

УДК 551.515.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОГОДУ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Озерова Н.А.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, e-mail: nadinalex19@mail.ru

Приводятся результаты исследования тропических циклонов северо-западной части Тихого океана. Особое внимание уделяется тайфунам, имевшим нехарактерную траекторию перемещения – так называемые петляющие тропические циклоны. Подробно рассматриваются три барических образования пониженного давления: тайфун Лайонрок, тропический шторм Миндулл, а также тропический шторм Компасу. Исследуется влияние рассматриваемых тропических циклонов друг на друга при их взаимодействии. Такой тип взаимодействия получил название эффект Фудзивары. Также ставится вопрос о том, насколько верно предположение, позволившее начать исследование в данном направлении, о том, что все три барических образования тропических широт Тихого океана имели взаимное влияние друг на друга. Взаимодействие тропических циклонов отмечается как с помощью спутникового анализа, так и путем математического моделирования с использованием мезомасштабной численной модели WRF-ARW. В результате проведенного исследования удалось сделать вывод о том, что численная модель WRF-ARW достаточно точно воспроизводит основные изучаемые метеорологические величины исследуемых тропических циклонов в пространстве и во времени, благодаря чему можно говорить о действительном проявлении влияния тайфуна и тропических штормов друг на друга.

Ключевые слова: тайфун, северо-западная часть Тихого океана, спутниковый анализ, эффект Фудзивары, модель WRF-ARW

EVOLUTION OF TROPICAL CYCLONES AFFECTING THE RUSSIAN FAR EAST WEATHER

Ozerova N.A.

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, e-mail: nadinalex19@mail.ru

The article contains results of a study of tropical cyclones in the northwestern part of the Pacific Ocean. Specific attention is paid for typhoons that had an unusual trajectory of movement – the so-called looping typhoons. Three low-pressure baric formations are discussed in details: Typhoon Lionrock, Tropical Storm Mindull and Tropical Storm Kompas. The typhoon influence on each other during their interaction is investigated. Such type of interaction is called the Fujiwara effect. The question of how true the initial assumption of all three baric formations had a mutual influence on each other is stated. Tropical cyclone interactions is studied both by satellite analysis and by the WRF-ARW mesoscale model. As a result, it was concluded that the WRF-ARW model quite accurately reproduces the main meteorological parameters of the studied tropical storms in space and time, due to which we can talk about the influence of cyclones on each other.

Keywords: typhoon, northwestern part of the Pacific ocean, satellite analysis, Fujiwara effect, WRF-ARW model

Тропические циклоны – это атмосферные вихри, образующиеся в тропических широтах и имеющие пониженное атмосферное давление в центральной части. Диаметр тропических циклонов составляет в среднем 100 – 300 км. Барические градиенты в тропических циклонах велики; ветер достигает силы шторма – от 110 до 123 км/ч. Во всей области тропического циклона присутствуют сильные восходящие движения воздуха и развивается мощная облачная система с обильными ливневыми осадками и грозами [1]. Таким образом, тропический циклон – это природное явление, достаточно опасное для человека и требующее детального изучения.

Тайфуны обычно проводят свой жизненный цикл в тропических широтах. Из-за этого большая часть территории России не страдает от последствий, вызываемых тропическими циклонами. Единственная

территория страны, которая периодически находится под влиянием данных атмосферных вихрей, это Дальний Восток. Причем тропические циклоны могут выходить сюда, как в своей непосредственно тропической форме, так и в форме внетропических циклонов после регенерации на полярном фронте. Второй вариант наблюдается значительно чаще [2].

Циклоны, влияющие на погоду Дальнего Востока России образуются в Тихом океане и в течение своего жизненного цикла также причиняют ущерб Филиппинам, Тайваню, Китаю, Корее и Японии. Воздействие этих атмосферных вихрей сопровождается сильными дождями с количеством осадков, сравнимых по критерию со стихийными явлениями, а также сильными ветрами, иногда достигающими в прибрежных районах ураганной силы.

В год в пределах изучаемой территории образуется около 30 тайфунов. Причем до дальневосточной территории России ежегодно в среднем доходит 2 – 4 циклона. Каждый из вихрей приносит с собой ухудшение погодных условий: резкое усиление ветра и выпадение большого количества осадков, нередко приводящее к наводнениям.

Именно поэтому основной целью данной работы является детальное изучение и прогнозирование всех стадий развития тропического циклона и элементов погоды, связанных с ним, для предотвращения ущерба или его минимизации. В противном случае некорректный или несвоевременный прогноз может повлечь за собой катастрофические последствия для всех сфер жизнедеятельности [2].

Прогноз траектории перемещения тропических циклонов является одной из самых сложных задач при их рассмотрении. Большинство образующихся циклонов имеют сходные траектории движения. Поскольку тропические циклоны зарождаются в северном полушарии на южной стороне

Азорского и Северотихоокеанского антициклонов, то в соответствии с характером движения воздушных масс в таких системах ураганы и тайфуны движутся над океаном сначала к западу, а затем, по мере приближения к восточным берегам Северной Америки и Азии, начинают смещаться к северо-западу и северу [1].

Но помимо стандартных траекторий иногда встречаются тайфуны-аномалии. В данной работе подробно рассмотрен именно такой случай.

Материалы и методы исследования

В качестве основного рассматриваемого циклона был взят тайфун Лайонрок, существовавший в Тихом океане с 18 по 30 августа 2016 года. Данный тайфун имел достаточно необычную траекторию перемещения. Его петлеобразность, скорее, является исключением из общепринятых правил перемещения циклонов.

В более ранних исследованиях автора [2] считалось, что необычная траектория тайфуна Лайонрок (рисунок 1) связана только с синоптическими процессами.

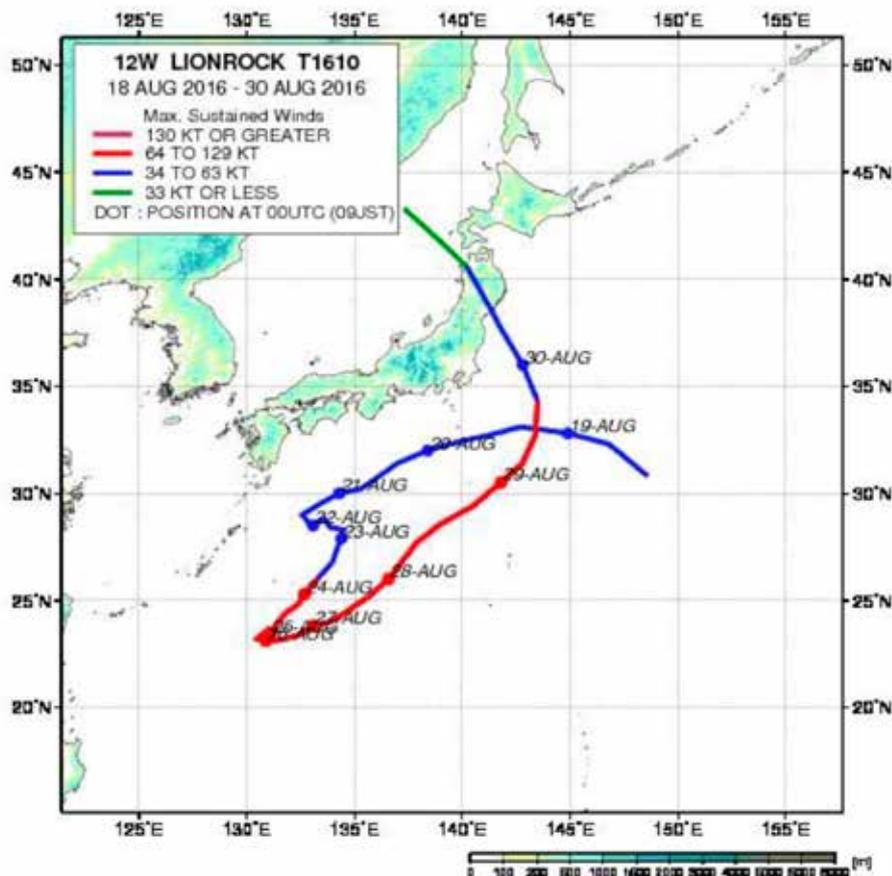


Рис. 1. Траектория перемещения тайфуна Лайонрок [4]

До 19 августа шторм двигался в северо-западном направлении. Следующие пять дней Лайонрок перемещался на юго-запад в связи с зарождением барической системы повышенного давления северо-западнее прохождения циклона. Достигнув своей самой южной точки траектории 26 августа, тайфун продолжал набирать интенсивность. В то же время он начал движение на северо-восток в связи с углублением

внетропического циклона на северо-востоке Китая. 28 августа Лайонрок достиг своей максимальной интенсивности с минимальным давлением равным 940 гПа. 30 августа тайфун резко повернул на северо-запад в связи с усиливающимся охотоморским антициклоном, который заблокировал движение тропического циклона на север, и над Японским морем трансформировался во внетропический циклон [2, 3].

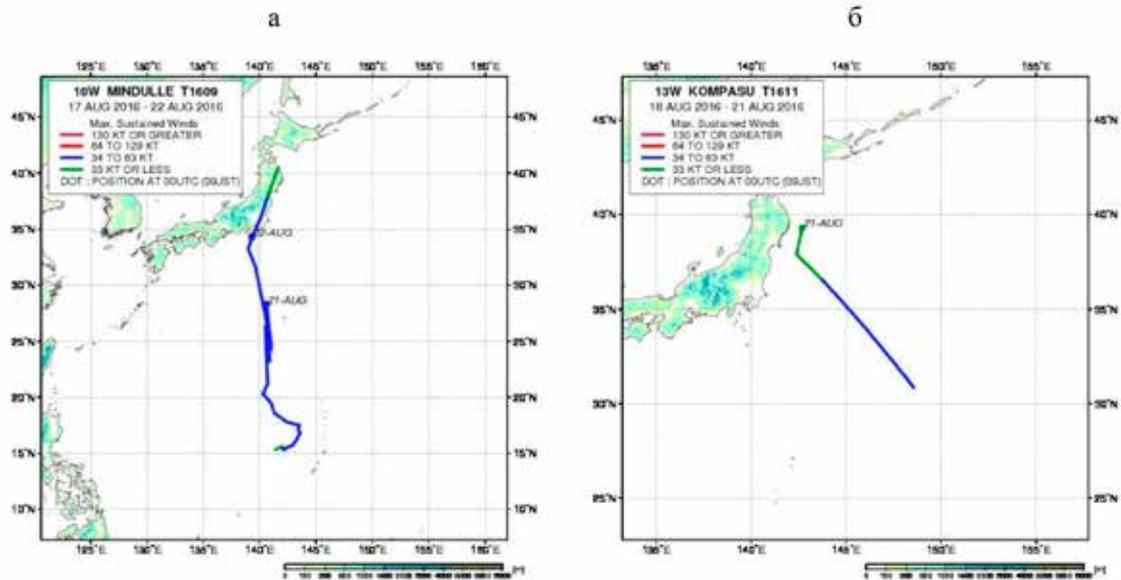


Рис. 2. Траектория перемещения тропического шторма Миндулл (а) и Компасу (б) [4]

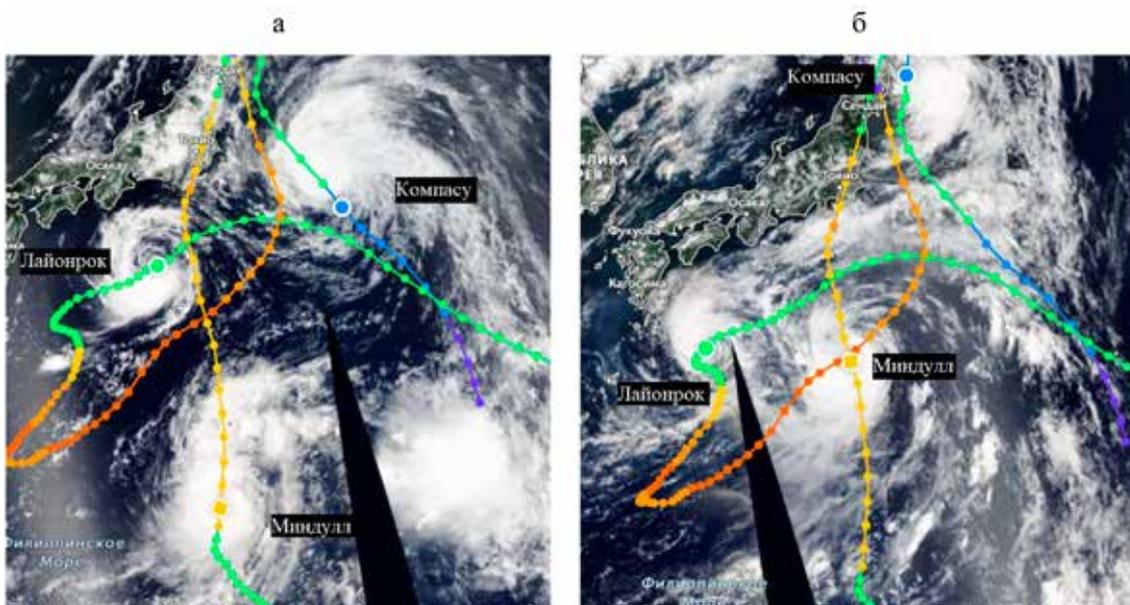


Рис. 3. Взаимодействие тайфуна Лайонрок с тропическими штормами Миндулл и Компасу, 20 августа 2016 (а) и 21 августа 2016 (б) [5]

Но по мере изучения процессов, происходящих с циклоном Лайонрок, было принято решение о продолжении его изучения с акцентом на влиянии на него двух других барических образований пониженного давления – тропических штормов Миндулл и Компасу, существовавших в пределах изучаемой территории с 17 по 23 августа 2016 года и с 18 по 21 августа 2016 года соответственно. Траектории штормов Миндулл и Компасу представлены на рисунках 2а и 3б.

Для визуализации взаимодействия рассматриваемых барических образований целесообразно представить спутниковые снимки (рисунки 3а и 3б) в соответствующие даты для оценки взаимовлияния циклонов друг на друга. Источником спутниковых снимков является веб-ресурс Zoom Earth, использующий систему наблюдения за Землей EOSDIS.

На перемещение тропических циклонов в пространстве влияет больше количе-

ство факторов. Для объяснения взаимовлияния циклонов на перемещение было введено понятие «эффект Фудзивары». Присутствие других тропических циклонов в радиусе влияния рассматриваемого шторма будет влиять на движение шторма, потому что циклоны будут взаимодействовать друг с другом. На деле это приведет к тому, что штормы будут вращаться друг вокруг друга [6, 7]. Именно такую картину можно наблюдать в динамике на рисунках 3а и 4б: циклоны попарно взаимодействуют и искажают траектории друг друга.

Эффект Фудзивары – достаточно редкое явление. К тому же он проявляется на незначительное время, как, например, в данном случае, на период в несколько суток. Но, несмотря на это, он имеет колоссальное влияние на все тропические циклоны, участвующие во взаимодействиях. Это проявляется как в изменении интенсивности тайфунов, так и в коррекции их траекторий.

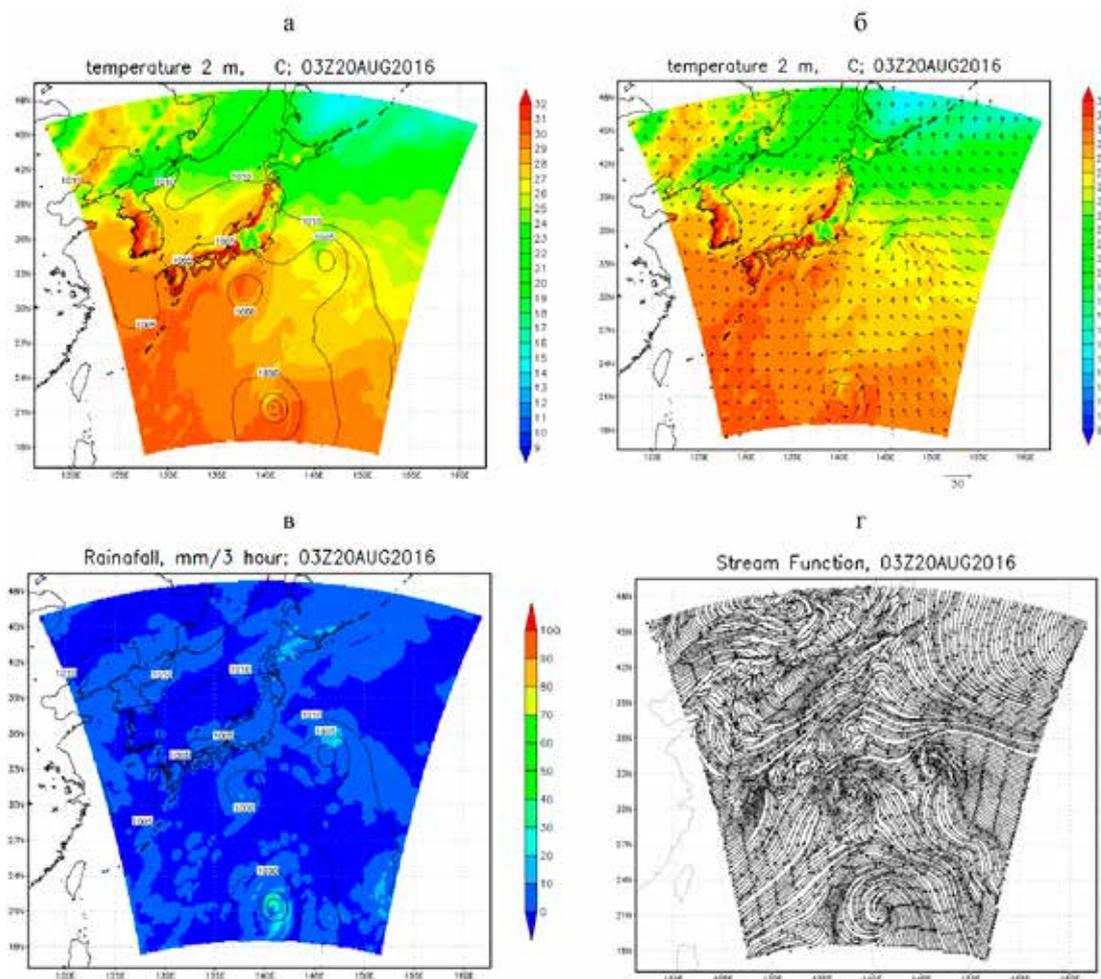


Рис. 4. Результаты моделирования температуры и давления (а), температуры и ветра (б), осадков и давления (в), функции тока (г), 20 августа 2016

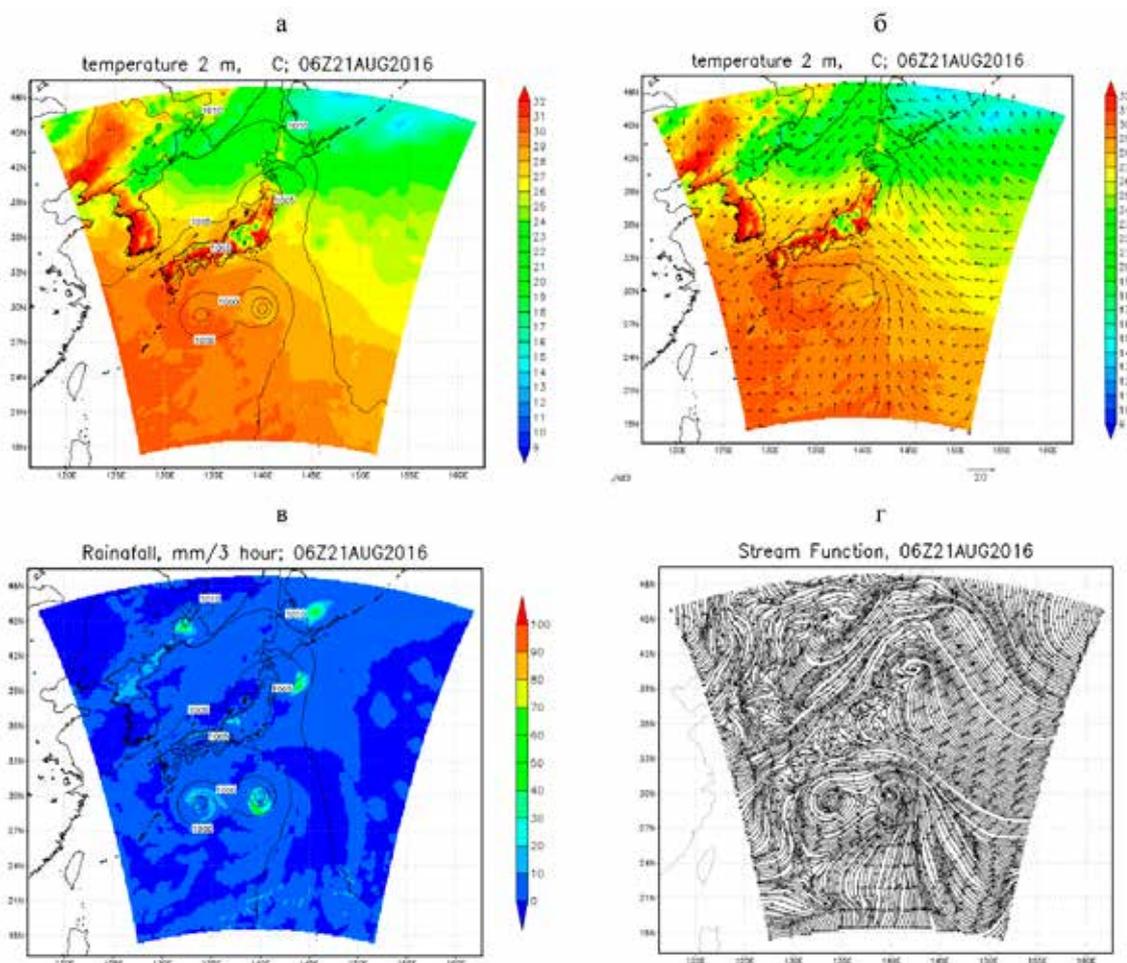


Рис. 5. Результаты моделирования температуры и давления (а), температуры и ветра (б), осадков и давления (в), функции тока (г), 21 августа 2016

На примере тайфуна Лайонрок можно увидеть, что до взаимодействия с двумя тропическими штормами он также достигал стадии развития тропического шторма. Просуществовав в стадии шторма 4 дня (с 18 по 21 августа), он имел тенденцию к заполнению и выходу на территорию юго-востока Китая. Но, получив достаточный приток энергии от штормов Компасу и Миндулл при взаимодействии соответственно 20 и 21 августа (рисунки 3а и 3б), Лайонрок изменил свою траекторию перемещения, повернув до более южной составляющей. Также взаимодействие посредством эффекта Фудзивары повлияло на стадию развития тайфуна: уже через день после взаимодействия, к 23 августа, Лайонрок от стадии тропического шторма углубился до стадии тайфуна.

В подтверждение спутниковым снимкам взаимодействие тропических штормов было также изучено с использованием ме-

зомасштабной гидродинамической модели WRF-ARW.

В качестве исходных данных были использованы данные анализа модели GFS с шагом сетки 0,25° за период с 17 августа по 30 августа 2016 года для постановки начальных и граничных условий при моделировании тайфуна Лайонрок и тропических штормов Миндулл и Компасу. Для моделирования была выбрана область, охватывающая регион 10° – 50° с. ш., 110° – 160° в. д. Данные моделирования за период с 17 августа по 30 августа 2016 года сохранялись через каждые три часа.

На рисунках 4а-г и 5а-г представлены результаты моделирования наиболее показательных сочетаний метеорологических характеристик изучаемой области.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из результатов, представленных на рисунках 4а-г и 5а-г, можно сделать вы-

вод о том, что на изменение траектории тайфуна Лайонрок в большей степени влиял именно шторм Миндулл. Максимальное проявление их взаимовлияния изображено на рисунках 5а-г. Здесь можно увидеть, что барические образования имеют общую замкнутую изобару в поле давления (рисунки 5а, 5в) и соответствующую циркуляцию ветра (рисунок 5б). Также отчетливо заметно проявление связи двух циклонов в поле функции тока (рисунок 5г).

Аналогичного явного проявления влияния тропического шторма Компасу на тайфун Лайонрок не прослеживается. Они не имеют отдельной замкнутой изобары в поле давления (рисунок 4а, 4в), нет аналогичной циркуляции в поле ветра (рисунок 4б) и не прослеживаются изолинии, объединяющие циклоны в поле функции тока (рисунок 4г).

В дальнейшем планируется продолжение изучения влияния эффекта Фудзивары с применением мезомасштабной модели WRF-ARW, где будут исследованы метеорологические элементы тайфуна Лайонрок и тропических штормов Миндулл и Компа-

су в моменты их взаимодействия. Но уже на данный момент можно опровергнуть теорию о том, что на тайфун Лайонрок повлияли оба тропических шторма: и Миндулл, и Компасу.

Список литературы

1. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. Л.: Наука, 1969. 487 с.
2. Озерова Н.А. Исследования тропических циклонов северо-западной части Тихого океана: Выпускная квалификационная работа (ВКР). Бакалаврская работа. СПб, 2021. 106 с.
3. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень ДВНИГМИ, 2016 г. Владивосток: ДВНИГМИ, 2016. 240 с.
4. JAXA/EORC Tropical Cyclone Database. [Электронный ресурс]. URL: https://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/typ_db/typ_track.cgi?lang=e&area=WP (дата обращения: 17.01.2023).
5. Zoom Earth. [Электронный ресурс]. URL: <https://zoom.earth/> (дата обращения 20.12.2022).
6. Liou Y.-A., Pandey R.S. Interactions between typhoons Parma and Melor (2009) in North West Pacific Ocean. *Weather and Climate Extremes*. 2020. Vol. 29. P. 100272.
7. Похил А.Э. Воздействие крупномасштабных атмосферных потоков северо-запада Тихого океана на группу взаимодействующих циклонов // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2019. № 2 (372). С. 76-91.