



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: «Исследование взаимодействия тропических циклонов с циклонами
умеренных широт в северо-западной части Тихого океана»

Исполнитель Вязьминова Ольга Владимировна
(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)

«17» июня 2024г.

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1 Физико-географическое описание северо-западной части Тихого океана.....	5
Глава 2 Возникновение и жизненный цикл тропических циклонов.	7
2.1 Общие сведения о тропических циклонах и стадиях их эволюции.	7
2.2 Регионы зарождения, перемещения и угасания тропических циклонов.	12
2.3 Крупномасштабные метеорологические и климатические условия формирования тропических циклонов.	13
Глава 3 Анализ циклонов умеренных широт.....	20
3.1 Оценка частоты и интенсивности циклонов умеренных широт в регионе.....	20
3.2 Анализ динамики движения циклонов умеренных широт.....	22
3.3 Исследование факторов, влияющих на формирование и развитие циклонов умеренных широт в регионах.	23
Глава 4 Взаимодействие тропических циклонов с циклонами умеренных широт.	28
4.1 Анализ случаев взаимодействия между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт.	28
4.2 Исследование влияния взаимодействия тропического циклона LIONROCK.	32
4.3 Исследование влияния взаимодействия тропического циклона HINNAMNOR.	38
Заключение.....	42
Список литературы.....	44

Введение.

Тема "Исследование взаимодействия тропических циклонов с циклонами умеренных широт в северо-западной части Тихого океана" является актуальной из-за важности понимания механизмов взаимодействия различных типов циклонов.

Океаны играют роль в генерации, усилении и постепенном снижении интенсивности тропических циклонов, таких как ураганы или тайфуны. В то же время, циклоны умеренных широт характеризуются совершенно другими особенностями и могут оказывать влияние на тропические циклоны.

Целью данной работы является изучение взаимодействия и влияния тропических циклонов на циклоны умеренных широт в северо-западной части Тихого океана. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи:

1. Сбор и анализ данных о тропических циклонах и циклонах умеренных широт в северо-западной части Тихого океана с 2016 по 2021 г.
2. Рассмотреть типовые синоптические ситуации для умеренных широт над поверхностью суши и океана.
3. Проанализировать особенности и траектории тропических циклонов за рассматриваемый период.
4. Анализ взаимодействия тропических циклонов и циклонов умеренных широт на основе полученных данных.

Результаты данного исследования будут иметь практическую значимость, так как позволят лучше понять и прогнозировать поведение тропических циклонов и циклонов умеренных широт в северо-западной части Тихого океана, а также разработать меры для минимизации возможных негативных последствий природных катаклизмов.

Объект исследования: тропические циклоны.

Предмет исследования: моделирование параметров тропических циклонов для их лучшего обнаружения и прогнозирования.

Глава 1 Физико-географическое описание северо-западной части Тихого океана.

Северо-западная часть Тихого океана – это область, расположенная на северо-западе Тихого океана, между Азией и Северной Америкой. В этой части океана находятся моря: Японское, Охотское, Восточно-Китайское и Берингово. Также в этой области находится много островов: Курилы, Сахалин, Камчатка, Алеутские острова и др. Северо-западная часть Тихого океана является одной из самых насыщенных морской жизнью мест на планете и имеет важное значение для рыболовства и судоходства. Кроме того, в этой области часто происходят сильные циклонические системы и тайфуны.[2, с.25]

Северо-западная часть Тихого океана расположена на основных путях движения внетропических циклонов по различным траекториям в главном направлении с юго-запада на северо-восток. Здесь сосредоточивается значительная концентрация кинетической энергии всей северной половины Тихого океана, которая влияет на термогидродинамические процессы в океане, проявляясь в наличии зон крупных аномалий поверхностной температуры океана, ярко выраженных гидродинамических зон с мощным вихреобразованием и т. д.

Одной из особенностей северо-западной части Тихого океана является наличие крупных течений, которые оказывают значительное влияние на климат и природные условия этой области. Наиболее известным из них является Куроисио - теплое течение, которое приносит теплые воды с юга и оказывает важное влияние на климат Японии. Это течение также способствует образованию туманов и туманностей, которые часто наблюдаются в этой части океана.

Климат в северо-западной части Тихого океана подвержен значительным колебаниям и изменениям. Летом здесь характерна высокая влажность и температура, что способствует развитию сильных циклонических систем и тайфунов. Зимой же преобладает холодный и сухой климат с частыми

морозами и снежными бурями. Эти условия делают эту часть океана сложной для жизни, но при этом создают идеальные условия для разнообразия морской фауны и флоры.

Океанские природные ресурсы в северо-западной части Тихого океана также имеют большое значение для экономики региона и его развития. Однако, в последние годы северо-западная часть Тихого океана стала сталкиваться с проблемами, связанными с изменением климата и экологической устойчивостью. Загрязнение, изменение температурного режима и разрушение рыбных запасов становятся серьезной угрозой для морской жизни и экосистемы. Это требует принятия срочных мер для сохранения и восстановления природных ресурсов этой области. Также необходимо усилить сотрудничество между странами региона, чтобы обеспечить устойчивое развитие и сохранение северо-западной части Тихого океана для будущих поколений.[1, с.12]

На северо-западе Тихого океана хорошо проявлены краевые валы, протягивающиеся по океанской стороне глубоководных желобов. Их три (с севера на юг): вал Зенкевича (вдоль Курило-Камчатского желоба), Японский и Бонинский. На их поверхности много холмов, а в некоторых районах распространены горы от 1 - 2 до 3,5 км высотой. Структуры осложнены грабенами и горстами.

Бурение на краевом валу вскрыло разрез океанических осадков (400 м), представленный отложениями от меловых до современных. Верхние 300 м представлены глинисто-диатомовыми и туфо-диатомовыми илами с прослоями пепла позднемиоцен-четвертичного возраста. С глубиной увеличивается количество кремнистых остатков радиолярий и глинистого материала. На глубине 360 м кремнисто-глинистые осадки резко сменяются пелагическими глинами. Накопление всего лишь 18 м пелагических глин укладывается во временной интервал от среднего миоцена до начала палеогена, что свидетельствует о предельно низких скоростях накопления осадков в то время.

Глава 2 Возникновение и жизненный цикл тропических циклонов.

2.1 Общие сведения о тропических циклонах и стадиях их эволюции.

Тропический циклон — это мощный атмосферный вихрь, характеризующийся закручивающимся ветром и сильными дождями. Он может создаваться над океанами и может достигать огромных размеров. Тропические циклоны имеют несколько стадий эволюции, включая формацию, интенсификацию, поддержание и исчезновение.

Формация: Этап формации тропического циклона начинается с образования мощного центра низкого давления над теплыми водами океана. Теплые воды позволяют влажному воздуху набирать тепло и влагу, что способствует формированию вихря и первоначальному образованию грозных облаков. [2, с.28]

Интенсификация: Когда циклон начинает формироваться, он переходит в стадию интенсификации. На этой стадии центр низкого давления набирает обороты, что приводит к усилению ветра и увеличению скорости. Влажный воздух вокруг центра насыщен теплом, что способствует созданию сильных грозных облаков и продолжительным дождям. Циклон начинает двигаться по своей траектории под воздействием ветровых течений. Чем выше температура воды в океане, тем больше энергии циклон поглощает и тем сильнее он становится.[3, с.45]

Поддержание: После достижения пика интенсивности тропический циклон начинает поддерживаться за счет поступления теплого влажного воздуха из окружающих районов, обеспечивая его энергией и сохраняя его спиральную структуру ветра. Одновременно циклон отводит излишнее тепло в верхние слои атмосферы, что помогает ему сохранять свою активность. На этой стадии тропический циклон может вызывать сильные дожди, наводнения и опасные условия для жизни и имущества в районах, куда он направляется.

Исчезновение: В конце своего пути тропический циклон ослабевает, поскольку либо проникает в неподходящие условия для развития (например,

на сушу), либо исчерпываются источники тепла и влаги. Ветры начинают замедляться, и циклон полностью растворяется, хотя его остатки могут все еще приносить сильные дожди и вызывать опасные погодные условия.

Стадии эволюции тропического циклона могут различаться по интенсивности и длительности в зависимости от множества факторов, включая температуру воды в океане, влагу, вертикальную структуру атмосферы и силу других систем ветровых течений, таких как штормы и фронты.

После достижения пика интенсивности на стадии поддержания, циклон может продолжать существовать в течение нескольких дней или недель, причем его движение зависит от силы и направления ветровых течений. Интенсивность и длительность тропического циклона также могут изменяться в зависимости от его географического положения. Например, тропические циклоны, образующиеся в западной части Тихого океана, известны своей высокой активностью и сильными ветрами, в то время как тропические циклоны в Индийском океане могут быть менее интенсивными, но все же способны причинить значительный ущерб при попадании на берег.

В целом, тропические циклоны являются мощными атмосферными явлениями, которые имеют потенциал нанести значительный ущерб при попадании на берег. Их эволюция зависит от множества факторов и может быть сложной и изменчивой. Изучение этих феноменов помогает нам лучше понять природу их возникновения и поведения, что в свою очередь способствует прогнозированию и охране жизни и имущества.

На земном шаре в год наблюдается около 80 тропических циклонов [4] с максимальными скоростями ветра 20-25 м/с и выше. От половины до двух третей из них достигает ураганной силы (ветер более 33 м/с) [5]. Наибольшее распространение получила классификация тропических циклонов в зависимости от скорости приземного ветра, которую использовали в своих работах многие авторы [6,7,8], а также Национальные гидрометеослужбы ряда стран, которая приведена ниже:

1. Тропические возмущения (tropical disturbance). Слабо выраженный вихрь с небольшими скоростями ветра менее 17 м/с. На карте погоды отсутствуют замкнутые изобары. Вихрь прослеживается по сходимости линий тока.
2. Тропическая депрессия (tropical depression). На карте погоды имеются 1-2 замкнутые изобары. Сила ветра достигает 17-20 м/с.
3. Тропический шторм (tropical storm). На карте погоды имеется более 2 замкнутых изобар, а сила ветра составляет 21-32 м/с.
4. Ураган (hurricane). Термин «ураган» эквивалентен «тайфуну». Скорость ветра превышает 32 м/с.

Классификация интенсивности тропических циклонов, как указано в [9], весьма относительна. Отдельные циклоны могут пройти все перечисленные выше стадии, но лишь небольшой процент из них достигает интенсивности, соответствующей последней стадии. В разных районах Земного шара тропические циклоны имеют свое название. На Дальнем востоке их называют тайфунами, в северной части Атлантики – ураганами, в Австралии – вилли-вилли, в Океании – вилли-вау, на Филиппинах – багио.

Тропические циклоны – огромные вихри (рис. 1.) достигающие в диаметре от 100-200 км (при давлении в центре ниже 950 гПа), до 1000-1500 км (при давлении в центре в среднем 1000 гПа) и простирающиеся по вертикали до 20 км. Тропический циклон представляет воронку, диаметр которой с высотой заметно увеличивается. У поверхности земли ширина ее в среднем составляет 20 км, но может достигать 100-200 км, а в отдельных случаях – 300 км [6]. Тропический циклон вращается с большой скоростью вокруг вертикальной оси.

В центре воронки движение воздуха направлено сверху вниз, а на границе воронки – снизу-вверх [7]. В структуре зрелых тропических циклонов поле горизонтальной циркуляции на нижних уровнях может быть разделено на три различные области:

а) внешняя область, которая простирается внутрь от периферии тропического циклона до зоны максимальных ветров. В этой части тропического циклона скорости ветра возрастают в направлении к центру;

б) область максимальных ветров (достигающих 100 м/с и более), которая окружает центр тропического циклона. Эта зона в ширину составляет 10-20 км, рядом со стеной облачности, окружающей центр тропического циклона. Наиболее интенсивная конвекция и самые сильные дожди в тропическом циклоне обычно связаны с этой стеной облачности, поскольку низкоуровневая конвергенция и восходящее вертикальное движение здесь самые сильные;

в) центральная область – глаз бури, является самой внутренней частью тропического циклона, в которой скорость ветра быстро снижается с приближением к центру тропического циклона. Размер глаза, определяемый радиусом стены облаков, окружающих глаз бури, изменяется с течением времени.

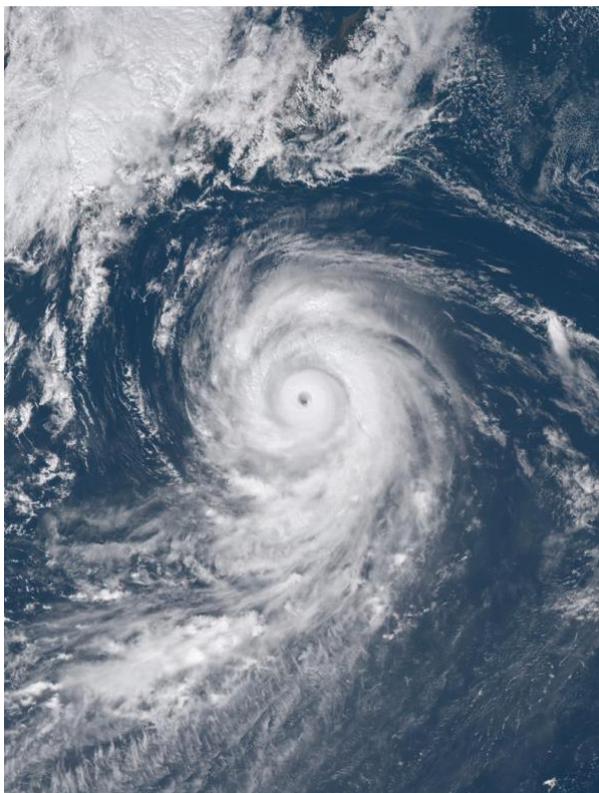


Рис. 1. – Тайфун «LIONROCK», ИСЗ MTSAT-2 28.08.2016 г.

Циркуляция в интенсивных тропических циклонах распространяется вверх до высоты примерно 14-15 км (почти до тропической тропопаузы).

Поскольку тропические циклоны имеют теплое ядро, циклоническая циркуляция уменьшается с высотой.

Вертикальная циркуляция в тропическом циклоне может быть также разделена на три слоя [4]:

а) самый нижний слой, от поверхности до высоты 3 км – слой притока, поскольку он содержит ярко выраженный компонент движения в направлении к центру тропического циклона. Максимальный приток происходит в пограничном слое на уровне 950 гПа. В этом слое происходит преобразование потенциальной энергии в кинетическую. Приток воздуха к центру тропического циклона, обусловлен силами трения [5];

б) средний слой, от высоты примерно 3 до 7,6 км – поток в нем является большей частью тангенциальным при небольшом радиальном движении, либо при отсутствии этого движения;

в) слой оттока простирается от 7,6 км до вершины тропического циклона, при максимальном выходящем потоке в зрелых тропических циклонах, располагающемся примерно на высоте 12 -16 км, а циркуляция воздуха становится антициклонической. Слой оттока концентрируется вблизи уровня 150 гПа и распространяется по горизонтали на большие расстояния [5].

Если также учитывать влияние трения, то тропический циклон может рассматриваться, как состоящий из пяти различных режимов: пограничный слой, режим ядра, режим зоны взаимодействия, режим внешней зоны и антициклонический режим оттока. Тропические циклоны при своем движении и эволюции могут быть описаны атмосферными характеристиками полей приземного давления, ветра, температуры, влажности, облачности, осадков, изменения которых подвержены определенным закономерностям.

Поле атмосферного давления. Пространственное изменение давления в тропиках [9,5] обычно незначительно отличается от среднего давления на уровне моря. Давление же в центре тропического циклона может быть на 5% или даже на 10% ниже этого значения. В центре тропического циклона

давление обычно составляет 950-960 гПа. В отдельных случаях давление может упасть до 890 гПа.

Рекордно низкое давление 870 гПа было отмечено в центре тайфуна «ТИР», наблюдавшегося 12 октября 1979 года на Северо-западе Тихого океана. Для тропических циклонов характерны большие градиенты давления: 14-17 гПа/100км (в отдельных тропических циклонах до 60 гПа/100 км, а иногда и 20 гПа на 20 км). Отмечается асимметричность в распределении градиентов давления, которая объясняется наложением барического поля тропического циклона на поле потока, в котором он движется.

2.2 Регионы зарождения, перемещения и угасания тропических циклонов.

Тропические циклоны зарождаются над теплыми океанскими поверхностями и обычно развиваются в тропических и субтропических регионах мира. Вот несколько примеров регионов зарождения, перемещения и угасания тропических циклонов:[8, с.45]

1. Атлантический бассейн: основными районами формирования тропических циклонов в Атлантическом океане являются Карибское море, залив Мексики, северо-восточная часть США и центрально-восточный Атлантический океан. Циклоны, образующиеся в этом регионе, обычно перемещаются с востока на запад или с юго-запада на северо-восток.

2. Тихоокеанский регион: тропические циклоны, также известные как тайфуны, формируются в Тихом океане вдоль восточного побережья Азии и мигрируют в направлении запада или северо-запада. Регионами зарождения тайфунов являются западная часть Тихого океана, Филиппины, Марианские острова, Япония, Китай и Южная Корея.

3. Индийский океан: тропические циклоны в Индийском океане формируются у побережья Африки и мигрируют в западном или северо-западном направлении. Зарождение циклонов наблюдается преимущественно в заливах Бенгал и Омана.

4. Западный и восточный Тихий океан: регионы западного и восточного Тихого океана также подвержены формированию тропических циклонов. Зарождение циклонов наблюдается вокруг Гавайских островов, Аляски, а также на островах Майкото в северо-западной части Тихого океана.[13, с.45]

Каждый из этих регионов имеет уникальные климатические условия, которые способствуют образованию и развитию тропических циклонов.

В целом, тропические циклоны - это мощные стихийные бедствия, которые могут причинить огромные разрушения и угрожать жизням людей. Понимание и изучение этих циклонов является крайне важным для прогнозирования и оценки риска, а также для принятия соответствующих мер по защите и предупреждению населения.[6, с.28]

2.3 Крупномасштабные метеорологические и климатические условия формирования тропических циклонов.

Формирование тропических циклонов, таких как ураганы, тайфуны и циклоны, связано с определенными метеорологическими и климатическими условиями. Рассмотрим их основные аспекты:

1. Температура поверхности моря: Тропические циклоны формируются над теплыми океанскими поверхностями, где температура воды превышает 26,5°C. Теплые воды океана предоставляют энергию для питания тропических циклонов.

2. Низкое вертикальное движение воздуха: Для развития тропического циклона необходимо, чтобы вертикальное движение воздуха было незначительно. Это способствует сохранению тепла и влаги в нижних слоях атмосферы, что питает и поддерживает развитие циклона.

3. Устойчивость атмосферы: В отсутствие вертикального движения воздуха повышается устойчивость атмосферы, что препятствует возникновению тропических циклонов. Однако в присутствии различных факторов, таких как южные ветра в верхних слоях атмосферы и наличие

потоков ветра, атмосфера может стать неустойчивой, что предоставляет условия для образования тропического циклона.

4. Наличие силы Кориолиса: формирование тропических циклонов происходит в области, где наблюдается достаточно мощная сила Кориолиса. Сила Кориолиса отклоняет движение воздушных масс, создавая циклоническую циркуляцию, что способствует формированию тропического циклона.

5. Низкое вертикальное давление: высокое атмосферное давление в верхних слоях атмосферы может препятствовать формированию тропического циклона. Однако пониженное вертикальное давление позволяет воздушным массам подниматься вверх и создает благоприятные условия для развития тропического циклона.

6. Ветровые условия: Для формирования тропического циклона также важны особые ветровые условия. Ветры должны менять свое направление и скорость с высоты на нижние слои атмосферы, что создает сдвиг ветра, необходимый для начала циклонической циркуляции.

7. Влажность воздуха: Уровень влажности воздуха также играет важную роль в формировании тропических циклонов. Высокий уровень влажности в атмосфере способствует образованию облаков и выпадению осадков, что может формировать развитие циклона. Влажный воздух является источником энергии для тропических циклонов и способствует их усилению.

8. Топография местности: Местность, над которой формируется тропический циклон, может также влиять на его развитие. Например, наличие горных хребтов или островов может оказывать влияние на направление и интенсивность ветров, что может изменить формирование и развитие циклона.[14, с.45]

9. Временные условия: Продолжительность и интенсивность формирования тропического циклона могут быть также зависимы от временных условий. Например, наличие эль-ниньо или ла-ниня, которые относятся к климатическим условиям в Тихом и Индийском океанах, может

изменить температуру поверхности моря и уровень вертикального движущегося воздуха, что в свою очередь может повлиять на развитие тропического циклона.

10. Взаимодействие с другими системами: Формирование тропического циклона может зависеть от взаимодействия с другими системами, такими как области повышенного атмосферного давления или другие тропические циклоны. Влияние этих систем может способствовать усилению или ослаблению циклона, а также изменению его траектории.

В целом, формирование тропических циклонов является сложным процессом, зависящим от множества факторов. Понимание этих факторов и их взаимодействия помогает ученым прогнозировать и анализировать развитие тропических циклонов, что в свою очередь помогает защитить жизни и имущество людей, находящихся в зонах потенциального воздействия таких стихийных бедствий.

При рассмотрении циклона с точки зрения жизненного цикла отмечают следующие стадии:

1.) Начальная стадия или стадия волны длится от момента проявления первых признаков зарождения циклона до первой замкнутой изобары (Рис.2). На главном атмосферном фронте появляется волна, длина которой может составлять 1000 км и больше. Условиями возникновения такой волны на фронте являются определённые контрасты температур и циклонический сдвиг ветра. Образовавшаяся волна распространяется вдоль фронта обычно по направлению с запада на восток. Образовавшаяся система циклонических ветров увлекается вслед за ней. При этом приземная линия фронта испытывает волнообразную деформацию, как и сама фронтальная поверхность. На этой стадии циклон имеет вид волнообразного возмущения на квазистационарном главном атмосферном фронте. В передней части волны происходит перемещение тёплого воздуха в сторону холодного – в более высокие широты. В тыловой части волны наблюдается обратная ситуация. Здесь холодный воздух смещается в сторону тёплого – в более низкие широты. У земли

атмосферное давление у гребня волны падает до значений 1000-1010 гПа. На приземной карте давления возникает первая замкнутая изобара. На высотных картах замкнутых изобар не наблюдается, они имеют волнообразный изгиб. Развитие циклона из волны на главном атмосферном фронте возможно только в том случае, если длина волны больше или равна 1000 км, так как только в этом случае волна обладает достаточной неустойчивостью. При этом давление продолжает понижаться, образуется циклоническая циркуляция ветра вокруг центра нового циклона.

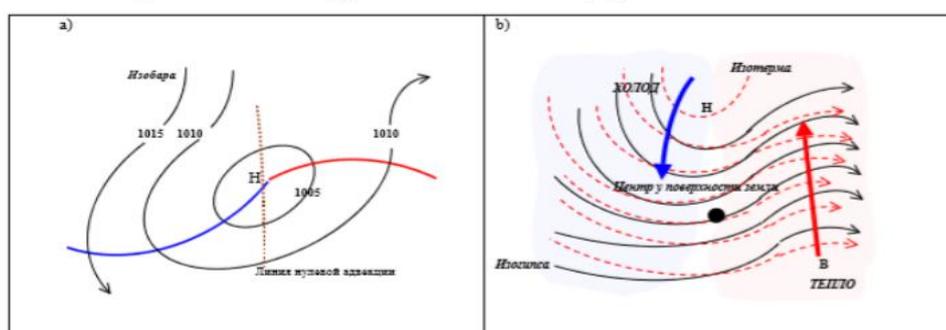


Рис. 2. Начальная стадия циклона: изобары, линия нулевого адвективного изменения давления (коричневым пунктиром) и положение фронтов у поверхности Земли (а); структура термобарического поля тропосферы (б), где сплошными линиями обозначены изогипсы АТ500; красным пунктиром – изотермы средней температуры слоя ОТ 500/1000, цветом выделены области адвекции тепла и холода (стрелками указаны направления адвекции)

2.) Стадия молодого циклона также называется стадией углубления циклона. Она длится от образования первой замкнутой изобары у земли до начала окклюдирования циклона (Рис.3). В передней части циклона продолжается продвижение тёплого воздуха на север, а в тыловой – холодного воздуха на юг. При этом основной атмосферный фронт, на котором происходит образование нового циклона, в передней его части принимает свойства тёплого фронта, а в тыловой части – холодного фронта. Между тёплым и холодным фронтам образуется область, называемая тёплым сектором циклона, куда циклоническими потоками вовлекается тёплый

воздух. В течение этой стадии происходит углубление циклона. Однако, в свободной атмосфере ещё не наблюдается замкнутой циркуляции.

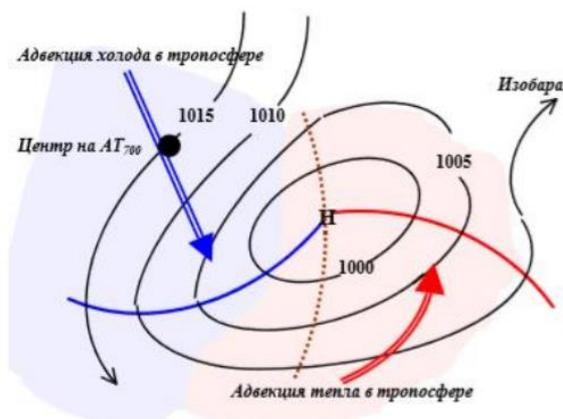


Рис. 3. Стадия молодого циклона: изобары, линия нулевого адвективного изменения давления (коричневым пунктиром) и фронты у поверхности Земли, цветом выделены области адвекции тепла и холода на ОТ 500/1000 (стрелками указаны направления адвекции).

3.) Стадия максимального развития характерна наиболее низким давлением в центре циклона (Рис.4.). Центр циклона окружен множеством замкнутых изобар. Скорости ветра в центре циклона также достигают максимальных значений. На этой стадии циклон является высоким барическим образованием и прослеживается на высотах до 5000 км, а иногда и выше. Облачные системы холодного и тёплого фронтов сливаются, формируется фронт окклюзии.

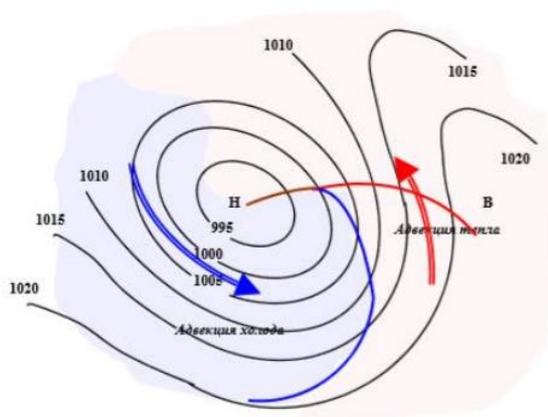


Рис. 4. Стадия максимального развития циклона: изобары и фронты у поверхности Земли, цветом выделены области адвекции тепла и холода на ОТ 500 (стрелками указаны направления адвекции).

4.) Стадия заполнения длится от начала роста давления в центре до полного исчезновения циклона. В этой стадии развития циклон является малоподвижным высоким и холодным барическим образованием. Давление в центре циклона растёт, циклон заполняется. Центральная часть циклона у земли заполняется холодным воздухом, а тёплый воздух выдавливается в верхние слои тропосферы. При этом фронты и тёплый сектор смещаются на периферию циклона. В классификации стадий развития циклона, основанной на его фронтальной природе, последние две стадии развития объединяют в одну – стадию окклюдирования (Рис.5.). Она длится от начала окклюдирования до полного исчезновения циклона.

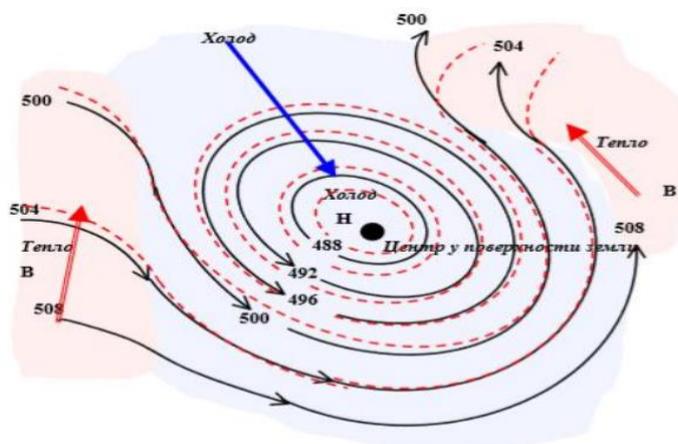


Рис. 5. Структура термобарического поля тропосферы в стадии окклюдирования циклона: сплошными линиями обозначены изогипсы АТ500; красным пунктиром – изотермы средней температуры слоя ОТ1000 500 , цветом выделены области адвекции тепла и холода (стрелками указаны направления адвекции)

Следует отметить, что циклону не обязательно проходить все стадии развития. Чаще всего фронтальные волны не получают дальнейшего развития.

Наиболее опасные циклоны те, которые зарождаются в более низких широтах и несут с собой значительные запасы тепла и влаги в более северные

широты. К числу таких циклонов относятся «южные» циклоны. Эти циклоны имеют ярко выраженную температурную асимметрию: зимой с ними связаны снегопады и метели, летом — обильные дожди, грозы и ливни [11]. Скорость перемещения циклонов может находиться в достаточно широких пределах.

В первой (начальной) стадии циклоны перемещаются со скоростями 40-50 километров в час в соответствии с скоростью ведущего потока. В некоторых случаях скорость может достигать 100 километров в час. В более поздних стадиях, когда циклоны становятся высокими барическими образованиями, скорость их уменьшается, и в дальнейшем они становятся малоподвижными.

Средняя скорость, с которой продвигаются циклоны равна 40-50 километров в час. С циклонами связаны облака с осадками и сильные ветра. Дожди в тёплое время года «подпитывают» землю и пополняют лишённые в процессе испарения и транспирации растений водные запасы почвы, а образовавшийся в результате снегопадов снежный покров в холодный период защищает посевы от вымерзания.

С другой точки зрения, циклоны являются причиной возникновения опасных явлений погоды. К примеру, ливневые осадки, которые выпадают в период созревания всех культур или во время сбора урожая, наносят вред сельскому хозяйству, обилие снега увеличивает работу очистки и вывоза для жилищно-коммунальных хозяйств [1].

Глава 3 Анализ циклонов умеренных широт

3.1 Оценка частоты и интенсивности циклонов умеренных широт.

В течение года во внетропических широтах каждого полушария возникают сотни циклонов весьма значительных размеров. По механизмам возникновения и по характеристикам условий погоды циклоны умеренных широт в северо-западной части Тихого океана разделяются на:

1. Внутримассовые (термические) циклоны.

Образуются в результате сильного прогрева воздуха над ограниченной территорией - прогрев столба атмосферы приводит к падению приземного давления, и формируется замкнутая область пониженного давления. Как правило, являются малоподвижными барическими образованиями, в них преобладает ясная и тихая погода. Прогноз таких циклонов не вызывает затруднений, поскольку они привязаны к температуре подстилающей поверхности, не претерпевают значительной эволюции и не перемещаются. Тем не менее, в тех районах, где они доминируют, условия погоды связаны именно с их образованием, и это нужно учитывать.

2. Фронтальные циклоны.

Представляет собой вихрь, возникающий в связи с основными атмосферными фронтами. Именно с возникновением и развитием фронтальных циклонов связаны наиболее резкие и наиболее разнообразные условия погоды, поэтому с момента своего возникновения наиболее сложной и наиболее важной задачей синоптического оперативного прогноза являлся анализ и прогноз возникновения, развития, перемещение, и разрушения фронтальных циклонов.

Оценка частоты и интенсивности циклонов умеренных широт требует анализа долгосрочных метеорологических данных. Важными источниками данных являются атмосферные модели, метеорологические и спутниковые наблюдения.

Частота циклонов может быть измерена через количество циклонических систем, проходящих через регион за определенный период

времени. Для этого необходимо анализировать метеорологические данные и выявлять циклонические системы на основе таких параметров, как изменение атмосферного давления, направление и скорость ветра, облачность и осадки.

Могут использоваться данные о барической тенденции и изменении атмосферного потенциала энергии.

Для более точной оценки частоты и интенсивности циклонов в регионе могут применяться статистические методы, такие как расчеты средних значений, стандартных отклонений, трендов и др.

Дополнительно, для более глубокого анализа циклонов в регионе, можно использовать атмосферные модели. Эти модели позволяют смоделировать различные погодные условия и предсказать траектории циклонических систем. С помощью таких моделей можно оценить возможные изменения в частоте и интенсивности циклонов в будущем и прогнозировать их влияние на конкретные области.

Другим важным источником данных для оценки циклонов являются спутниковые наблюдения. Спутниковые изображения позволяют отслеживать и визуализировать формирование и движение циклонов. Они также предоставляют информацию о характеристиках циклонов, таких как облачность и температура поверхности океана. Эти данные могут быть использованы для дополнительной верификации результатов анализа метеорологических данных и атмосферных моделей.[15, с.45]

Важно отметить, что оценка частоты и интенсивности циклонов необходима не только для научных исследований, но и для разработки мер по адаптации к климатическим изменениям. Учет этих параметров позволяет прогнозировать возможные угрозы, связанные с циклонами, и разрабатывать соответствующие стратегии в области инфраструктуры, сельского хозяйства и градостроительства. Кроме того, эти данные помогают улучшить прогнозы погоды и экстремальных погодных событий, что в свою очередь способствует безопасности и благополучию людей, проживающих в данном регионе.[2, с.20]

В целом, оценка частоты и интенсивности циклонов требует комплексного анализа метеорологических данных, атмосферных моделей и спутниковых наблюдений. Совместное использование этих источников информации позволяет получить более полное представление о циклонических системах в конкретном регионе. Такой анализ имеет большое значение для научного исследования климатических изменений и разработки практических мер по адаптации к ним, что является важной задачей в соответствии с современными вызовами изменения климата.

3.2 Анализ динамики движения циклонов умеренных широт

Циклоны в умеренных широтах движутся преимущественно с запада на восток под влиянием Западных ветров и положения высокого атмосферного давления, которое зонально располагается к северу и югу от циклонов.

В общем случае, циклоны в умеренных широтах северного полушария движутся против часовой стрелки, а в южном полушарии – по часовой стрелке. Это связано с силой Кориолиса, которая вызывает отклонение воздушных масс вправо независимо от направления их движения в Северном полушарии и влево в Южном полушарии.

Динамика движения циклонов умеренных широт является сложным процессом, который подвержен множеству взаимосвязанных факторов. Важным фактором, влияющим на движение циклонов, являются циклонические вихри. Они образуются из-за вихревого движения воздушных масс и могут стать источниками интенсивной погоды, такой как сильные ветра и дожди. Циклонические вихри могут воздействовать на траекторию циклона, заставляя его изменять направление или интенсивность своего движения.

Вертикальное перемещение воздушных масс также оказывает существенное влияние на динамику циклонов умеренных широт. Подъем и опускание воздуха могут создавать горизонтальные градиенты давления, что в свою очередь вызывает силу развития или ослабления циклонической системы. Кроме того, вертикальные перемещения воздуха могут

способствовать формированию грозовых областей и влиять на силу и продолжительность осадков, связанных с циклоном.

Важно отметить, что географическое положение и сезонность также оказывают влияние на динамику движения циклонов умеренных широт. В различных частях мира циклоны могут проявляться по-разному, в зависимости от географических особенностей и климатических условий.

Анализ динамики движения циклонов умеренных широт является важным инструментом для прогнозирования погоды и оценки ее влияния на различные регионы. Синоптические карты и изображения являются ценными данными для отслеживания перемещения и развития циклонов во времени. Благодаря такому анализу мы можем лучше понять механизмы и факторы, влияющие на движение циклонов, и улучшить качество прогнозов погоды.

3.3 Исследование факторов, влияющих на формирование и развитие циклонов умеренных широт в регионах.

Исследование факторов, влияющих на формирование и развитие циклонов умеренных широт в регионах, может включать следующие аспекты:

1. Географические особенности региона: океанические и континентальные контуры, прилегающие хребты гор, плато и другие географические элементы могут влиять на путь и интенсивность циклонов.

2. Воздушные массы: в этих регионах проверяется, как взаимодействие различных воздушных масс, как например, зональность и меридиональность потоков ветра, может способствовать формированию циклонов.

3. Температура поверхности океана: аномально теплая или холодная поверхность океана может способствовать развитию циклонов, поскольку они работают как источники тепла и влаги.

4. Атмосферные соседствующие системы: в области исследования могут присутствовать другие атмосферные системы, такие как антициклоны, фронты, термальные барьеры и др., которые взаимодействуют с циклонами и могут повлиять на их развитие.[11, с.20]

5. Морфологические особенности рельефа: особенности рельефа региона, такие как горные хребты, ущелья, впадины и др., также могут влиять на формирование и развитие циклонов путем изменения направления потоков воздуха и создания локальных горных ветров.

6. Переменные атмосферные условия: исследование переменных атмосферных условий, таких как атмосферное давление, температура, влажность, скорость и направление ветра, а также облачность и осадки, может предоставить информацию о том, как эти факторы взаимодействуют между собой и с циклонами.

Данный список факторов может различаться в зависимости от конкретного региона и данных, доступных для исследования.

Важно отметить, что каждый регион имеет свои уникальные особенности, которые могут оказывать влияние на формирование и развитие циклонов умеренных широт. Например, гористые районы могут создавать блокирующий эффект для циклонов, препятствуя их движению. В то же время, океанские и континентальные контуры могут создавать различия в температуре и влажности воздуха, что может влиять на интенсивность и длительность циклонов.

Взаимодействие различных воздушных масс, таких как зональность и меридиональность потоков ветра, может оказывать влияние на формирование циклонов. Например, смешивание холодного воздуха с теплым воздухом может формировать развитие циклонов. Теплая или холодная поверхность океана также может влиять на формирование и развитие циклонов, поскольку они используются в качестве источников тепла и влаги.[14, с.45]

Кроме того, другие атмосферные системы, такие как антициклоны, фронты, термальные барьеры и прочие, могут взаимодействовать с циклонами и оказывать влияние на их развитие. Например, сильные фронтальные системы могут вызывать интенсификацию циклонов, а антициклоны могут ослаблять их.

Наконец, морфологические особенности рельефа, такие как горные хребты, ущелья и впадины, могут способствовать изменению направления потоков воздуха и созданию локальных горных ветров, что может повлиять на формирование и интенсивность циклонов. Поэтому, при изучении факторов, влияющих на формирование и развитие циклонов умеренных широт в конкретном регионе, необходимо учитывать все эти разнообразные аспекты и изучать их взаимосвязь между собой и с циклонами.

Атмосфера является чрезвычайно подвижной средой, где постоянно формируются и разрушаются вихри различных размеров. Самые мелкие из них со скоростями ветра 100- 200 м/с – торнадо (в Европе их называют тромбами), обладающие большой разрушительной силой, способные поднимать в воздух автомобили, вырывать из Земли с корнем вековые деревья, стирать с лица Земли поселения, имеют диаметр от 20 м до 1-2 км. Время их существования – от нескольких минут до нескольких часов. Наиболее крупные атмосферные вихри – внетропические циклоны и антициклоны, имеющие различные размеры и достигающие в диаметре нескольких тысяч километров (рис. 6.1).

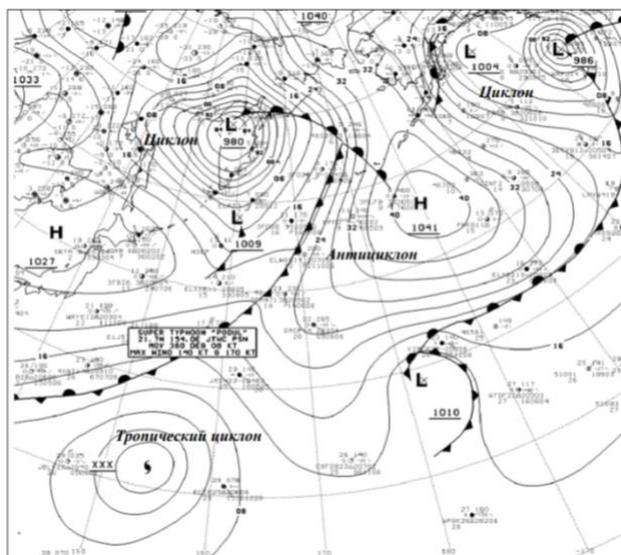


Рис. 6.1. Атмосферные вихри на карте погоды

Кроме внетропических циклонов и антициклонов выделяют ещё тропические циклоны, субтропические антициклоны. Тропические циклоны (рис. 6.2, см. рис. 6.1) зарождаются в штилевой зоне над океанами

(преимущественно между широтами 5-20° обоих полушарий). По сравнению с внетропическими вихрями, тропические циклоны имеют меньшие размеры (десятки и сотни километров), но обладают значительно большими энергетическими ресурсами. В северном полушарии тропические циклоны образуются преимущественно во второй половине лета и осенью, в южном полушарии – чаще в декабре-марте. Давление в центре тропического циклона в среднем составляет 960-970 гПа, но зафиксированы значения до 900 гПа и ниже. Интересной особенностью тропических циклонов является глаз бури – зона в центре, имеющая круглую форму, диаметром до нескольких десятков километров (до 60 км).

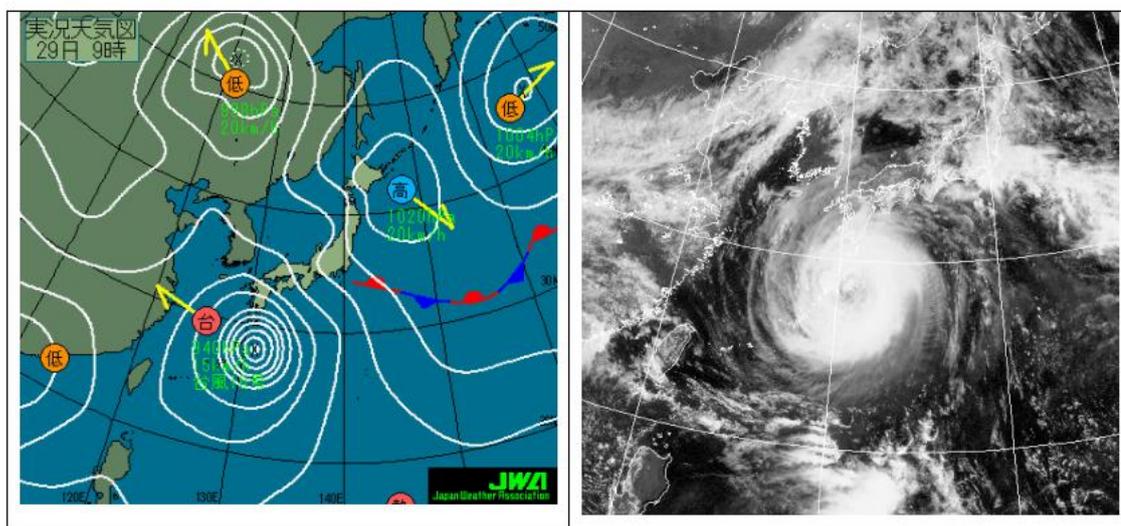


Рис. 6.2. Тропический циклон у берегов Японии 29 августа 2004 г.

(<http://tenki.jp/>): карта погоды (слева) и спутниковый снимок облачности

В этой зоне наблюдаются мощные нисходящие движения воздуха, значительно повышающие температуру воздуха, отсутствие облачности и осадков, слабые ветры.

Градиент давления в тропическом циклоне достигает 20-40 гПа на 100 км, иногда 40-60 гПа на 100 км. Тогда как в самых крупных внетропических циклонах градиенты редко превышают 5-10 гПа на 100 км. При прохождении тропического циклона возникают скорости ветра, не поддающиеся измерениям. О них судят по разрушениям, остающимся после прохождения

тропического циклона. Осадки тропических циклонов можно сравнить с водопадами, низвергающимися с неба.

Тропические циклоны наносят огромный материальный ущерб и уносят немало человеческих жизней. Субтропические антициклоны возникают над океанами по обе стороны от 30-35 параллели. На климатических картах выделяют перманентные субтропические антициклоны в северном полушарии: северотихоокеанский максимум в Тихом океане, азорский антициклон – в Атлантике, в южном полушарии: южноатлантический, южнотихоокеанский.

Глава 4 Взаимодействие тропических циклонов с циклонами умеренных широт.

4.1 Анализ случаев взаимодействия между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт.

Взаимодействие между тропическими циклонами (ураганами или тайфунами) и циклонами умеренных широт (фронтальными циклонами) может привести к различным результатам и иметь разнообразные последствия. Вот некоторые из возможных случаев взаимодействия:

1. Проникновение тропического циклона в умеренные широты: В некоторых случаях тропический циклон может потерять свою тайфунную/ураганную структуру и превратиться в фронтальный циклон. Это происходит, когда циклон достигает более высоких широт, где сталкивается с прохладным воздухом и атмосферными фронтами. Это может привести к усилению интенсивности бури и дополнительным осадкам, а также может вызвать сильные ветры и штормы.

2. Воздействие фронтального циклона на тропический циклон: Когда фронтальный циклон приближается к тропическому циклону, он может влиять на его движение и структуру. Ветры вокруг фронтального циклона могут взаимодействовать с тропическим циклоном и нарушить его интенсивность или траекторию. Это может привести к изменению пути тропического циклона и его дальнейшее ослабление или усиление.

3. Усиление тропического циклона: В редких случаях, взаимодействие с фронтальным циклоном может способствовать дополнительному усилению тропического циклона. Фронтальные циклоны могут предоставить дополнительную энергию и влагу для тропических циклонов, что может привести к их усилению и увеличению интенсивности.

Важно отметить, что каждый случай взаимодействия между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт может быть уникальным и зависит от многих факторов, включая интенсивность, размер и

позицию каждого циклона. Поэтому реальные последствия и результаты взаимодействия могут различаться в каждом случае.

4. Взаимодействие между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт может также вызывать сильные волны и подъем уровня моря. Когда тропический циклон встречается с фронтальным циклоном, их совместное воздействие на океан может вызвать возникновение гигантских волн, известных как морские цунами. Эти волны могут быть опасными для судоходства и прибрежных областей, причиняя значительные разрушения и угрозу жизни.[5, с.45]

5. В некоторых случаях взаимодействие между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт может привести к образованию атмосферных явлений, известных как мезоциклоны. Мезоциклоны - это уникальные вихри внутри общей структуры циклонов, которые могут быть связаны с различными погодными явлениями, включая торнадо и грозы. Взаимодействие этих двух типов циклонов может создать условия для формирования и усиления мезоциклонов, что приводит к возникновению сильных бурь и опасных ветровых явлений.

6. Еще одним возможным результатом взаимодействия между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт может быть изменение климатических условий в регионе. Эти системы могут вносить значительные изменения в нормальные климатические паттерны, включая рост или снижение температур, изменение ветровых направлений и интенсивности осадков. Это может повлиять на сельское хозяйство, экономику и общее благополучие региона, требуя адаптации и подготовки со стороны общества.

В работе рассмотрены случаи, когда тропические циклоны северо-западной части Тихого океана заполнялись в этих широтах. И выполнен их анализ. Траектории таких циклонов представлены на карте.

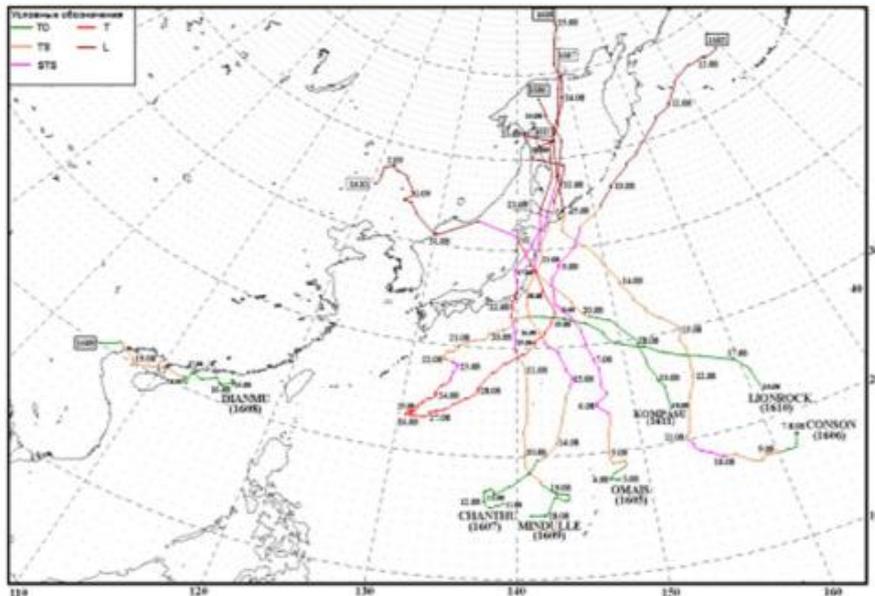


Рис. 7. Траектории тропических циклонов северо-западной части Тихого океана в августе 2016 г.- Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень "ДВНИГМИ", 2016г.

Всего таких циклонов было 42 за 5 лет с 2016 по 2021 гг.

По Рис.8 (распределение ТЦ по годам) можно увидеть, что за 2016 год ТЦ дошедших до умеренных широт было больше всего- 10 , это в 2 раза больше чем в 2021.

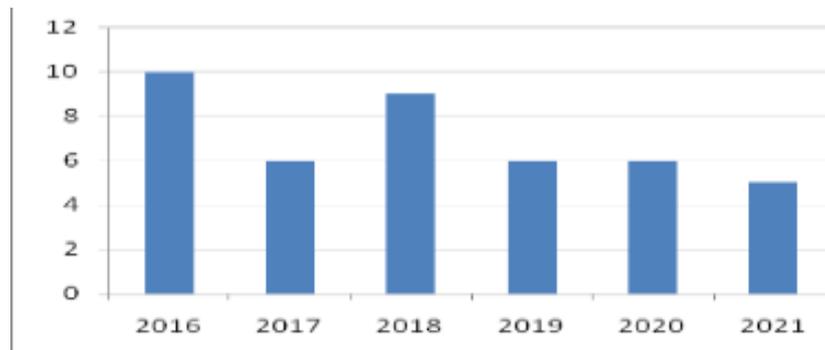


Рис. 8. Распределение ТЦ по годам

Так же если посмотреть на рис. 9 распределения циклонов по месяцам отчетливо видно, что август - самый благоприятный месяц для их формирования.

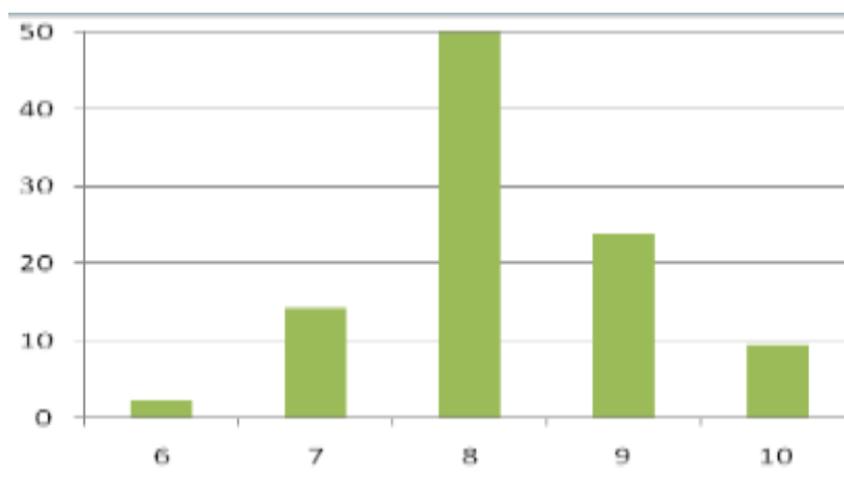


Рис. 9 Распределение ТЦ по месяцам

Из всех пришедших ТЦ, развились до стадии тайфуна- 28, что составляет 67% от их общего количества. Соответственно 14 дошли до стадии тропического шторма (33%).

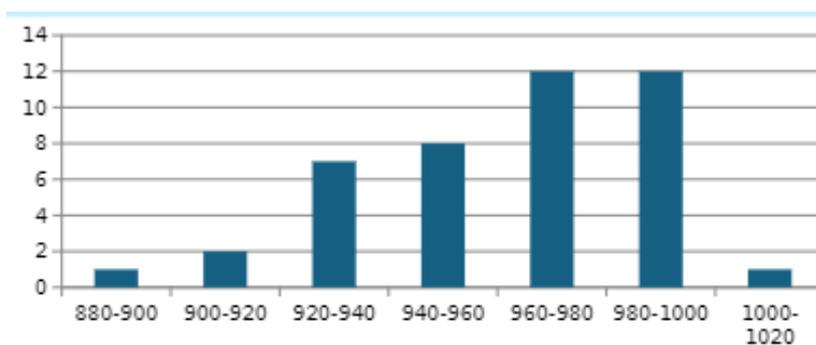


Рис. 10. Распределение давления в центре циклона по градациям

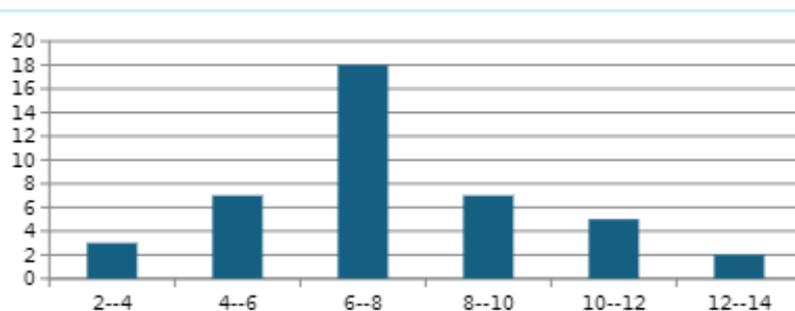


Рис. 11. Распределение продолжительности существования циклонов по градациям

Среднее давление в центрах циклонов составило 960 гПа, а средняя скорость ветра- 47 м/с. Так же средняя продолжительность существования циклонов составила 7 суток.

За период с 2016 по 2021 гг. Отмечались 5 случаев взаимодействия тропических циклонов с фронтальными циклонами умеренных широт - 2 случая у побережья и 3 в океане.

Взаимодействие между тропическими циклонами и циклонами умеренных широт имеет множество потенциальных последствий и результатов. Оно может приводить к изменению структуры циклонов, образованию гибридных циклонов, усилению или ослаблению тропических циклонов, образованию сильных волн и морских цунами, формированию мезоциклонов и изменению климатических условий. Понимание и изучение этих взаимодействий играет важную роль в прогнозировании погоды и разработке стратегий для минимизации рисков и улучшения готовности к стихийным бедствиям.

4.2 Исследование влияния взаимодействия тропического циклона LIONROCK.

Тропический циклон (ТЦ) LIONROCK развился из тропической депрессии (TD), возникшей в 12 ВСВ *16 августа* в районе 22,5° с. ш., 160,9° в. д. Первые трое суток TD смещалась преимущественно на западсеверо-запад.

В 12 UTC *19 августа* TD преобразовалась в тропический шторм (TS) LIONROCK с давлением в центре 994 гПа. Через 6 часов в районе восточнее о. Хонсю, он повернул на юго-запад, замедлил движение до его интенсивность не менялась в течение 1,5 суток. В 06 UTC *21 августа* TS LIONROCK приостановился и начал медленно углубляться. Утром *22 августа* он находился юго-восточнее о. Кюсю, где повернул на восток-юго-восток, вечером преобразовался в Сильный тропический шторм (STS). Далее STS

LIONROCK вновь повернул на юго-запад и, не меняя в течение 2,5 суток траекторию, продолжал углубляться. В 18 UTC 23 августа он усилился до стадии тайфуна с давлением в центре 945 гПа, максимальная скорость ветра составляла 44 порывами 62 м/с, после чего повернул на северо-восток.

27 августа антициклон с давлением в центре 1010 гПа, перемещался с районов Китая на восток. Вскоре этот антициклон повлиял на траекторию движения ТЦ LIONROCK, который находился западнее.

Своего максимального развития тайфун LIONROCK достиг в 06 UTC 28 августа и в течение 18 часов сохранял свою интенсивность. Давление в его центре понизилось до 940 гПа, максимальная скорость ветра возросла до 46 порывами 67 м/с. Самые сильные грозы были расположены вокруг центра тайфуна и в широкой зоне конвективной облачности в юго-восточном секторе вихря. Циклон вначале смещался на юго-запад, затем он резко развернулся и пошел на северо-восток, однако антициклон снова заставил его смещаться с западной составляющей (Рис.12).

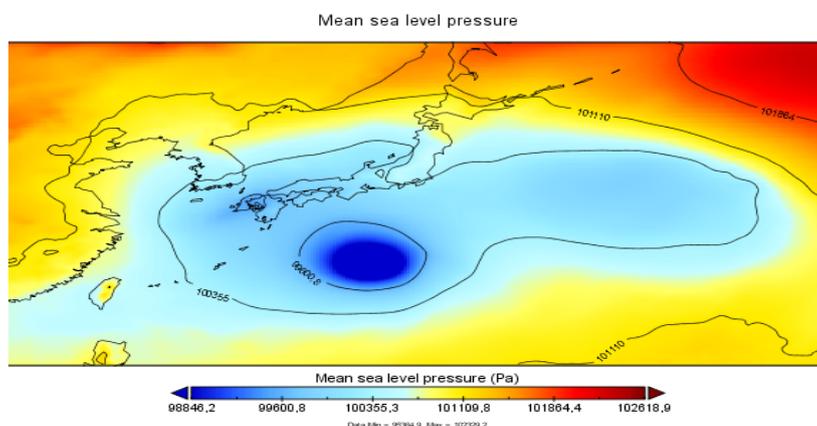


Рис. 12. Приземная карта за 28.08.2016 03:00ч.

29 августа тайфун повернул на северо-запад в направлении о. Хонсю, одновременно начав заполняться. В связи с активизацией циклонической деятельности над Японским морем и влиянием тайфуна LIONROCK МЧС России было объявлено штормовое предупреждение: «В период с 29 по 31 августа в южной половине Приморского края и на восточном побережье края ожидаются продолжительные сильные дожди. Дожди будут сопровождаться

восточным, северо-восточным ветром 13–18 м/с, на побережье порывами до 25–30 м/с, на мысах до 30–35 м/с (ураган). В заливе Петра Великого ожидается шторм с высотой волн в 4–5 м».

30 августа циклон приблизился к южному побережью Приморья, в крае продолжались сильные, местами очень сильные дожди. Тайфун LIONROCK утром 30 августа находился у северо-восточного побережья о. Хонсю, косвенно повлияв на режим осадков в Приморском крае. Давление в центре тайфуна на этот момент было 965 гПа, максимальная скорость ветра составляла 33 порывами 49 м/с. Тайфун LIONROCK пересек северную часть о. Хонсю и в 12 UTC 30 августа вышел на пролив Цугару в стадии сильного тропического шторма. В это время антициклон разрушился, превратившись в гребень охотоморского антициклона и заблокировав движение ТЦ LIONROCK на север, он повернул на северо-запад, над Японским морем быстро трансформировался во внетропический циклон. В 18 UTC он подошел к восточному побережью Приморского края (Рис.13.1).

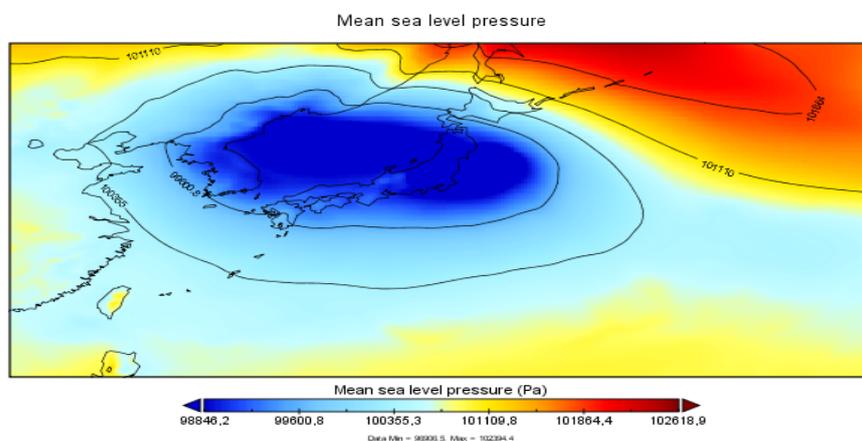
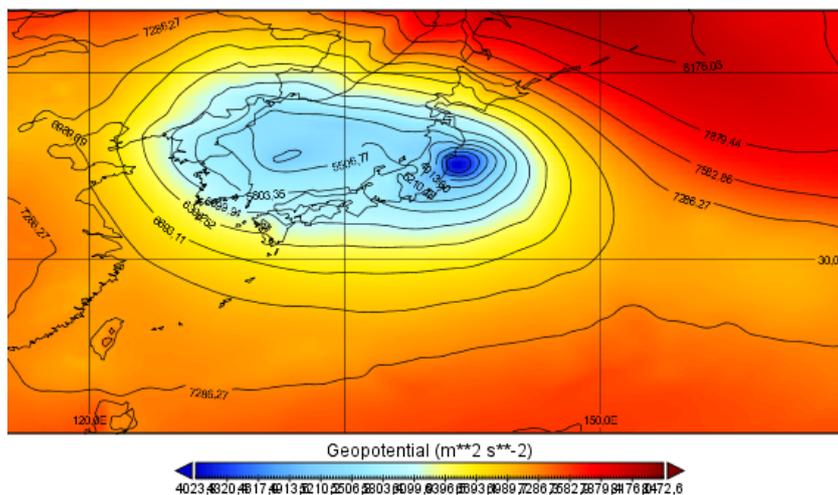


Рис. 13.1 Приземная карта за 30.08.2016 06:00ч.



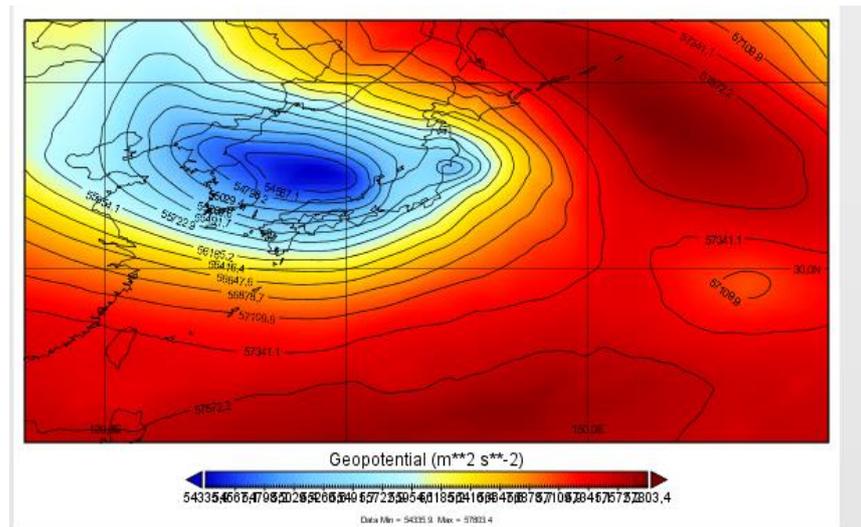


Рис. 13.5 Высотная карта 500 гПа за 30.08.2016 06:00ч.

По данным с карт (Рис. 13.1- Рис. 13.5) можно понять, что циклон имел большую территорию и был глубоким барическим образованием.

В 00 UTC *31 августа* произошла регенерация бывшего ТЦ LIONROCK на полярном фронте ,превратив его в обширную область низкого давления, которая распространилась на Приморский и Хабаровский край, северо-восток Корейского полуострова и прилегающие районы Китая. Затем, теряя мощь, область низкого давления переместилась на районы северо-восточного Китая, продвигаясь вглубь континента.

В ночь на *31 августа* с выходом трансформированного тайфуна LIONROCK, интенсивность осадков увеличилась. Самые сильные дожди прошли в южной половине края и в восточных районах. Во Владивостоке за сутки отмечено 23 мм осадков. В поселке Сосуново выпало 289 мм (более 3-х месячных норм), что привело к наводнению на реке Светлая. Скорость ветра достигала 24 м/с, на мысовых станциях порывами до 28– 30 м/с.

1 сентября зона сильных дождей распространилась и на территорию Китая (Манчжурию), Приморье оставалось в этой зоне. На юге Хабаровского края и Амурской области 30–31 августа прошли сильные дожди, ветер усиливался до 17–22 м/с, 31 августа – до 27 м/с. Юг Сахалина ТЦ LIONROCK задел своей периферией. Помимо регионов российского Дальнего Востока тайфун LIONROCK оказал воздействие и на страны юго-восточной Азии:

Японию, Корею и Китай. За сутки 30 августа он принес более 60 мм дождя на территорию Северной Кореи, и до 115 мм осадков обрушилось на Южную Корею. Больше всех пострадала Япония. В результате прошедшего тайфуна LIONROCK на северо-востоке о. Хонсю и на о. Хоккайдо за сутки выпало около 300 мм осадков (более месячной нормы). В префектуре Иватэ и на Хоккайдо произошли прорывы дамб и разливы рек, приведшие к оползням. [16]

Так же для сравнения изменения атмосферного давления в Приморском крае и Японии после прохождения фронтального циклона, взяли данные с 3х метеостанций (Южно-Сахалинск, Хабаровск и Немуро) и аэропорта Владивостока (Рис. 14.).

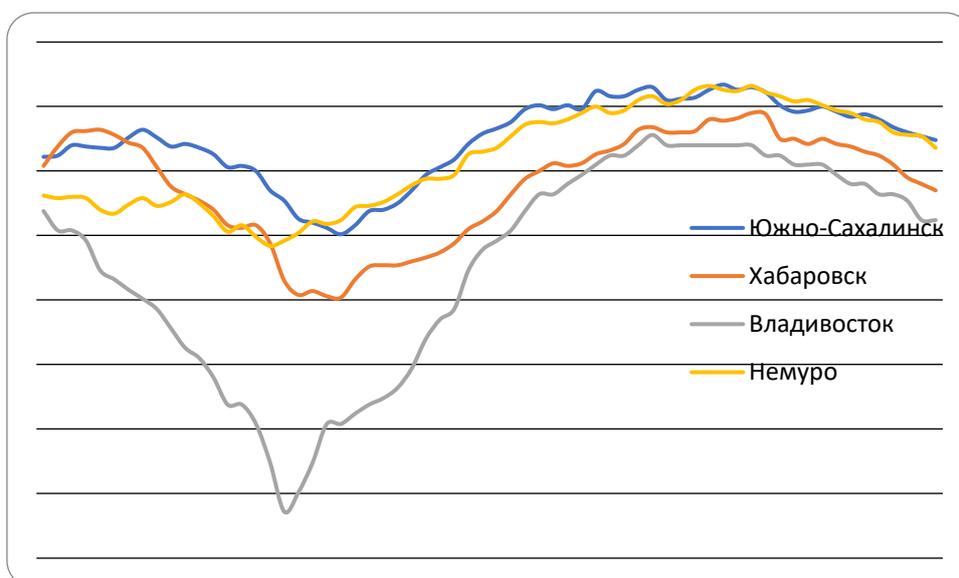


Рис. 14 Изменение атмосферного давления.

По данному графику изменения атмосферного давления видно, что самое минимальное давление (733,6 мм рт. ст.) было зафиксировано 31 августа в 04:00ч. , когда циклон подошел к Приморскому краю.

4.3 Исследование влияния взаимодействия тропического циклона HINNAMNOR.

Четвёртый тайфун и первый супертайфун в сезоне тихоокеанских тайфунов 2022 года HINNAMNOR развился из обычной зоны атмосферных возмущений в тропической зоне северо-западной части Тихого океана, впервые зарегистрированной 27 августа 2022. К 29 августа 2022 года шторм усилился до уровня тайфуна третьей категории, а к концу следующих суток — до максимального уровня супертайфуна пятой категории с давлением в центре 920 гПа, максимальная скорость ветра возросла до 26 м/с, порывами 54 м/с.

5 сентября 2022 21:00 UTC холодная воздушная масса с материка начала поступать в систему тайфуна, но он не ослабевал.

В это время над северо-восточной частью Китая находился высокий холодный заполняющийся циклон. Этот циклон сформировался 3 сентября 2022 15:00 UTC, при адвекции холодного воздуха из более северных широт, перешел в категорию фронтального. За сутки (4 сентября 2022 15:00 UTC) углубившись на 7 гПа с 1003 до 996 гПа перешел в категорию максимального развития, 5 сентября 2022 06:00 UTC начал заполняться.

В районе заполняющегося циклона сформировалась область холода. В это время тропический циклон HINNAMNOR подошел к Корейскому проливу.

При приближении ТЦ к побережью возрастают контрасты температур.

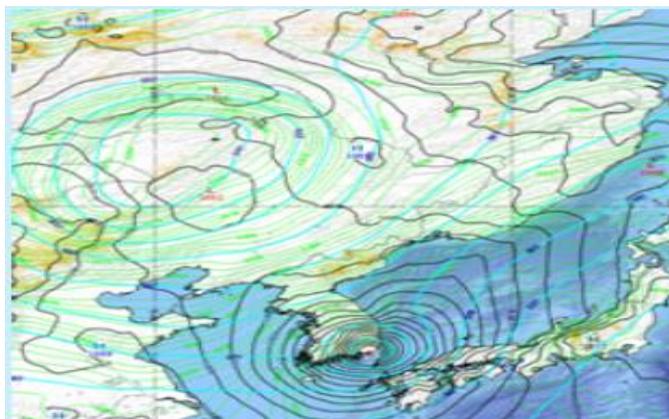


Рис. 15 Приземная карта за 05.09.2022 21:00 UTC

На холодном фронте, который расположен у побережья 6 сентября 2022 06:00 UTC, формируется волна.

Фон пониженного давления, высокие контрасты температур, адвекция холодного воздуха в тыл волны, теплого воздуха при приближении ТЦ, в дальнейшем сформирует теплый сектор.

Развитие циклона происходит под дельтой Высотной фронтальной зоны (ВФЗ), в передней ее части. Высотная фронтальная зона – переходная область между высоким тёплым антициклоном и высоким холодным циклоном. В качестве высокого холодного циклона выступает заполняющийся циклон, высокий теплый антициклон – Северо-Тихоокеанская область высокого давления. Здесь происходит разрежение воздушных масс, что обуславливает динамическое падение давления, циклон углубляется.

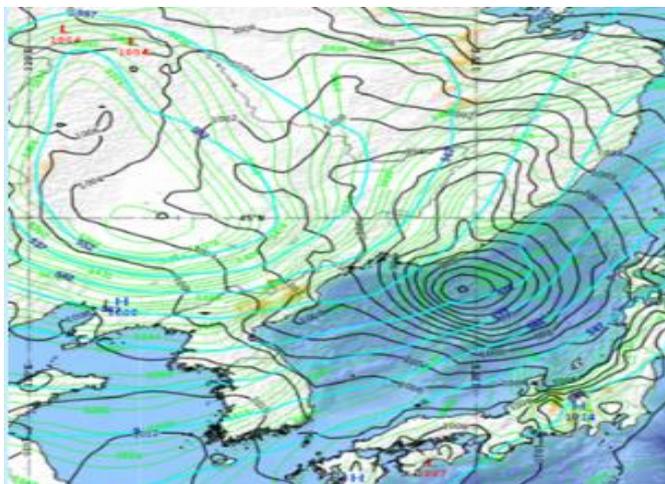


Рис. 16 Приземная карта за 06.09.2022 06:00 UTC

6 сентября 2022 15 UTC – переходит в стадию молодого циклона – появляется первая замкнутая изобара. Циклон продолжает углубляться.

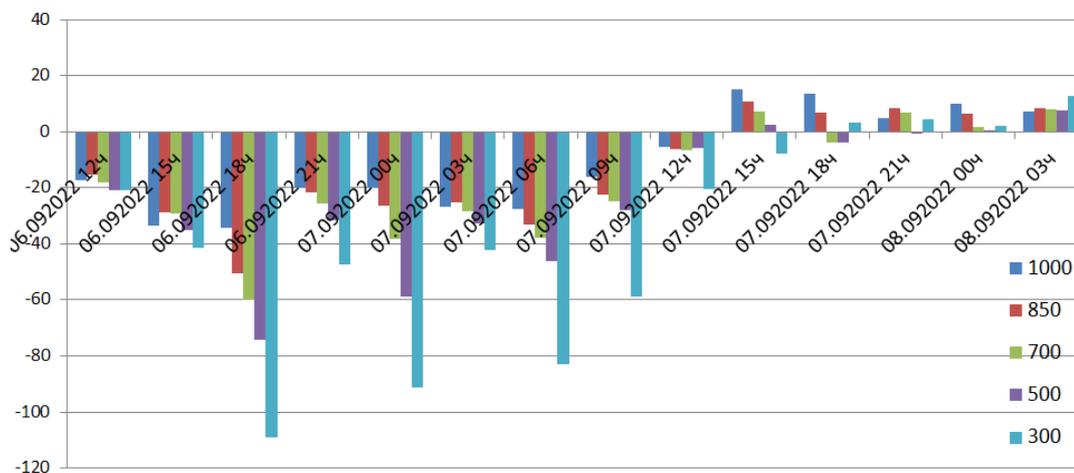


Рис. 17 Изменение геопотенциальной высоты умеренного циклона через каждые 3 ч на разных уровнях.

На рис. 17 видно, что в стадии волны углубление циклона происходит равномерно во всей тропосфере. Далее начиная со стадии молодого циклона наиболее интенсивное углубление наблюдается в верхней тропосфере (300 гПа) вплоть до его заполнения - 7 сентября 2022 15 UTC.

Одновременно происходит заполнение тропического циклона. 6 сентября 2022 06 UTC резкое повышение давление вызвано тем, что циклон попадает в зону холодного южно-приморского течения (с температурой воды до 23,9 гр). У поверхности давление понизилось на 5 гПа за 3 часа (с 6 сентября 2022 03 UTC по 6 сентября 2022 06 UTC).

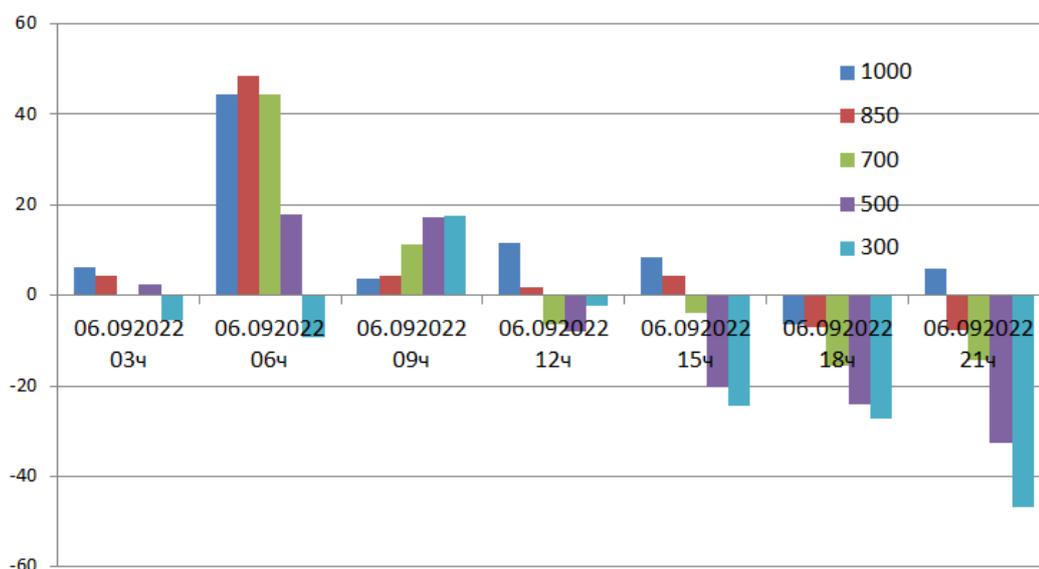


Рис. 18 Изменение геопотенциальной высоты ТЦ через каждые 3 ч на разных уровнях.

Далее 6 сентября 2022 00:00 UTC тайфун пересек Корейский пролив и над более холодными водами Японского моря к 06 ВСВ этих же суток деградировал до стадии сильного тропического шторма. Спустя 6 часов HINNAMNOR заполняется у поверхности, а на высотах давление начинает падать, образуя одну область низкого давления с новым циклоном.

Фронтальный циклон быстро углубляется со скоростью около 1 гПа в час. Такое развитие циклона называется взрывным. Этому способствуют высокие градиенты температуры. Контрасты температур оставляют на OT500/1000 гр/1000км.

Табл. 1. Контрасты температур приземного центра циклона на карте OT 500/1000.

	06.09.2022 6ч UTC	06.09.2022 9ч UTC	06.09.2022 12ч UTC	06.09.2022 15ч UTC
Контрасты темп. °/1000км	13,5	12,5	14	15,5

В зоне циклона отмечались опасные явления – сильные ветры, интенсивные осадки. По станциям приморского края. По состоянию на 6 сентября наибольшее количество осадков в Приморском крае за время воздействия ТЦ HINNAMNOR выпало на юго-востоке и востоке края. На остальной территории Приморского края выпало от 22 до 61 мм дождя. Во Владивостоке количество выпавших за сутки осадков составило 51 мм (50 % месячной нормы). На территории Приморского края сильный ветер был зафиксирован на юго-востоке края, порывы ветра достигали 17 м/с.

Табл. 2. Погода на станции Владивосток

Станция Владивосток	06.09.2022 6ч UTC	06.09.2022 12ч UTC	06.09.2022 18ч UTC	07.09.2022 00ч UTC
Ветер	1 м/с	1 м/с	4 м/с	4 м/с
Порывы	15 м/с	17 м/с	13 м/с	11 м/с
Осадки	слабый ливневый дождь	ливневый дождь	слабый ливневый дождь	не наблюдались

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что взаимодействие тропических циклонов с циклонами умеренных широт в северо-западной части Тихого океана является довольно значимым и имеет важные последствия как для региона, так и для мирового климата.

Наблюдения показали, что при взаимодействии тропического циклона с циклоном умеренных широт возникает так называемый фронтальный циклон. Этот новообразованный циклон в совокупности с тропическим циклоном образует динамическую систему, влияющую на погодные условия в регионе.

Одним из основных эффектов этого взаимодействия является усиление ветровой циркуляции в обеих системах. Это может привести к усилению ветров и усилению погодных явлений, таких как штормы и тайфуны. Также было отмечено, что при таком взаимодействии возможно усиление выпадения осадков в некоторых районах.

Более того, взаимодействие тропических циклонов с циклонами умеренных широт может привести к изменению траектории движения тропического циклона. Это означает, что циклон может отклоняться от своего привычного пути и затрагивать новые территории.

Таким образом, взаимодействие тропических циклонов с циклонами умеренных широт в северо-западной части Тихого океана является важным фактором, определяющим погодные условия в регионе.

1. Проанализированы особенности циклогенеза над южными районами умеренной зоны Сибири и Дальнего востока в летний период. Летом преобладают циклоны термического происхождения - квазистационарные, непродолжительные, неглубокие с давлением 990-1010гПа. Фронтальные циклоны возникают при возмущении термического поля-адвекции холодного воздуха из более северных широт.

2. Тропические циклоны в 35% случаев заполняются в умеренных, субарктических и арктических широтах. В 67% в категории тайфуны и 33%

тропические штормы. Средняя продолжительность жизни 7 суток

3. За период с 2016 по 2021 гг. Отмечались 5 случаев взаимодействия тропических циклонов с фронтальными циклонами умеренных широт – 2 случая у побережья и 3 в океане.

4. Подробно рассмотрены случаи интенсивного углубления циклонов при приближении тайфунов HINNAMNOR и LIONROCK. Приближение ТЦ формировало благоприятные условия для интенсивного развития циклогенеза - высокие контрасты температур (по $OT500/1000$ до 15 гр/1000км), фон пониженного давления, возмущение термического поля. Формирование циклонов происходило на квазистационарных холодных фронтах вытянутых вдоль побережья. Опасные явления- сильный ветер, интенсивные осадки.

5. Над поверхностью океана при приближении тропических циклонов часто наблюдается регенерация фронтальных циклонов. Но влияние это не обосновано и требует дополнительных исследований

Список литературы

Статьи, опубликованные в Перечне рецензируемых научных изданий:

1. Погосян Х.П. Циклоны. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. –147с.
2. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии. Часть 1.
<http://www.dvfu.ru/meteo/book/Synoptic/> – 2005
3. Пермяков М.С. Необходимые условия развития тропического циклона // Метеорология и гидрология.–1992.– № 7. – С.54–60.
4. Руководство по глобальной системе обработки данных. Гл. 5. Методы анализа и прогнозирования в тропиках. ВМО-N-305. – Женева: Секретариат Всемирной метеорологической организации, 2014.
5. Хаин А. П., Сутырин Г. Г. Тропические циклоны и их взаимодействие с океаном. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 272 с.
6. Лившиц В. М., Хованский Ю. А. Справочник для судоводителей по гидрометеорологии. - М.: Транспорт, 1967. - 168 с.
7. Мамедов Э. С., Павлов Н. И. Тайфуны. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 140 с.
8. Риль Г. Тропическая метеорология. Пер. с англ. - М.: Иностранная литература, 1963. - 366 с.
9. Риль Г. Климат и погода в тропиках. Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 605 с.
10. Наливкин Д. В. Ураганы, бури и смерчи. - Л.: Наука, 1969. - 487 с.
11. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 615 с
12. Верятин В.Ю. Комплексный мониторинг тропических циклонов, оказывающих влияние на Дальневосточные регионы России – Л.: Москва, 2020.
13. Атласы океанов. Л.: Гидрометеиздат,1978.
14. Хандожко Л.А. Региональные синоптические процессы, Учебное пособие. – Л.: изд. ЛГМИ, 1988, 103 с.

15. Агалаков В.С., Закурдаев Г.А. Гидрометеорологическое обеспечение мореплавания: учебное пособие. – Севастополь: СевНТУ, 2011

16. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень "Дальневосточного регионального научно - исследовательского гидрометеорологического института", 2016г. И 2022г.