

УДК 550.341:551.515

Научная специальность: 1.6.21

Циклоническая активность тропических циклонов и некоторые ее особенности. Часть IV. Динамика температуры поверхности океана и статистика некоторых характеристик тропических циклонов

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2024

Ярошевич М.И.,

Россия, г. Обнинск

Аннотация

Сопоставляется многолетняя динамика температуры поверхности воды океана в зонах действия тропических циклонов с динамикой ряда характеристик тропических циклонов. Выявлены регрессионные соотношения, определяющие многолетнюю динамику ряда статистических параметров тропических циклонов в связи с вариацией температуры поверхности океана.

Ключевые слова: температура поверхности воды океана; тропические ураганы; тайфуны; тропические штормы и депрессии.

Для цитирования: Ярошевич М.И. Циклоническая активность тропических циклонов и некоторые ее особенности. Часть IV. Динамика температуры поверхности океана и статистика некоторых характеристик тропических циклонов // Проблемы анализа риска. 2024. Т. 21. № 5. С. 74–79.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Cyclonic Activity of Tropical Cyclones and Some of its Features.

Part IV.

Ocean Surface Temperature Dynamics and Statistics of Some Characteristics of Tropical Cyclones

Mikhail I. Yaroshevich,
Obninsk, Russia

Abstract

The long-term dynamics of ocean surface temperature in tropical cyclone zones is compared with the dynamics of a number of characteristics of tropical cyclones. Regression relationships have been identified that determine the long-term dynamics of a number of statistical parameters of tropical cyclones in connection with the variation in ocean surface temperature.

Keywords: ocean surface temperature; tropical hurricanes; typhoons; tropical storms and depressions.

For citation: Yaroshevich M.I. Some regularities of burst cyclone activity of tropical cyclones. Part IV. Ocean surface temperature dynamics and statistics of some characteristics of tropical cyclones // *Issues of Risk Analysis*. 2024;21(5):74–79. (In Russ.).

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Расчетные эксперименты
Заключение
Список источников

Введение

В связи с проблемой глобального потепления естественно предположить, что потепление отразится и на активности тропических циклонов. Причем ввиду сути самих циклонов следует ожидать постепенного увеличения их количества и усиления их интенсивности. В статье предпринята попытка статистически оценить степень реальности этих ожиданий.

Расчетные эксперименты

В зонах действия тропических циклонов северо-западных частей Атлантического и Тихого океанов отмечены, по многолетним данным изменения температуры поверхности воды. Здесь рассматривается ее динамика за 1945–2015 гг.

В используемой информации температура поверхности воды океана представлена ее среднемесячными значениями¹. Здесь для каждого года определяется одно значение температуры как среднее по средним значениям температуры за июль, август, сентябрь и октябрь — месяцы наибольшей циклонической активности. Сглаженные динамики средней годовой температуры поверхности воды по средним значениям четырех месяцев показаны на рис. 1.

По средним годовым значениям температуры определены средние температуры поверхности воды за 1945–2015 гг. Для циклонической зоны Атлантического океана она составляет 27,44 °C, а диапазон температур равен 27,25–28,02 °C. Для рассматриваемой циклонической зоны Тихого океана за эти же годы средняя температура поверхности воды равна 28,44 °C, диапазон температур — 27,957–29,29 °C.

Наименьшей температурой поверхности воды, необходимой для зарождения и развития тропического циклона, является температура, равная 26–26,5 °C [1–3]. В рассматриваемых случаях даже минимальные значения температур превосходят ее на 1–2 °C соответственно. При этом средняя многолетняя температура поверхности воды северо-западной зоны Тихого океана превышает среднюю температуру поверхности воды северо-западной зоны Атлантического океана на 1 °C. Это, вероятно, может быть одной из причин большей циклонической активности зоны Тихого океана по сравнению с циклонической активностью зоны Атлантического океана.

¹ Данные о температуре взяты из Британского реанализа: <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadisst/>

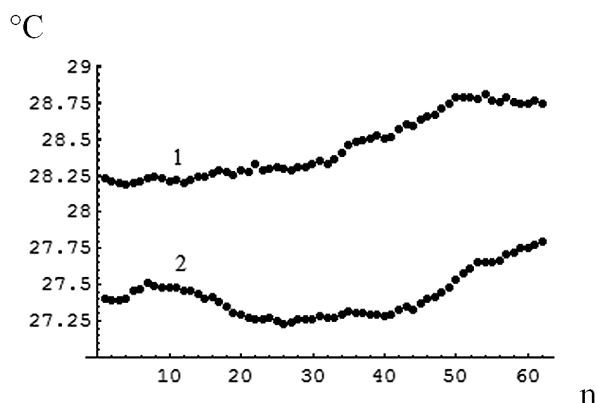


Рис. 1. Сглаженные графики динамики средних годовых температур поверхности океана, определенные по средним температурам июля-августа-сентября-октября месяцев 1945–2015 гг. северо-западная часть Тихого океана — 1, северо-западная часть Атлантического океана — 2. (сглаживание окном — 10 последовательных значений)

Figure 1. Smoothed graphs of the dynamics of average annual ocean surface temperatures, determined by the average temperatures of July-August-September-October of the months 1945–2015. Northwest Pacific — 1, Northwest Atlantic — 2. (Window smoothing — 10 consecutive values)

По оценкам, рост температур поверхности воды за рассматриваемые годы относительно небольшой и равен в целом 0,6–0,7 °C. Однако для среды, где зарождаются и развиваются тропические циклоны, это значимые величины. Принимая во внимание роль температуры поверхности воды океана в формировании характера тропического циклона, представлялось интересным выяснить, отразилось ли как-то многолетнее повышение температуры на статистике тропических циклонов?

Но для начала рассмотрим некоторые общие «фоновые» характеристики циклонической активности. В 1945–2015 гг. в северо-западной части Тихого океана произошло 2066 тропических циклонов, в том числе 277 супертайфунов ($V_{\max} \geq 67$ м/с — максимальная скорость ветра в циклоне); в северо-западной части Атлантического океана — 794 циклона и 44 суперурагана. Среднее годовое количество тайфунов и ураганов ($V_{\max} \geq 33$ м/с), соответственно, 16,7 и 6².

² Все характеристики рассматриваемых тропических циклонов взяты из Unisys Weather Hurricane-Tropical Data for Western Pacific и Weather.unisys.com/hurricane/atlantic/. С 2016 года эти источники перестали существовать в Интернете.

В первом расчетном эксперименте определялась динамика годового количества тайфунов и ураганов (искомые данные см. на рис. 2).

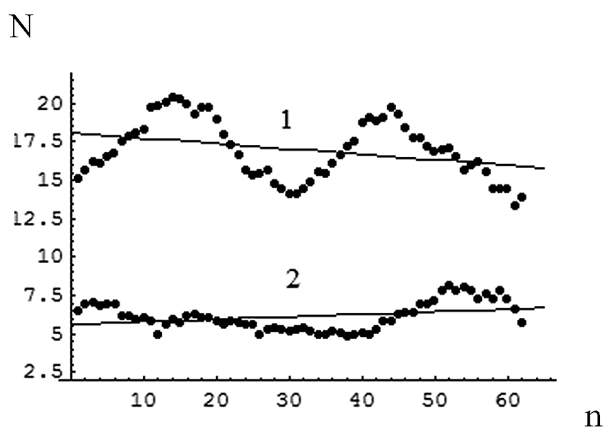


Рис. 2. Сглаженные графики годовых количеств тайфунов и ураганов ($V_{\max} \geq 33$ м/с), произошедших в 1945–2015 годах. Северо-западная часть Тихого океана — 1, регрессионное соотношение $N = 18.086 - 0.0348 \times n$; северо-западная часть Атлантического океана — 2, регрессионное соотношение $N = 5.615 + 0.0165 \times n$, где n — количество годов (сглаживание окном — 10 последовательных значений)

Figure 2. Smoothed graphs of the annual number of typhoons and hurricanes ($V_{\max} \geq 33$ m/s) that occurred in 1945–2015. Pacific Northwest – 1, regression ratio $N = 18.086 - 0.0348 \times n$; Atlantic Northwest – 2, regression ratio $N = 5.615 + 0.0165 \times n$, where n is the number of years. (Window smoothing — 10 consecutive values)

Вызывает удивление парадоксальность динамики годового количества тайфунов, особенно в северо-западной части Тихого океана. С ростом температуры поверхности воды и, стало быть, с ростом испарения — важнейшего стимула жизни циклона, должна усиливаться циклоническая активность, а она уменьшается. Как кажется, нелогичность динамики годового количества тайфунов оправдывается результатами следующего расчетного эксперимента. Рассчитывался хронологический ряд длительности тайфунов во времени. Была определена длительность 1140 тайфунов (результат расчетов представлен на рис. 3). Рост длительности тайфунов задан регрессионным соотношением $L = 7,807 + 0.0027 \times n$, где: L — длительность тайфуна в сутках, n — количество тайфунов, последовательно увеличивающееся с годами. Таким образом, следует, что с ростом температуры поверхности воды повышается длительность действия тайфунов.

L , сутки

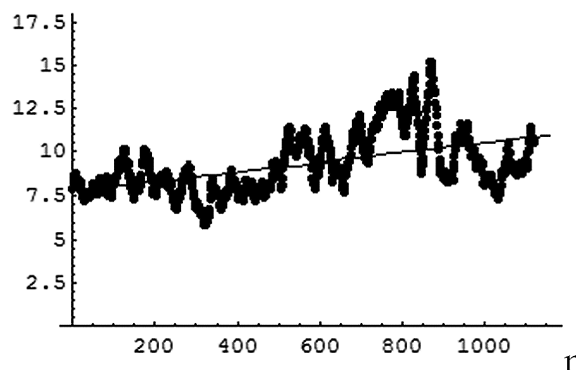


Рис. 3. Динамика длительности тайфунов во времени, произошедших в 1945–2015 годах в северо-западной части Тихого океана. Динамика рассчитана по 1140 тайфунам. График сглаженный. Сглаживание по 20 скользящим значениям

Figure 3. Dynamics of the duration of typhoons over time that occurred in 1945–2015 in the northwestern Pacific Ocean. The dynamics are calculated for 1140 typhoons. The graph is smoothed. Smoothing by 20 sliding values

Территория циклонической зоны и годовое время, в которое активно развиваются тропические циклоны, ограничены. Плотность тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана особенно велика. Логично предположить, что с ростом длительности действия циклона увеличивается и территория, охваченная пройденным циклоном. Тропический циклон на пути следования сильно перемешивает верхний слой воды, существенно его охлаждая. Восстанавливается в следе циклона температура воды до 26°C – $26,5^\circ\text{C}$ примерно в течение 10–12 дней [2]. В связи с этим после тропического циклона на большей площади и на большем интервале времени значительно снизилась температура поверхности воды. В результате увеличилось время между прошедшим и последующим циклонами, что, очевидно, и приводит к уменьшению годового количества тайфунов.

В следующем расчетном эксперименте оценивалась динамика средних годовых значений максимальных скоростей циклонических ветров ($\bar{I}_{\max}$), рассчитанных по всем циклонам 1945–2015 гг. Итоги эксперимента приведены на рис. 4

Динамика средних годовых значений максимальных скоростей циклонических ветров для северо-западной части Тихого океана определена

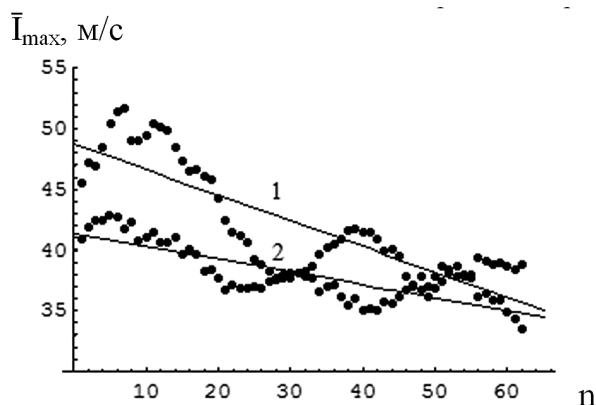


Рис. 4. Многолетняя сглаженная динамика средних годовых значений максимальных скоростей циклонических ветров ($\bar{I}_{\max}$), рассчитанных по всем циклонам 1945–2015 гг. Северо-западная часть Тихого океана — 1, северо-западная часть Атлантического океана — 2 (n — количество годов, сглаживание по 10 последовательным значениям)

Figure 4. Long-term smoothed dynamics of average annual values of maximum velocities of cyclonic winds ($\bar{I}_{\max}$) calculated for all cyclones 1945–2015. Northwest Pacific — 1, Northwest Atlantic — 2 (n — number of years, smoothing by 10 consecutive values)

соотношением $\bar{I}_{\max} = 48,745 - 0,212 \times n$, для северо-западной части Атлантического океана — соотношением $\bar{I}_{\max} = 41,3 - 0,104 \times n$. И вновь признак снижения показателя интенсивности циклонической активности вместо ожидаемого роста этого показателя. Результат может быть объяснен следующим расчетным экспериментом.

Было еще рассмотрено возможное влияние роста температуры поверхности воды на динамику взаимных отношений количества тайфунов (ураганов), тропических штормов ($17 \leq V_{\max} < 33$ м/с) и тропических депрессий ($V_{\max} < 17$ м/с). В расчетном эксперименте определялись годовые отношения количества штормов и депрессий к количеству тайфунов (ураганов). Результаты приведены на рис. 5. Динамика отношений определена соответствующими регрессионными соотношениями. Следует сказать, что и динамика годового количества штормов и депрессий иллюстрирует существенный рост с годами. Сглаженная динамика рассматриваемого здесь ряда годов по северо-западной части Тихого океана представлена регрессионным соотношением $N = 6,193 + 0,1612 \times n$, где: N — количество штормов и депрессий в рассматриваемом году,

n — порядковый номер года, а сглаженная динамика годового количества штормов и депрессий по северо-западной части Атлантического океана отражена соотношением $N = 2,2857 + 0,07879 \times n$.

Относительный рост годового количества циклонических штормов и депрессий, как кажется, и объясняет

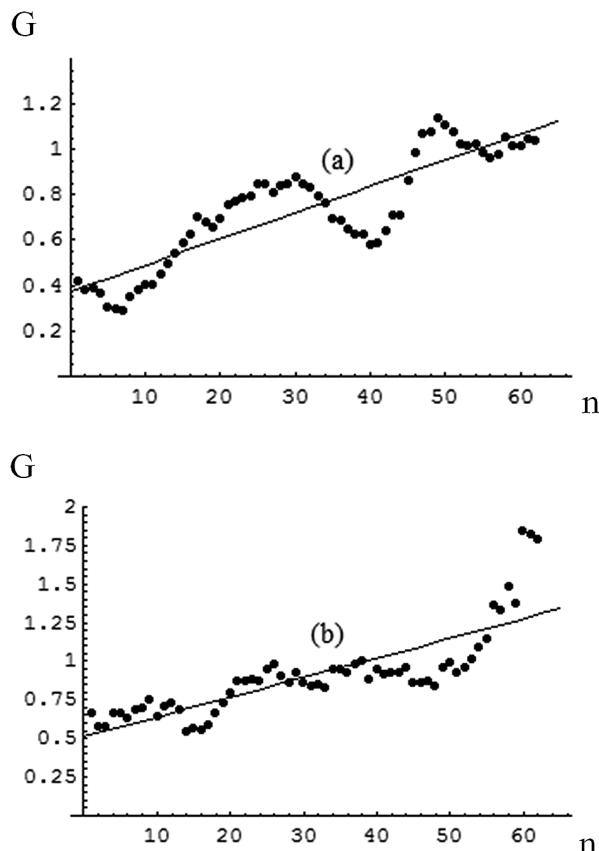


Рис. 5. Сглаженные графики многолетней динамики годовых отношений количества тропических штормов ($17 \leq V_{\max} < 33$ м/с) и депрессий ($V_{\max} < 17$ м/с) к количеству тайфунов (ураганов). Северо-западная часть Тихого океана (а), северо-западная часть Атлантического океана (б). Регрессионное соотношение $G = 0,374 + 0,0116 \times n$ — график (а), регрессионное соотношение $G = 0,509 + 0,0128 \times n$ — график (б). (Сглаживание окном — 10 последовательных значений)

Figure 5. Smoothed graphs of the annual dynamics of the number of tropical storms ($17 \leq V_{\max} < 33$ m/s) and depressions ($V_{\max} < 17$ m/s) to the number of typhoons (hurricanes). Northwest Pacific (a), Northwest Atlantic (b). Regression ratio $G = 0,374 + 0,0116 \times n$ — plot (a), regression ratio $G = 0,509 + 0,0128 \times n$ — plot (b). (Window smoothing — 10 consecutive values)

снижение с годами средних годовых значений максимальных скоростей циклонических ветров (рис. 4).

В связи с приведенным на рис. 5 результатом вновь возникла нелогичность. С ростом температуры поверхности океана все же должна бы возрасти относительная доля тайфунов. Результат иллюстрирует противоположную ситуацию. Объяснить это пока возможно лишь неким предположением. С ростом температуры поверхности воды в среде «атмосфера — океан» быстрее формируются условия, благоприятствующие зарождению и развитию тропических циклонов. Тропические циклоны можно условно воспринимать, как своеобразный периодический сброс средой «атмосфера — океан» различных порций энергии. Возможно, что с более быстрым наращиванием благоприятных условий зарождения циклонов «случайные» сбросы энергии в виде тропических штормов и депрессий происходят легче и потому чаще, чем сброс тайфуна или супер-тайфуна.

Видимо, особенности многолетней динамики характеристик, представленных на рис. 3 и рис. 5, и объясняют неожиданное снижение годового количества тайфунов (рис. 2) и средних годовых значений максимальных скоростей циклонических ветров (рис. 4).

Заключение

Полученные результаты представляются здесь как следствие многолетнего роста температуры поверхности океана. По изложенным предварительным результатам, сделанное в «Введении» предположение не подтвердилось: с повышением температуры поверхности воды океана количество тайфунов не увеличилось и не возросла их интенсивность, определяемая максимальной скоростью тропического циклона ($V_{\max}$). Рост температуры поверхности океана привел только к увеличению длительности тропических циклонов.

Площади циклонических зон северо-запада Атлантического и Тихого океанов примерно равны.

Плотность (теснота) количества тропических циклонов в циклонической зоне Тихого океана превышает плотность циклонов в циклонической зоне Атлантики почти в три раза. В целом выше и энергии тропических циклонов Тихого океана, а тем самым больше и площади, накрываемые циклонами. Видимо, по этим причинам показанные здесь закономерности многолетней динамики некоторых характеристик тропических циклонов четче проявляются по тропическим циклонам северо-западной части Тихого океана.

Список источников [References]

1. Шарков Е. А., Покровская И. В. Региональные тропические циклогенезы в поле поверхностной температуры Мирового океана // Исследование Земли из космоса. 2010. № 2. С. 54–62 [Sharkov E. A., Pokrovskaya I. V. Regional tropical cyclogenesis in the surface sea temperature fields of the world ocean // *Issledovanie Zemli iz Kosmosa*. 2010;(2):54–62. (In Russ.)]
2. Хаин А. П., Сутырин Г. Г. Тропические циклоны и их взаимодействие с океаном. Л.: Гидрометеоиздат. 1983. 272 с. [Khain A. P., Sutyurin G. G. Tropical cyclones and their interaction with the ocean. L.: Hydrometeoizdat. 1983. 272 p. (In Russ.)]
3. Gray W. M. Recent advances in tropical cyclone research from rawinsonde composite analysis. Fort Collins (Color.). Dep. Atm. Sci., Colo. State Univ., 1981. 407 p.

Сведения об авторе

Ярошевич Михаил Иосифович: кандидат технических наук

Количество публикаций: более 140

Область научных интересов: исследование тропических циклонов

Контактная информация:

myarosh32@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 20.06.2024

Одобрена после рецензирования: 30.07.2024

Принята к публикации: 04.09.2024

Дата публикации: 31.10.2024

The article was submitted: 20.06.2024

Approved after reviewing: 30.07.2024

Accepted for publication: 04.09.2024

Date of publication: 31.10.2024