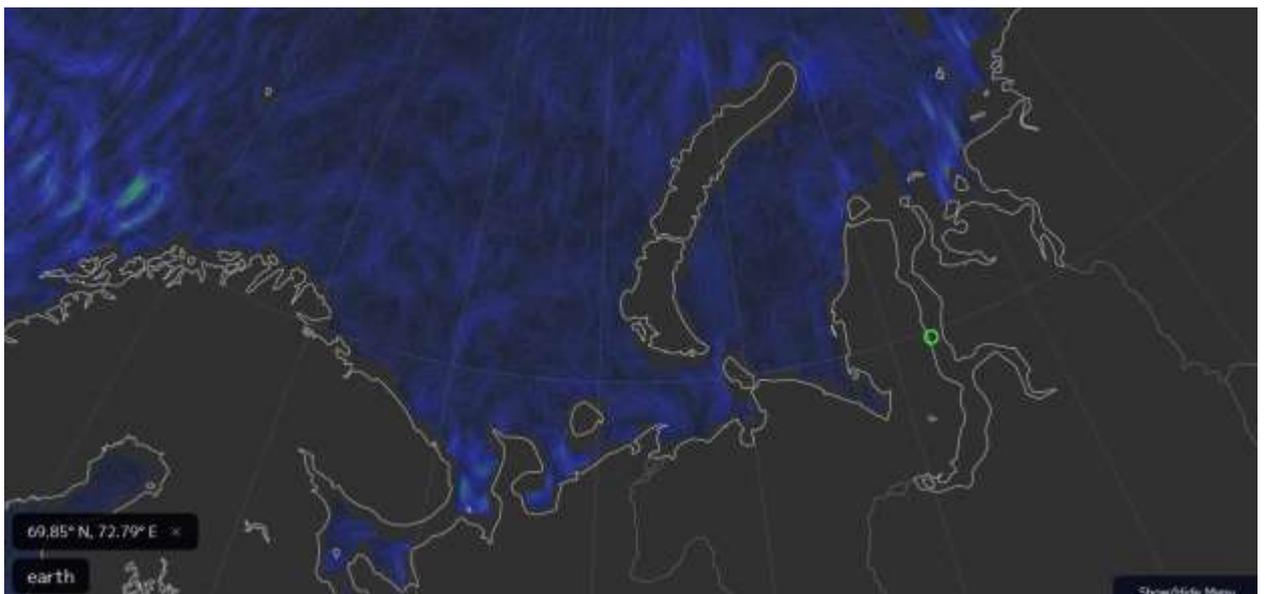


Рис.3.4. Течения. Май 2021г.

Так же наблюдаются преобладающие ветра северных румбов на рисунке 3.5.

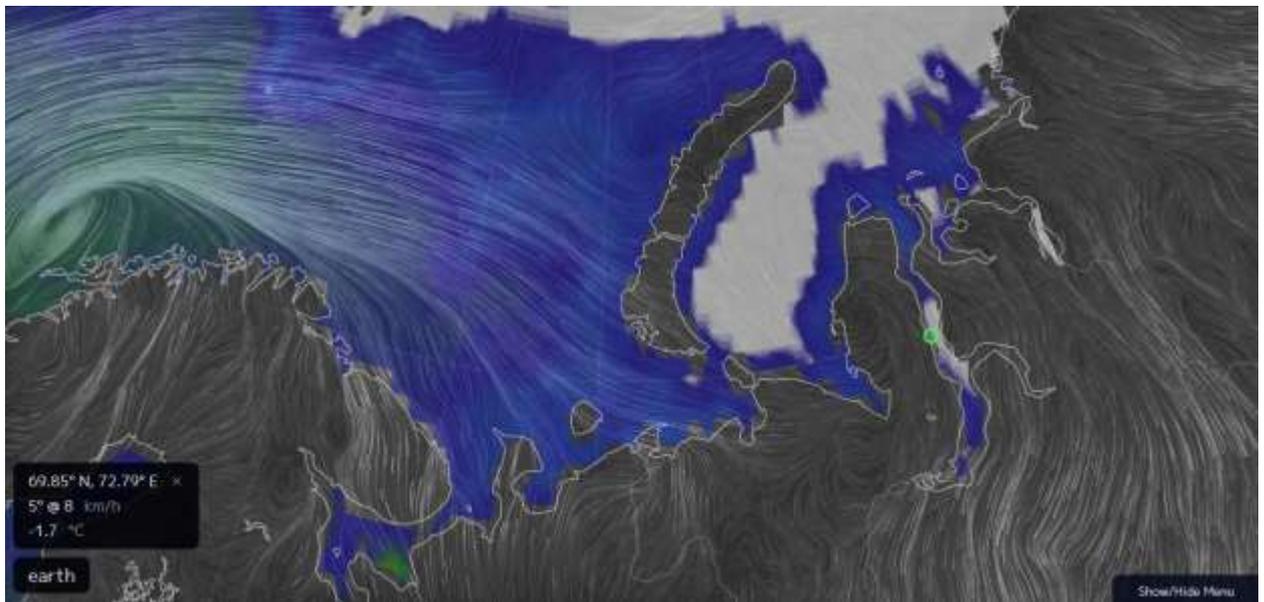


Рис.3.5. Ветра в акватории Северно-Ледовитого океана. Май 2021г.

Средние температуры и преобладающие ветра в зимние месяцы в акватории Северно-Ледовитого океана за зиму 2021 года.

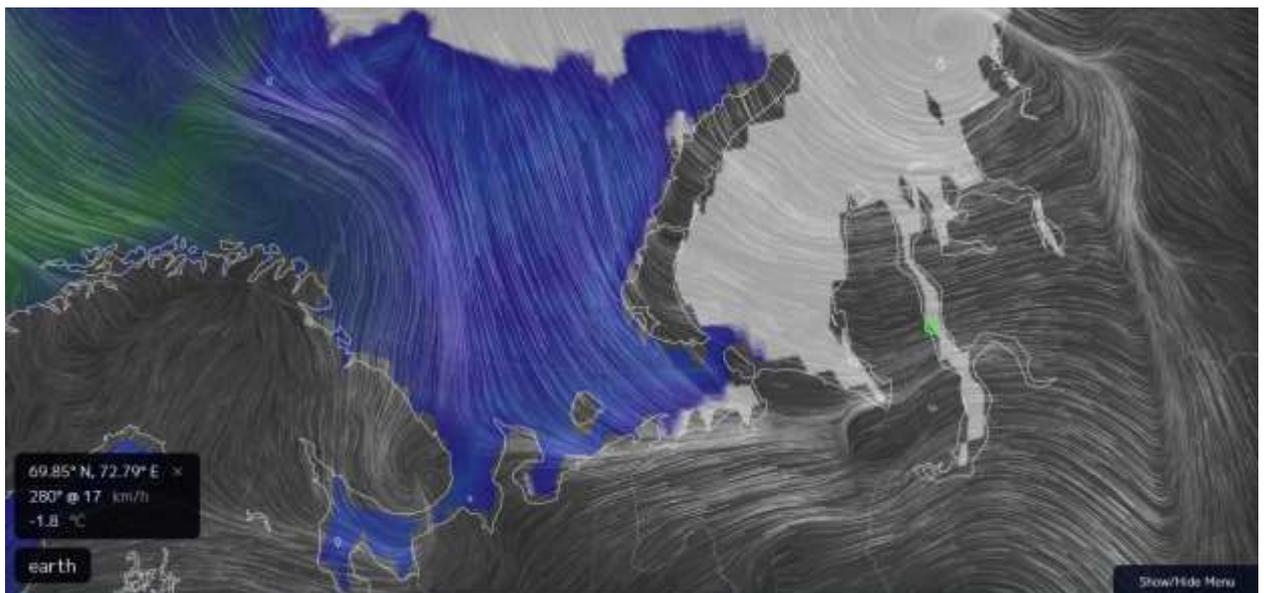


Рис.3.6. Средние температуры и преобладающие ветра. Январь 2021год.

Как можно заметить с рисунка 3.6 на большей части моря преобладают ветра южных направлений, на северо-востоке отмечаются также и ветры северных румбов.

Несмотря на относительную близость Атлантического океана, Карское море более сурово по средним температурам, чем расположенное к западу от него Баренцево море. Например рисунке 3.7 течения в зимний период(Январь 2021года). Явно виден Гольфстрим в северной части Северно-Ледовитого океана, но он не оказывает сильного влияния на акваторию Обской губы с

портом Сабетта. На рисунке 3.8 видна сплоченность морского льда, температуры под ним близки к температурам замерзания, поэтому можно увидеть, что на мелководье в устьях рек более сильная сплоченность нежели в местах с большими глубинами.

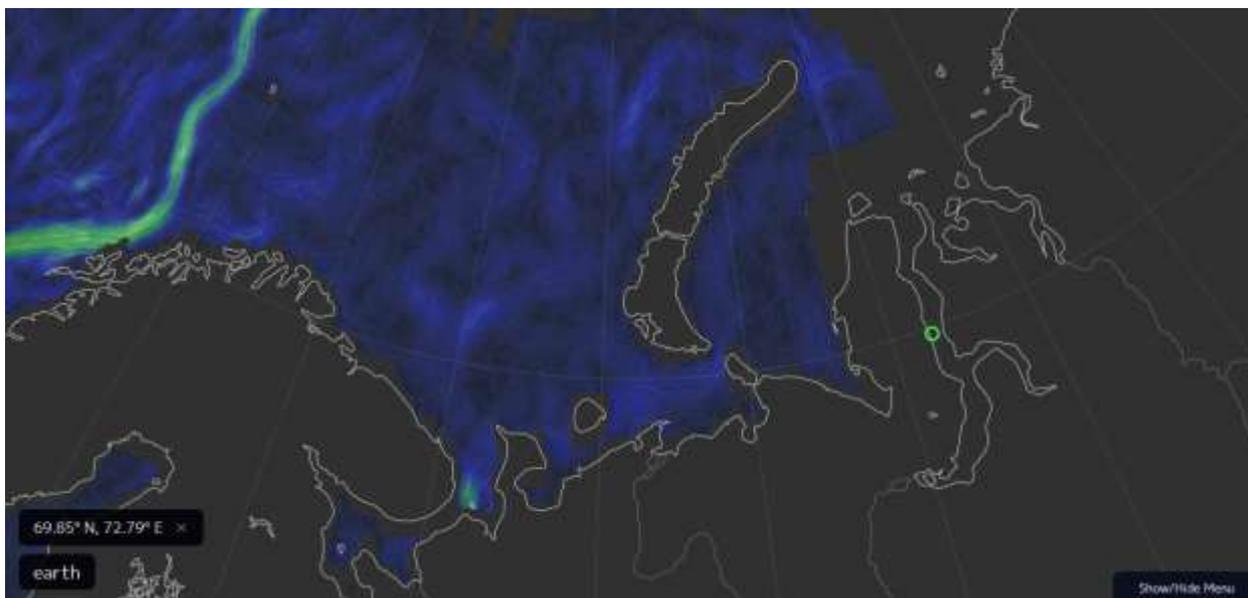


Рис.3.7. Карта течений. Январь 2021г.

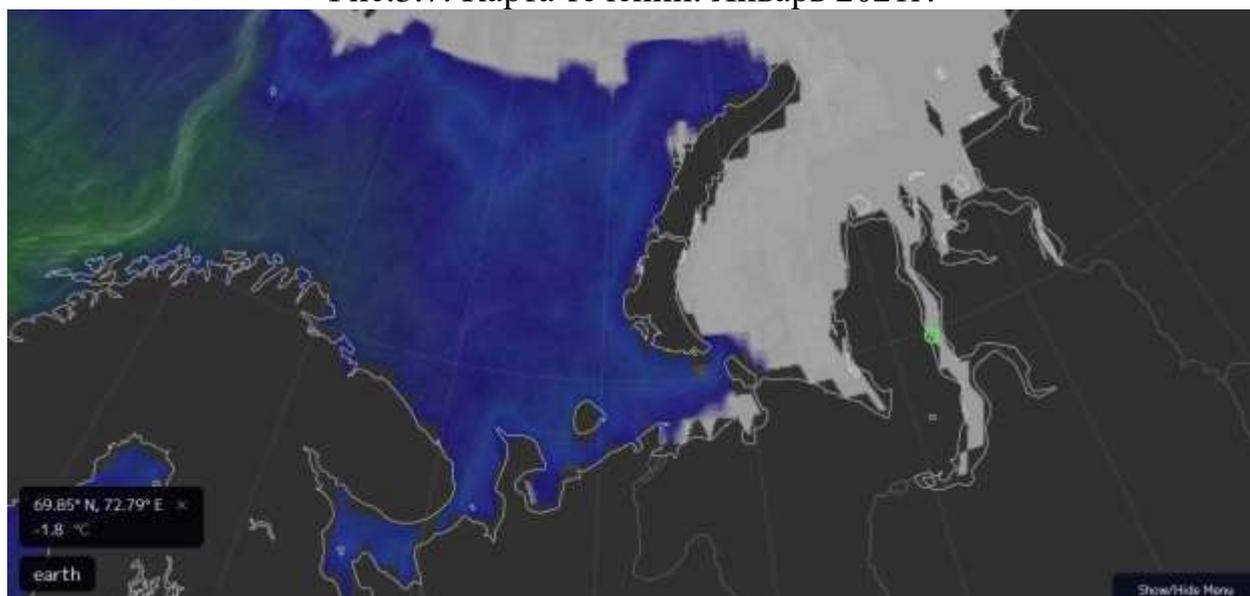


Рис.3.8. Сплоченность льда и средние температуры. Январь 2021г.

Климатические изменения на участке Северного Морского пути наглядно видны на рисунке 3.9 и 3.10, где видны очаги аномальных средних температур, что способствует уменьшению ледового покрова и таяния ледников в акватории.

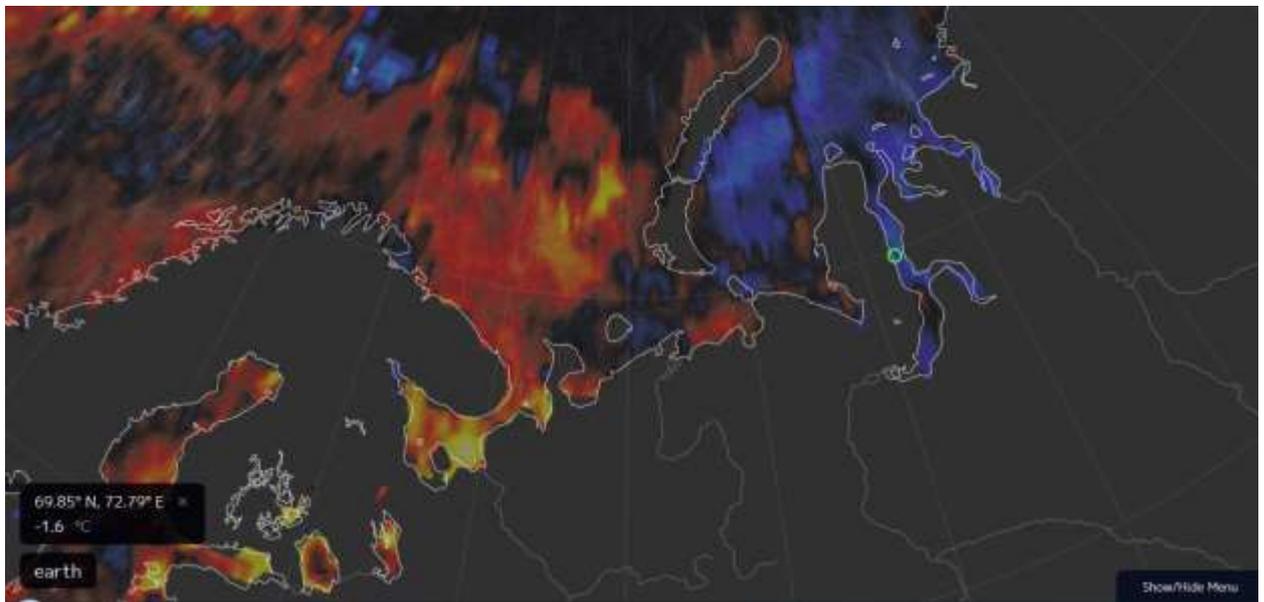


Рис.3.9. Карта аномальных средних температур. Май 2021г.

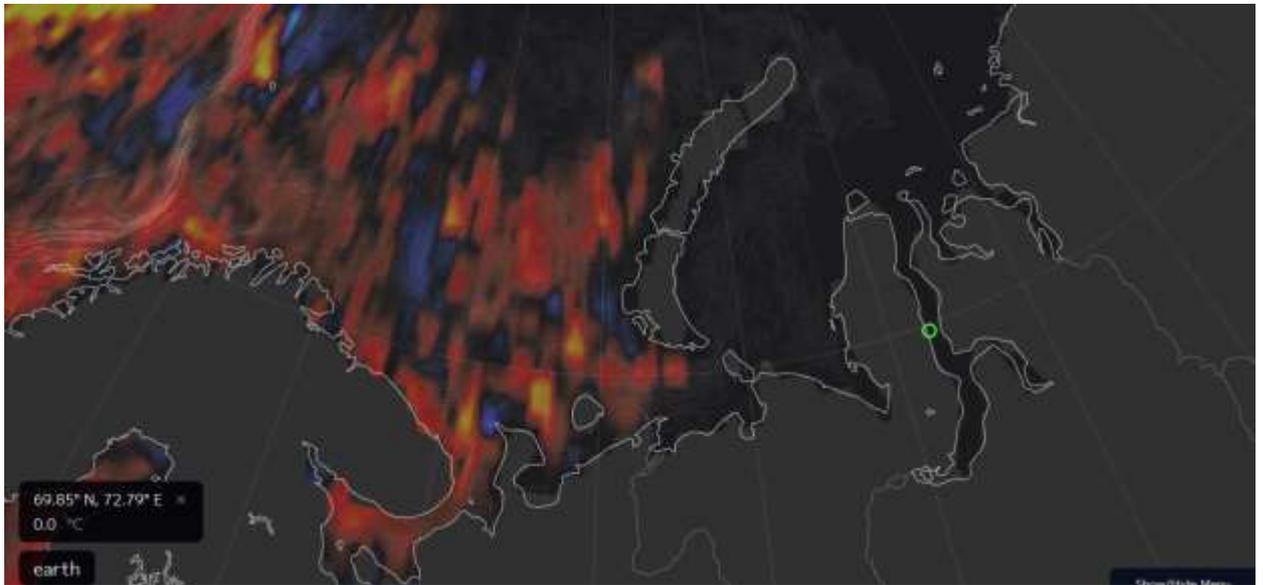


Рис.3.10 Аномалии температур и течений в акватории СМП. Май 2021г.

Использование спутниковых данных , а так же сервиса EARTH показало возможность прослеживания состояния ледяного покрова на трассах СМП. По результатам натурных данных было показано, что существует тенденция снижения ледяного покрова в акватории Северно-Ледовитого океана, в особенности в Карском море. Исходя из проведённого анализа можно сделать выводы о том, что на протяжении всего исследуемого периода наблюдаются снижение ледовитости моря. Однако наибольшее влияние на снижение ледовитости происходит в сезон активного намерзания и таяния льда. Тогда как такие месяцы как январь – март, а так же сентябрь не вносят особого вклада в уменьшение ледовой обстановки Карского моря. При рассмотрении в отдельности каждой части моря видно , что наиболее сильные изменения происходят в его северо-восточной части и в районах Обской Губы. Снижение ледовитости может положительно сказаться на транспортировке грузов по СМП из-за снижения затрат на ледокольную проводку.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе данной ВКР были описаны моря Арктической и Субарктической зоны, а так же гидрологические режимы каждого из морей, что позволило нам понять то как изменяется климат в данной области с течением времени. Были использованы дистанционные методы исследования, такие как спутниковые снимки, полученные в реальном времени при помощи геоинформационных

систем, а так же системы буёв ARGO. Геоинформационные сервисы так же позволили получить данные за десятилетний период, что наглядно показало, что климат арктической зоны подвержен изменениям. Арктика в последние три десятилетия нагревалась больше нежели чем остальные регионы земли. За время этих наблюдений площадь морского льда сократилась более , чем на 10%, а так же сократилось количество снежного покрова на суше. Неопределённость , связанная с потеплением имеет разнонаправленные последствия, так как потепление ведёт к деградации вечной мерзлоты, увеличению стока рек, образованию большего числа айсбергов, увеличению волновой активности, что в свою очередь снижает доступность транспортной системы Арктики, но с другой стороны потепление в Арктическом регионе создаёт в долгосрочной перспективе условия для реализации большего количество транспортных маршрутов, маршрутной карты из-за доступности судоходства в следствии снижения ледового покрова. Особенно изменения были видны в Карском море, которое является одним из самых трудных для судоходства в Арктическом регионе, что позволяет сказать о тренде на потепление в ближайшем будущем. Учитывая важность развития региона можно смело заявить, что Арктика является наиболее важным регионом развития РФ, а при помощи геоинформационных систем, а так же международной системы ARGO - следить за состоянием Арктического и Субарктического региона стало гораздо эффективнее.

#### Список литературы

1. <https://geosfera.org/evropa/2470-grenlandskoe-more.html>
2. [https://collectedpapers.com.ua/ru/climates\\_of\\_the\\_ussr/klimat-pivnichnix-moriv](https://collectedpapers.com.ua/ru/climates_of_the_ussr/klimat-pivnichnix-moriv)
3. Состояние арктических морей и территорий в условиях из-Сббменения климата: сб. тезисов Всероссийской конференции с международным участием / сост. С.В. Рябченко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. –199с.
4. <https://tochka-na-karte.ru/Goroda-i-Gosudarstva/1777-Labrador-Sea.html>
5. <https://www.britannica.com/place/Labrador-Sea>
6. J. A. Chalmers and T. C. R. Pulvertaft. [Development of the continental margins of the Labrador Sea: a review](#) // [Non-volcanic Rifting of Continental Margins: A](#)

[Comparison of Evidence from Land and Sea](#) / Edited by R. C. L. Wilson, R. B. Whitmarsh, B. Taylor and N. Froitzheim. — London: The Geological Society, 2001. — С. 77. — (Geological Society Special Publication No. 187). — [ISBN 978-1-86239-091-1](#).

7. Павлидис Ю. А и др. Особенности полярного морфолитогенеза на шельфе Северо-Востока СССР. — М.: «Наука», 1981. — С. 33—96. — 272 с.

8. [http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp\\_id/7/](http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/7/)

9. <https://bigenc.ru/geography/text/v/1930434>

10. <https://bigenc.ru/geography/text/v/1930434>

11. <https://bigenc.ru/geography/text/2049073>

12. Иванов В.В. Пресноводный баланс Северного Ледовитого океана // Труды ААНИИ. — 1976. — Т. 323. — С. 138-147

13. Шпайхер А.О. Количество пресной воды в морских льдах полярных областей земного шара // Труды ААНИИ. — 1976. — Т. 323. — С. 168-177.

14. Иванов В.В. Основные принципы гидролого-морфологического районирования устьевых областей Арктики. — В кн. Факторы и принципы физико-географического районирования полярных областей Земли Л.: Гидрометеиздат, 1974. — С. 102-120

15. Антонов В.С. Распределение речных вод в Арктических морях. // Труды ААНИИ. — 1957. — Т. 208. — С. 25-53.

16. Иванов В.В., Никифоров Е.Г. Пути возможных изменений гидрологического режима Карского моря под влиянием межбассейновой переброски стока рек // Тр. ААНИИ. — 1976. — Т. 314. — С. 176-182.

17. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. — Изд.: МО, 1980. — 184 с.

18. Антонов В.С. Природа движения вод и льдов Северного Ледовитого океана // Труды ААНИИ. — 1968. — Т. 285. — С. 148-177.

19. Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 347 с.

20. Allison E, Perry A, Badjeck M et al. (2009) Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*, 10, 173–196

21. Easterling WE, Aggarwal PK, Batima P et al. (2007) Food, fibre and forest products. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (eds Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP et al.), pp. 273–313. Cambridge University Press, Cambridge.

22. Simo TIAINEN (Diversity Europe - GR III / Finland) Blue bioeconomy (Exploratory opinion at the request of the Finnish Presidency). NAT/770-EESC-2019-01573.
23. [Climate change and fishing | Marine Stewardship Council \(msc.org\)](#)
24. Simo TIAINEN (Diversity Europe - GR III / Finland) Blue bioeconomy (Exploratory opinion at the request of the Finnish Presidency). NAT/770-EESC-2019-01573.
25. [Influence of climate change on fisheries resources in the Arab region | GLOBEFISH | Food and Agriculture Organization of the United Nations \(fao.org\)](#)
26. Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк – Морская хозяйственная деятельность в Российской Арктике в условиях современных климатических изменений
27. [Fisheries \(akrdoc.org\) – интернет источник](#)
28. Зятькова, Л.К., Елепов, Б.С. У истоков аэрокосмического мониторинга природной среды («Космос» - программе «Сибирь»): монография. / Л.К. Зятькова, Б.С. Елепов. - Новосибирск: СГТА, 2007. - 380 с.
29. Гарбук, С.В., Гершензон, В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. - М.: А и Б. - 1997.- 296 с.
30. Гонсалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс / пер. с англ. - М.: Техносфера, 2006. - 1072 с.
31. Замятин, А.В., Марков, Н.Г. Анализ динамики земной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли / А.В. Замятин, Н.Г. Марков.
32. [https://www.novatek.ru/ru/business/yamal-lng/yamal\\_infrastructure/](https://www.novatek.ru/ru/business/yamal-lng/yamal_infrastructure/)
33. <http://www.morvesti.ru/exclusive/88221/>