



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

Кафедра метеорологических прогнозов

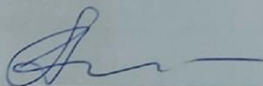
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Штормовые циклоны в Охотском море»

Исполнитель Прихолько Анна Сергеевна
(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)

«30» мая 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Оглавление

Введение	3
1. Общая характеристика циклонов.....	4
1.1 Особенности циклонической циркуляции	4
1.2 Стадии развития циклонов.....	5
1.3 Погодные условия в циклонах.....	7
2. Общая характеристика Охотского моря.....	9
2.1 Географическое описание Охотского моря	11
2.2 Климатические особенности Охотского моря.....	13
2.3 Хозяйственное использование Охотского моря.....	15
3. Анализ штормовых циклонов в Охотском море	17
3.1 Исходные данные.....	17
3.2 Повторяемость скоростей ветра	20
3.3 Анализ штормовых циклонов.	30
3.4 Траектории циклонов	36
3.5 Примеры траекторий циклонов	40
Заключение	52
Список используемых источников.....	54

Введение

Охотское море играет важную роль в экономике и безопасности России, являясь одним из самых богатых ресурсами регионов страны. Оно не только обеспечивает доступ к огромным запасам углеводородов, но и служит важным транспортным узлом для связи с Дальним Востоком и Курильскими островами. Кроме того, море богато биологическими ресурсами, такими как рыба и морепродукты, которые играют важную роль в пищевой промышленности и экспорте. Таким образом, Охотское море является не только экономическим, но и стратегическим активом России, подчеркивая его важность для национальной безопасности и экономического развития.

Актуальность темы обусловлена необходимостью изучения штормовых циклонов в Охотском море для обеспечения безопасности судоходства, рыболовства и нефтегазовой промышленности в регионе. Циклоны могут вызывать сильные ветры, высокие волны и наводнения, что приводит к экономическим потерям и человеческим жертвам.

Цель работы: изучение штормовых циклонов, которые становятся причиной штормовых ветров в Охотском море.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Составить базу данных по береговым метеорологическим станциям Охотского моря.
2. Проанализировать ветровой режим на станциях, в рассматриваемом районе.
3. Исследовать специфику циклонов, которые становятся причиной штормовых ветров в Охотском море.
4. Построить траектории перемещения штормовых циклонов и проанализировать их.

1. Общая характеристика циклонов

Циклон является один из главных факторов, определяющих погоду. Это барическое образование, в центре которого давление ниже, чем на его периферии. Поднимающийся вверх воздух сходится у поверхности Земли. На синоптических картах циклон отмечают как область с относительно низким давлением, которая ограничена хотя бы одной замкнутой изобарой. [1]

1.1 Особенности циклонической циркуляции

Циклоны бывают разных размеров. У мезо циклонов диаметр крайней замкнутой изобары составляет 200 км, а у заключительных циклонов циклонической серии — 4000 км. Самые крупные — это многоцентровые циклоны, в которых есть несколько областей с очень низким давлением.

Также циклоны могут формироваться в определённых районах, от этого зависят их размеры. Например, средний диаметр крупных циклонов в Северной Америке составляет 2500 км, а над Атлантическим океаном — 3200 км. Над океанами циклоны обычно больше, чем над материками.

Изобары в циклоне имеют эллиптическую форму. Летом они обычно более удлинённые, чем зимой.

Говоря о скорости перемещения - циклоны могут идти с разной скоростью, варьирующаяся от 0 до 2000 км в сутки. Обычно их средняя скорость от 700 до 800 км в сутки. Но существуют циклоны-бомбы, которые возникают над Атлантикой и быстро движутся к побережью Европы. Они вызывают самые непредсказуемые и опасные изменения погоды.

Во время холодного сезона приземные циклоны смещаются быстрее, чем в тёплый. Это происходит потому, что зимой сильнее контрастируют

температуры, из-за чего в средней и верхней тропосфере увеличиваются градиенты давления. А это ведёт к увеличению скорости ведущего потока.

Самые глубокие циклоны тоже чаще всего образуются зимой, так как именно в этот период года наиболее ярко выражены горизонтальные температурные контрасты. Чем выше температурная асимметрия в циклоне, тем значительно падает давление в нем. [2,3]

К тому же, циклоны обычно имеют большую глубину над поверхностью океанов. Особенно глубокие циклоны часто образуются в Северном полушарии над Северной Атлантикой, где их максимальная повторяемость отмечается в районе Исландии, а вместе с тем в северной части Тихого океана, где они чаще всего возникают у берегов Камчатки. Напротив, слабые и менее глубокие циклоны обычно наблюдаются в широтах между 35 и 45 градусами северной широты - в районе Средиземного и Чёрного морей. [1]

1.2 Стадии развития циклонов

Выделяют четыре стадии развития циклонов: возникновение (начальная стадия), стадию молодого циклона, когда циклон углубляется, стадию максимального развития и стадию исчезновения (заполнение). По мере прохождения этих стадий циклоны развиваются по вертикали и превращаются в мощные атмосферные вихри. В тропосфере с устойчивой стратификацией восходящие потоки воздуха в циклоне приводят к снижению температуры на всех высотах. Поэтому мощные циклоны несут с собой похолодание.

В высоких и умеренных широтах погодные условия формируются и меняются под влиянием фронтальных циклонов. Они возникают и развиваются в высотных фронтальных зонах, которые при определённых условиях расходуют свою энергию на их создание. Для фронтальных

циклонов различают три стадии развития: стадия волны, стадия молодой циклон и окклюдирование (включает в себя стадию максимального развития и стадию заполнения).

Когда формируется замкнутая циклоническая циркуляция, на фронте под высотной фронтальной зоной появляется волновое возмущение - это и есть стадия зарождения циклона, которую называют стадией волны из-за её фронтального характера. Эта стадия длится от появления волны на фронте до момента, когда у поверхности земли формируется первая замкнутая изобара, которая должна быть кратна 5 гПа. В это время в передней (правой) части циклона стационарный фронт начинает смещаться в сторону холодного воздуха, а в тыловой (левой) части — в сторону тёплого воздуха. Так в циклоне образуются тёплый и холодный фронты и тёплый сектор между ними. Стадия волны быстротечна и длится, как правило, около полусуток.

На втором этапе развития фронтальный циклон активно углубляется. На приземной синоптической карте стремительно возрастает количество замкнутых изобар и усиливается скорость ветра. Из-за конвергенции воздушных потоков возникают упорядоченные восходящие движения, что приводит к образованию облачности, особо мощной на атмосферных фронтах. Период молодого циклона обычно составляет не более 1,5–2 дней. [1,3]

При третьей и заключительной стадии развития происходит окклюдирование циклона. Этот процесс начинается со смыкания холодного и тёплого фронтов и завершается исчезновением циклона с приземной синоптической карте, то есть пропаданием последней замкнутой изобары (заполнением). Как правило, продолжительность этой стадии составляет 3–4 дня и зависит от особенностей структуры полей давления и температуры над центральной частью циклона. При подходящих условиях циклон может продолжать углубляться даже в процессе окклюдирования. Если же условия неблагоприятные, то заполнение циклона начнётся сразу после появления окклюзии. [3]

Когда циклон заполняется, он не только становится глубже, но и начинает развиваться вверх, в результате чего ведущий поток исчезает. Из-за этого скорость перемещения циклона сильно уменьшается, и он становится стационарным. Иногда такие циклоны имеют петлеобразную траекторию. Мелкие хаотические перемещения таких циклонов плохо предсказываются моделями. Кроме того, даже маленькое перемещение центра циклона приводит к смещению областей конвергенции, соответственно, и наиболее интенсивных районов облаков и осадков. [1,2,4]

1.3 Погодные условия в циклонах

В молодом циклоне различают три зоны с разными условиями погоды.

В передней части циклона, где холодный воздух встречается с тёплым фронтом, образуются облака типа Ns (слоисто-дождевые) – As (высокослоистые). Из этих облаков идут затяжные обложные осадки, которые усиливаются по мере подхода к фронту.

Тыловая часть циклона характеризуется погодой, которая зависит от типа холодного фронта. Если он перемещается медленно и состоит из облаков Ns - As, то за ним также идут обложные осадки, но их интенсивность уменьшается по мере удаления от фронта. Если же холодный фронт движется быстрее, за ним могут идти ливневые осадки, особенно если холодный воздух влажный и стратификация неустойчива. Однако же, если воздух сухой и в нём преобладают нисходящие движения, то небо чаще всего остаётся ясным.

Погода в тёплом секторе, который находится между холодным и тёплым фронтами, определяется тёплой и влажной воздушной массой. Зимой из-за охлаждения от подстилающей поверхности часто образуется низкая внутримассовая облачность типа St (слоистые), Sc (слоисто-кучевые), выпадают морсящие осадки и появляются адвективные туманы. Летом

может быть малооблачно или, при высокой влажности, образуются кучевые или мощно-кучевые облака.

В циклоне, который находится в стадии окклюзии, тоже можно выделить несколько частей с разными условиями погоды. Их разделяет фронт окклюзии.

В зонах, которые примыкают к фронту окклюзии, погода зависит от типа этого фронта (холодный или тёплый фронт окклюзии), характеристик тёплого воздуха над землей и степени окклюзии.

Если удалиться от фронта, где его влияние ослабевает, погодные условия будут отвечать типам холодных воздушных масс, разделённых фронтом окклюзии.

На периферии циклона, который вошел в стадию окклюзии, где всё ещё существуют холодный и тёплый фронты по отдельности, сохраняются три типа погоды, характерные для молодого циклона. [1,5,6]

В циклонах наблюдается температурная неравномерность во всех толщах. При этом тёплый сектор расширяется с увеличением высоты. После окклюдирования циклона температурная асимметрия в приземном слое пропадает, и разница температур у поверхности зависит только от особенностей подстилающей поверхности, облачности, скорости ветра и других погодных условий, таких как туман, запылённость и влажность воздуха. На высоте неравномерность остаётся и после окклюдирования циклона, но в целом окклюдированный циклон представляет собой однородное холодное образование. [5]

2. Общая характеристика Охотского моря

Охотское море значительно вдаётся в Азиатский материк и отделено от Тихого океана Курильскими островами. Почти везде оно ограничено естественными границами, и только на юго-западе условно отделяется от Японского моря.

Границы моря: юго-восточная — от мыса Носяппу (остров Хоккайдо) через Курильские острова до мыса Лопатка (полуостров Камчатка); юго-западная — от мыса Южный до мыса Тык и в проливе Лаперуза от мыса Крильон до мыса Соя.

Территория моря проходит с севера на юг от $62^{\circ}42'$ до $43^{\circ}43'$ северной широты и с запада на восток от $134^{\circ}50'$ до $164^{\circ}45'$ восточной долготы. Оно значительно вытянуто с юго-запада на северо-восток и расширено примерно в центральной части (рис.1).

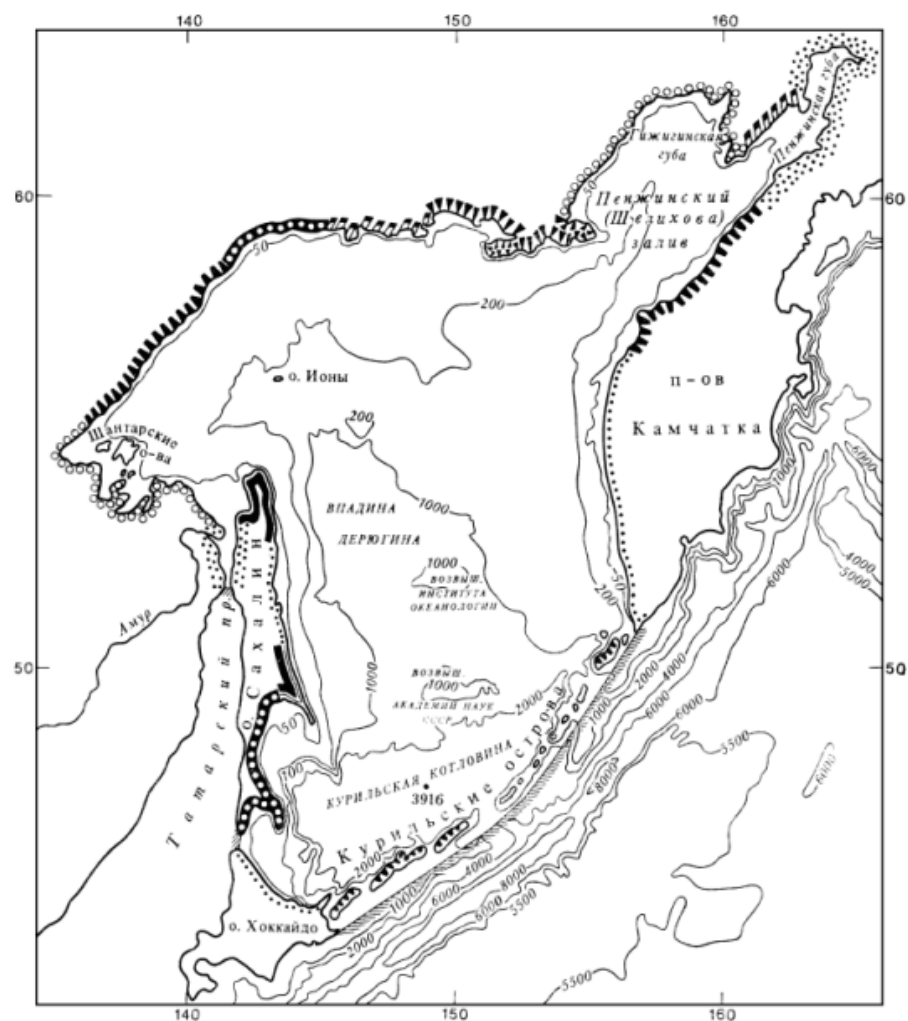


Рисунок 1 Типы берегов и рельеф дна Охотского моря

Охотское море — одно из самых больших и глубоких морей России. Его площадь составляет 1 603 000 км², объём — 1 318 000 км³, средняя глубина — 821 метр, а максимальная — 3 916 метров. По географическому положению, преобладанию глубин до 500 метров и значительным пространствам, занятым большими глубинами, Охотское море относится к окраинным морям смешанного материково-окраинного типа.

В Охотском море живут такие морские млекопитающие, как белуха, тюлень и нерпа. Что касается мира птиц, он разнообразен и очень многочисленен. Так, на островах Охотского моря большими колониями гнездятся бакланы, чайки, буревестники, чистики, ипатки, кайры, и гуси. В

море произрастают бурые и зелёные водоросли, красные водоросли, ламинария. [6,7]

2.1 Географическое описание Охотского моря

В Охотском море находится не так много островов. Самый крупный из них — Сахалин, расположенный на границе моря. Также в Охотском море есть Курильская гряда, включающая примерно 30 больших островов и множество маленьких, а также скалы.

Острова Курильской гряды находятся в поясе сейсмической активности, где насчитывается больше 30 действующих вулканов и примерно 70 потухших. Землетрясения, вызывающие цунами, часто происходят как на самих островах, так и под водой.

Помимо «краевых» островов, в Охотском море есть ещё несколько островов: Шантарские, Спафарьева, Завьялова, Ямские и мелкий остров Ионы. Он единственный из всех расположен вдали от берега.

Береговая линия Охотского моря длинная, но не сильно изрезанная. Тем не менее, на ней есть несколько достаточно больших заливов: Анива, Терпения, Сахалинский, Академии, Тугурский, Аян, Шелихова, а также губ: Удская, Тауйская, Гижигинская и Пенжинская.

Большое значение играют проливы, которые связывают Охотское море с Тихим океаном и Японским морем, ведь они определяют возможность водообмена.

Пролив Невельского, расположенный между мысами Лазарева и Погиби, имеет ширину примерно 7 км. Пролив Лаперуза чуть шире — порядка 40 км, а его максимальная глубина составляет 53 метра. [7,8]

Все Курильские проливы в общей сложности имеют ширину примерно 500 км, а максимальная глубина наиболее глубокого — пролива Буссоль — больше 2300 м. Из-за этого вода между Японским и Охотским морем обменивается гораздо слабее, чем между Охотским морем и Тихим океаном.

Даже глубина самого глубокого из Курильских проливов сильно уступает максимальной глубине моря.

Проливы Буссоль и Крузенштерна играют ключевую роль в водообмене с океаном, поскольку они обладают большой площадью и глубиной. Глубина пролива Буссоль превышает 2300 метров, а глубина пролива Крузенштерна составляет 1920 метров.

Проливы Фриза, Четвёртый Курильский, Рикорда и Надежды также важны, но в меньшей степени. Их глубина превышает 500 метров. В то же время глубины остальных проливов в целом не больше 200 метров, а их площади не играют большого значения.

Берега Охотского моря имеют различный внешний вид и строение, а также относятся к разным геоморфологическим типам. Большинство берегов представляют собой абразионные берега, изменённые морем. Лишь на западе Камчатки и на востоке Сахалина можно встретить аккумулятивные берега.

Море, как правило, окружено обрывистыми и высокими берегами. В северной и северо-западной сторонах скалистые склоны спускаются прямо к воде.

У Сахалинского залива к морю подходит не очень высокий, а затем и низменный берег. Северо-восточный берег Сахалина — низменный, а юго-восточный невысок. Берега у Курильских островов имеют достаточно крутой спуск. Северо-восточный берег Хоккайдо преимущественно низменный.

Побережье южной части западной Камчатки имеет схожую структуру, но стоит сказать, что северная часть отличается возвышением берега. [7]

Дно Охотского моря имеет сложный и разнообразный характер. Можно выделить несколько ключевых особенностей. Материковая отмель, которая является продолжением азиатского материка под водой, находится в северной части моря. Её ширина в районе Аяно-Охотского побережья составляет примерно 100 миль и 140 миль а в пределах Удской губы, а между меридианами Охотска и Магадана она увеличивается до 200 миль.

С западной окраины котловины моря расположена островная отмель Сахалина, а с восточной — материковая отмель Камчатки. Около 22 % площади дна занимает шельф. А также около 70 % моря находится в пределах материкового склона, глубина которого варьируется от 200 до 1500 метров. На этом склоне есть отдельно стоящие подводные возвышенности, желоба и впадины. [5,6]

2.2 Климатические особенности Охотского моря

Охотское море располагается на территории, где господствует муссонный климат умеренных широт, на него оказывает существенное влияние физико-географические особенности моря. Таким образом, достаточно большая часть моря на западе глубоко заходит в материк и находится сравнительно близко от полюса холода азиатской суши. Поэтому главный источник холода для Охотского моря расположен на западе, а не на севере.

Проникновению тёплого тихоокеанского воздуха мешают достаточно высокие хребты полуострова Камчатка. Лишь на юге и юго-востоке море открыта дорога к Тихому океану и Японскому морю, откуда в него попадает значительное количество тепла. Но охлаждающие факторы оказывают более сильное влияние, чем отепляющие. Именно по этой причине Охотское море — самое холодное из дальневосточных морей. При этом его не малая меридиональная протяжённость приводит к значительным различиям в погоде и метео-показателях в каждый новый сезон.

Рассматривая ветер, важно сказать, что море находится в зоне муссонной атмосферной циркуляции. Для нее характерна периодическая смена ветров, в холодный и теплый сезоны года. Циркуляция, которая присуща холодному сезону, более устойчива и может сохраняться над морем в течение 8 месяцев.

В период с октября по апрель на море оказывают влияние Сибирский антициклон и Алеутский минимум. На юго-восточную часть моря преимущественно приходится воздействие последнего. Из-за такого распределения крупномасштабных барических систем преобладают устойчивые северо-западные и северные ветры, зачастую достигающие штормовой силы.

Штили, а также маловетрия практически не встречаются, в особенности в январе и феврале. Средняя скорость ветра зимой составляет 10–11 м/с.

Сильно охлаждает воздух над севером и северо-западом моря холодный и сухой зимний азиатский муссон. Средняя температура воздуха в наиболее морозном месяце — январе — на северо-западе составляет -20–25 °С, а в центре — -10–15 °С. И только на юго-востоке под влиянием Тихого океана этот показатель равен -5–6 °С.

Циклоны, которые приходят с материка характерны в большей степени для осени и зимы. Поскольку с циклонами приходит континентальный воздух с охлаждённого материка Азии погода остаётся ясной и сухой, но они все равно усиливают ветер и иногда снижают температуру воздуха.

Перестройка крупномасштабных барических полей происходит в марте-апреле: начинается разрушение Сибирского антициклона, а Гонолульский максимум наоборот усиливается. В результате с мая по октябрь, то есть в тёплый сезон Охотское море находится под воздействием Гонолульского максимума и области пониженного давления, находящейся над Восточной Сибирью. В этот период над морем преобладают слабые юго-восточные ветры, их скорость, как правило, не более 6–7 м/с. Чаше всего такие ветры наблюдаются в июне и июле, хотя в это время иногда отмечаются более сильные северные и северо-западные ветры. Поскольку в тёплое время года горизонтальные градиенты давления не слишком большие, поэтому в целом тихоокеанский (летний) муссон слабее азиатского (зимнего). [7,8,9]

В летний период температура воздуха над Охотским морем разная. В августе она уменьшается с юго-запада на северо-восток: на юге от 18 °С, в центре до 12–14 °С и на северо-востоке до 10–10,5 °С. Над южной частью моря в тёплое время года часто бушуют океанические циклоны, которые могут вызвать штормовой ветер, продолжающийся до 5–8 суток. Юго-восточные ветры, которые преобладают весной и летом, приносят с собой облака, осадки и туманы. Важные климатические особенности этого моря - это муссонные ветры и более сильное зимнее охлаждение западной части Охотского моря по сравнению с восточной.

В период с августа по октябрь в южной части Охотского моря наиболее часто возникают тропические циклоны. С ноября по май они там не наблюдаются. Около 5 тайфунов в год в среднем оказывают существенное влияние на погоду Охотского моря.

Из-за местных условий муссонный и циклонический режимы ветров меняются в некоторых прибрежных районах Охотского моря. Например, на северном и северо-западном побережьях, особенно в тёплый сезон, можно наблюдать бризы, а на северо-западе — фёны. В устьях рек, которые впадают в Охотское море, происходит усиление ветров, похожее на бору. [7,8]

2.3 Хозяйственное использование Охотского моря

Использование Охотского моря в хозяйственных целях имеет большое значение для экономики. Основным богатством моря являются промысловые виды рыб, особенно лососёвые (кета, горбуша, нерка, кижуч, чавыча), а еще их икра. Однако в последнее время наблюдается снижение запасов лососёвых, что привело к уменьшению их добычи. Вылов этой рыбы ограничен.

Также, в Охотском море в небольших количествах ловят сельдь, треску, камбалу и другие виды рыб. Этот регион также является основным

местом добычи крабов и кальмаров. Одно из крупнейших стад морских котиков находится на Шантарских островах, добыча этих животных строго регулируется.

Важную роль играет добыча углеводородного сырья на шельфе острова Сахалин.

На материке есть два главных порта: Магадан и порт-пункт Охотск. На острове Сахалин лежит порт Корсаков, а на Курильских островах — Северо-Курильск. Морские транспортные пути соединяют порты Охотского моря — с разными портами как России, так и за границей. Через эти порты проходят грузы из разных регионов Российской Федерации и из-за рубежа.

Хотя Охотское море хорошо изучено, перед исследователями всё ещё стоит ряд природных задач. Среди них — изучение водо-обмена моря с Тихим океаном, общей циркуляции, вертикальных и горизонтальных течений, структуры воды и вихревых потоков, а также ледовой обстановки, особенно в части прогнозирования сроков образования льда и направлений его дрейфа. Решение этих и других проблем будет способствовать более глубокому освоению региона. [7]

3. Анализ штормовых циклонов в Охотском море

3.1 Исходные данные

С помощью сайта ВНИИГМИ-МЦД [12] были выбраны 14 прибрежных метеорологических станций, расположенных вдоль берегов Охотского моря. Период наблюдений с 1965 по 2022 годы. За штормовой ветер принимались значения средней скорости ветра 15 м/с и более. На рисунке 2 представлено расположение метеорологических станций, они находятся в различных зонах Охотского моря – это дает более полную информацию о ветровом режиме, рассматриваемого района. В таблице 1 показаны координаты станций, а также высота над уровнем моря.

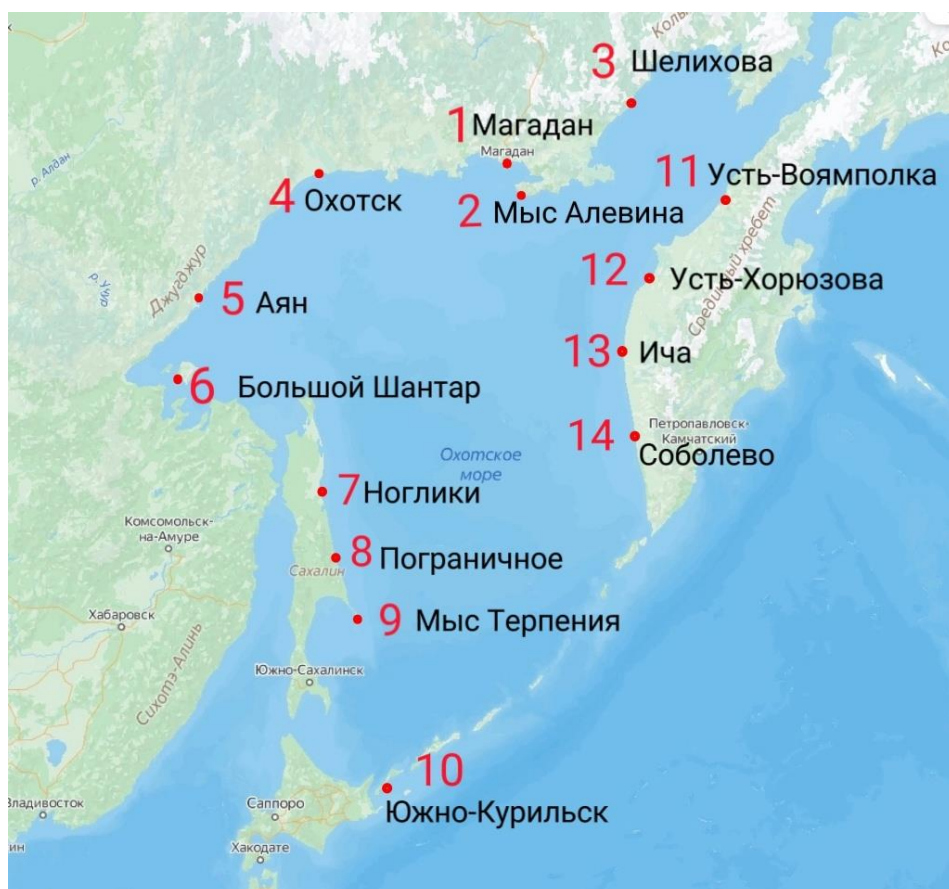


Рисунок 2 Расположение метеорологических станций

Таблица 1 Исходные данные

№	станция	Номер станции	широта	долгота	Высота над уровнем моря
1	Магадан	25913	59°34' с. ш	50°48' в. д	116 метров
2	Мыс Алевина	25916	58°50' с. ш	151°21' в. д	65 метров
3	Шелихова	25922	52°12' с. ш	104°05' в. д	33 метра
4	Охотск	31088	59°23' с. ш	143°18' в. д	9 метров
5	Аян	31168	56°27' с. ш	138°10' в. д	25 метров
6	Большой Шантар	31174	54°57' с. ш	137°43' в. д	1006 метров
7	Ноглики	32053	51° 78' с. ш	143°14' в. д	76 метров
8	Пограничное	32076	44°24' с. ш	131°22' в. д	168 метров
9	Мыс Терпения	32099	48°65' с. ш	144°70' в. д	6 метров
10	Южно-Курильск	32165	44°01' с. ш	145°51' в. д	41 метров
11	Усть-Воямполка	32252	58°49' с. ш	159°16' в. д	7 метров
12	Усть-Хайрюзова	32287	57°06' с. ш	156°45' в. д	5 метров
13	Ича	32411	55°34' с. ш	155°34' в. д	6 метров
14	Соболево	32477	54°29' с. ш	55°94' в. д	115 метров

Рассмотрим подорожнее расположение метеорологических станций. Станция Магадан – находится на берегу Тауйской губы, на перешейке, который в свою очередь соединяет полуостров Старицкого с материком, между бухтами Нагаева и Гертнера. Мыс Алевина лежит на выходе из Тауйской губы в юго-западной части полуострова Кони. Это крайняя южная точка Магаданской области. Станция Шелихова занимает место на берегу одноименного залива, расположенном на северо-востоке Охотского моря. Последующая станция Охотск расположена в устье реки Кухтуй, в 1677 км от города Хабаровска, на берегу Охотского моря. Станция Аян занимает место на полуострове Нонгдар-Неготни, на берегу одноимённой природной

бухты. Станция Большой Шантар расположена на одноимённом острове. Это самый крупный остров Шантарского архипелага.

Метеорологическая станция Южно-Курильск, расположенная на территории острова Кунашир (на юге Курильских островов), на берегу Южно-Курильского пролива.

Несколько станций расположены на полуострове Камчатка. Это Усть-Воямполка — лежит на западном берегу Камчатского края, стоит на реке Воямполка, в 5,3 км от её устья. Немного южнее Усть-Хайрюзово, далее на юг размещена станция Ича и Соболево.

Следующие 3 станции находятся в разных частях острова Сахалин: Ноглики — на северо-востоке острова на правом берегу реки Тыми, южнее располагается станция Пограничное, а также на юге острова размещается Мыс Терпения. Мыс представляет собой невысокое скальное плато с крутыми склонами, соединённое с полуостровом Терпения низким перешейком. Заметим, что на этой станции наблюдались максимальные средние скорости ветра, это видно на рисунке 3. Отметим, что максимум отмечается в осенние и зимние месяцы, а именно в октябре (7,9 м/с), ноябре (8,9 м/с), декабре (9,2 м/с) и январе (8,1 м/с). Но и в остальное время скорости на этой станции являются наибольшими среди рассматриваемых станций. Кроме того, Мыс Терпения фиксирует и наибольшее количество штормовых ветров, это связано с географическим положением станции — она окружена водой с двух сторон, на западе от нее находится залив Терпения, а на востоке Охотское море.

Таблица 2 Распределение средних скоростей ветра на метеостанциях

mes	Магадан	М. Алевина	Шелихов а	Охотск	Аян	Больш. Шантар	Норглик	Пограни чное	М. Терпения	Южно- Курильск	Усть- Воямпол ка	Усть- Хайрюзо ва	Ича	Соболево
1	4,3	4,8	6,7	4,2	2,3	2,9	4,1	2,8	8,1	5,9	4,9	4,0	4,5	2,6
2	4,1	3,9	6,6	3,7	2,2	2,8	4,0	2,7	7,2	5,4	4,6	4,2	4,4	2,7
3	3,9	3,9	5,9	3,1	2,5	2,8	4,0	2,6	7,1	5,3	4,3	4,2	4,5	2,9
4	3,6	4,2	4,8	3,4	3,2	2,8	4,0	2,4	6,6	4,7	3,9	4,4	4,7	3,2
5	3,3	4,5	3,9	3,5	3,5	2,6	3,9	2,3	6,4	4,1	3,7	4,4	4,7	3,2
6	3,3	4,8	3,5	3,6	3,5	2,0	3,5	2,0	5,8	3,5	3,6	4,3	4,3	2,9
7	3,1	4,6	3,6	3,5	3,2	1,8	3,2	1,8	5,3	3,2	3,2	3,9	4,0	2,5
8	3,0	4,2	4,0	3,3	2,7	2,0	3,2	1,8	5,5	3,5	3,6	4,0	4,4	2,6
9	3,2	4,3	4,9	3,6	2,5	2,7	3,5	2,1	6,3	4,4	4,2	4,0	4,6	2,7
10	3,7	5,3	6,1	3,9	2,6	3,5	3,9	2,5	8,0	5,4	4,6	4,1	5,2	3,0
11	4,4	6,3	7,4	4,5	2,5	4,1	4,1	2,6	8,9	5,9	5,5	4,5	5,9	3,2
12	4,5	5,5	7,1	4,5	2,3	3,5	4,2	2,8	9,2	5,8	5,3	4,2	5,1	2,7

На втором месте по высоким скоростям – станция «Шелехова». Максимумы по ветру также зафиксированы в ноябре (7,3 м/с), декабре (7,1 м/с), январе (6,6 м/с) и декабре (6,6 м/с).

Остальные станции не значительно отличаются друг от друга, но у всех максимумы приходятся на период с конца осени и зиму.

3.2 Повторяемость скоростей ветра

По каждой рассмотренной станции были построены графики повторяемостей скоростей ветра за каждый месяц по трем градациям: скорость ≥ 5 м/с, ≥ 10 м/с и ≥ 15 м/с.

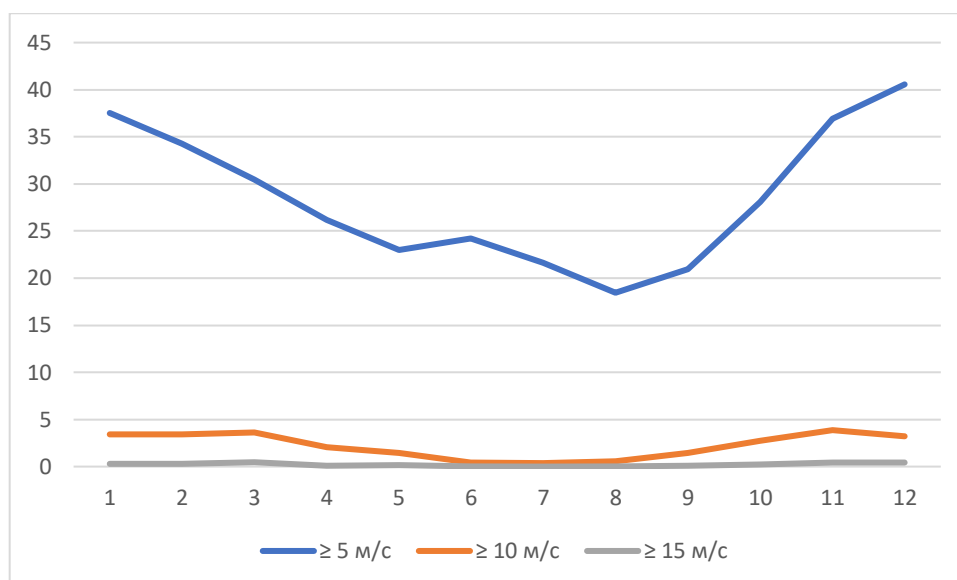


Рисунок 3 Повторяемости скоростей ветра на станции Магадан

На станции Магадан (рис.3) максимум повторяемости штормового ветра по градации ≥ 5 м/с приходится на декабрь (40,5 %), ноябрь (36,9 %) и январь (37,5 %), а минимум август (18,4 %) и сентябрь (20,9 %). По Градации ≥ 10 м/с также наибольшая в ноябре (3,8 %), и 3,4 % в январе и феврале. По градации ≥ 15 м/с максимумы таким же образом самые большие в зимние месяцы (около 0,4 %).

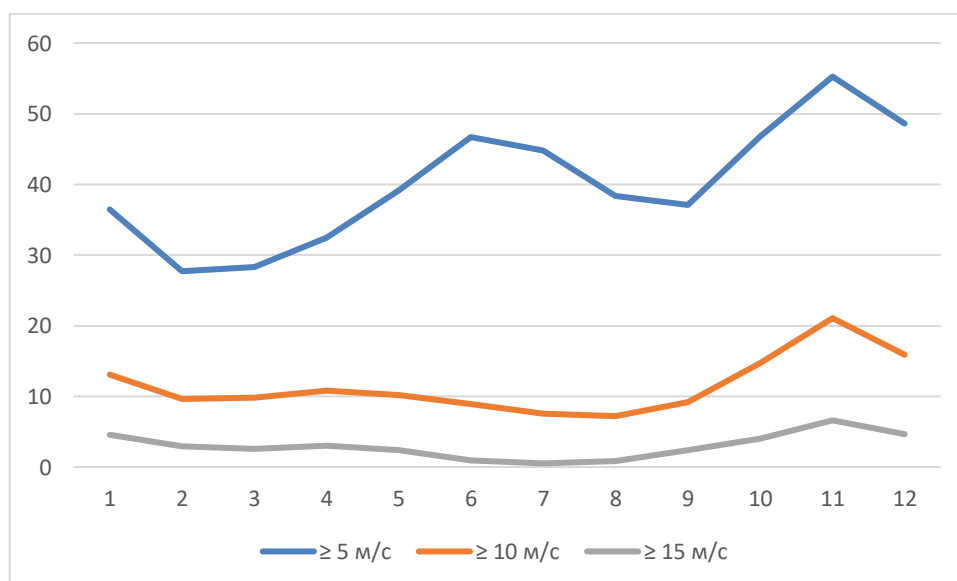


Рисунок 4 Повторяемости скоростей ветра на станции Мыс Алевина

На станции Мыс Алевина высшее значение повторяемости по градации ≥ 5 м/с фиксируется в ноябре (55,2 %) и декабре (48,6 %), низшее - в феврале и марте (27,7 % и 28,3 %). По Градация ≥ 10 м/с максимум в ноябре и декабре (21,0 % и 15,8 %). По Градация ≥ 15 м/с тоже ноябрь и декабрь (6,6 % и 4,6 %).

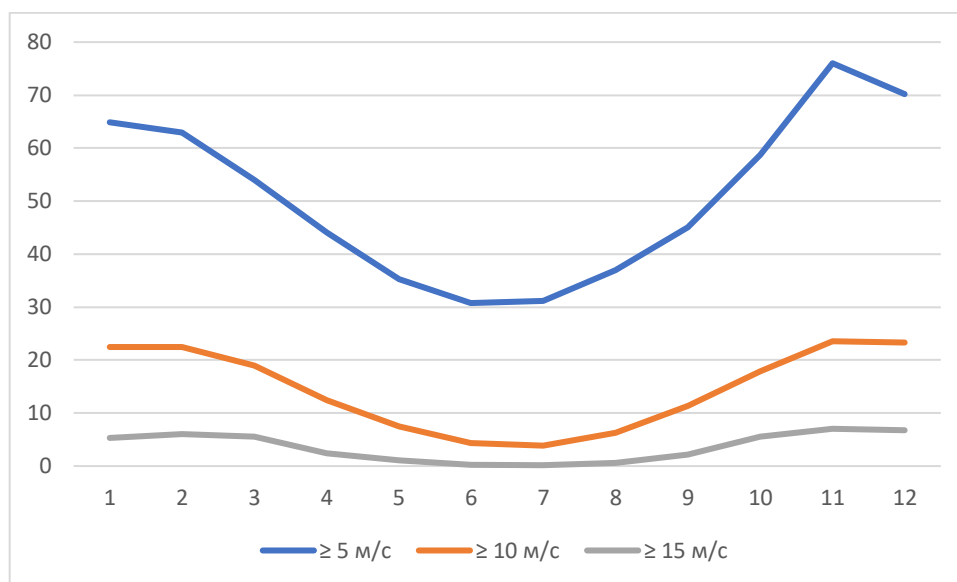


Рисунок 5 Повторяемости скоростей ветра на станции Шелихова

Умеренные (≥ 5 м/с) ветра на стронции Шелихова чаще всего встречаются в ноябре (76,0 %), декабре (70,1 %), январе (64,9 %) и феврале (62,9 %). Наибольшие сильные (≥ 10 м/с) наблюдаются в те же месяцы: ноябрь - 23,5 %, декабрь – 23,3 %, январь – 22,4 % и – февраль – 22,4 %. Штормовые ветра (≥ 15 м/с) встречаются чаще во все те же зимние месяцы: декабрь – 6,7 %, февраль – 6,0 % и январь – 5,2 %.

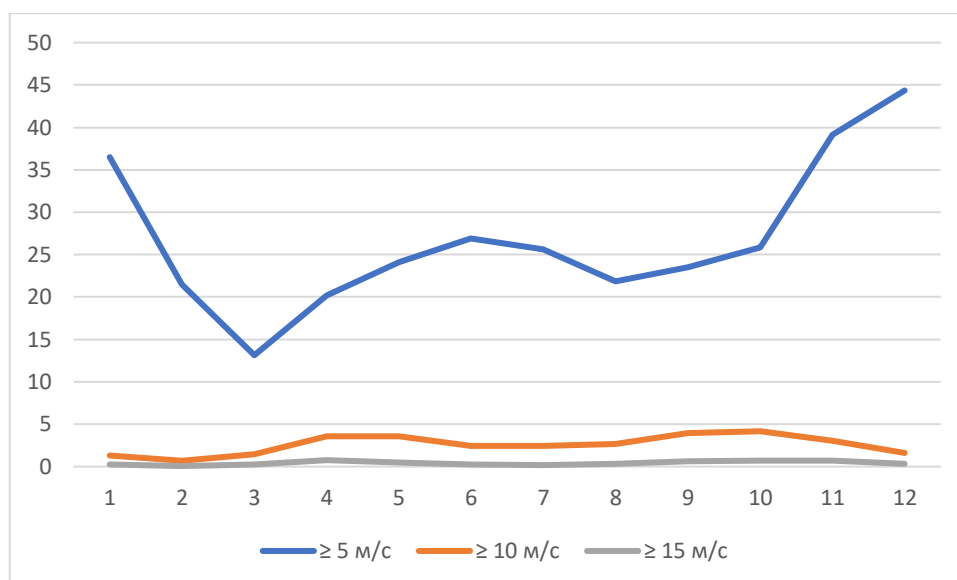


Рисунок 6 Повторяемости скоростей ветра на станции Охотск

С ноября по январь на станции Охотск присутствуют наибольшие скорости ветра по первой градации (39,1 %, 44,3 % и 36,4 %). Месяцы сентябрь, октябрь и ноябрь максимальны по скорости в следующей градации (3,9 %, 4,1 % и 3,0 %). А в градации ≥ 15 м/с - апрель и октябрь – по 0,7 %.

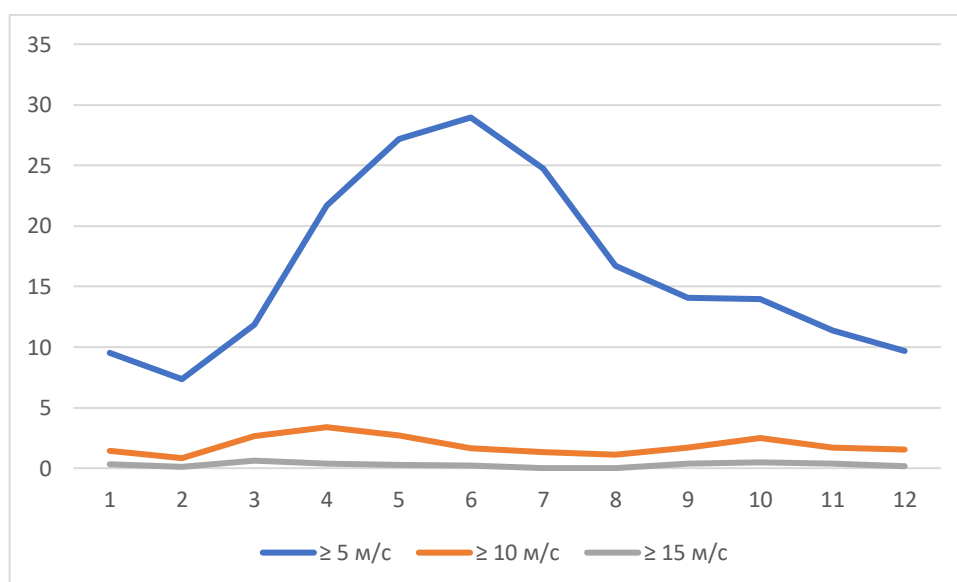


Рисунок 7 Повторяемости скоростей ветра на станции Аян

На станции Аян максимум по первой градации выпадает на июнь (28,9 %). По второй градации (≥ 10 м/с) наибольшие скорости ветра наблюдаются

апреле (3,3 %) и в марте (2,7 %). И по третьей градации (≥ 15 м/с) в октябре повторяемость 0,4 %.

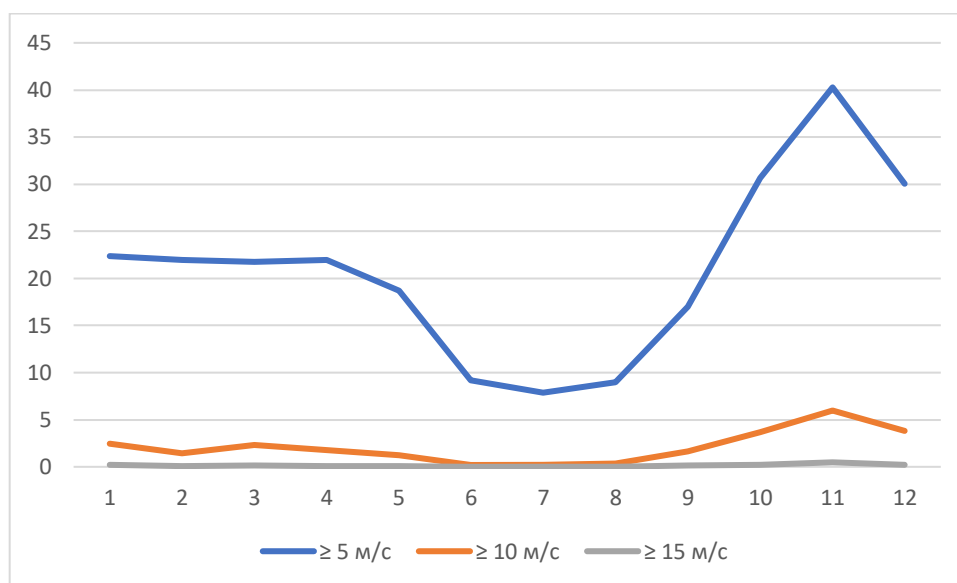


Рисунок 8 Повторяемости скоростей ветра на станции Большой Шантар

Метеорологическая станция Большой Шантар фиксировала максимальные повторяемости ветра в ноябре, октябре и декабре по градации ≥ 5 м/с – 40,2 %, 30,6 % и 30,0 %. По этим же месяцам по градации ≥ 10 м/с: ноябрь – 5,9 %, декабрь – 3,8 % и октябрь – 3,6 %. Минимумы по всем градациям наблюдались в летний период.

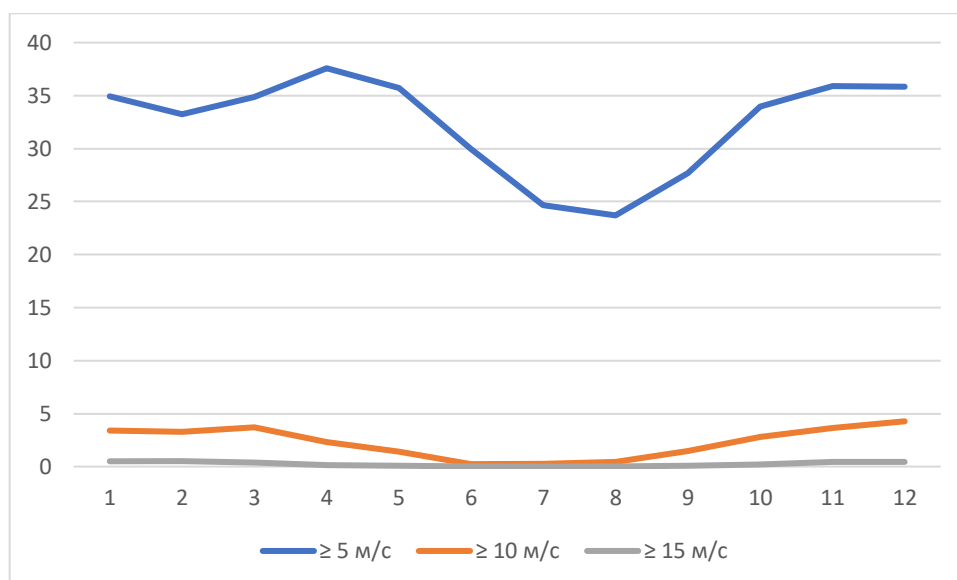


Рисунок 9 Повторяемости скоростей ветра на станции Ноглики

На станции Ноглики градация ≥ 5 м/с имеет самые большие значения в ноябре (35,8 %), декабре (35,8 %) и апреле (37,5 %). Градация ≥ 10 м/с: декабрь (4,2 %), ноябрь (3,6 %) и март (3,6 %) – максимумы. Градация ≥ 15 м/с, максимумы в ноябре – 0,4 %, декабре – 0,4 % и январе – тоже 0,4 %. Наименьшие повторяемость на всех градациях отмечена и июне, июле и августе.

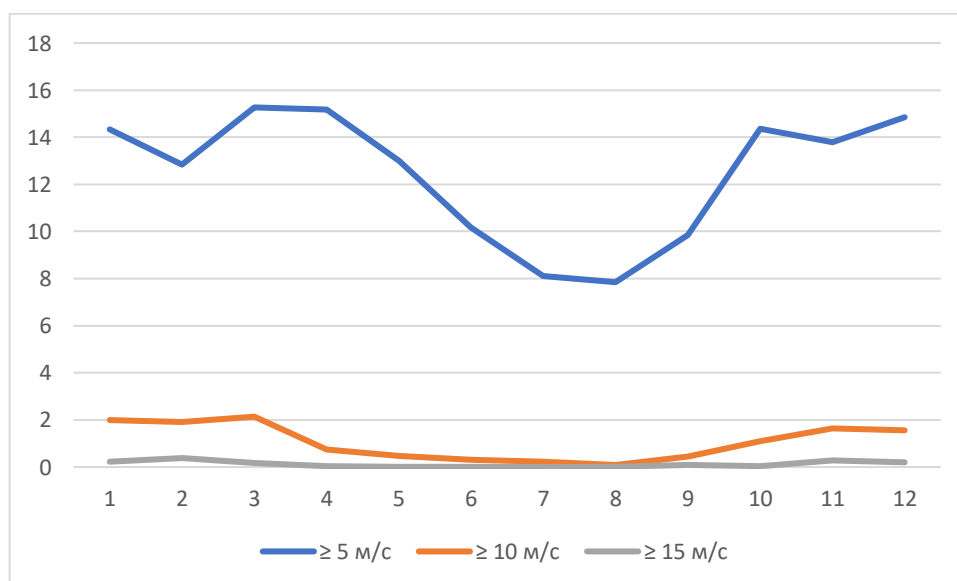


Рисунок 10 Повторяемости скоростей ветра на станции Пограничное

Максимальную повторяемость по градации ≥ 5 м/с на станции Пограничное имели месяцы март и апрель - 15,2 % и 15,1 % соответственно. Градация ≥ 10 м/с: январь (1,9 %), февраль (1,9 %) и март (2,1 %). По градации ≥ 15 м/с максимумы в ноябре, декабре, январе – по 0,2 % и в феврале 0,3 %.

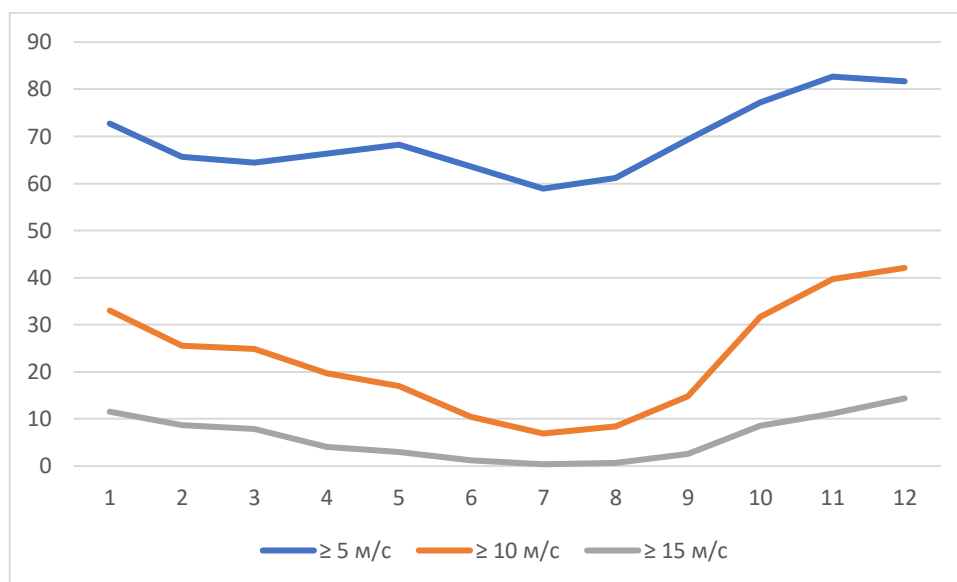


Рисунок 11 Повторяемости скоростей ветра на станции Мыс Терпения

На станции Мыс Терпения отмечались наибольшие повторяемости ветра из всех рассмотренных станций. По первой градации октябрь (77,1 %), ноябрь (82,6 %), декабрь (81,6 %) и январь (72,7 %) – максимумы, а минимумы: в июне (63,6 %), в июле (58,9 %) и в августе (61,1 %). По второй градации: в ноябре – 39,7 %, в декабре – 42,0 % и в январе – 32,9 %, наименьшая повторяемость в июне 10,4 %, в июле 6,6 % и в августе 8,4 %. И по последней градации также ноябрь (11,1 %), декабрь (14,3 %) и январь (11,4 %). Наименьшая повторяемость тоже в июне, июле и августе – 1,2 %, 0,3 % и 0,6 % соответственно.

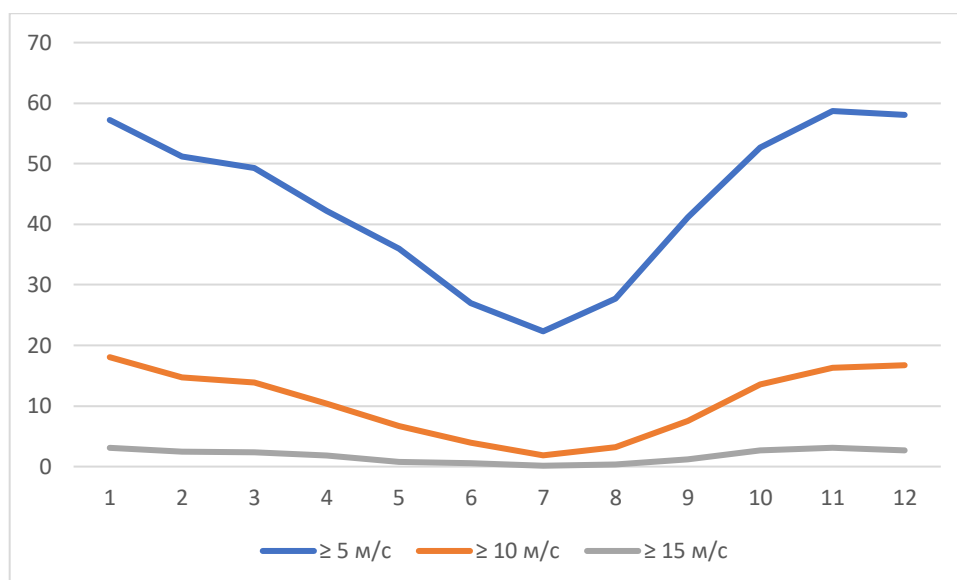


Рисунок 12 Повторяемости скоростей ветра на станции Южно-Курильск

Максимальная повторяемость первой градации на метеостанции Южно-Курильск фиксируется в период с ноября по январь (58,7 %, 58,0 % и 57,2 %). По градации ≥ 10 м/с – также в ноябре 16,3 %, декабре 16,7 % и в январе 18,0 %. По градации ≥ 15 м/с в ноябре 3,1 %, декабре 2,6 % и в январе 3,0 %. Минимум повторяемости находится в июле: ≥ 5 м/с - 22,3 %, ≥ 10 м/с – 1,8 % и по ≥ 15 м/с – 0,1 %.

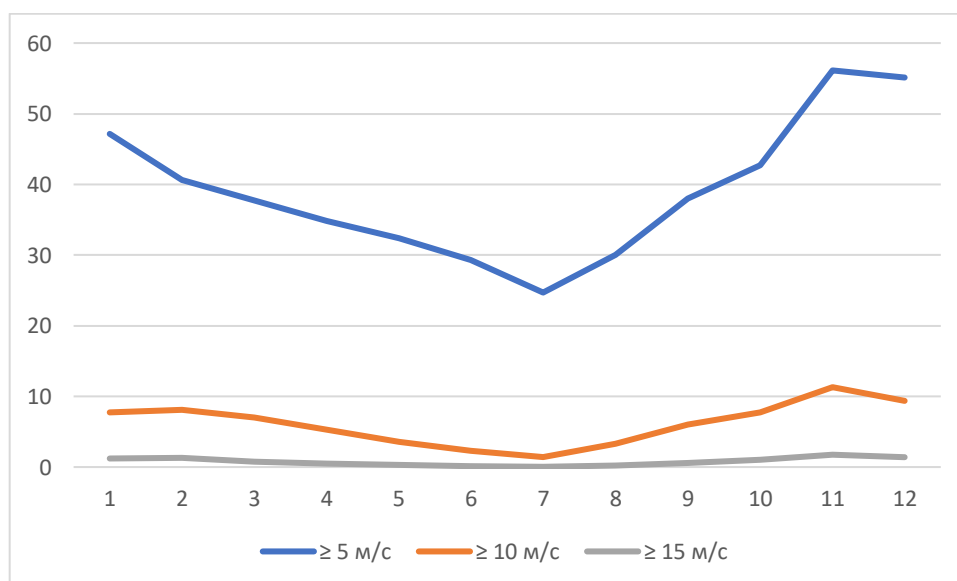


Рисунок 13 Повторяемости скоростей ветра на станции Усть-Воямполка

С ноября по январь самая большая повторяемость градации ≥ 5 м/с на станции Усть-Воямполка: 56,1 %, 55,0 % и 47,1 %. Градация ≥ 10 м/с повторяется наибольшее количество раз в ноябре 11,3 %, в декабре 9,3 %, январе 7,7 и феврале 8,0 %. Максимумы в градации ≥ 15 м/с приходятся на ноябрь (1,7 %), декабрь (1,3 %) и февраль (1,2 %). Все градации повторяются реже всего все также в теплый сезон.

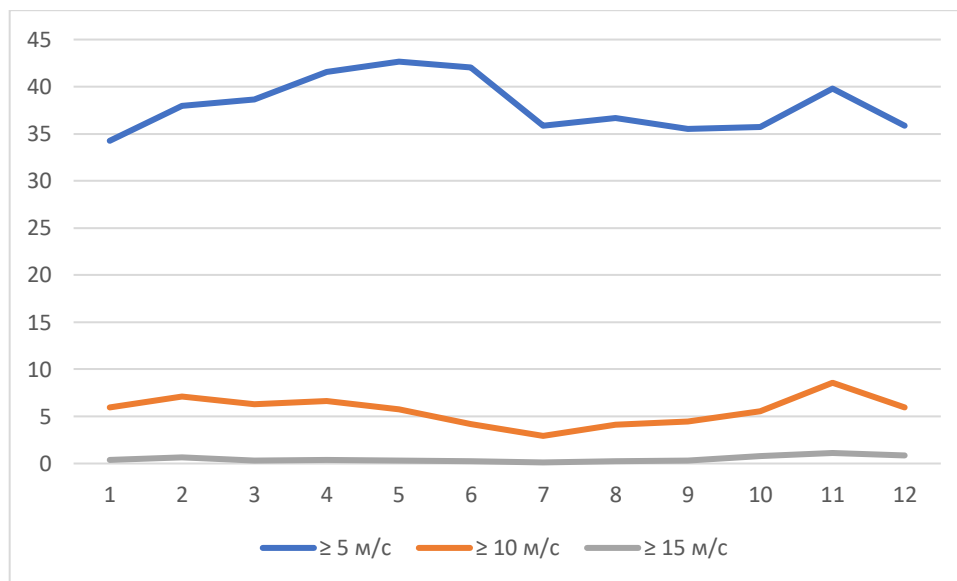


Рисунок 14 Повторяемости скоростей ветра на станции Усть-Хайрюзово

На очереди станция Усть-Хайрюзово, по градации умеренных ветров повторяемость больше в мае – 42,6 % и июне – 42,0 %. Сильные ветра чаще фиксируются в ноябре и феврале (8,5 % и 7,0 %). Штормовые ветра наиболее часто наблюдаются в ноябре и декабре – 1,1 % и 0,8 % соответственно.

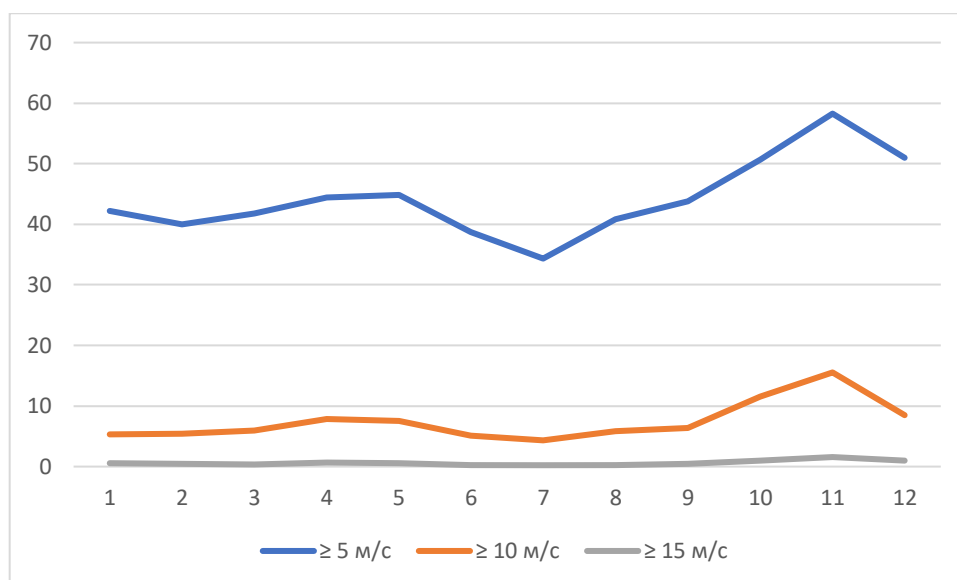


Рисунок 15 Повторяемости скоростей ветра на станции Ича

Станция Ича имеет наибольшую повторяемость ветров ≥ 5 м/с в период с октября по декабрь – 50,7 %, 58,2 % и 51,0 %. Повторяемость ≥ 10 м/с максимальна в те же месяцы: октябрь - 11,5 %, ноябрь – 15,5 % и декабрь – 8,4 %. Повторяемость ≥ 15 м/с самая частая в октябре (1,0 %), ноябре (1,5 %), декабре 1,0 %. Все градации реже всего встречаются в июле: ≥ 5 м/с – 34,3 %, ≥ 10 м/с – 4,3 % и ≥ 15 м/с – 0,2 %.

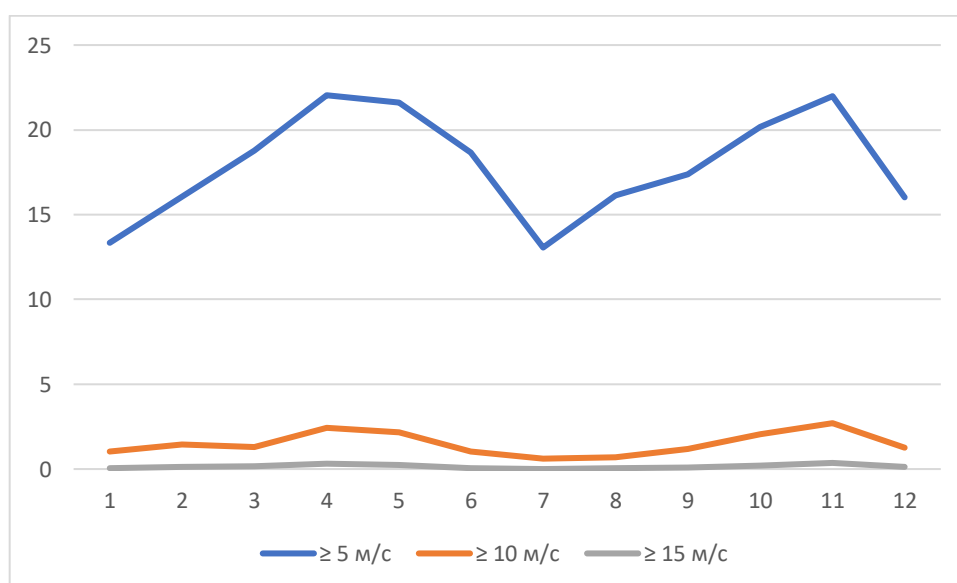


Рисунок 16 Повторяемости скоростей ветра на станции Соболево

Последняя рассматриваемая станция – Соболево. На ней максимальная повторяемость градации ≥ 5 м/с случалась в апреле (22,0 %), мае (21,5 %) и в ноябре (21,9 %). Повторяемость ветров ≥ 10 м/с часто встречается в ноябре – 2,7 %, марте – 3,4 %. И наибольшая повторяемость градации ≥ 15 м/с наблюдалась в ноябре – 0,3 %. В июле все градации фиксировались меньше всего.

3.3 Анализ штормовых циклонов.

Далее для более подробного анализа циклонов были выбраны данные за зимние месяцы – январь, февраль и декабрь с 2000 по 2022 года. С помощью этих данных, используя приложение PanoplyWin и сайт Eumetrain [13], составлена база, состоящая из 202 циклонов, которые оказывали влияние на акваторию Охотского моря.

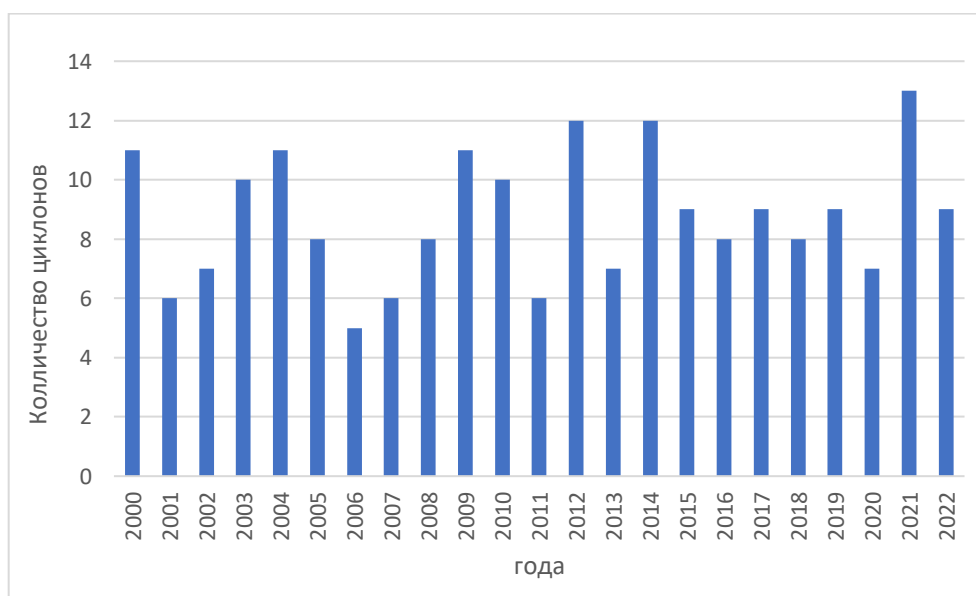


Рисунок 17 Распределение циклонов по годам

Наибольшее количество случаев зафиксировано в 2021 году – 13 циклонов, в 2014 и в 2012 годах – по 12 циклонов. По 11 циклонов

наблюдалось в 2000, 2004 и 2009 годах. Наименьшее же количество циклонов отмечено в 2006 – 5 случаев, в 2001, 2007 и 2011 – 6 случаев.

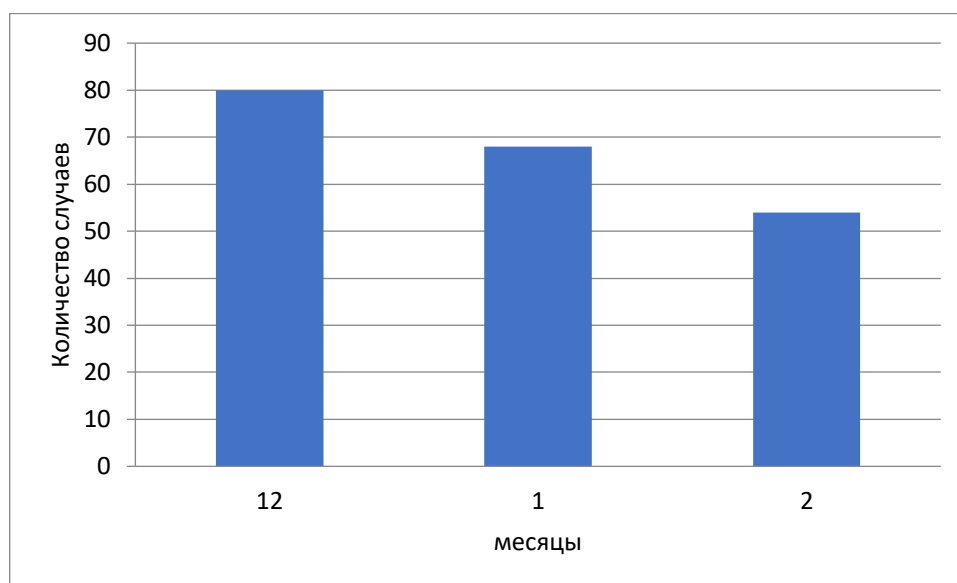


Рисунок 18 Распределение циклонов по месяцам

Циклоны за рассматриваемый период распределяются по месяцам не равномерно: в январе отмечается 68 случаев, что составляет 34 % от всех случаев, в феврале — 54 (27 %), а в декабре — 80 (40 %).

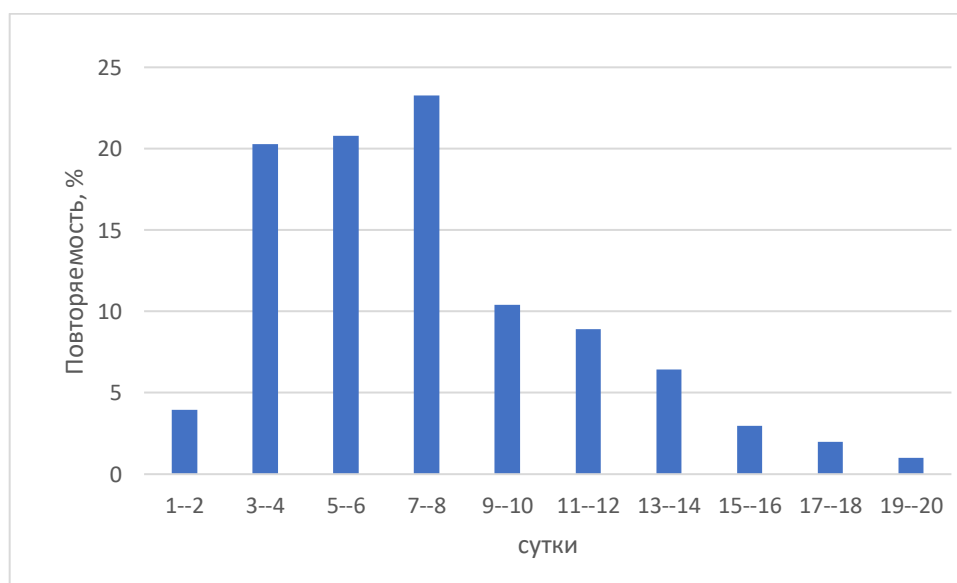


Рисунок 19 Распределение по продолжительности существования циклонов

В 24% случаях (48 циклонов) продолжительность жизни циклонов составила 7-8 суток. В градацию 5-6 суток вошли 42 циклона (21%), а в градацию 3-4 суток вошли 41 циклон, что соответствует 20%. Остальные градации идут по убыванию.

В некоторых случаях, происходила регенерация циклонов, увеличивая продолжительности до 20 суток. Это происходило, когда рядом с центром заполняющегося циклона образуется и развивается новый циклон, сливаясь с ним.

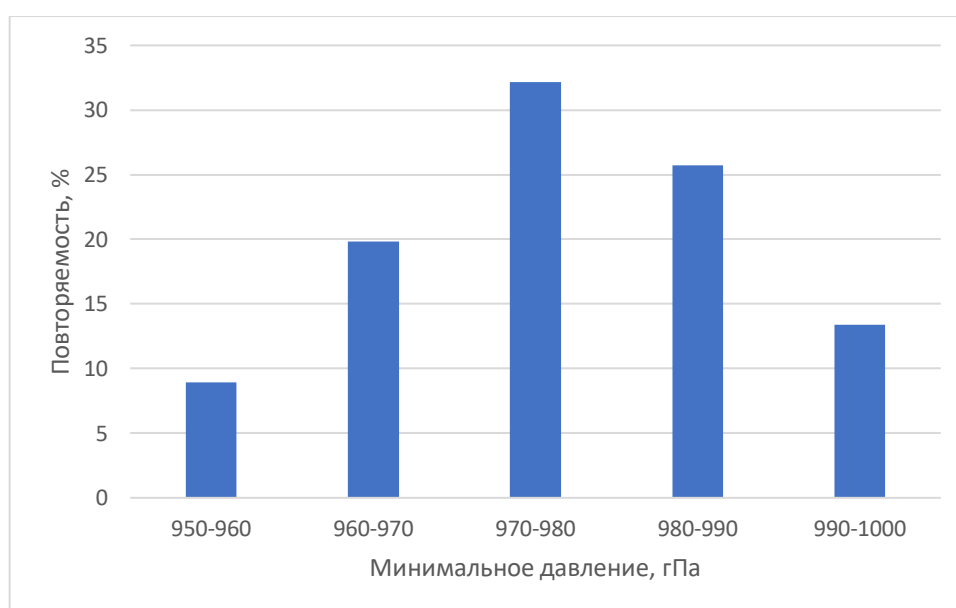


Рисунок 20 Распределение по минимальному давлению в центре циклонов

Интенсивность циклонов можно оценить по минимальному давлению в центрах циклонов. Таким образом, наиболее часто устанавливалось давление 970-980 гПа – 65 случаев (32 %). Самое низкое зафиксированное давление было 955 гПа и наблюдалось в 18 циклонах, 9 % от всех случаев, а максимальное давление отмечено у 12 циклонов (6 %) – 995 гПа.

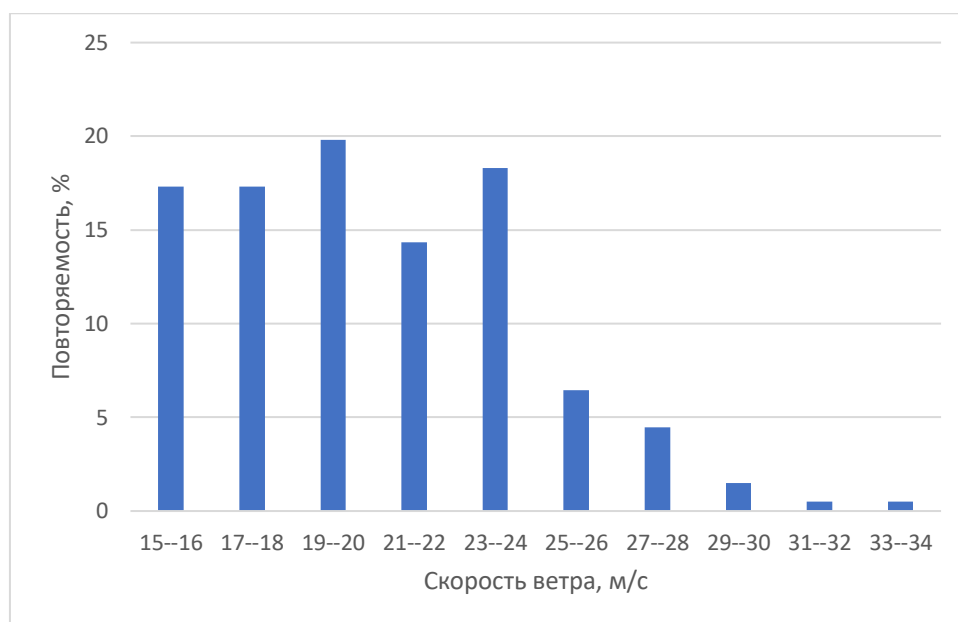


Рисунок 21 Распределение по максимальному ветру в циклонах

Также об интенсивности циклонов можно судить по скорости ветра. Наиболее распространённая градация – это 19-20 м/с, в нее вошли 40 циклонов (20 %). Второе место по частоте занимает диапазон 23-24 м/с в нем находятся 27 циклонов (18 %). А также по 35 циклонов вошли в категории 15-16 м/с и 17-18 м/с. Максимальная же скорость ветра наблюдалась в циклоне, который был зарегистрирован в конце декабря 2000 года (33 м/с) и в циклоне, наблюдавшимся в середине января 2012 (31 м/с).

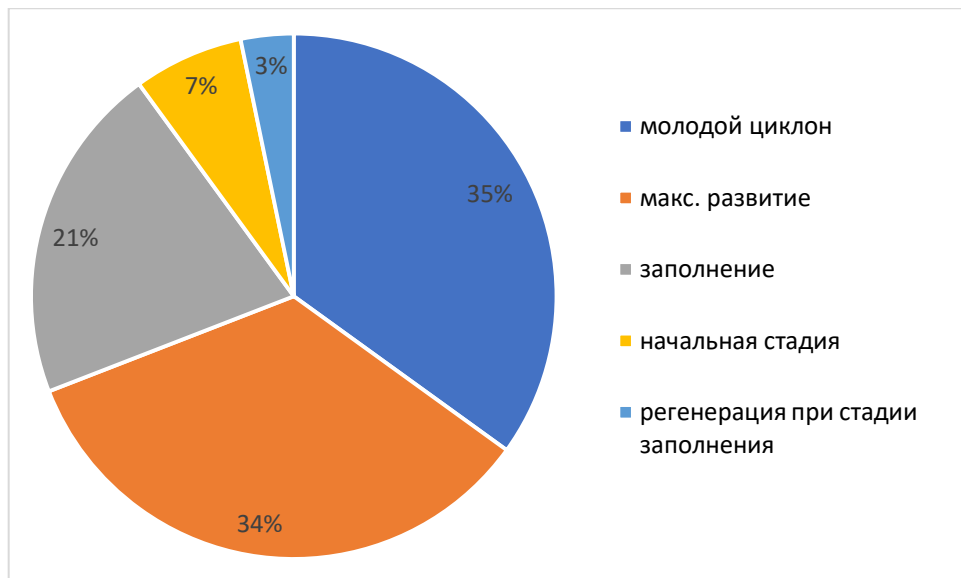


Рисунок 22 Распределение по стадиям развития циклонов

Рассмотрим распределение по стадиям развития циклонов, когда наблюдались штормовые ветра. Чаще всего ветра превышали 15 м/с во время стадий молодого циклона и максимального развития – 35 % и 34%. На стадию заполнения приходится 21 %. Начальная стадия – 7 % и на регенерацию при стадии заполнения 3 %.

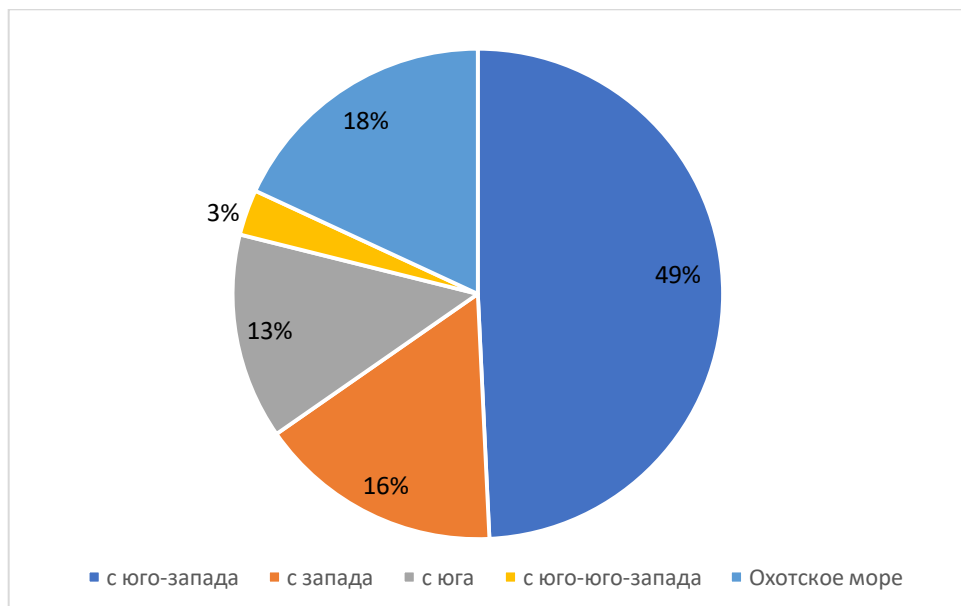


Рисунок 23 Распределение по направлению движения всех циклонов

Циклоны, оказывающие влияние на акваторию Охотского моря, чаще всего возникают в районе 25-55° с.ш. и 130-170 ° в.д. и в большинстве случаев, двигаются с юго-запада на территорию Охотского моря – 98 циклона, что составляет 49 %, 32 циклона пришли с запада (16 %), 27 циклонов – с юга (13 %) и 6 циклонов прибыли с юго-юго-запада (3 %). Также 36 циклонов (18 % от рассматриваемых случаев) образовались над самим Охотском морем, из них – 16 двигались с юго-запада, 12 – с запада, 4 – с юга и 4 циклонов перемещались незначительно, то есть были квазистационарными. Распределение по направлению зарождения в Охотском море показано на рисунке 24.

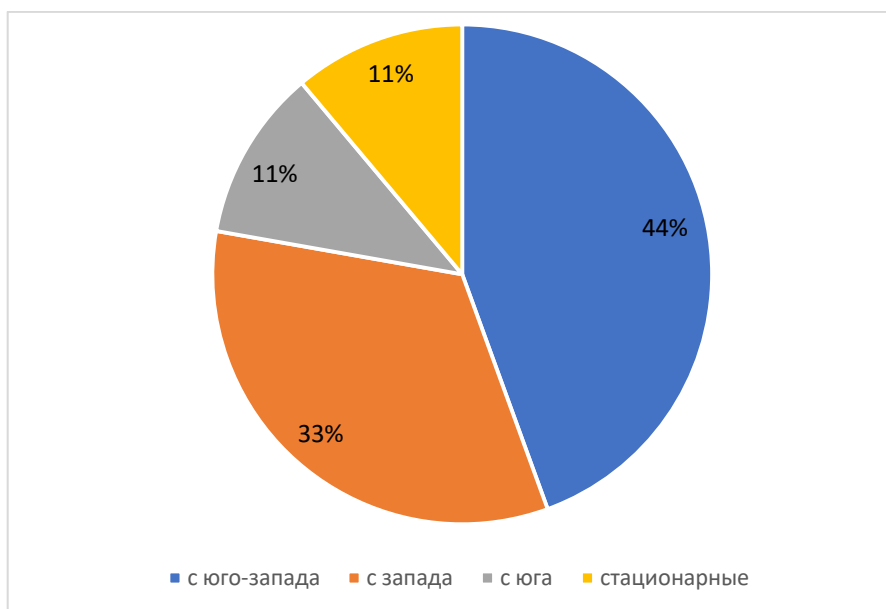


Рисунок 24 Распределение по направлению движения в Охотском море

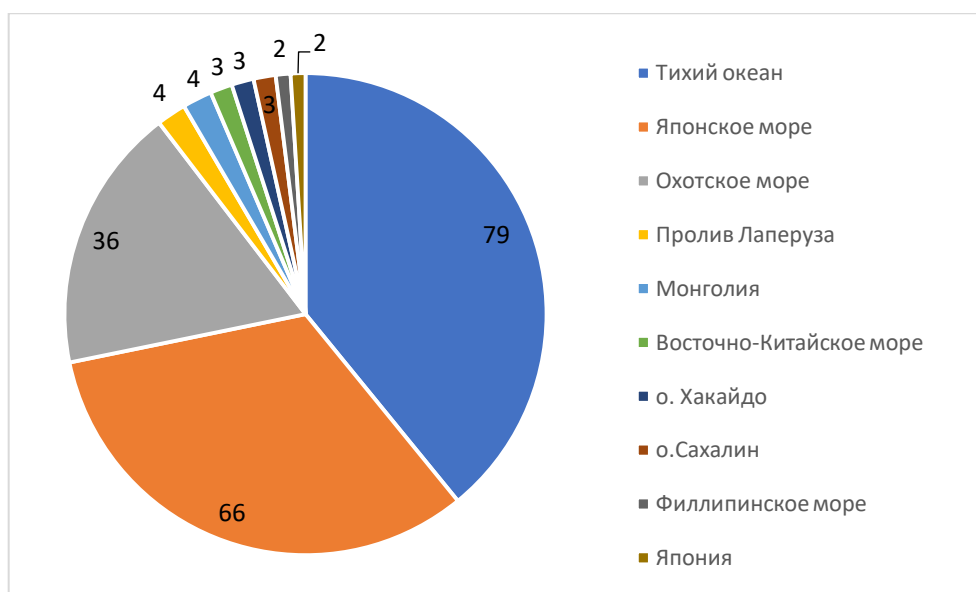


Рисунок 25 Распределение по местам возникновения циклонов

Рассматриваемые циклоны в большинстве ситуаций возникали над водами Тихого океана – 82 случая, это образует 41 %. Также формирование циклонов часто происходило над территорией Японского моря – 67 случаев (33 %). Над самым Охотским морем, как было сказано выше, образовалось 36 циклонов (18 %). Кроме того, по 4 циклона возникло над проливом Лаперуза и над Монголией.

3.4 Траектории циклонов

Далее с помощью программы Surfer были построены осредненные траектории движения циклонов. Всего было получено 8 траекторий, они представлены на рисунке 26.

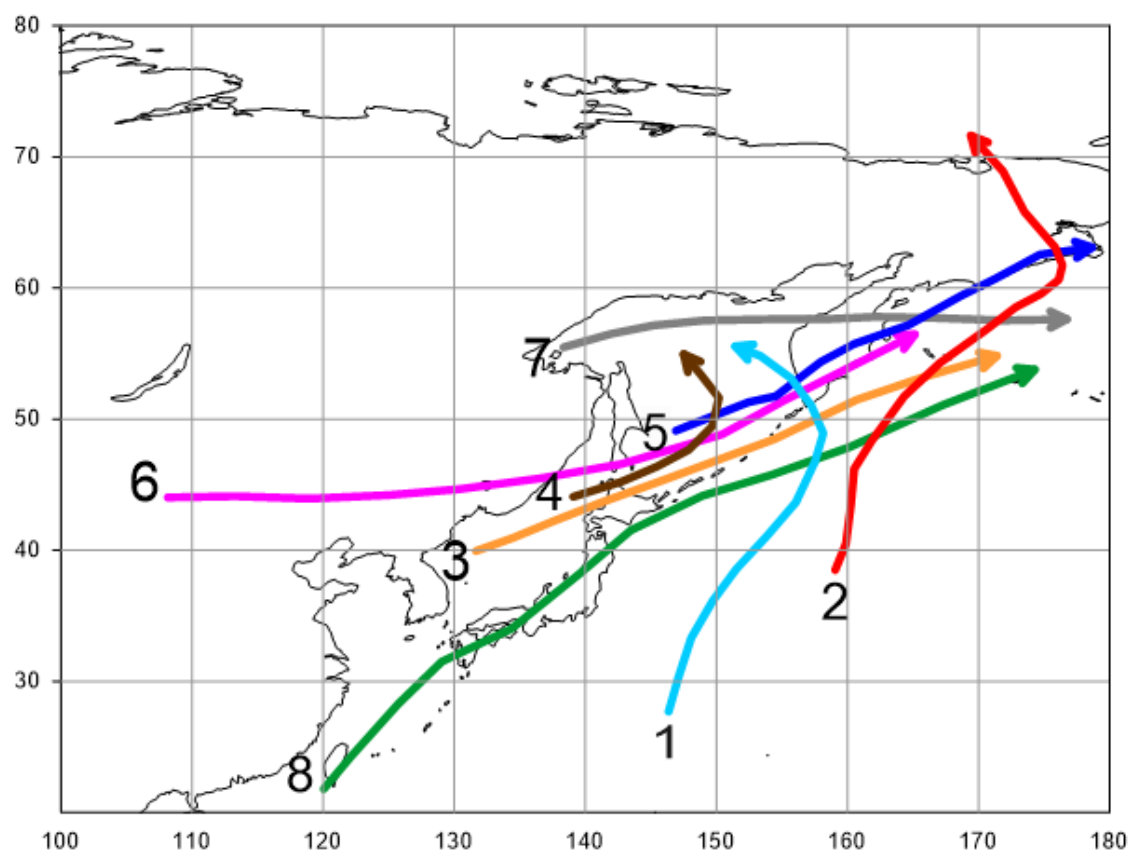


Рисунок 26 Траектории циклонов, вызывающие штормовые ветры над
Охотским морем

Проанализируем рисунок 27, на котором показано распределение циклонов по траекториям.

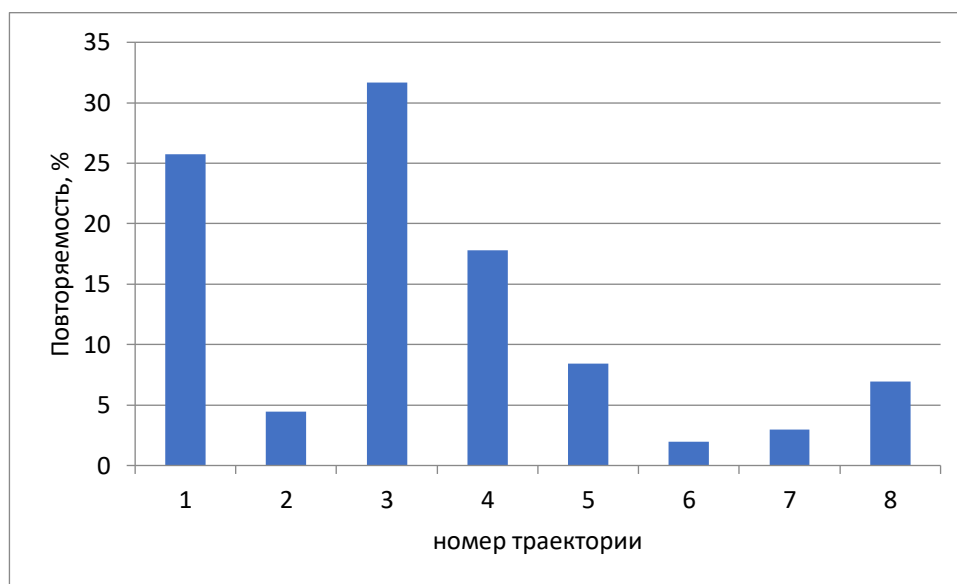


Рисунок 27 Количество случаев по траекториям циклонов

Наиболее часто циклоны следовали по траекториям 3 и 1 – 64 случая (32 %) и 52 случая (26 %). По траектории № 4 двигались 36 циклонов, что составило 18 %. Следующие на очереди 5 и 8 траектории, по ним перемещались 17 (8 %) и 14 (7 %) циклонов. А также траектории 2, 7, 6 – соответствуют 9 (4 %), 6 (3 %) и 4 (2 %).

Рассмотрим каждую траекторию подробнее:

- Траектория 1 – возникает в Тихом океане и движется на север, входя в Охотское море через Курильские острова или через полуостров Камчатка. В некоторых случаях циклоны попадали в море огибая Камчатку с востока. В среднем, продолжительность жизни таких циклонов – 7 суток.
- Траектория 2 – циклоны также зарождались в Тихом океане и шли на север, но не заходили в само Охотское море, влияя только на прибрежные станции полуострова Камчатка. Циклоны данной траектории в среднем самые глубокие (среднее значение давления в центре циклона 969 гПа), а средняя скорость ветра в таких циклонах составляет 17,2 м/с. Период существования также в среднем 7 суток.

- Траектория 3 – циклоны этой траектории образуются над водами Японского моря и перемещаются на восток, через остров Хоккайдо или остров Сахалин, в Охотское море, а затем выходят в Берингово море и там заполняются. Как было сказано выше, это наиболее частая встречающаяся траектория (64 случая). Средний жизненный цикл циклонов равен 8 суткам. Скорость ветра в среднем достигает 18,3 м/с, а давление в центре 980 гПа.
- Траектория 4 – аналогично появляется в Японском море, но попадая в Охотское море - остается в нем, делая крюк на запад. Иногда циклоны такой траектории возникают в самом Охотском море и выходят в Тихий океан, но разворачиваясь, возвращаются через Камчатку в район возникновения и разрушаются. Существуют циклоны такой траектории в среднем 7 дней, среднее давление в центре и скорость ветра – 978 гПа и 18,5 м/с соответственно.
- Траектория 5 – такая траектория берет начало в Охотском море и перемещается на северо-восток, через полуостров Камчатка в сторону материка. Циклоны, идущие по этой траектории в среднем существуют 6 суток, то есть меньше, чем предыдущие циклоны. Но скорости в них достаточно высокие – с средним 18,1 м/с. Среднее давление в центре 982 гПа.
- Траектория 6 – таких циклонов всего 4, они возникают на материке, в районе Монголии и двигаются на восток. Сначала они пересекают Японское море, а затем входят в Охотское. Заполнение происходит в Беринговом море. Продолжительность жизни в среднем 7,5 суток. Давление в центре и скорость ветра в среднем 981 гПа и 17,4 м/с.
- Траектория 7 – начинается на северо-западе Охотского моря и уходит на восток, попадая в Берингово море через Камчатку. Период жизни достаточно длинный – в среднем 8 дней. Среднее минимальное давление 978 гПа, а скорость ветра 17,7 м/с.
- Траектория 8 – берет свое начало в Южно-Китайском море, двигаясь на северо-восток. Она не заходит в Охотское море, но оказывает влияние на

станцию «Южно-Курильск», которая находится на острове Кунашир (Курильские острова). Такие циклоны существуют в среднем 8 суток. Среднее минимальное давление и скорость – 975 гПа и 17,6 м/с в среднем.

3.5 Примеры траекторий циклонов

Далее были проанализированы примеры циклонов по всем траекториям. Точками на траекториях отмечены, положения центров циклонов в сроки, когда отмечались штормовые ветры в Охотском море.

Циклон по траектории № 1.

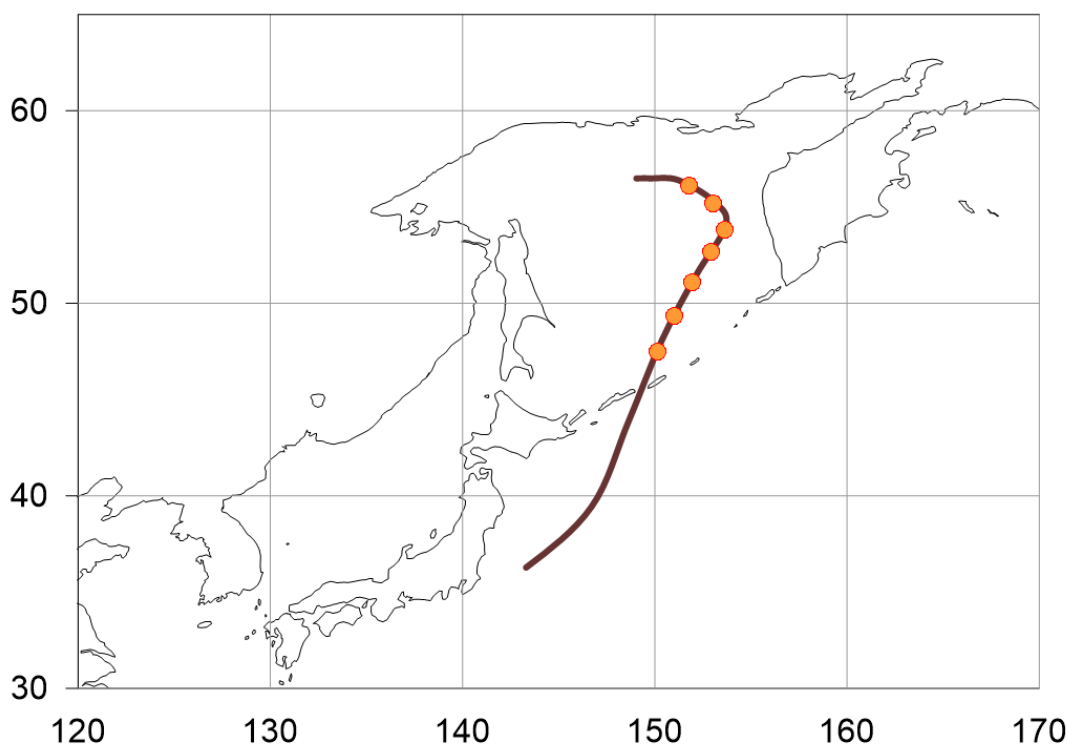


Рисунок 28 Пример траектории № 1. Циклон 27.12 2013 г.

Таблица 3 Штормовые скорости ветра в циклоне 27.12 2013 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. Давление, гПа
32099	27.12 2013 21.00	20	27	965
32099	28.12 2013 00.00	24	30	960
25916	28.12 2013 15.00	19	27	955
25922	28.12 2013 21.00	21	27	955
25916	29.12 2013 00.00	19	28	960
32099	29.12 2013 00.00	17	26	960
25922	29.12 2013 21.00	23	29	970
25922	30.12 2013 00.00	22	29	975
25916	30.12 2013 00.00	16	26	975

Циклон появился 27 декабря 2013 года в срок 00:00 часов в Тихом океане около берегов Японского моря и перемещался на северо-северо-восток в Охотское море. Первый штормовой ветер наблюдался на станции «Мыс Терпения» До этого вы не брали в кавычки названия станций. Надо сделать везде одинаково. того же числа в 21:00 – 20 м/, при давлении 965 гПа. В 00 часов 28 декабря скорость ветра увеличилась до 24 м/с и порывы до 30 м/с, а давление продолжило опускаться до 960 гПа. Затем, 28 декабря в 15:00 на станции «Мыс Алевина» был отмечен ветер 19 м/с, при этом давление в центре циклона понизилось до 955 гПа – циклон вошел в стадию своего максимального развития. В 21:00 на станции «Шелихова» скорость ветра составила 21 м/с. В свою очередь, 29 декабря в 00:00 давление в циклоне начало расти, составило 960 гПа и при этом скорость ветра на станции «Мыс Алевина» равнялась 19 м/с. К 21 часу отмечалась скорость 23 м/с на станции «Шелихова», показатель давления 970 гПа. Последние значения штормовых скоростей пришлось на 30 декабря 00:00 часов и наблюдались на двух станциях: «Шелихова» (22 м/с) и «Мыс Алевина» (16 м/с), давление составило в тот момент 975 гПа. К 1 января 2014 года циклон до конца заполнился, таким образом он существовал 5 суток.

Циклон по траектории № 2.

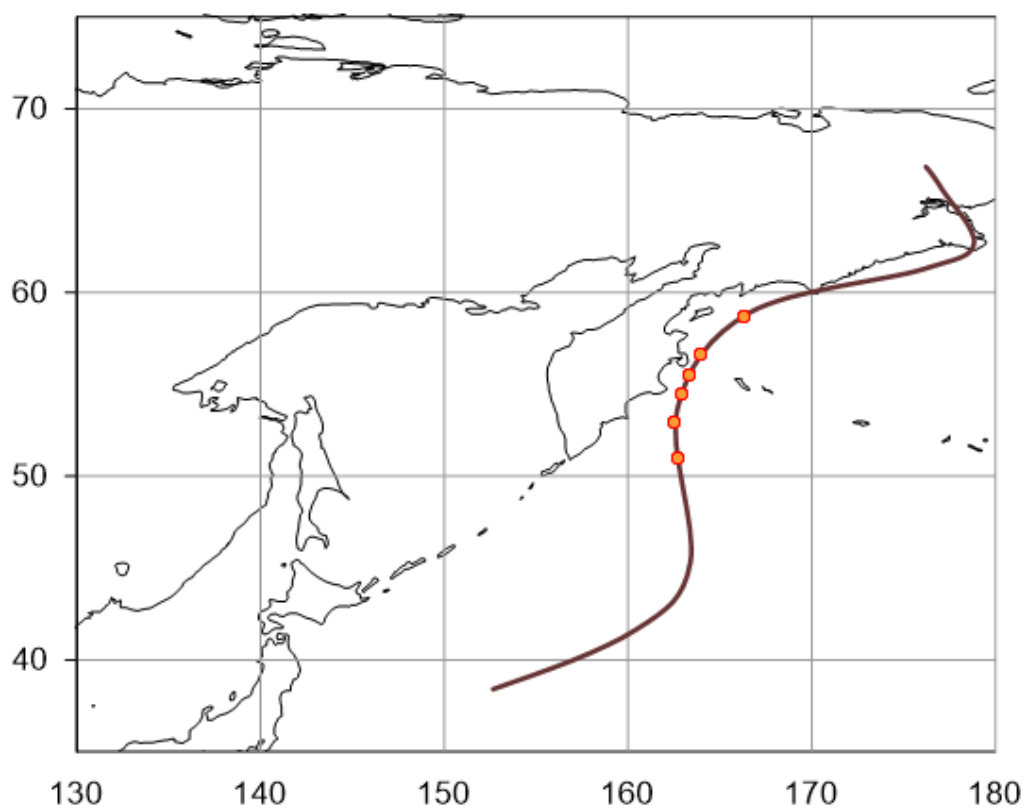


Рисунок 29 Пример траектории № 2. Циклон 29.01 2019 г.

Таблица 4 Штормовые скорости ветра в циклоне 29.01 2019 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32099	31.01 2019 12.00	18	22	955
32252	31.01 2019 21.00	15	21	955
32252	01.02 2019 09.00	19	25	955
32099	01.02 2019 21.00	23	31	960
32099	02.02 2019 00.00	22	29	960
32252	02.02 2019 12.00	15	20	970

В качестве примера 2 траектории, взят циклон, возникший 29 января 2019 года в северо-западной части Тихого океана. Сначала он перемещался на северо-восток, а затем на север к восточным берегам полуострова Камчатка.

31 января был замечен штормовой ветер на станции «Соболево», составляющий 18 м/с, давление в циклоне в это время достигло 955 гПа. В 21:00 того же дня на метеостанции «Усть-Воямполка» отмечалась скорость ветра равная 15 м/с. Так же на этой станции уже 1 февраля в 09:00 фиксировалась скорость 19 м/с, а в 21:00 скорость 23 м/с и порывы ветра 31 м/с. Второго февраля в 00 часов на станции «Усть-Хайрюзово» скорость достигала 22 м/с и порывы 29 м/с, при этом давление начало свой рост – 960 гПа. К 12 часам на Усть-Воямполке наблюдался ветер 15 м/с. В это время траектория повернула на восток, а позднее на северо-запад в сторону материка, там циклон заполнился.

Циклон по траектории № 3.

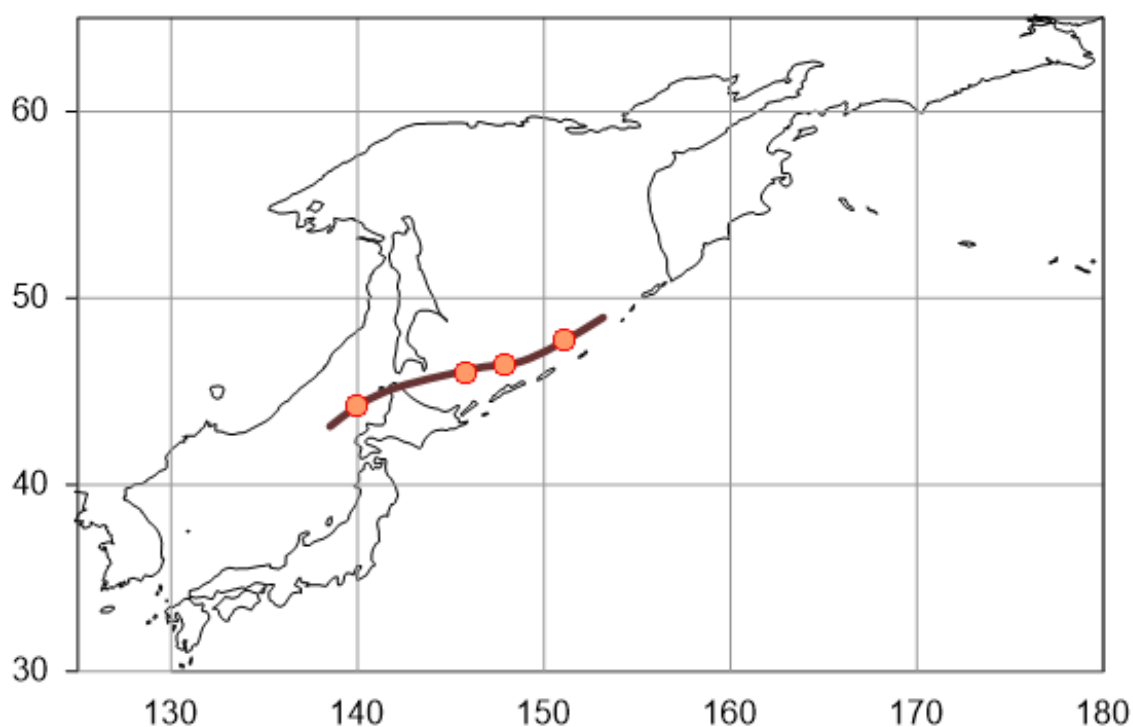


Рисунок 30 Пример траектории № 3. Циклон 03.01 2003 г.

Таблица 5 Штормовые скорости ветра в циклоне 03.01 2003 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32165	03.01 2003 21.00	15	20	1000
32099	04.01 2003 12.00	25	32	990
32099	05.01 2003 15.00	24	30	985
32099	06.01 2003 00.00	18	28	970

Разберем циклон, который перемещался по траектории 3. Он образовался над северной частью Японского моря 3 января 2003 года в 18:00. В 21:00 на станции «Южно-Курильск» уже был зарегистрировали первый штормовой ветер 15 м/с при этом давление было 1000 гПа. Двигаясь на северо-восток, циклон пересек границу Охотского моря и 4 января в 12:00 станция «Мыс Терпения» отметила скорость 25 м/с, порывы ветра до 32 м/с, а давление 990 гПа. Через сутки, а именно 5 января в 15 часов все на той же станции установлена скорость 24 м/с и порывы 30 м/с, к этому моменту давление в центре циклона понизилось до 985 гПа, он находился в районе Курильских островов. Последняя зафиксированная штормовая скорость наблюдалась 6 января в 00:00 – 18 м/с также на станции «Мыс Терпения». К концу дня рассматриваемый циклон заполнился.

Циклон по траектории № 4.

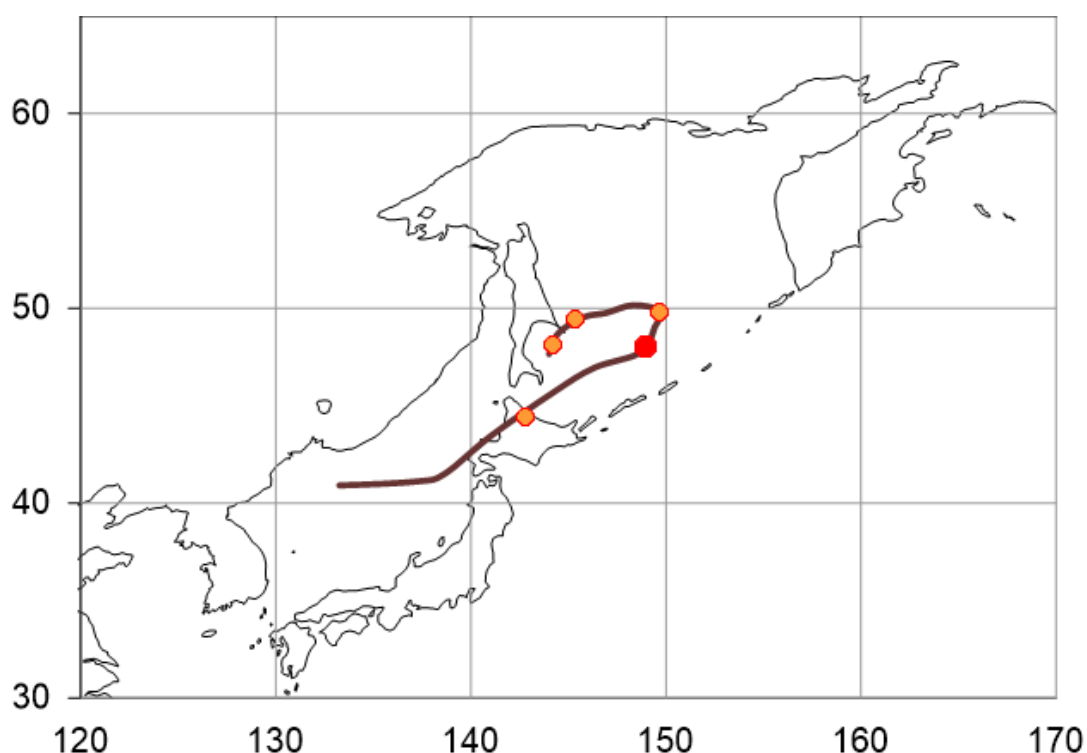


Рисунок 31 Пример траектории № 4. Циклон 23.12 2000 г.

Таблица 6 Штормовые скорости ветра в циклоне 23.12 2000

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32099	23.12 2000 21.00	16	21	995
32099	24.12 2000 12.00	33	44	980
32076	24.12 2000 21.00	15	17	980
32099	25.12 2000 21.00	18	24	990
32099	26.12 2000 09.00	24	32	990

Рассмотрим пример движения циклона по траектории 4. Выбранный циклон возник 23.12 2000 года в 06:00 в Японском море. К 21.00 он переместился в западным берегам острова Хоккайдо, в это время был зафиксирован ветер 16 м/с на станции Мыс Терпения. При этом давление в центре составляло 995 гПа – циклон находился в стадии молодого циклона. Далее циклон перешел в Охотское море и 24.12 в 12.00 скорость ветра на той

же станции достигла 33 м/с, а порывы доходили до 44 м/с (это наибольшая скорость за рассмотренный период), при этом давление понизилось до 980 гПа. 24.12 в 21.00 на станции Пограничное, находящейся на Сахалине, наблюдался ветер 15 м/с, давление в центре циклона в тот момент – 980 гПа. 25 декабря циклон начал совершать разворот на запад и заполняться, давление начало повышаться до 990 гПа, но при этом на станции Мыс Терпения еще фиксировались штормовые ветра: в 21.00 – 18 м/с, а 26 декабря в срок 09.00 – 24 м/с. К концу 27 декабря циклон полностью заполнился.

Циклон по траектории № 5.

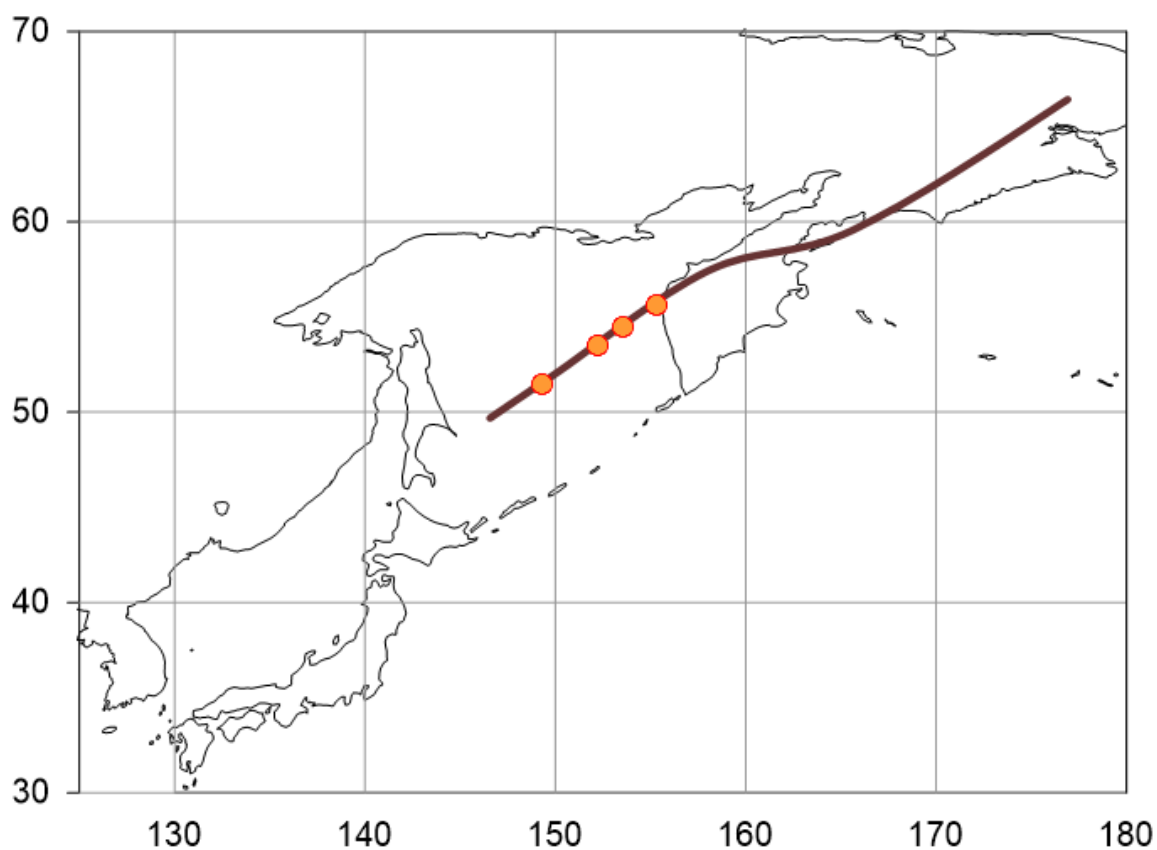


Рисунок 32 Пример траектории № 5. Циклон 17.12 2019 г.

Таблица 7 Штормовые скорости ветра в циклоне 17.12 2019 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32099	17.12 2019 18.00	15	19	1000
25916	18.12 2019 06.00	16	22	990
32099	18.12 2019 06.00	15	20	990
32411	19.12 2019 12.00	20	31	980
25922	19.12 2019 15.00	18	25	980

На очереди циклон, который образовался 17 декабря 2019 года в 12 часов над водами Охотского моря. Он совершал свое движение на северо-восток и уже к 18:00 стал причиной уселения ветра до 15 м/с на станции «Мыс Терпения». Далее 18 декабря в 06:00 на метеорологической станции «Мыс Алевина», которая расположена на северном берегу Охотского моря, зафиксировали скорость ветра 16 м/с, также в этот срок штормовая скорость наблюдалась и на станции «Мыс Терпения» - 15 м/с, давление в центре при этом было 990 гПа. К 19 декабря циклон начал подходить к Камчатке и в 12 часов на станции «Ича», находящейся на полуострове, зарегистрировали ветер 20 м/с и порывы до 31 м/с, минимальное давление в этот момент 980 гПа. В 15:00 тех же суток наблюдалась скорость ветра 18 м/с и порывы до 25 м/с на метеостанции «Шелихова». После того, как циклон пересек полуостров Камчатка, он направился на северо-восток по берегу материка и 22 декабря произошло заполнение в районе Анадырского района.

Циклон по траектории № 6.

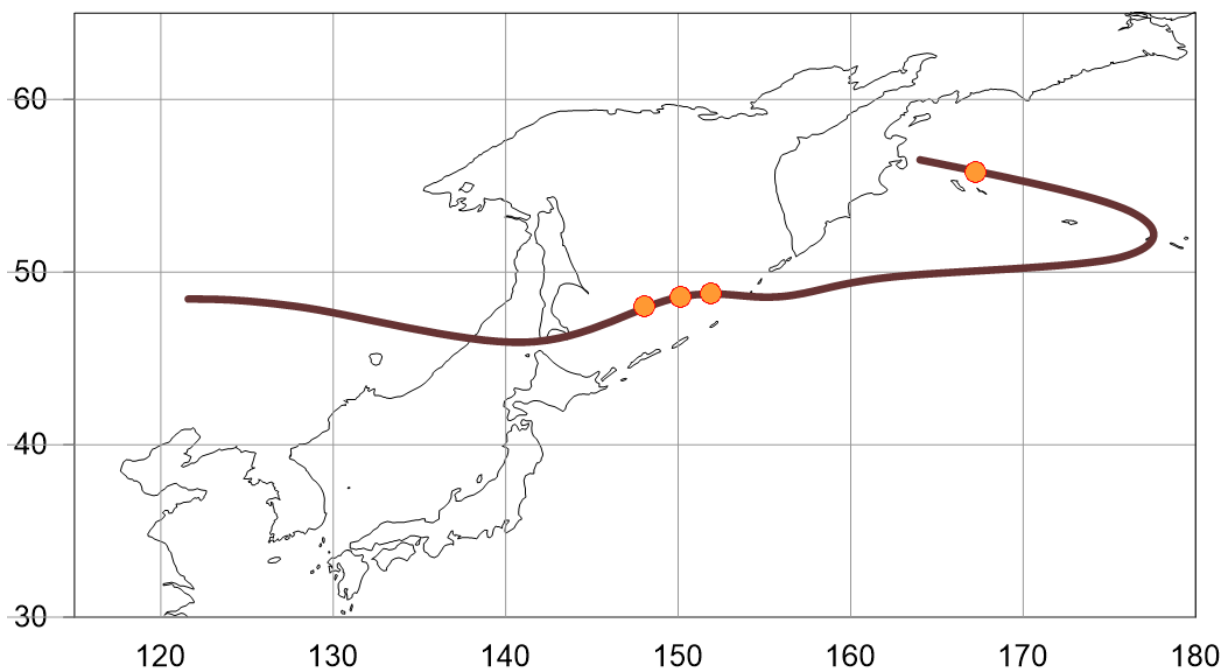


Рисунок 33 Пример траектории № 6. Циклон 31.12 2013 г.

Таблица 8 Штормовые скорости ветра в циклоне 31.12 2013 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32099	01.01 2014 18.00	19	23	980
32099	02.01 2014 03.00	23	30	975
32165	02.01 2014 06.00	15	22	975
32252	04.01 2014 09.00	15	23	965

Траектория 6 стала самой малочисленной из всех, по ней перемещались всего 4 циклона за весь взятый период. Один из них возник 31 декабря 2013 года над территорией Монголии. Сначала он шел на восток в сторону Японского моря, потом вошел в Охотское море через пролив Соя. На станции «Мыс Терпения» 1 января 2014 года отмечена скорость ветра 19 м/с, давление в центре циклона было 980 гПа. 2 января давление опустилось до 975 гПа и в срок 03:00 скорость ветра составила 23 м/с, а порывы доходили до 30 м/с. Через 3 часа на станции «Южно-Курильск» зафиксирован ветер 15

м/с. 3 января циклон вышел в Тихий океан, а дойдя до Берингово моря, сделал разворот на северо-запад и направился к полуострову Камчатка. Там, 4 января в 09:00 на станции «Усть-Воямполка» скорость ветра была 15 м/с. При этом циклон развился максимально, давление в его центре стало 965 гПа. 11 января 2014 года произошло разрушение.

Циклон по траектории № 7.

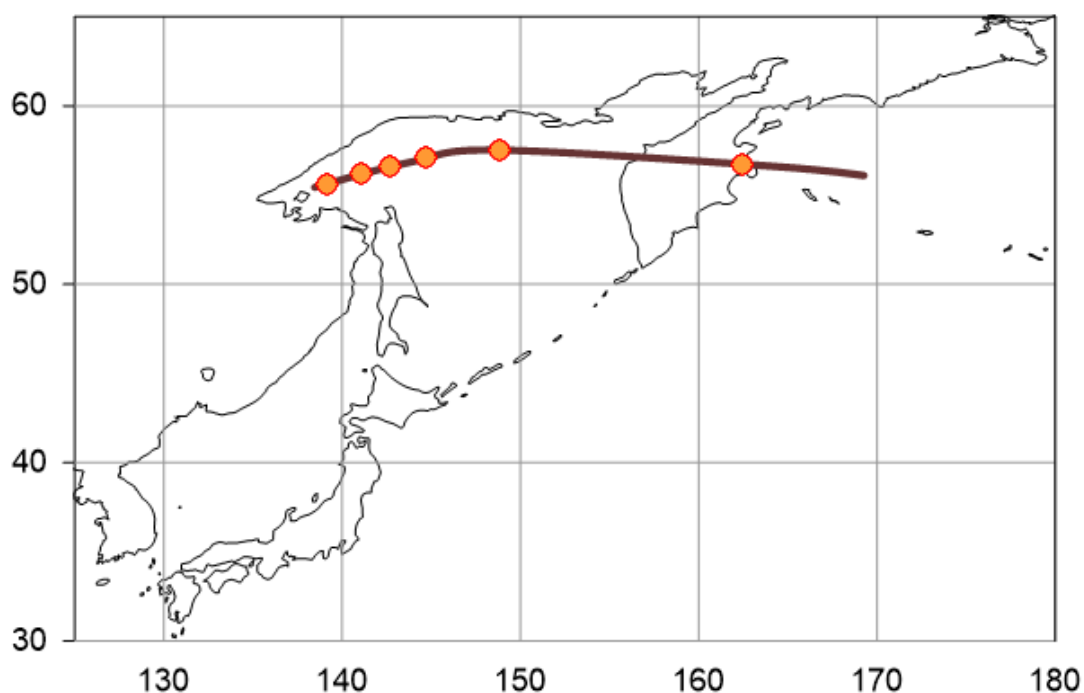


Рисунок 34 Пример траектории № 7. Циклон 25.02 2010 г.

Таблица 9 Штормовые скорости ветра в циклоне 03.01 2003 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
31168	25.02 2010 18.00	16	28	1000
25916	25.02 2010 21.00	15	21	990
31174	26.02 2010 00.00	15	23	990
25916	26.02 2010 09.00	20	30	985
25922	26.02 2010 21.00	20	24	985
32252	27.02 2010 15.00	15	19	990

Один из циклов, перемещающийся по траектории 7, сформировался 25 февраля 2010 года в 15:00 над северо-западными окрестностями Охотского моря. Он держал путь на восток и первый штормовой ветер наблюдался на станции «Аян» - 16 м/с, порывы ветра фиксировались до 28 м/с. В 21 час была следующая высокая скорость, составившая 15 м/с на гидрометеорологической станции «Мыс Алевина», давление 990 гПа. В следующий срок, а именно 26 февраля в 00:00 на станции «Большой Шантар» регистрировали скорость 15 м/с, а в 09:00 на Мысе Алевина наблюдали ветер 20 м/с и порывы 30 м/с, минимальное давление в этот момент стало 985 гПа. Также штормовые скорости отмечались у метеостанции «Шелихова» 26 декабря в 21:00 – 20 м/с, к этому времени циклон почти пересек полуостров Камчатка. Затем он вышел на территорию Берингова моря и разрушился там 1 марта 2010 года, просуществовав 4 дня.

Циклон по траектории № 8.

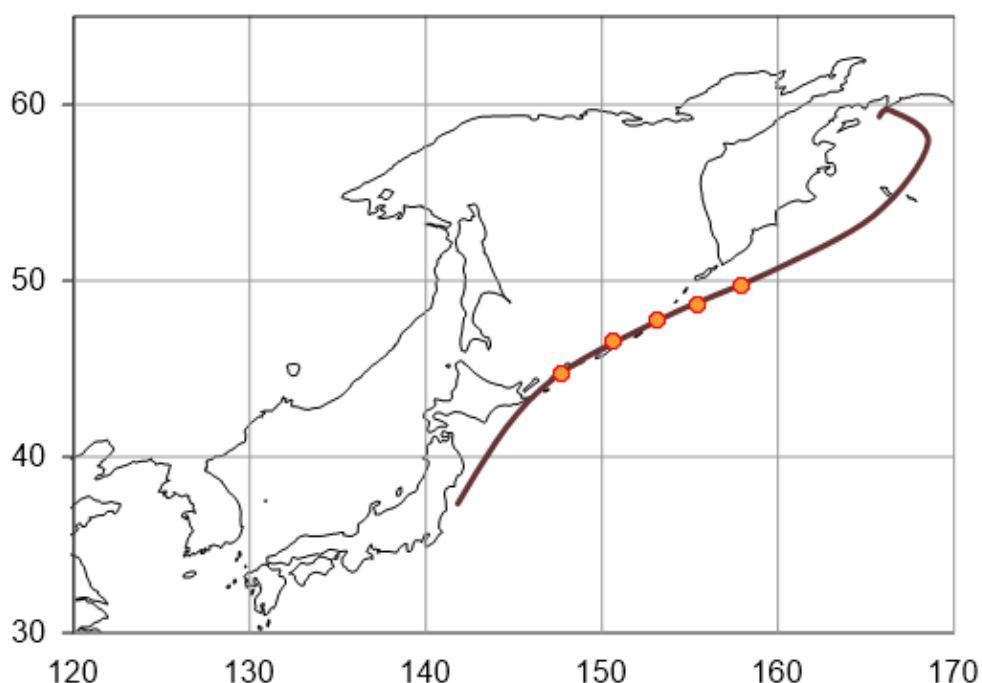


Рисунок 35 Пример траектории № 8. Циклон 20.02 2022 г.

Таблица 10 Штормовые скорости ветра в циклоне 20.02 2022 г.

№ станции	срок	Скорость ветра, м/с	Макс. скорость ветра, м/с	Мин. давление, гПа
32099	20.02 2022 21.00	19	27	965
32165	20.02 2022 21.00	15	28	965
32099	21.02 2022 09.00	26	38	965
32165	21.02 2022 15.00	20	38	960
32099	22.02 2022 00.00	19	27	960
32252	22.02 2022 06.00	17	23	960

Циклон,двигающийся по заключительной траектории 8 появился 20 февраля 2022 года в 00:00 в Тихом океане близ берегов Японии. Перемещаясь на северо-восток, этот циклон повлиял на ветровой режим двух метеорологических станций 20 февраля в 21:00, этими станциями стали «Мыс Терпения» и «Южно-Курильск». На первой была зарегистрирована скорость 19 м/с, а на второй 15 м/с, давление в этот момент уже опустилось до 965 гПа. Также штормовой ветер наблюдался на станции «Мыс Терпения» 21 февраля в 09:00 – 26 м/с, с ураганными порывами до 38 м/с, а в 15:00 на станции «Южно-Курильск» - 20 м/с и также порывы до 38 м/с, минимальное давление в центре составил 960 гПа. Этот циклон затронул Охотское море лишь через Курильские острова. Таким образом, 22 февраля циклон вышел в Тихий океан и в 00:00 на станции «Мыс Терпения» наблюдался ветер 19 м/с. А также в 06:00 метеостанция «Усть-Воямполка», находящаяся на полуострове Камчатка, дала штормовой ветер 17 м/с. Выйдя в Берингово море, циклон совершил поворот на запад в сторону северного района Камчатки. Разрушился он 1 марта 2022 года.

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы были выполнены поставленные задачи:

Составлена база данных по береговым метеорологическим станциям Охотского моря за 22 года, которая послужила основой для дальнейшего анализа.

Проведен анализ ветрового режима на станциях в рассматриваемом районе, это позволило получить представление о климатических особенностях региона. Для подробного рассмотрения выбран только зимний период.

За зимние месяцы было проанализировано 202 циклона, при которых наблюдались штормовые ветра, оказывающие влияние на акваторию Охотского моря.

Исследованы особенности циклонов, которые становятся причиной штормовых ветров в районе Охотского моря:

1. Наибольшее количество штормовых циклонов приходится на конец осени и зимние месяцы.

2. В более 40% случаев продолжительность существования циклонов составляет 5-8 суток.

3. Штормовые ветры наиболее часто встречаются при стадиях молодой циклон (35 %) и максимального развития (34 %). Чаще всего отмечены случаи со скоростью ветра 19-20 м/с (в 20 %) и 23-24 м/с (18 %).

4. Штормовые циклоны достаточно глубокие, 65 случаев (32 %) с давлением в центре 970-980 гПа. В 18 случаях зафиксировано давление 955 гПа (9 %).

5. Построены траектории перемещения штормовых циклонов. Наибольшее количество циклонов двигались из Японского моря на северо-восток через Охотское море (32 %) и из северо-западной части Тихого океана на север в Охотское море (26 %). Более глубокими являются циклоны, с

наиболее удаленной траекторией от Охотского моря. Самые опасные – циклоны, перемещающиеся из Японского и южной части Охотского моря на северо-восток.

Эти задачи были решены благодаря использованию актуальных данных и современных методов анализа. Полученные результаты вносят вклад в понимание климатических особенностей Охотского моря и могут быть полезны для прогнозирования погоды и обеспечения безопасности морской деятельности в регионе.

Список используемых источников

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат. – 1991. – с. 242-296, 326-361.
2. Гущина Д.Ю. Синоптическая метеорология. Ч. 2. Изд-во МГУ – с. 146-156.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат. – 1977. –с. 210-299;
4. Воробьев В.И. Основные понятия синоптической метеорологии. Учебное пособие. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2003 - 48 с.
5. Хандожко Л. А. Региональные синоптические процессы. Учебное пособие. / изд. ЛГМИ, 1988 – 66 с.
6. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. 7-е издание. – МГУ им. М.В. Ломоносова. – М: Издательство «Наука», издательство Московского университета. – 2006. –с. 186-192, 411-424;
7. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. — Изд-во МГУ, 1982. — с.192.
8. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные / Регистр СССР. – Изд-во Ленинград, Транспорт. 1974. - 359 с.
9. Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей / Под ред. Л. И. Лопатухина, А. В. Бухановского, В. А. Рожкова, А.Б. Дегтярева. - СПб: Российский морской регистр судоходства, 2003. - 213 с.
10. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Гидрометеиздат СССР. Том 9. Охотское море. Гидрометеорологические условия. - СПб: Гидрометеиздат, 1998 - 359 с.
11. Гидрометеорологические карты. Моря: Средиземное, Северное, Норвежское, Гренландское, Баренцево, Балтийское, Белое, Черное, Азовское, Каспийское, Японское, Охотское,

Берингово. Изд ГУНиО, МО СССР. 1977-1990 гг.

12. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://meteo.ru>.
13. Сайт EUMeTrain [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eumetrain.org/eport>
14. Сайт Wetterzentrale [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wetterzentrale.de>.
15. Сайт Ventusky [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ventusky.com>
16. Meteoinfo.ru [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/4882-23032012-l-r->
17. Сайт Расписание Погоды [электронный ресурс] <https://rp5.ru>.
18. Сайт Pogodaiklimat.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>.