



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Ограничение горизонтальной дальности видимости в прибрежной
зоне Калининградской области»

Исполнитель Еринский Максим Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)
Лаврова Ирина Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой 
(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 06 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1 Балтийское море.	6
1.1 Климат Балтийского моря	8
1.2 Гидрологический режим Балтийского моря.	9
1.3 Балтийское море и его стратегическое значение.	12
1.4 Гидрометеорологические факторы, влияющие на навигацию в Балтийском море.	13
Глава 2 Метеопараметры и явления, влияющие на навигацию.	18
2.1 Ветер.....	18
2.2 Метеорологическая дальность видимости.	20
2.3 Туманы.	22
Глава 3 Исследование гидрометеорологических явлений опасных для мореплавания в прибрежной морской зоне Калининградской области.	23
3.1 Регион наблюдений.....	23
3.2 Исходные данные.	23
3.3 Анализ метеорологических явлений влияющих на горизонтальную дальность видимости.	24
3.4 Анализ явлений влияющих на видимость.	26
3.5 Анализ штормовых ветров.	27
3.6 Анализ обледенений.	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	44

ВВЕДЕНИЕ.

Наша планета окружена атмосферой, физическое состояние которой в определенном месте и в определенный момент времени характеризуется такими метеорологическими элементами, как температура, давление, ветер, влажность, облачность, видимость и прочие.

Помимо простых метеорологических явлений к метеорологическим элементам можно отнести разные в своём роде атмосферные явления, например такие как грозы, дожди, туманы и прочие. Сочетание этих элементов и явлений формирует понятие о погоде, которая определяет гидрометеорологическую обстановку. Различные исследования работы морского транспорта показывают, что время и сложность пересечения морских маршрутов в значительной степени зависит от правильного учета гидрометеорологической обстановки во время плавания. Поэтому знание фактической гидрометеорологической ситуации на маршруте и прогноз ее изменений абсолютно необходимы для морской навигации, в случае данной работы выделена прибрежная часть Калининградской области и морская прибрежная зона.

Калининградская область - самый западный субъект Российской Федерации, с основной территорией России соединенный только морем из-за чего является полуэксклавом. В связи с напряженной политической обстановкой резко встал вопрос с снабжением данной области, большая часть грузов поступающих в Калининград проходит свой путь по морю, меньшая часть поступает на территорию эксклава воздушным путём.

До начала санкций, снабжение Калининграда так же было благодаря сухопутному соединению через страны Прибалтики, но после обострения отношений и ввода санкций у Калининграда остались только морской и воздушный способы снабжения.

Для меня стал интересен морской способ снабжения. Поскольку в настоящий момент соединение Калининградской области с основной частью РФ обеспечивают 26 единицы флота, которые обеспечивают для Калининграда порядка 40%-50% всего объёма перевозок которые совершаются в Калининградскую область и из неё.

Ветры, приливы, туманы и другие метеорологические условия могут значительно затруднить движение судов и представлять серьезную угрозу для безопасности мореплавания.

Морские суда зачастую встречаются со сложными метеорологическими условиями, которые вносят свой вклад в морские перевозки, штормы, туманы, сильный ветер и прочие явления могут сказаться на выбор маршрутов и сроки перевозок. Я решил выбрать данную тему в связи с тем, что в сложившейся политической ситуации снабжение Калининградской области в основном проходит по морю, в частности по акватории Балтийского моря, вследствие чего морские перевозки играют очень высокую роль в жизни и развитии данного региона

Исследование опасных для навигации явлений погоды в этом регионе имеет большое практическое значение для обеспечения безопасности мореплавания. Анализ погодных условий и разработка эффективных мер предосторожности помогут снизить риски аварий и минимизировать их последствия.

Цель работы: исследование опасных метеорологических явлений, влияющих на безопасность мореплавания в морской прибрежной зоне Калининградской области.

Задачи работы:

1. сформировать массив данных по судовым и береговым гидрометеорологическим наблюдениям в районе морской и береговой прибрежной зоны Калининградской области

2. проанализировать явления погоды, представляющие опасность для навигации в исследуемой акватории.

3. подробно рассмотреть отдельные синоптические ситуации при которых наблюдаются различные типы туманов над данной акваторией.

Глава 1 Балтийское море.

Балтийское море, как мелководное внутреннее море, полностью расположено на шельфе. Глубины до 200 метров занимают 99,8% его площади, при этом самые мелководные части моря - Финский, Ботнический и Рижский заливы. Дно этих заливов характеризуется ровным аккумулятивным рельефом с толстым слоем мягких отложений.

Большая часть дна Балтийского моря имеет сильно изрезанный рельеф. На его дне можно встретить впадины, которые разделены холмами и основаниями островов. Например, на западе моря встречаются Борнхольмская и Арконская впадины, а в центре - Готландская и Гданьская. На севере от острова Готланд находится самая глубокая впадина - Ландсортская.

По всей территории Балтийского моря расположены каменные гряды, а в центральной части моря можно увидеть уступы, продолжение глинтвов от северного побережья Эстонии к северной части острова Эланд. Также подводные долины представляют собой затопленные морем остатки ледникового форм рельефа. Нагляднее рельеф дна Балтийского моря можно увидеть на рисунке №2.

Балтийское море занимает депрессию на западе древней Восточно-Европейской платформы. Северная часть моря находится на южном склоне Балтийского щита, в то время как центральная и южная части принадлежат Балтийской синеклизе - крупной структуре древней платформы. Крайняя юго-западная часть моря относится к молодой Западно-Европейской платформе. На севере дна Балтийского моря преимущественно состоит из комплексов

докембрийского возраста, перекрытых ледниковыми и морскими отложениями. В центральной части участвуют горные породы силура и девона, а уступы образованы кембрийско-ордовикскими и силурийскими породами. На юге палеозойские комплексы перекрыты ледниковыми и морскими осадками. В прошлой ледниковой эпохе Балтийское море было покрыто ледниковым щитом, который после таяния образовал Балтийское ледниковое озеро. Примерно 13 тысяч лет назад озеро стало морем в результате соединения с океаном, с последующими трансгрессиями и отложениями на побережье. В северной части моря продолжается поднятие дна со скоростью до 1 см в год.

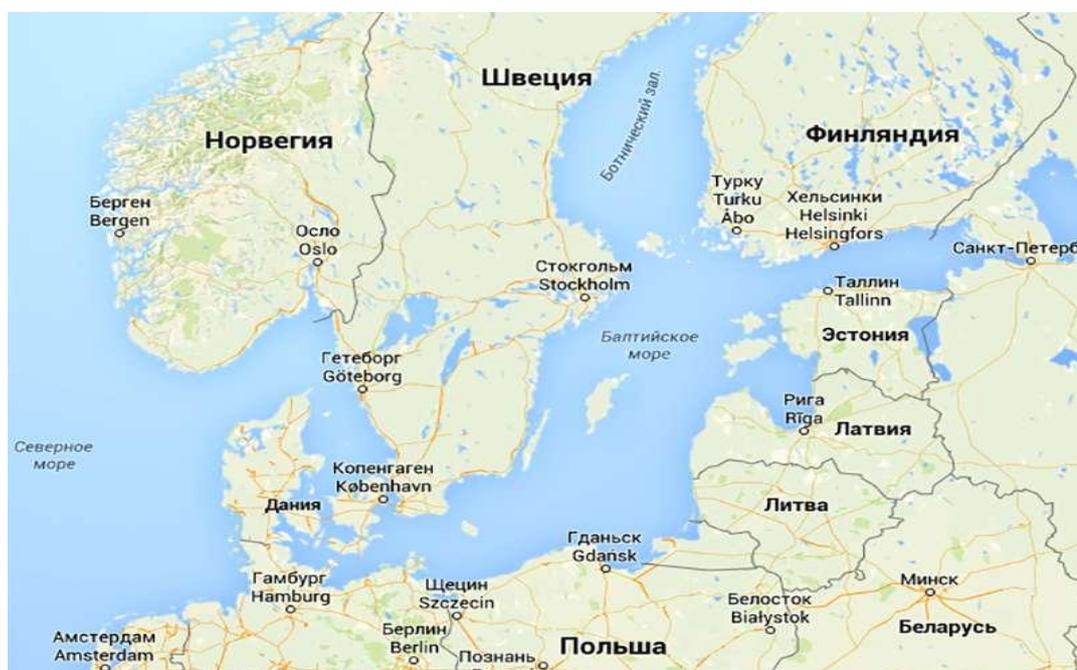


Рисунок 1. Балтийское море на карте.

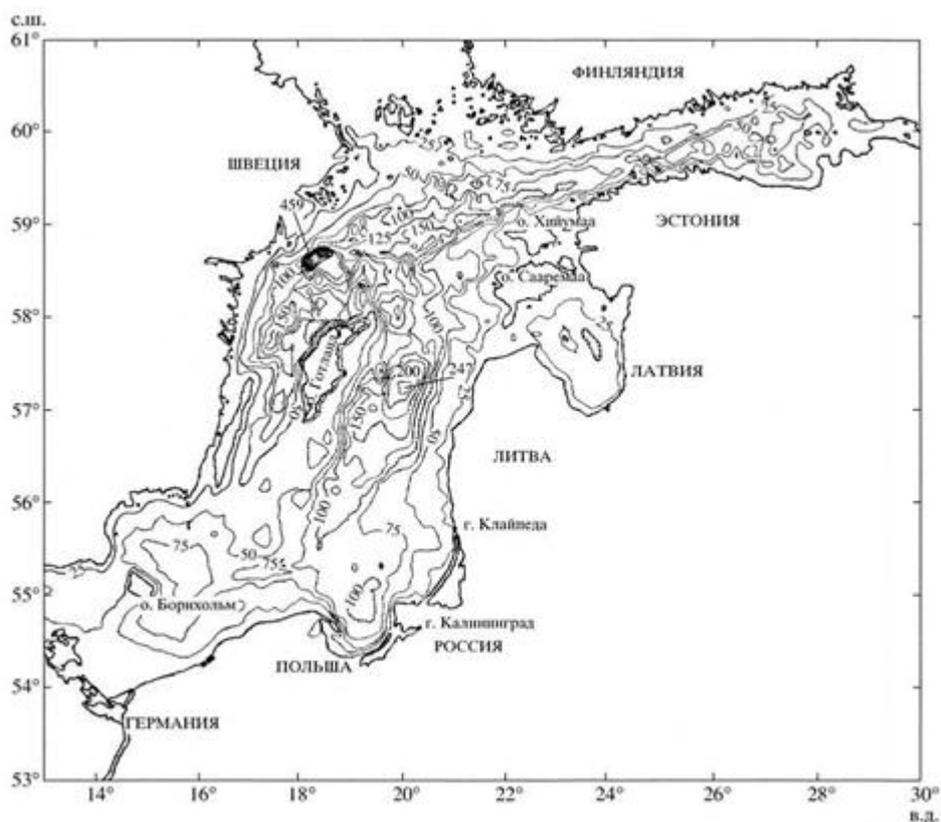


Рисунок 2. Рельеф Балтийского моря.

1.1 Климат Балтийского моря

Балтийскому морю присущ умеренный морской климат с чертами континентального. Его сезонные особенности зависят от нескольких барических центров Сибирского максимума на востоке и на западе Исландского минимума. В осенне-зимние месяцы достигается максимум циклонической активности

Балтийскому морю присущ умеренный морской климат с чертами континентального. Его сезонные особенности определяются взаимодействием барических центров: Исландского минимума и Азорского максимума на западе и Сибирского максимума на востоке. Циклоническая деятельность достигает наивысшей интенсивности в осенне-зимние месяцы, когда циклоны приносят пасмурную, дождливую погоду с сильными западными и юго-западными ветрами. Средняя температура воздуха в феврале составляет от $-1,1$ °C на юге,

–3 °С в центральной части моря, до –8 °С на севере и востоке, и до –10 °С в северной части Ботнического залива. Иногда на короткое время на Балтику проникает холодный арктический воздух, понижающий температуру до –35 °С. Летом также дуют ветры западных направлений, но они слабые, приносят прохладную влажную погоду с Атлантического океана. Температура воздуха в июле колеблется от 14–15 °С в Ботническом заливе до 16–18 °С в других районах моря. Иногда поступления тёплого средиземноморского воздуха вызывают кратковременное повышение температуры до 22–24 °С. Годовое количество осадков варьируется от 400 мм на севере до 800 мм на юге. Наибольшее количество туманов (до 59 дней в году) наблюдается на юге и в центральной части Балтийского моря, наименьшее (22 дня в году) – на севере Ботнического залива.

1.2 Гидрологический режим Балтийского моря.

Гидрологический режим Балтийского моря определяется его климатом, его значительным поступлением пресных вод и ограниченным водообменом с Северным морем. В Балтийское море впадает примерно 250 рек. Речной сток в среднем составляет 472 км³ в год. Самые большие реки, которые впадают в Балтийское море и приносят большее количество пресной воды: Нева, Висла, Неман, Западная Двина.

По территории пресный сток распределяется неравномерно. Наибольшее количество пресной воды поступает в Ботнический залив. Количество пресной воды из атмосферных осадков примерно равно испарению. Водообмен с Северным морем приблизительно составляет 1660 км³ в год. Более пресные воды с поверхностным стоковым течением уходят из Балтийского моря в Северное море, солёная североморская вода с придонным течением поступает через проливы из Северного моря. Сильные западные ветры обычно усиливают приток, восточные – сток воды из Балтийского моря через Датские проливы.

Гидрологическая структура Балтийского моря в большинстве районов представлена поверхностными и глубинными водными массами, разделёнными тонким промежуточным слоем. Поверхностная водная масса занимает слой от 20 до 90 м, температура её в течение года колеблется от 0 до 20 °С, солёность обычно в пределах 7–8 ‰. Эта водная масса образуется в самом море как результат взаимодействия морских вод с пресными водами атмосферных осадков и речного стока. Она имеет зимние и летние модификации, отличающиеся в основном по температуре. В тёплое время года отмечается наличие холодного промежуточного слоя, что связано с летним прогревом воды на поверхности. Глубинная водная масса занимает слой от 50–100 м до дна, её температура изменяется от 1 до 15 °С, солёность – от 10,0 до 18,5 ‰. Глубинная вода образуется в придонном слое в результате перемешивания с водой высокой солёности, поступающей из Северного моря. Обновление и вентиляция придонных вод сильно зависят от поступления североморской воды, которое подвержено межгодовой изменчивости. При сокращении притока солёной воды в Балтийском море на больших глубинах и во впадинах рельефа дна создаются условия для появления заморных явлений. Сезонные изменения температуры воды захватывают слой от поверхности до 50–60 м и глубже обычно не проникают. Ветровое волнение особенно сильно развивается в осенне-зимнее время при продолжительных и сильных юго-западных ветрах, когда отмечаются волны высотой 5–6 м и длиной 50–70 м. Наиболее высокие волны наблюдаются в ноябре. Зимой развитию волнения препятствует морской лёд. В Балтийском море всюду прослеживается циклоническая (против часовой стрелки) циркуляция вод, осложнённая вихревыми образованиями разных масштабов. Скорости постоянных течений обычно около 3–4 см/с, но на некоторых участках временами возрастают до 10–15 см/с. Из-за малых скоростей течения неустойчивы, их картина часто нарушается под действием ветров. Штормовые ветры вызывают сильные ветровые течения со скоростями до 150 см/с, быстро затухающие после шторма.

Приливы в Балтийском море из-за незначительной связи с океаном выражены слабо, высота 0,1–0,2 м. Сгонно-нагонные колебания уровня достигают значительных величин (в вершинах заливов до 2 м). Совместное действие ветра и резких перепадов атмосферного давления вызывает сейшевые колебания уровня с периодом 24–26 ч. Величина таких колебаний от 0,3 м в открытом море до 1,5 м в Финском заливе. Сейшевые волны при нагонных западных ветрах иногда вызывают повышение уровня в вершине Финского залива до 3–4 м, что задерживает сток Невы и приводит к наводнениям в Санкт-Петербурге, иногда катастрофического характера: в ноябре 1824 г. около 410 см, в сентябре 1924 г. – 369 см. Температура воды на поверхности Балтийского моря сильно изменяется от сезона к сезону. В августе в Финском заливе вода прогревается до 15–17 °С, в Ботническом заливе – 9–13 °С, в центральной части моря – 14–18 °С, в южных районах достигает 20 °С. В феврале в открытой части моря температура воды на поверхности 1–3 °С, в заливах и бухтах ниже 0 °С. Солёность воды на поверхности составляет 11 ‰ у выхода из Датских проливов, 6–8 ‰ в центральной части моря, 2 ‰ и меньше в вершинах Ботнического и Финского заливов. Балтийское море относится к т. н. солоноватым бассейнам, в которых температура наибольшей плотности выше температуры замерзания, что приводит к интенсификации процесса образования морского льда. Льдообразование начинается в ноябре в заливах и у берегов, позднее – в открытом море. В суровые зимы ледяной покров занимает всю северную часть моря и прибрежные воды центральной и южной его частей. Толщина припайного (неподвижного) льда достигает 1 м, дрейфующего – от 0,4 до 0,6 м. Таяние льда начинается в конце марта, распространяется с юго-запада на северо-восток и заканчивается в июне.

1.3 Балтийское море и его стратегическое значение.

Балтийское море имеет большое стратегическое значение, в Балтийском море содержится большой запас рыбных ресурсов, в нем обитает большое количество пресноводных видов рыб, такие как балтийский окунь, караси, судак, щука и многие другие. Активно ведется рыбный промысел. Так же ведется промышленная добыча редкого янтаря. В недрах морского дна были обнаружены запасы нефти, так же у побережья Финляндии идет активная добыча железной руды.

Балтийское море имеет большое транспортное значение, особенно для РФ, поскольку даёт относительно короткий торговый маршрут в Калининград из Санкт-Петербурга. По современным оценкам в 2020 году вывоз грузов из акватории Балтийского моря должен был составить около 400 миллионов тонн, в то время как ввоз грузов составлял около 155 миллионов тонн, а оборот грузов внутри морской акватории - около 180 миллионов тонн. Через Балтийское море осуществляются крупные перевозки различных видов грузов. Важную роль в общем объеме грузов, перевозимых морским транспортом, играют сырая нефть, нефтепродукты, сжиженный природный газ, каменный уголь, продукция по переработке древесины, железная руда, а также машины и оборудование. В общей сложности грузооборот морских портов Балтийского моря составил 478,6 миллионов тонн, а оборот контейнеров - 9209,9 тысяч единиц.

1.4 Гидрометеорологические факторы, влияющие на навигацию в Балтийском море.

Основными гидрометеорологическими факторами, которые оказывают влияние на навигацию в Балтийском море вблизи Калининградской области, являются:

1. Туманы: из-за близкого расположения водных поверхностей и наличия в близлежащих районах болот и озер, туманы в морской прибрежной зоне Калининградской области могут быть очень густыми, что затрудняет навигацию судов и увеличивает риск столкновения.
2. Сильные ветры: в прибрежной зоне Калининградской области часто бывают сильные ветры, которые могут создавать опасные волнения в море. Это может привести к крушению судов и угрозе жизни и здоровью моряков.
3. Грозы: в летние месяцы в Калининградской области часто проходят грозы, сопровождающиеся сильными дождями, молниями и громом. Это также может создавать опасность для морских судов, особенно при нахождении в открытом море.
4. Сильные течения: в районе Калининградской области часто встречаются сильные прибрежные течения, которые могут затруднить маневрирование судов и повлечь за собой аварии.
5. Ледообразование: в зимний период в Калининградской области может наблюдаться образование льда, что создает опасность для морских судов и может вызвать их заклинивание или крушение.

Поэтому для безопасной навигации в морской прибрежной зоне Калининградской области и для уверенного её снабжения необходимо принимать меры предосторожности и следить за погодными условиями.

Туманы:

Туманы в Балтийском море - явление частое. В открытом море повторяемость их 1-5%, в проливе Зунд с октября по апрель, а в южной части Ботнического залива в районе Або-Аландских шхер в марте - апреле повторяемость туманов составляет 10-20%. На побережье среднее годовое число дней с туманом колеблется от 20 до 70, только в районе порта Стокгольм уменьшается до 13; в районе города Свеннборг оно достигает 83. Чаще всего туманы наблюдаются с сентября - октября по март - апрель, когда среднее месячное число дней с ними изменяется от 2 до 10, в районе города Свеннборг - от 6 до 14, а в районе порта Осло - от 8 до 11. Реже всего туманы отмечаются с мая - июня по август. Для описываемого района характерны адвективные, фронтальные туманы и туманы испарения над акваторией и радиационные над сушей. В открытом море наиболее распространены адвективные туманы, образующиеся при прохождении теплого влажного воздуха над более холодной подстилающей поверхностью или холодного влажного воздуха над теплой поверхностью. Такие туманы чаще всего наблюдаются весной и летом, лишь у северного берега пролива Скагеррак они бывают преимущественно зимой.

В Ботническом заливе с марта по май, а в западной части моря с сентября по март возможны очень густые туманы. Зимой над морем часто наблюдается дымка.

Ограниченная горизонтальная дальность видимости:

В течение всего года в описываемом районе преобладает видимость более 5 миль, повторяемость которой в отдельные месяцы достигает 95 %. Наилучшая видимость отмечается с июня по август. Повторяемость видимости менее 2 миль в открытом море изменяется от 3 до 15%, а в вершинах заливов с декабря по март составляет 20-30%. В районе проливов Зунд, Большой Бельт, Малый Бельт, Каттегат и Скагеррак с ноября по март довольно часто отмечается видимость менее 0,5 мили: повторяемость ее в открытых частях

проливов 5-15%, а в заливах и бухтах, глубоко вдающихся в сушу, 25-30%. Чаще всего плохая видимость наблюдается утром и около полудня.

Зимой ухудшение видимости связано с выпадением осадков, а летом и весной с образованием туманов. Помимо всего этого вблизи промышленных предприятий и больших городов видимость зачастую ухудшается за счет спыления и задымления воздуха. Например в Ботнотеском заливе летом зачастую ухудшение видимости связано с появлением мшлы, которая появляется в результате обширных лесных пожаров.

Сильные ветры:

Самый страшный и сильный шторм В балтийском море наблюдался 24-25 ноября 1981 года, скорость ветра в нем составляла 33 м/с в среднем, в декабре 82 года в восточной части Балтики наблюдался еще один достаточно сильный шторм, скорость ветра в нем составляла 24-28 м/с. Направление ветра в большей части зависит от прохождения циклонов, так, при прохождении циклонов севернее Финского залива отмечаются штормовые ветры с направлением от юга и юго-запада с последующим их следующим переходом на запад и северо-запад. Если же циклоны проходят южнее Финского залива, то наблюдаются штормовые ветры с северо-востока и востока. Штормы в среднем длятся один день, в редких случаях могут длиться до трёх суток, чаще всего осенью. В южной части Балтийского моря чаще всего встречаются ветры с направлением с юго-запада и запада, а летом - с северо-запада. Такие ветры являются опасными для любых судов, любого тоннажа, поскольку могут вызвать большие волны, а так же привести к опрокидыванию судна.

Обледенение судов:

Большую угрозу для судоходства представляет такое явление как обледенение, которое набирает свою наивысшую интенсивность и силу в январе – феврале, но в целом может возникать в течении всего года.

Обледенение происходит в определенных условиях, а именно при отрицательной температуре воздуха и сильном ветре, который приводит к забрызгиванию судна. Еще обледенение может быть вызвано в следствии выпадения переохлажденных осадков. Обледенение может быть разным по силе: слабое, умеренное, тяжелое и экстремальное. А по интенсивности: медленное, быстрое и очень быстрое, эти показатели отмечены в таблице 1.

Таблица 1. Скорости роста толщины льда.

Обледенение	нет	легкое	умеренное	тяжелое	экстремальное
Скорость роста толщины льда, см/час	0	<0,7	0,7–2,0	2,0–4,0	>4,0

Для борьбы с обледенением рекомендуется привести в готовность все необходимые средства и спасательные средства.

При возникновении обледенения советуется сделать следующие шаги:

- привести в готовность все средства борьбы с обледенением, а также спасательные средства.
- немедленно приступить к постоянной очистке судна от льда и ледяной каши.
- изменить курс судна таким образом, чтобы частота забрызгивания была наименьшей.
- если есть такая возможность, то немедленно покинуть опасный район в котором ожидается обледенение, а так же перейти в сторону более теплого воздуха или течения.

Морские течения:

В прибрежной зоне Калининградской области встречаются несколько морских течений, влияющих на местный климат и экосистему. Более подробно течения Балтийского моря видно на рисунке №3. Одно из наиболее известных течений - это Балтийское морское течение, которое приносит воду из Северного моря и Атлантики. Это течение играет важную роль в транспортировке питательных веществ и влияет на температуру воды в регионе.

Кроме того, в районе Калининградской области также встречается Восточно-Балтийское течение, которое образуется в результате воздействия ветров и влияет на направление движения воды в области. Это течение также влияет на навигацию судов в Акватории Балтийского моря.

Важно отметить, что морские течения в прибрежной зоне Калининградской области могут изменяться в зависимости от сезона и погодных условий.

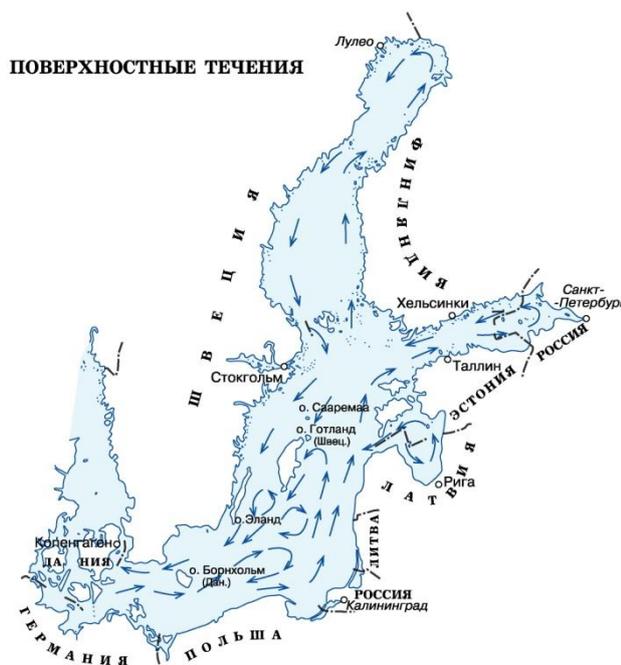


Рисунок 3. Течения Балтийского моря.

Глава 2 Метеопараметры и явления, влияющие на навигацию.

2.1 Ветер.

Ветер - это движение воздуха относительно земной поверхности. Он характеризуется скоростью и направлением. Направление ветра, принятое в метеорологии отличается от аэронавигационного на 180° . Прямой причиной возникновения ветра является неравномерное распределение давления по горизонтали. Как только возникает разность атмосферного давления в горизонтальном направлении, возникает сила барического градиента, которая заставляет частицы воздуха двигаться с ускорением из области высокого давления в область низкого давления. Эта сила всегда направлена перпендикулярно к изобаре в сторону низкого давления. Самые сильные ветры наблюдаются в области струйных течений, где скорость ветра может превышать 100 км/ч. Ось струйного течения с максимальной скоростью ветра обычно находится на высоте 1000-2000 метров ниже тропопаузы, разделяющей тропосферу и стратосферу. Толщина тропосферы варьируется от нескольких сот метров до 1-2 км. В этом слое падение температуры с высотой замедляется. Преобладающим направлением струйных течений является западное. В России струйные течения чаще всего наблюдаются над Дальним Востоком, центральной частью европейской территории, Уралом, Западной Сибирью и Средней Азией. Скорость струйного течения вблизи оси может достигать 300 км/ч

Местные ветры - воздушные течения, возникающие и приобретающие типичные свойства под влиянием местных физико-географических и термических условий. Над территорией РФ наблюдаются следующие основные типы местных ветров.

Бризы-ветры, возникающие по берегам морей и больших озер, а также на некоторых больших реках, имеют суточную периодичность. Дневной бриз направлен с моря на сушу, ночной - с суши на море. Морской бриз начинается с

10-11 часов утра и распространяется вглубь континента на 20-40 км, Береговой бриз начинается после захода Солнца, распространяется вглубь моря на 8-10 км

Горно-долинные ветры - местная циркуляция воздуха между горным хребтом и долиной с суточным периодом: днем-из долины вверх по нагретому, склону, ночью - со склонов горы в долину. Горнодолинные ветры наблюдаются во всех горных системах и особенно хорошо выражены в ясную погоду летом.

Бора - сильный холодный ветер, направленный с прибрежных невысоких гор на море. Бора распространяется в глубь моря на несколько километров, а вдоль побережья - на несколько десятков километров. Вертикальная мощность потока составляет примерно 200 м. Новороссийская бора (норд-ост), наблюдающаяся в холодную половину года со скоростью 40-60 м/с, вызывает понижение температуры до минус 20- 25° С. Разновидностью боры является сарма - ветер, дующий на западном берегу Байкала.

Фен - теплый сухой ветер, направленный с гор, сильный и порывистый. При фене на наветренной стороне хребта наблюдаются сложные метеорологические условия, на подветренной стороне, наоборот - сухая, малооблачная погода.

Средний ветер слоя атмосферы - расчетный ветер, который оказывает такое же результирующее действие на тело за время его прохождения данного слоя, как и реальный ветер в этом слое. Данные о среднем ветре в различных слоях атмосферы дают возможность судить о направлении и скорости перемещения радиоактивного облака, а, следовательно, об уровне радиации и площадях опасных зон заражения атмосферы и местности. Расчет и графическое отображение среднего ветра производится в метеоподразделениях по данным радиопилотных наблюдений.

Морские суда зачастую встречаются с сложными метеорологическими условиями, которые вносят свой вклад в морские перевозки, штормы, туманы, сильный ветер и прочие явления могут негативно сказаться на движении и навигации судов. Я решил выбрать данную тему в связи с тем что в сложившейся политической ситуации снабжение Калининградской области в

основном проходит по морю, в частности по акватории балтийского моря, в следствии чего морские перевозки играют очень высокую роль

Штормовой ветер - это мощный ветер, который обычно сопровождается сильными осадками, грозой и громом. Он может возникать в результате различия воздушного давления на большие расстояния, вызывая мощные циклоны или антициклоны.

Для морского судоходства штормовой ветер также представляет серьезную опасность. Он может вызвать большие волны и сильные течения, которые могут заставить судно потерять управление или даже потеряться. Кроме того, штормовой ветер может вызвать острой панику у пассажиров и членов экипажа, что может привести к несчастным случаям на борту.

Скорость штормового ветра обычно превышает 75 км/ч и может достигать 120-150 км/ч и более. Такая сила ветра способна нанести значительные разрушения, повалить деревья, повредить здания и инфраструктуру.

Поэтому моряки всегда стремятся избегать попадания в штормовые условия, следят за прогнозами погоды и предпринимают все необходимые меры предосторожности при подходе к таким опасным зонам

2.2 Метеорологическая дальность видимости.

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) является показателем прозрачности атмосферы, определяющим максимальное расстояние, на котором днем видны черные объекты размером более 15'•15' на северной стороне неба у горизонта. Если угловой размер объекта меньше 15'•15', то он не будет виден из-за недостаточной остроты зрения наблюдателя, а не из-за тумана или дыма.

Дальность видимости абсолютно черного объекта остается постоянной от азимута, если помутнение атмосферы однородно. Она зависит исключительно от атмосферного помутнения. Воздушный туман ярче из-за рассеивания света взвешенными частицами и молекулами воздуха. Яркость абсолютно черного

объекта равна нулю, но при наличии слоя атмосферы между объектом и наблюдателем яркость этого слоя добавляется к яркости объекта, что может привести к увеличению яркости воздушного тумана с увеличением расстояния до объекта.

Международная шкала видимости используется для оценки МДВ на метеорологических станциях с помощью баллов от 0 до 10. Такая шкала способствует единообразию в определении прозрачности атмосферы и удобству в шифровке метеорологических данных. Туман характеризуется МДВ менее 1 км, а дымка – в пределах 1-20 км. Таким образом, состояние атмосферы оценивается по шкале, обозначенной одной цифрой от 0 до 10.

Таблица 2. Характеристики МДВ.

Характеристика состояния атмосферы		Балл видимости	Метеорологическая дальность видимости	Удельная прозрачность атмосферы
Отличная видимость		9	50 км и более	0,925 и более
Хорошая видимость		8	20—50 км	0,823—0,925
	слабая	7	10—20 км	0,676—0,823
	заметная	6	4—10 км	0,376—0,676
Дымка	сильная	5	2—4 км	0,141—0,376
	очень сильная	4	1—2 км	0,02—0,141
	слабый	3	0,5—1 км	$10^{-3,4} - 0,02$
	заметный	2	200—500 м	$10^{-8,5} - 10^{-3,4}$
Туман	сильный	1	50—200 м	$10^{-34} - 10^{8,5}$
	очень сильный	0	Менее 50 м	Менее 10^{-34}

2.3 Туманы.

Туман - это атмосферное явление, когда капли воды или ледяные кристаллы, находящиеся в воздушной массе, уменьшают видимость до 1 км и менее. Туман образуется в при конденсации водяного пара непосредственно у поверхности земли. По своей физической природе туман похож на облако, только у поверхности земли. Часто одно явление переходит в другое. Например, когда туман поднимается, он превращается в низкое слоистое облако. Образование тумана по большей части связано с охлаждением воздушного слоя у поверхности, поэтому в зависимости от способа охлаждения воздуха туманы делятся на три типа - адвективные, радиационные

Радиационный туман образуется из-за выхолаживания поверхности Земли и прилегающего к ней слоя воздуха, при этом возникает инверсия температуры и при достаточной влажности воздуха образуется приземный туман, называемый радиационным. Наибольшая повторяемость радиационных туманов приходится на ночные часы, когда нет притока солнечной радиации, а земная поверхность и воздух теряют тепло. Радиационный туман отличается наибольшей плотностью у поверхности Земли и видимость здесь часто ухудшается до нескольких десятков метров. С высотой плотность убывает, и с высоты полета Земля сквозь него видна хорошо. С восходом Солнца радиационный туман, как правило, рассеивается.

Адвективный туман образуется в следствии охлаждении теплого и влажного воздуха, перемещающегося над более холодной подстилающей поверхностью. Зимой адвективный туман образуется в воздушной массе, перемещающейся с океана на материк, а летом - с материка на океан.

Фронтальные туманы - туманы, возникающие на атмосферных фронтах. Они бывают трех типов: предфронтальные, фронтальные и зафронтальные.

Предфронтальный туман образуется вследствие насыщения влагой холодного воздуха, находящегося под фронтальной поверхностью.

Фронтальный туман возникает непосредственно при прохождении фронта.

Глава 3 Исследование гидрометеорологических явлений опасных для мореплавания в прибрежной морской зоне Калининградской области.

3.1 Регион наблюдений.

Климат прибрежной зоны Калининградской области отличается от климата внутренних районов области. В прибрежной зоне климат умеренно морской, с мягкими зимами и прохладными летами. Зимой температура редко опускается ниже нуля, а летом воздух прогревается до +20-25 градусов Цельсия.

Одной из основных особенностей климата прибрежной зоны Калининградской области является высокая влажность воздуха, которая обусловлена нахождением области и города на побережье Балтийского моря. Это может приводить к частым туманам и дождливой погоде, особенно осенью и зимой.

В целом, климат прибрежной зоны Калининградской области весьма благоприятен для растительности и животного мира, что делает этот регион привлекательным для туристов и отдыхающих, что повышает популярность региона и приводит к его активному развитию, которое требует снабжение от основной части России.

3.2 Исходные данные.

Для анализа метеорологических факторов, которые влияют на навигацию морских судов в акватории Балтийского моря вблизи Калининградской области, были использованы данные с прибрежных станции Калининградской области и судовых данных.

Источник судовых данных – массив Национального Климатического Центра Данных (NCDC) США это архив фактических данных наблюдений с буёв, морских платформ и судов.

Судовые данные отобраны за период с января 1950 по декабря 2023 гг. по району:

54°с.ш. 19°в.д.

55°с.ш. 21°в.д.

Расположение района показано на рисунке №4.

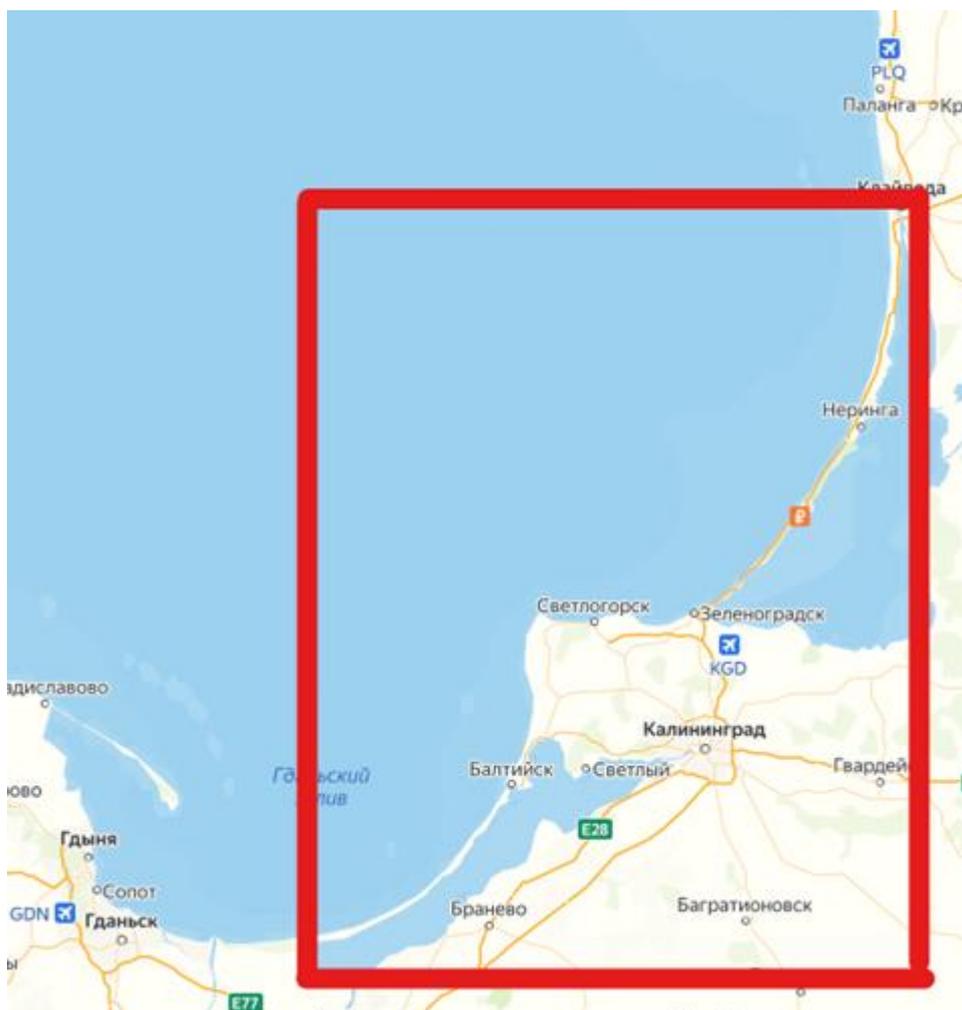


Рисунок 4. Расположение района для анализа по судовым данным.

3.3 Анализ метеорологических явлений влияющих на горизонтальную дальность видимости.

Как было отмечено выше, движение морского транспорта в условиях слабой видимости связано с высокой опасностью. Поэтому для отдельных категорий судов Правила плавания определяют ограничения при ухудшении горизонтальной дальности видимости менее 1 км. В таблице 4 и на рисунках ___ представлены повторяемости различных явлений погоды, при которых наблюдалось ухудшение видимости менее 1 км над рассматриваемой акваторией. К таким явлениям здесь относятся туманы, морось, ливневые и обложные осадки различной интенсивности, метели.

Таблица 3. Повторяемость явлений, при которых наблюдается ухудшение горизонтальной дальности видимости менее 1 км.

Явления	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Туманы	78,4	75,0	88,1	94,6	98,7	87,7	84,2	96,0	82,4	95,9	80,3	76,3
Морось	2,0	1,2	2,1	0,5	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
Ливень	4,9	2,4	1,5	0,5	0,6	0,0	5,3	0,0	11,8	2,0	4,5	1,7
Обложные слабые	0,0	1,2	1,0	1,0	0,0	5,7	5,3	4,0	0,0	2,0	1,5	6,8
Обложные умеренные	10,8	14,3	3,6	2,5	0,6	2,8	5,3	0,0	5,9	0,0	12,1	10,2
Обложные сильные	3,9	6,0	3,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,4

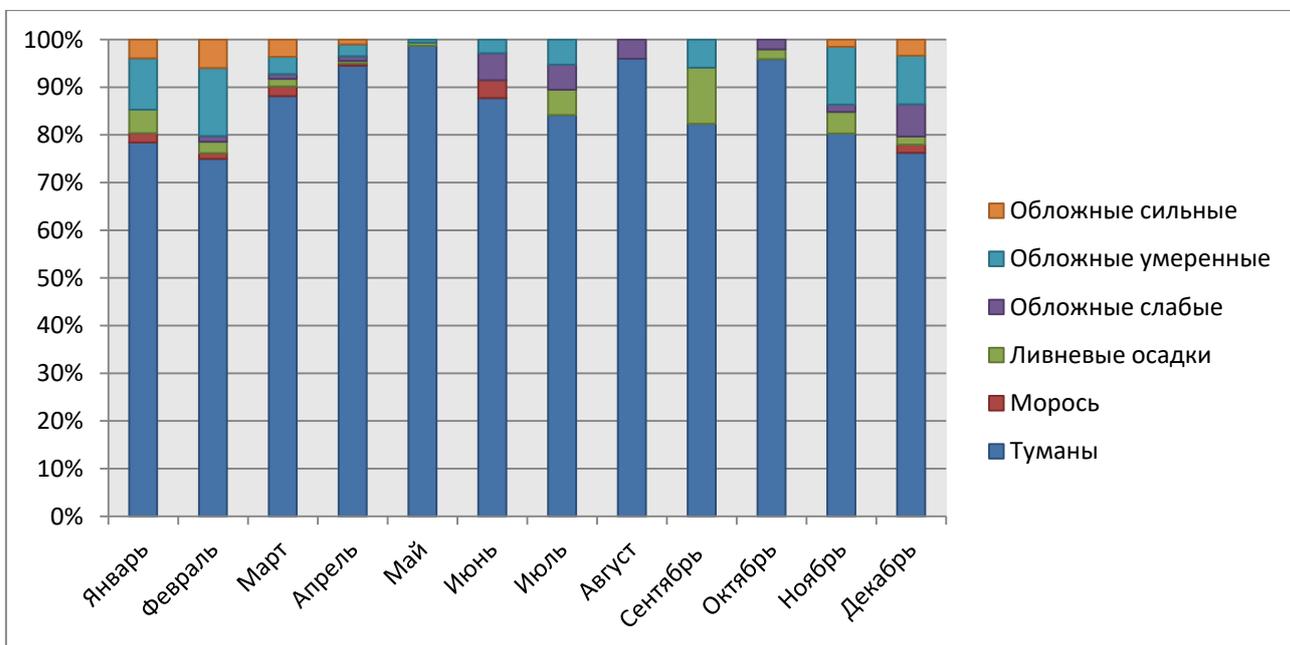


Рисунок 5. Повторяемости явлений при ухудшении горизонтальной видимости менее 1 км.

Исходя из этих данных можно предположить, что в основе своей летом и весной дальность видимости понижается за счет образования туманов, в летние месяцы туманы занимают от 84% до 96% случаев, весной же от 88% до 98%, а так же за счет ливневых и обложных осадков, лето до 5% случаев, а весной до 3,6%. Осенью количество таких явлений сокращается, вероятнее всего, потому что туманы формируются реже, но чаще наблюдаются осадков. Зимой же видимость понижается за счет метелей и туманов.

В качестве основного фактора наиболее влияющего на навигацию в прибрежной зоне Калининградской области, я выбрал туманы и явления влияющие на МДВ, поскольку они наиболее часто встречаются и наиболее сильно влияют на саму навигацию кораблей,

3.4 Анализ явлений влияющих на видимость.

Далее проанализирована повторяемость дальности видимости при туманах по данным судовых наблюдений. Результаты представлены на рисунке 6.

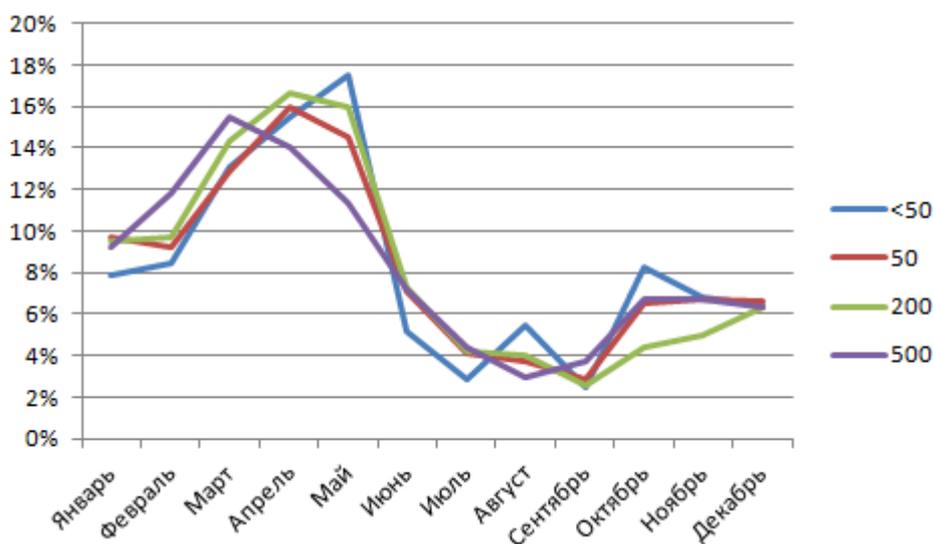


Рисунок 6. Повторяемость туманов при различной интенсивности.

По данным из данной таблицы можно определить, что явления влияющие на видимость в основном происходят в весенние месяцы, а так же летом, зимой и осенью их количество сокращается.

Месяц с самыми сильными туманами- май, а так же в апреле , наименьшее число слабых туманов наблюдаются в августе и сентябре.

3.5 Анализ штормовых ветров.

Так же немаловажно проанализировать еще один фактор, опасно влияющий на навигацию в прибрежной зоне Калининградской области, таким явлением будет штормовой ветер.

Далее было проанализировано, какие скорости и при каких направлениях ветра наиболее часто встречаются над рассматриваемым районом. Для этого рассчитаны повторяемости сильных ветров со скоростью 10 м/с, 15 м/с и 20 м/с и более. Результаты расчетов показаны на рисунке 7 и в таблице 4.

Таблица 4. Повторяемость ветра 10 м/с, 15 м/с и 20 м/с и более по месяцам.

Месяц	Количество	10	15	20
Январь	2292	31,9	7,4	1,0
Февраль	2944	28,0	6,2	0,7
Март	3147	20,0	4,2	0,3
Апрель	3892	12,0	1,2	0,0
Май	4254	6,0	0,6	0,0
Июнь	3669	6,9	0,6	0,1
Июль	3810	9,7	1,2	0,1
Август	4041	11,8	1,4	0,0
Сентябрь	3003	20,9	3,2	0,1
Октябрь	3576	27,2	5,8	0,7
Ноябрь	3272	32,5	8,4	1,4
Декабрь	2835	35,9	8,3	1,0

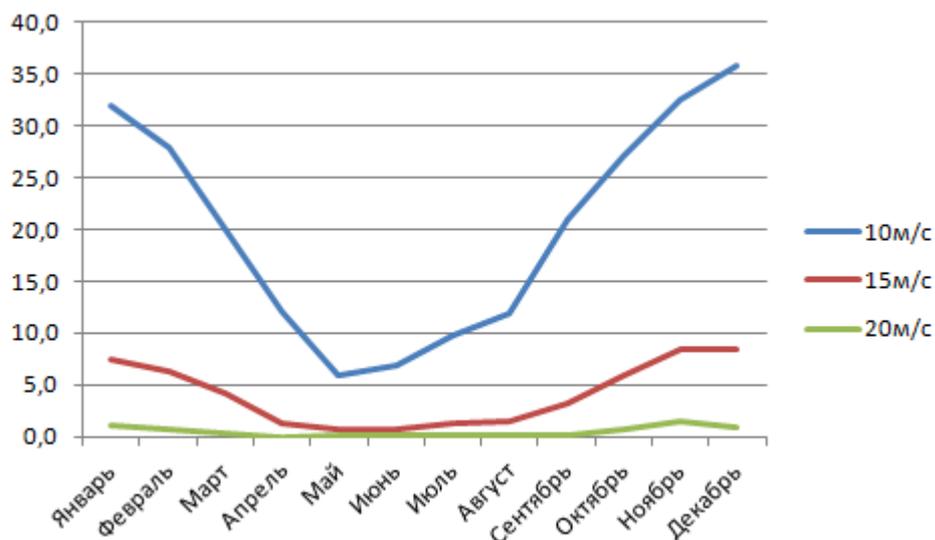
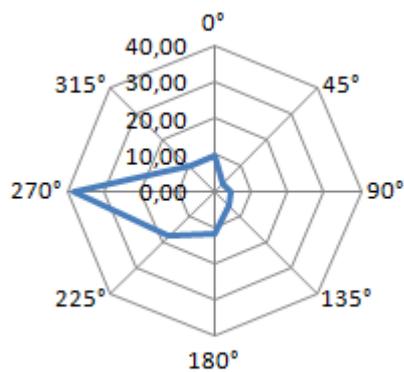


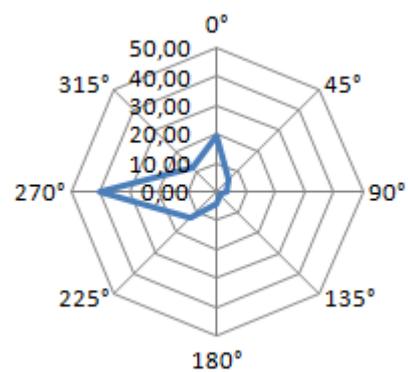
Рисунок 7. Повторяемость ветра 10 м/с, 15 м/с и 20 м/с и более по месяцам.

По данным из таблиц можно сделать вывод, что самые сильные ветра более 20 м/с случаются в ноябре, по данным из таблицы №8 май является самым ветреным месяцем, поскольку наибольшее число случаев ветра 4254 случая.

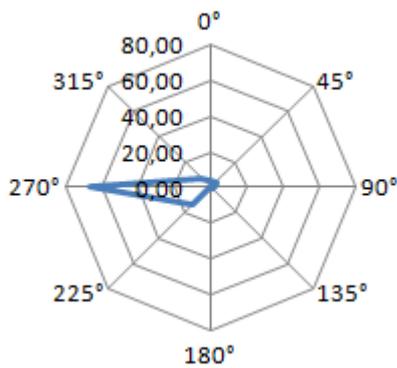
Для анализа направления ветра при штормовых ветрах (при средней скорости ветра 15 м/с и более) построены розы (рисунки №8) по данным судовых наблюдений для каждого сезона.



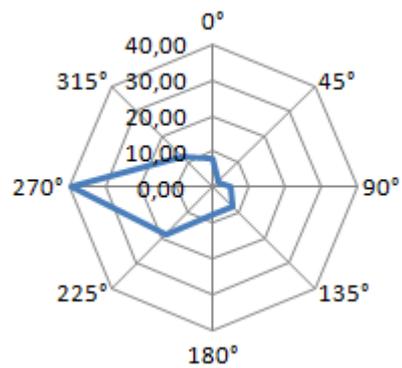
Зима



Весна



Лето



Осень

Рисунок 8. Повторяемость ветра по направлениям по данным судовых наблюдений

По данным полученных роз ветров, можно сделать что в Калининграде преобладают западные ветра скорость ветров которых составляет более 15м/с , связанно это с западным переносом, который играет большую роль в умеренных широтах. Осенью и зимой наблюдаются наибольшее количество ветров достигая 38-39%. В летний период направление ветра чаще всего строго западное и составляет 66%. Весной ветер либо западный либо изредка, в 19% случаев- северный, но при этом все так же преобладает западный порядка 40%.

3.6 Анализ обледенений.

Обледенения в той же степени что и туманы, грозы и штормовые ветра могут повлиять на навигацию судов в Балтийском море. Их анализ и прогнозирование может облегчит навигацию судов и понизить риски, поскольку обледенение является одним из наиболее опасных метеорологических явлений для судов, данное явление может заметно повысить центр тяжести, увеличить парусность, а так же влияет на устойчивость судна к волнам. Для того чтобы определить когда данное явление наиболее распространено, в какие моменты и в какие месяцы оно распространено, и когда является наиболее опасным проанализируем данные.

Для правильного анализа, понадобится рассчитать несколько значений по формулам ниже, а так же понадобится узнать соленость Балтийского моря.

Данные по солёности были взяты с сайта «World Ocean Atlas 2023», значения солености на данном ресурсе представлены с 1955 года по 2022 год. По данным с сайта были найдены и использованы значения солености в точке:

55°5' с.ш. 20°5' в.д.

Значения солености по месяцам:

Январь-6,6‰

Февраль-6,4‰

Март-6,2‰

Апрель-6,5‰

Май-6,5‰

Июнь-6,5‰

Июль-6,5‰

Август-6,4‰

Сентябрь-6,5‰

Октябрь-6,4‰

Ноябрь-6,5‰

Декабрь-6,6‰

Для начала нужно рассчитать T_f - температуру замерзания. Рассчитывается она по формуле (1.1).

$$T_f = -0,0575S + 0,001710523S^{\frac{3}{2}} - 0,0002154996S^2. \quad (1.1)$$

Чтобы рассчитать индекс обледенения используем формулу (1.2).

$$PPR = \frac{V(T_f - T_a)}{1 + 0,3(T_w - T_f)}. \quad (1.2)$$

После расчетов мы получили индексы обледенения. По данным индексам с помощью таблицы 5, определим степень обледенения и выявим частоту данного явления и количество случаев, таблица 6.

Таблица 5. Интенсивность и скорость обледенения в зависимости от показателя обледенения.

PPR	<0	0–22,4	22,4–53,	53,3–83,0	>83,0
Обледенение	нет	легкое	умеренное	тяжелое	экстремальное
Скорость роста толщины льда, см/час	0	<0,7	0,7–2,0	2,0–4,0	>4,0

Таблица 6. Обледенение и его степень силы по месяцам.

month	Легкое	Умеренное	Тяжелое	Общее число случаев
Январь	598	159	76	2072
Февраль	894	183	63	2606
Март	490	72	7	2760
Апрель	173	0	0	3407
Май	213	0	0	3816
Июнь	153	0	0	3187
Июль	149	0	0	3337
Август	133	0	0	3579
Сентябрь	60	0	0	2707
Октябрь	60	0	0	3174
Ноябрь	276	3	0	2868
Декабрь	495	53	3	2600

Для наглядности предоставлена гистограмма на рисунке 9.

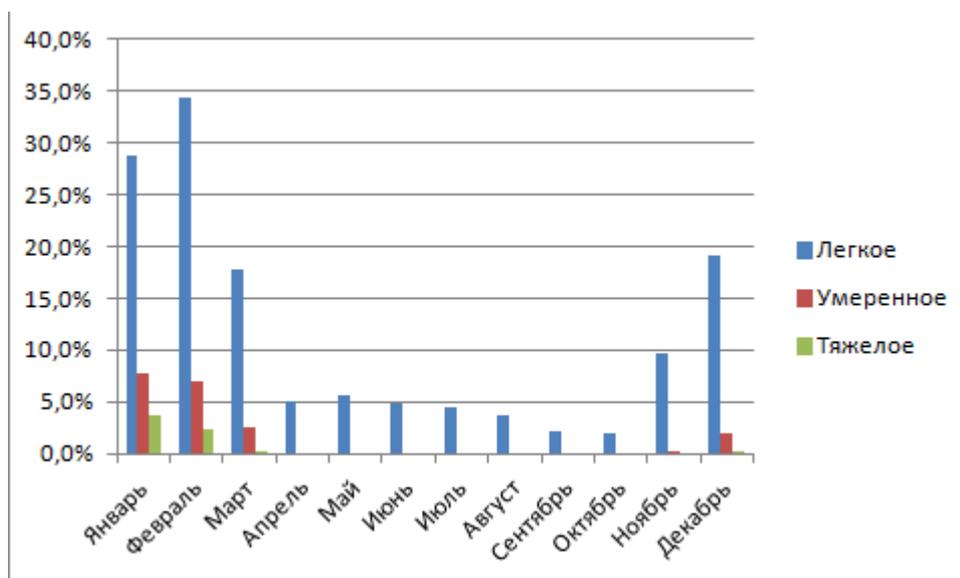


Рисунок 9. Обледенение по месяцам.

После анализа данных можно сделать вывод, что наибольшее количество явлений происходит в зимние месяцы и в месяцы с пониженной температурой, когда ни вода, ни воздух не успели прогреться. Месяц с наибольшим количеством обледенений - это Февраль, месяц с наименьшим количеством - это октябрь, самые тяжелые обледенения случаются в январе.

3.7 Анализ сильного тумана 20.06.2023.

Летом 2023 года, новостные полосы сайтов и новостных зданий Калининграда буквально взорвались о новости, невероятно мощного тумана, рисунок 10, который перепугал жителей города и всей области. Поскольку в данный период я лично находился в этом городе, и лично наблюдал данное метеорологическое явление, Поэтому я решил взять данный случай в качестве примера для разбора и проанализировать его «жизненный цикл», его момент зарождения и момент полного рассеивания, как развивался данный туман.



Рисунок 10. Туман 20.06.2023.

По данным интернет ресурсов видимость составляла 60-100 метров. В поисках причин данного явления, я принял решение проанализировать метеорологические карты, рисунок 11-16.

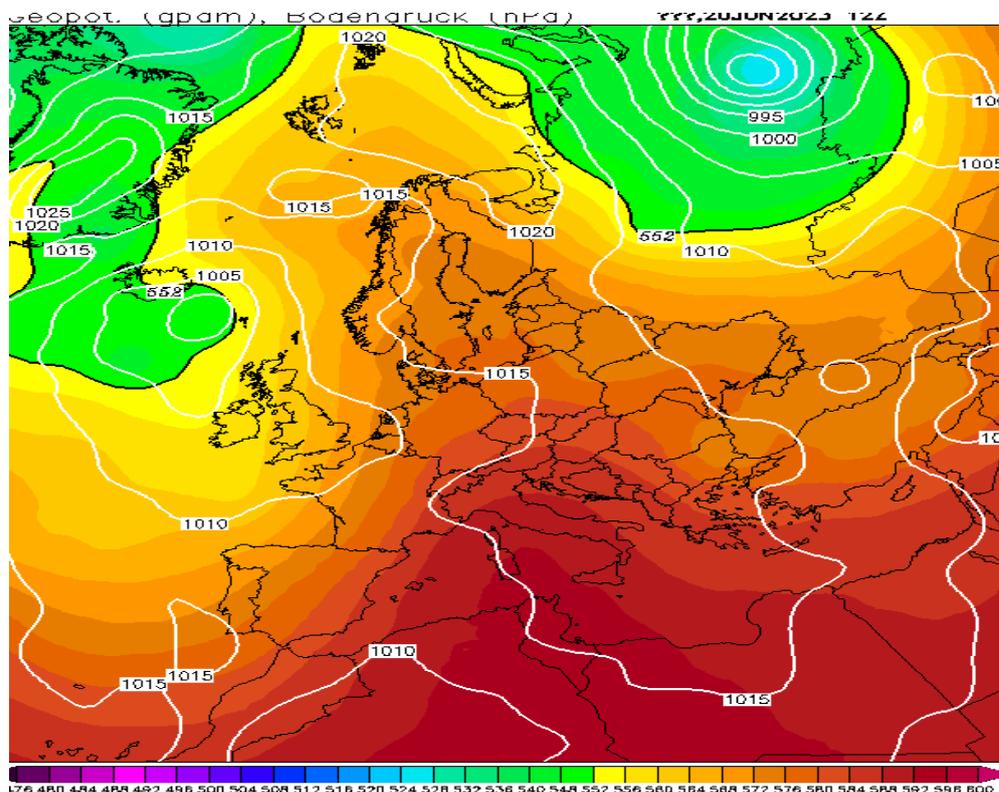


Рисунок 11. Синоптическая карта за 12 часов по UTC 20 июня 2023 года.

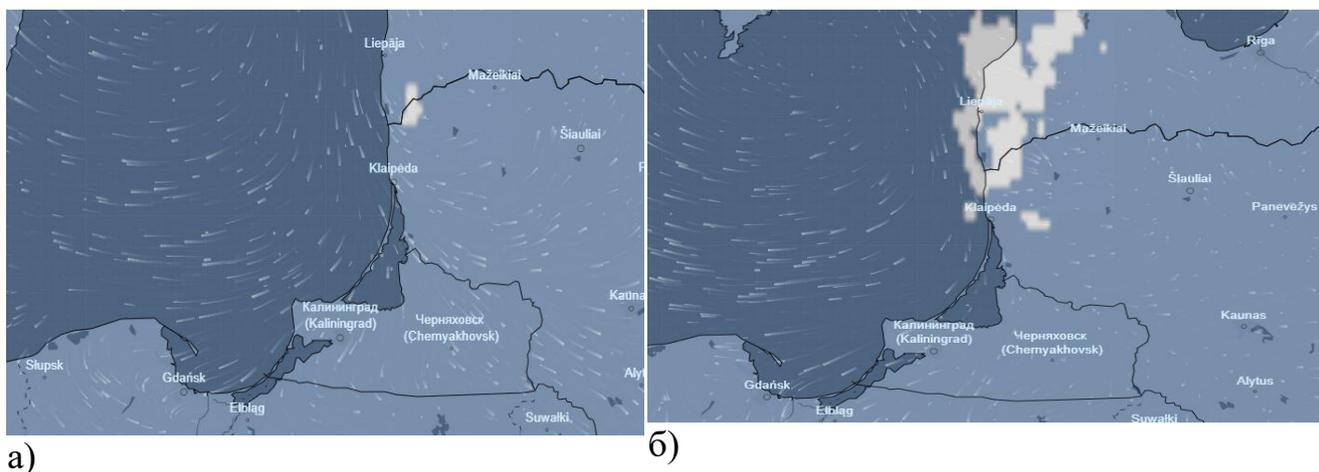


Рисунок 3. Туман 19.06.2023 г. в 18 ч (а) и 21 ч (б) по UTC, за. Реанализ ICON.

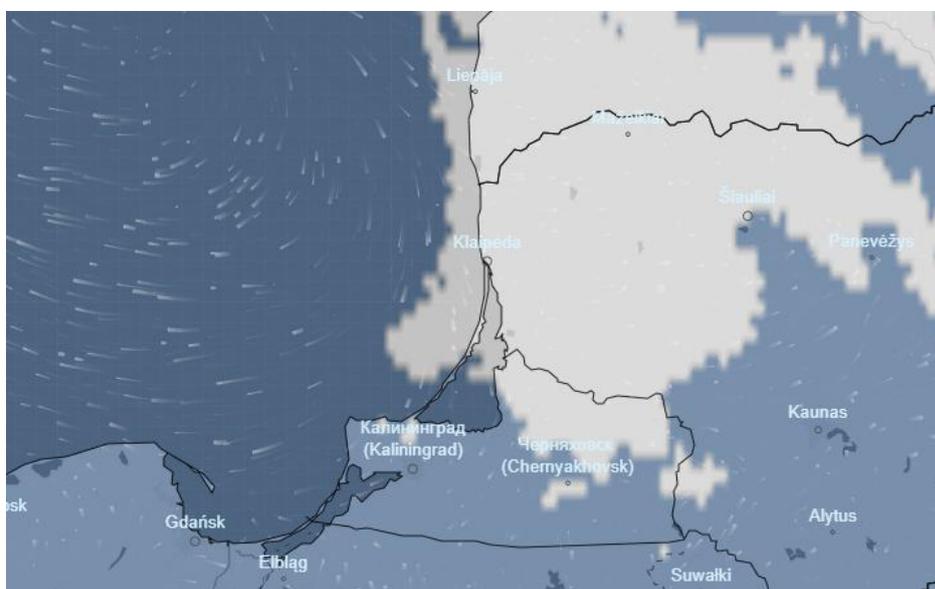


Рисунок 13. Туман 19.06.2023 г. 03 ч по UTC. Реанализ ICON.

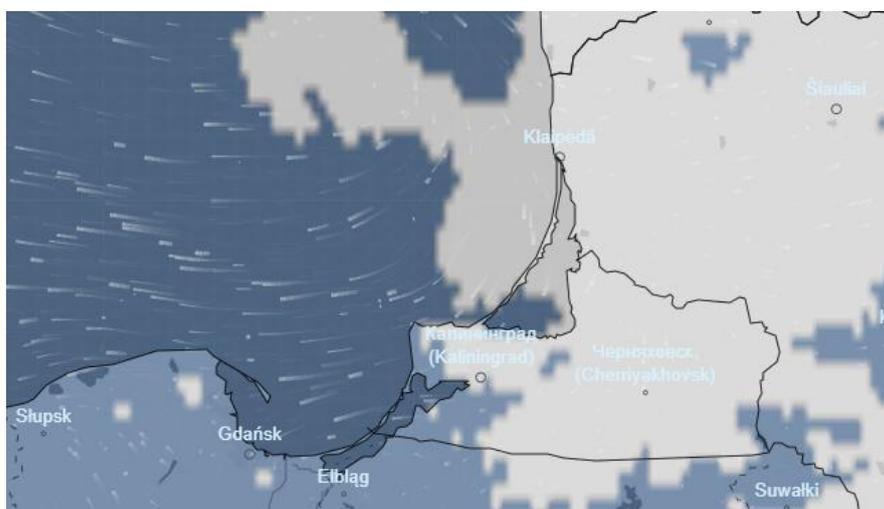


Рисунок 14. Туман 20.06.2023 г. в 06 ч по UTC. Реанализ ICON.

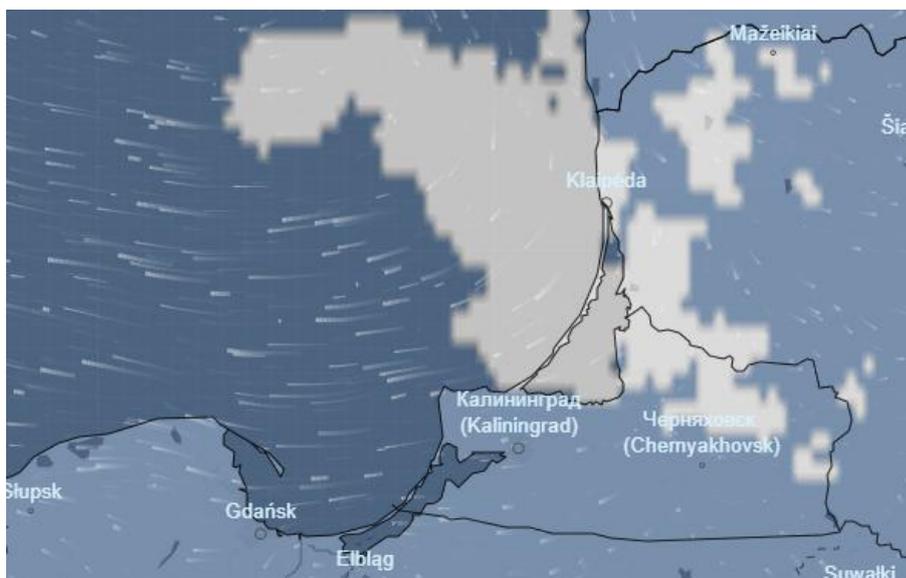


Рисунок 15. Туман 20.06.2023 г. в 09 ч по UTC. Реанализ ICON.

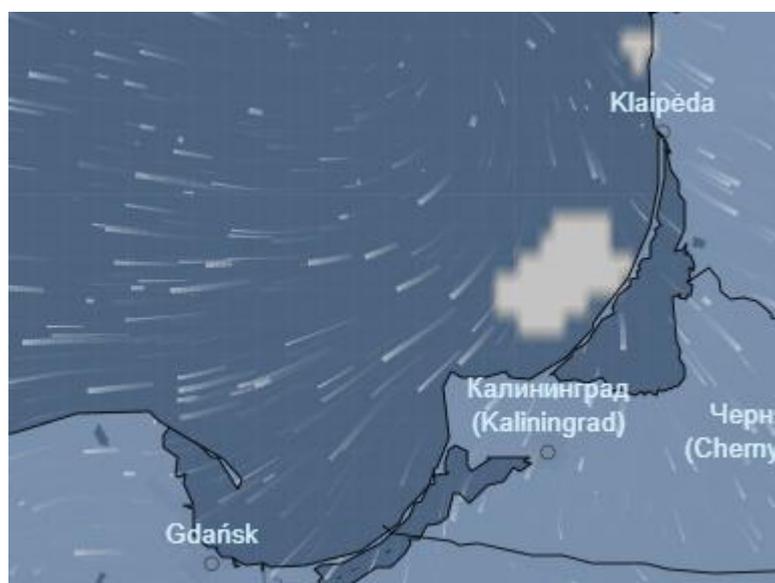


Рисунок 16. Туман 20.06.2023 г. в 15 ч по UTC. Реанализ ICON.

По данным с синоптических карт, проанализировав их можно сделать вывод что причиной образования сильного тумана стало перемещение относительно теплого и влажного воздуха над слоем более прохладного воздуха над поверхностью воды, идущего к побережью и его последующего охлаждения до точки росы с активной конденсацией, то есть данный туман является по своему происхождению адвективным.

Проанализировав карты и данные с сайта Ventusky, Можно заметить, что данный туман сформировался еще вечером 19 числа на территории Литвы и Латвии, примерно с 18-19 часов по UTC, вследствие охлаждения воздушной массы и конденсации влаги которая содержалась в ней. Поначалу туман покрывал малую площадь, но к 21 часу туман распространился уже на большую часть западного побережья Курляндского полуострова, а к 12 часам ночи уже распространился почти по всему полуострову, охватив огромную территорию.

В течение ночи туман медленно распространялся и двигался на юг, продвигаясь к территории Калининградской области, а так же на запад вглубь Балтийского моря, и к 6 часам утра достигнув и сам город дошел до Калининград.

Как только солнце стало активно нагревать сушу, туман над ней быстро исчез, оставаясь только над территорией моря, и у прибрежной зоны Калининграда и, а так же над Куршским заливом.

Окончательно туман исчез только после 15 часов.

3.7 Анализ сильного тумана 12.04.2023.

12 апреля 2023 года, над акваторией Балтийского моря появился сильный туман, который распространился от берегов Скандинавского полуострова, от острова Эланд, до северного побережья Польши и Побережья Калининградской области.

Для анализа данного тумана были рассмотрены синоптические карты, рисунок 17-21.

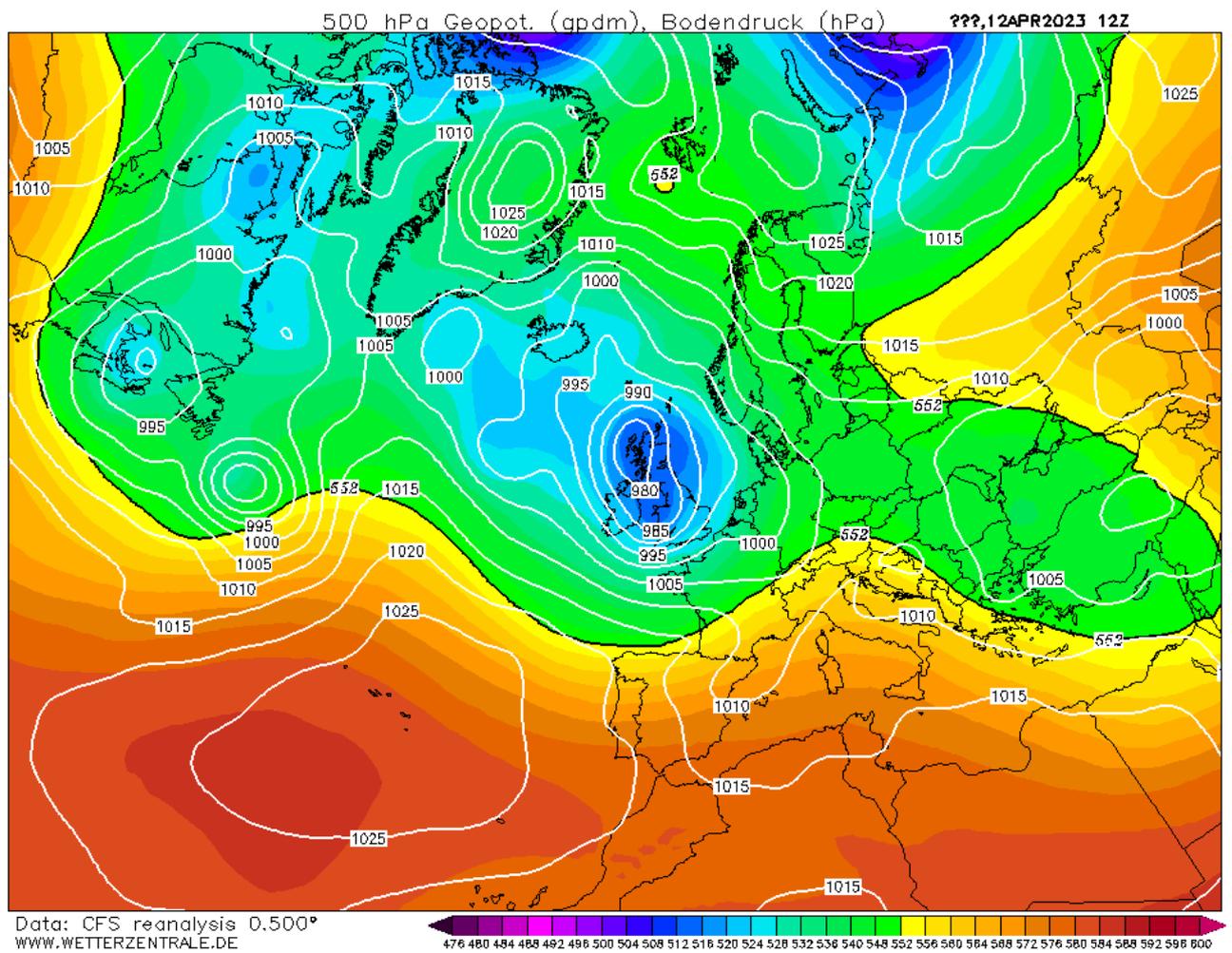


Рисунок 17. Синоптическая карта за 12 часов по UTC.

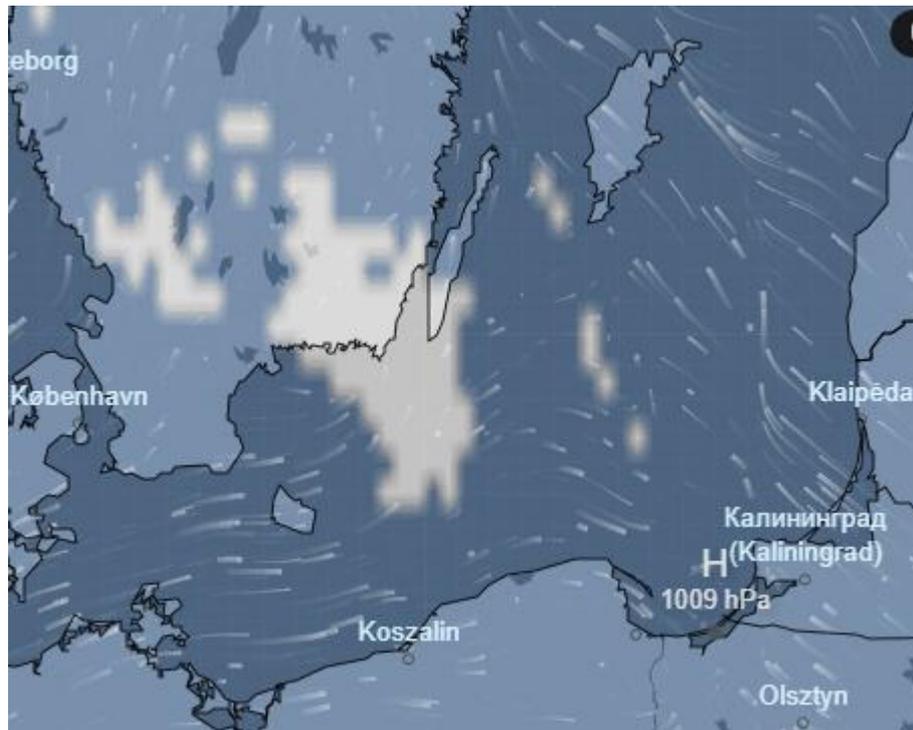


Рисунок 18. Туман в 00 по UTC 13.04.2023. Реанализ ICON.

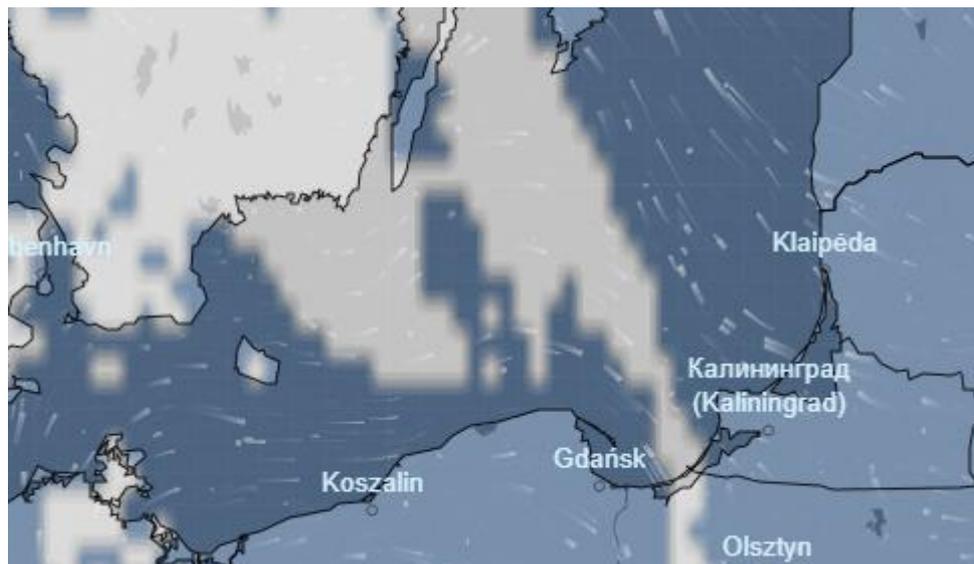


Рисунок 19. Туман в 06 по UTC 13.04.2023. Реанализ ICON.

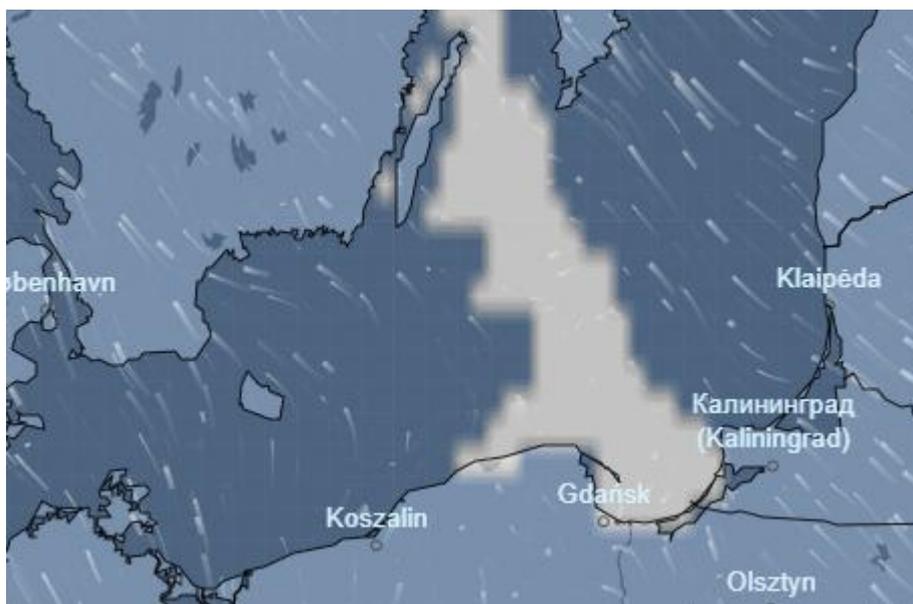


Рисунок 20. Туман в 12 по UTC 13.04.2023. Реанализ ICON.



Рисунок 21. Туман в 00 по UTC 13.04.2023. Реанализ ICON.

Проанализировав карты, а так же данные с сайта «Ventusky» можно сделать вывод, что туман зародился у берегов Швеции в 00 по UTC, после чего к 09 часам по UTC распространился на всю ширину Балтийского моря. К 12 часам общая площадь, поверхности моря которую покрывал туман, уменьшилась и туман в большей своей части занял Гданьский залив.

Окончательно туман развеялся к 00 началу следующих суток по UTC. Дальность видимости в тумане составляла не более 100 метров.

Появление тумана связано с прохождением фронтальной системы, и по своему типу является фронтальным. Зона тумана смещалась с фронтом. При прохождении холодного фронта, теплый воздух который стоял в регионе, столкнулся с холодным, в результате чего влажный теплый воздух стал охлаждаться и конденсироваться выпадая в туман.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данной выпускной квалификационной работе я рассмотрел опасные для навигации явления в прибрежной зоне Калининградской области. Были рассмотрены в качестве основных явлений - туманы, обледенения, штормовые ветра поскольку по анализу данных они происходят чаще всего и наиболее сильно оказывают своё влияние дальность видимости и затрудняют навигацию морских судов, усложняя как саму навигацию, так и увеличивая вероятность опасных ситуаций и аварий, которые пагубно могут повлиять как на акваторию Балтийского моря, так и на снабжение, развитие и качество жизни людей в Калининграде и Калининградской области. Ежегодно на просторах мировых океанов и морей происходят морские аварии, их количество исчисляется тысячами в год, к всеобщему счастью количество аварий сокращается из года в год, благодаря развитию и усовершенствованию навигационного оборудования и благодаря повышению количества и качества знаний о погоде, о процессах происходящих в атмосфере, помогающих предсказывать опасные метеорологические явления.

В ходе моей работы я проанализировал и узнал количество явлений влияющих в основном на дальность видимости, были проанализированы явления и выявлено что в основном на МДВ влияют туманы, которые зачастую понижают видимость до значений менее 1000 метров, что уже будет являться опасным для навигации явлением.

Большинство явлений тумана происходит в прибрежной зоне Калининградской области в весенние месяцы, что по большей части связано с разностью температур между морем и сушей, большая часть туманов будет являться туманами адвективными, но так же зачастую встречаются и туманы испарения

Так же в ходе работы были проанализированы данные ветра, который может стать проблемой для снабжения и судоходства в целом, по данным

анализа можно сделать вывод, что поскольку Калининград находится в умеренных широтах то ветер преобладает западных направлений, ветра больших скоростей возникают с постоянной периодичностью и достигают ощутимых значений, достигая в редких случаях скоростей более 25м/с, что является опасным явлением для судоходства, такие ветра вызывают значительное волнение моря, волны при таких ветрах могут достигать более 10 метров в высоту, что так же вызовет проблемы в навигации.

Помимо таких «основных» явлений, так же более редко встречаются и другие явления опасно влияющие на навигацию в данном регионе, из таких можно выделить метели которые в единичных случаях понижают видимость до 50-100 метров, и сопровождаются сильным волнением моря и ветром, отрицательной температурой. Так же могут влиять на навигации ливневые и обложные осадки, но их количество не так велико, из-за чего большее внимание в работе было уделено таким явлениям как туманы и штормовой ветер и обледенение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

- 1) <https://www.ncei.noaa.gov/data/marine/icoads3.0/enhanced-trim/>
- 2) <https://gningi.ru/images/journal/nig31.pdf>
- 3) <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-atlas-2023/bin/woa23.pl>
- 4) Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том III. Балтийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 132 с.
- 5) Воробьев В. И. Синоптическая метеорология – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1991, стр. 45–47
- 6) Баранов Н.Е., Гетман Л.П., статистический прогноз видимости в тумане и снегопаде в сложных метеорологических условиях 2002, стр. 474.
- 7) Качурин Л. Г., Степаненко С. Р., Перестройка структуры туманов и изменение дальности видимости при нагревании. 26 февраля 1972 г., стр.117.
- 8) Антонов А. Е., Настоящее и будущее Балтики долгосрочный гидрометеорологический прогноз 1 января 1994 г., стр. 154-156.
- 9) Хандожко Л. А.. Расчет скорости ветра в открытой части Балтийского моря, 1 марта 1963 г., стр 208-210.
- 10) Д. Г. Качурин, И. А. Смирнов, Л. И. Гашин. Обледенение судов, 1980г., стр. 25-32.
- 11) Аксютин Л. Р.. Обледенение судов, 1979г., стр. 58-62
- 12) Ленинград Гидрометеоиздат, Вопросы физики облаков и туманов 1 января 1956 г., стр 95-98.
- 13) <https://bigenc.ru/c/baltiiskoe-more-669329>
- 14) Колс К.А. Под парусом в шторм. 1985г., стр 111
- 15) Хандожко Л.А. Методика оценки экономического эффекта метеорологических прогнозов для морских портов в России. 2009г., стр. 85-94