

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИКЛОНICHЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В СЕВЕРОТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ

E.H. Воскресенская, В.Н. Маслова

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: veronika_maslova@mail.ru

В статье дана климатическая характеристика частоты, глубины, площади и интенсивности циклонов в семи районах циклонической деятельности в северной части Тихого океана. Проанализированы линейные тренды и квазипериодическая изменчивость по сезонам для каждого параметра циклонов в исследуемых районах.

Введение. Основным объектом наших исследований является циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) как интегральный показатель изменения погодно-климатических аномалий, в особенности в холодный период года. В предыдущих работах [например, 1] нами были получены массивы частоты, глубины, площади и интенсивности циклонов для трех квадратов ЧСР, дана их климатическая характеристика, рассчитаны линейные тренды и проведен анализ их изменчивости на межгодовом и десятилетнем масштабах в связи с глобальными процессами в системе океан-атмосфера Атлантического и Тихого океанов. В данной работе был проведен анализ климатических условий циклонической активности в семи районах Северотихоокеанского региона, так как именно циклонические вихревые образования в этом регионе являются ключевым звеном в передаче в Северную Атлантику крупномасштабных аномалий, связанных с Эль-Ниньо-Южным колебанием и Тихоокеанской декадной осцилляцией. Понимание того, какие районы северной части Тихого океана оказывают наибольшее влияние на активность циклонов в Северной Атлантике позволит в дальнейшем объяснить механизм переноса тихоокеанских аномалий в Атлантику и модулирования здесь центров действия атмосферы. Это может быть

использовано для целей долгосрочного прогнозирования циклонической активности в ЧСР, так как погодно-климатические аномалии в этом регионе находятся преимущественно под влиянием положения и интенсивности центров действия атмосферы Северной Атлантики. Поэтому цель настоящего исследования заключалась в диагнозе климатических условий циклонической активности в отдельных частях Северотихоокеанского региона (СТР).

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- получить массивы частоты, глубины, площади и интенсивности циклонов для семи районов циклонической деятельности в СТР;
- рассчитать среднемноголетние величины и среднеквадратические отклонения (СКО) для каждого района;
- рассчитать и проанализировать линейные тренды всех параметров циклонов в каждом районе;
- описать квазипериодическую изменчивость параметров циклонов в выделенных районах СТР.

Данные и методика. Для выделения циклонов и их основных характеристик (частоты, глубины, площади и интенсивности) в СТР были использованы данные реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциальной поверхности 1000 гПа на регулярной сетке $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ за период с 1948 по 2006 гг.

Циклоническая активность анализировалась для семи районов СТР (рис. 1) с использованием следующей методики [2]. Пусть имеется область пониженного давления, ограниченная замкнутыми изобарами, с центром в точке, совпадающей с узлом регулярной сетки. Тогда глубина (гПа) циклонического вихря определяется как модуль разности давления между его центром и последней замкнутой изобарой (анализировались изолинии с дискретностью 1 гПа). В случае несовпадения центра вихря с узлом сетки центр определяется как геометрический центр фигуры, расположенной внутри ближайшей от узла изобары, давление на которой отличается от давления в узле сетки на 1 гПа. Под **относительной частотой** (далее – частота,

безразмерная величина) понимается отношение числа центров циклонов, обнаруженных в данном квадрате за определенный период, к общему числу проанализированных случаев (т.е. к количеству суток в этом периоде). Для сравнимости частоты циклонов в разных по площади квадратах полученная величина приводилась к 1 млн. кв. км. **Площадь** (млн. кв. км) синоптического образования определяется по поверхности, ограниченной последней замкнутой изобарой. Под **интенсивностью** (гПа) понимается отношение объема циклона к его площади, т.е. «средняя глубина» циклона.

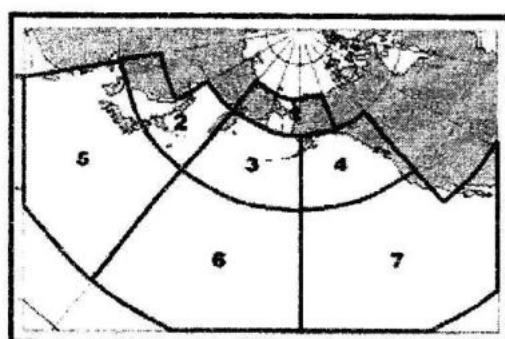


Рис. 1. Географическое положение выделенных районов в северной части Тихого океана

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ полученных временных рядов параметров циклонов в СТР показал, что максимальные величины всех характеристик наблюдаются в районах, расположенных между 40° – 60° с.ш. (1 – 4 районы на рис. 1). Этот факт объясняется тем, что траектории циклонов в течение всего года концентрируются в районе между 35° и 65° с. ш. и именно здесь осуществляется основной западно-восточный перенос воздушных масс в северном полушарии [3]. В районах, расположенных в полосе между 20° – 40° с.ш. (5 – 7 районы на рис. 1), циклоническая активность значительно ниже. Циклоны субтропических районов являются в большинстве своем местными, их существование и интенсивность определяются в основном орографией [4].

Сезонная изменчивость площади, интенсивности и глубины циклонов имеет похожий годовой ход, который характеризуется наибольшими величинами перечисленных параметров циклонов в

холодный период года (с ноября по март/апрель) и наименьшими в летний период (май/июнь – август/сентябрь). На рис. 2а для примера приведена глубина циклонов.

Максимальная площадь циклонов наблюдается зимой в районе Алеутского минимума (район 3) и достигает 4 млн. кв. км, минимальная площадь характерна для субтропических районов (районы 5 – 7) и составляет около 1 млн. кв. км (летом около 0,5 млн. кв. км).

Наибольшие величины глубины и интенсивности циклонов наблюдаются также в зимний период в районах умеренных широт (районы 2 – 4) и колеблются от 30 до 50 гПа, минимальная глубина циклонов в этих районах составляет 15 – 20 гПа в летний период. В субтропических районах глубина и интенсивность циклонов изменяются от 5 – 10 гПа летом до 15 – 20 гПа зимой.

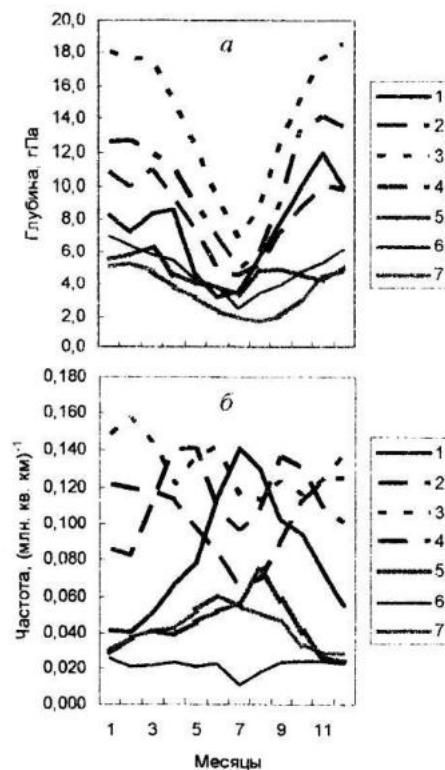


Рис. 2. Среднемноголетние величины (а) глубины и (б) частоты циклонов для семи районов СТР (как на рис. 1)

Годовой ход частоты циклонических условий различен в зависимости от района (рис. 2б). В некоторых районах (1, 5 и 7) частота циклонов увеличивается в

летний период, но при этом циклоны небольшие, неглубокие и менее интенсивные, чем в холодный период года.

Летний максимум частоты в субтропических прибрежных районах 5 и 7 объясняется тем, что сюда смещается область наиболее интенсивного циклогенеза, так как здесь создаются основные контрасты температурного поля. Увеличение повторяемости циклонов в юго-западном районе (район 5) отмечается также в работе [3], анализ в которой проводился по данным синоптических бюллетеней за период 1950 – 1959 гг. Повторяемость циклонов летом в этом районе (район 5) велика не только потому, что он является местом частого возникновения циклонов, но и потому, что большинство циклонов достигает здесь наибольшей глубины и замедляет скорость своего перемещения в восточном направлении из-за блокирующего эффекта Гонолульского максимума [5]. Летом западная область наибольшей повторяемости циклонов перемещается еще далее на материк, но охватывает также Охотское и Японское моря [3]. Этим объясняется весенне-летний максимум частоты циклонов в районах 1 и 2. Кроме того, на крайнем севере в районе 1 проходят циклоны чукотской ветви арктического фронта [3]. Осенью в охотоморском районе 2 наблюдается второй максимум повторяемости циклонов (первый – весной), что отмечается также в работе [3].

Наибольшая частота циклонов в течение всего года характерна для района 3, который охватывает область наиболее частого расположения Алеутского минимума, а также для района 2, который за счет температурных контрастов сушаморе является основной областью циклогенеза. Условия для фронтогенеза и возникновения циклонов на арктическом и вторичных фронтах в районе 2 наиболее благоприятны [3]. Возникающие здесь циклоны перемещаются далее к востоку в направлении ведущего западного потока, в районе Алеутских островов (районы 3 и 4) они сильно углубляются и долгое время стационарируют, средняя продолжительность их жизни здесь достигает максимума [3]. Этим объясняется более высокая частота ци-

клонических условий зимой в районах Алеутского минимума (3 и 4 районы), чем в основной зоне циклогенеза в Охотском море (район 2). Минимальная частота циклонов наблюдается в открытом океане в центральном субтропическом районе 6 из-за блокирующего эффекта Гонолульского максимума.

Как можно судить из рис. 3а, по годовому ходу среднеквадратических отклонений (СКО) частоты циклонов в СТР все районы делятся на три группы: субполярный район 1 с максимальными СКО, районы умеренных широт 2 – 4 с высокими СКО частоты циклонов и субтропические районы 5 – 7 с низкими СКО. Объясняется это тем, что в тропической зоне возмущения атмосферной циркуляции создают сравнительно небольшую изменчивость полей давления и ветра, и повседневно наблюдаемая циркуляция часто бывает весьма сходной со средней многолетней структурой, в особенности в зоне наиболее интенсивного пассатного переноса тропического воздуха между 30-ой и 15-ой параллелями в обоих полушариях [3]. А во внутропических широтах, между 30-ой параллелью и полярными кругами, атмосферная циркуляция чрезвычайно изменчива и ежедневные карты циркуляции почти никогда не бывают похожи на средние многолетние поля давления и ветра. Постоянные крупные возмущения полей давления и ветра составляют неотъемлемую природу господствующей в этих широтах циркуляции. Они становятся ее истинной сущностью, проявляющейся в никогда не прекращающемся образовании весьма подвижных, быстро разрастающихся и затем затухающих вихревых возмущений на полярном и арктическом фронтах, все время пересекающих Тихий океан в этих широтах, следя друг за другом с запада на восток. [3].

В большинстве районов СТР годовой ход СКО частоты циклонов выражен слабо (рис. 3а). Только в районах 1 и 5 наблюдается значительное повышение дисперсий (СКО²) в теплый период года.

Годовой ход СКО площади, глубины и интенсивности циклонов, в отличие от СКО частоты циклонов, выражен хорошо. На рис. 3б в качестве примера приведены СКО глубины циклонов. В хо-

лодный сезон года наблюдается наибольшая изменчивость указанных характеристик циклонов, а в теплый сезон – наименьшая.

Как и для частоты циклонов, для остальных параметров циклонов характерна «зональность» величин СКО, то есть низкие СКО в тропических широтах, высокие в умеренных и максимальные в субполярных. Выбивается из общей картины только субтропический район 6, который по величине СКО площади, глубины и интенсивности не уступает районам умеренных широт.

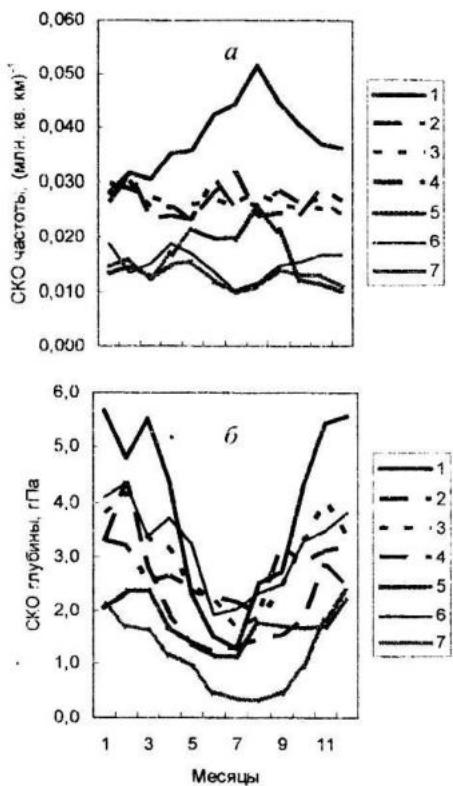


Рис. 3. СКО (а) частоты и (б) глубины циклонов для семи районов СТР (как на рис. 1)

На следующем этапе работы были рассчитаны и проанализированы линейные тренды параметров циклонов по сезонам для каждого района. Большая часть исследователей, изучающих тренды циклонической активности в СТР, анализируют холодный период года (с декабря по март), когда циклоническая активность в этом регионе максимальна. Тренды могут сильно отличаться для разных частей СТР. Так, в работе [6] по данным реанализа NCEP за 42-летний период (1958 – 1999 гг.) показано увели-

чение интенсивности и глубины циклонов на западе СТР и противоположные тенденции на востоке. За исследуемый нами 59-летний период подобные противоположные тенденции отмечаются между центром и востоком СТР в районах 3 и 4, в области Алеутского минимума. Для центрального района 3 характерны значимые положительные тренды глубины, интенсивности и площади зимних циклонов, а для восточного района 4 – отрицательные.

С результатами работы [7] согласуется полученный нами результат, что значимых трендов частоты зимних циклонов в СТР почти не наблюдается, за исключением района 3 (Алеутский минимум) и центрального района 6 субтропиков. Другие исследователи фиксируют увеличение частоты и глубины/интенсивности сильных зимних циклонов [7], причем наиболее глубокие циклоны СТР наблюдаются именно в районе 3 (Алеутский минимум), в котором мы также отмечаем положительные тенденции всех параметров зимних циклонов. Более того, следует отметить, что частота циклонов увеличивалась здесь (в районе 3) значимо во все сезоны, кроме осеннего, а летом наблюдался рост также глубины и интенсивности циклонов.

Летний сезон в нашем исследовании заслуживает отдельного внимания, так как почти во всех исследуемых районах СТР летом наблюдаются значимые тренды всех или некоторых характеристик циклонов. Так, противоположные тенденции циклонической активности характерны для западного (район 5) и восточного (район 7) субтропических районов СТР: в районе 5 наблюдаются значимые положительные тренды всех параметров циклонов, а в районе 6 – отрицательные.

В поясе умеренных широт в районах 2 – 4 наблюдается интенсификация циклонов в летний сезон, несмотря на значимый отрицательный тренд частоты в районе 2. В северном районе 1 отмечаются отрицательные тенденции частоты и площади циклонов летом.

Интересно также, что для центральных районов СТР 3 и 6 и северо-

восточного района 4 в осенний сезон характерны значимые отрицательные тренды площади циклонов. Однако в годовом ходе площади циклонов в СТР осень является переходным сезоном от слабой летней активности циклонов к сильной зимней, и далее в зимний период подобных тенденций не отмечается.

Объяснением значимых трендов циклонической активности в СТР летом, когда в этом регионе преобладает антициклоническая циркуляция, и осенью, в переходный сезон, по-видимому, может быть то, что отмеченные тенденции являются характеристикой только выбранного нами периода (1948 – 2006 гг.) и не наблюдаются в другом диапазоне лет из-за присутствия квазипериодической изменчивости циклонической активности. Характерные для Тихоокеанской декадной осцилляции (ТДО) 20 – 30-ление периодичности присутствуют в изменчивости всех параметров циклонов в СТР. На рис. 4 для примера приведена среднемесячная частота циклонов в районах 2 и 7. Видно, что квазипериодическая составляющая частоты циклонов в этих районах изменяется в противофазе. Это согласуется с локализацией этих районов в местах противоположных аномалий температуры поверхности океана, связанных с ТДО. Таким образом, линейные тренды за разные временные периоды отражают международную квазипериодическую изменчивость, характерную для циклонической активности в СТР.

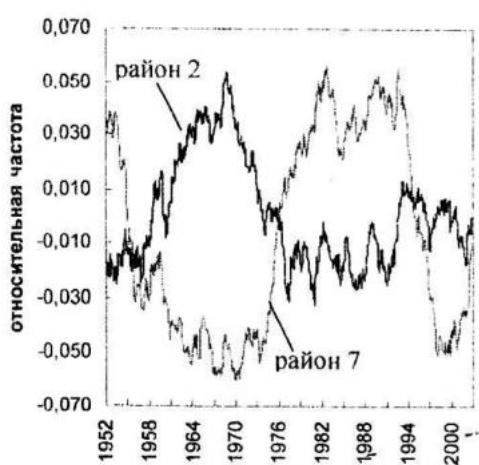


Рис. 4. Среднемесячная частота циклонов, полученная после детрендирования и скользящего осреднения данных за 97 мес., в районах 2 и 7 (см. рис. 1)

Заключение. В результате проведенной работы получены массивы данных частоты, глубины и интенсивности циклонов по реанализу NCEP/NCAR за период 1948 – 2006 гг. для семи районов циклонической деятельности Северотихоокеанского региона. Выявлено, что максимальные величины параметров циклонов и их изменчивости приходятся преимущественно на зимне-весенний период. Обнаружено, что линейные тренды параметров циклонов в основном незначимы в течение анализируемого периода (1948 – 2006 гг.). Показано наличие низкочастотных квазипериодических колебаний в характере изменения параметров циклонов, что указывает на необходимость их учета при анализе трендов.

Работа выполнена при поддержке гранта FP7-ENV-2009-1 № 244104 (THESEUS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслова В.И., Воскресенская Е.Н., Бардин М.Ю. Межгодовая изменчивость характеристик циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе // Системы контроля окружающей среды / Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – С. 299 – 302.
2. Бардин М.Ю., Полонский А.Б., Воскресенская Е.Н. Статистические характеристики циклонов и антициклонов над Черным морем во второй половине XX века // МГЖ, № 6, 2007. – С. 47 – 58.
3. Тихий океан. Т. 1. Метеорологические условия над Тихим океаном. М.: Наука, 1966. – 395 с.
4. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
5. Ильинский О.К. Летняя дальневосточная депрессия // Труды Дальневосточного научно-исслед. гидрометеорол. ин-та, 1960, вып. 11.
6. Gulev S.K., Zolina O., Grigoriev S. Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from NCEP/NCAR reanalysis data // Climate Dynamics. – 2001. – 17. – P. 795 – 809.
7. Graham, N. E., Diaz H. F. Evidence for intensification of North Pacific winter cyclones since 1948 // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 2001. – 82. – P. 1869 – 1893.