

УДК 550.341:551.515

Научная специальность: 1.6.21

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-34-39>

Циклоническая активность тропических циклонов и некоторые ее особенности. Часть I. Некоторые закономерности всплесков циклонической активности тропических ЦИКЛОНОВ

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2023

Ярошевич М.И.,

Россия, г. Обнинск

Аннотация

Исследовались возможные взаимосвязи некоторых энергетических характеристик всплесков циклонической активности тропических циклонов. Выявленные регрессионные взаимосвязи присущи всем всплескам независимо от их многообразия. Определены особенности характера скорости нарастания и скорости спада энергии всплеска циклонической активности.

Ключевые слова: тропические циклоны; всплески циклонической активности; взаимосвязи параметров всплесков.

Для цитирования: Ярошевич М.И. Некоторые закономерности всплесков циклонической активности тропических циклонов // Проблемы анализа риска. 2023. Т. 20. № 6. С. 34–39. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-34-39>.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Cyclonic Activity of Tropical Cyclones and Some of its Features. Part I. Some Regularities of Burst Cyclone Activity of Tropical Cyclones

Mikhail I. Yaroshevich,
Obninsk, Russia

Abstract

The possible interconnections of some energy characteristics of bursts of cyclonic activity of tropical cyclones were investigated. The revealed regression interdependencies are inherent in all bursts, regardless of their diversity. The features of the nature of the rate of rise and fall of the burst energy of cyclonic activity are determined.

Keywords: tropical cyclones; bursts of cyclonic activity; interdependence of burst parameters.

For citation: Yaroshevich M.I. Some regularities of burst cyclone activity of tropical cyclones // Issues of Risk Analysis. 2023;20(6):34–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-34-39>.

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Некоторые закономерности всплесков
Заключение
Литература

Введение

Исследуются всплески циклонической активности в ее годовой динамике. Циклоническая активность представлена здесь неоднократно ранее описанной моделью [1, 2]. В ней последовательно в 00 и 12 час. Гринвичского времени определяется суммарная кинетическая энергия (E_k) всех действующих на рассматриваемой территории тропических циклонов. Таким образом, годовая динамика циклонической активности представлена 730 или 732 значениями E_k . В экспериментах величина E_k является базовой операционной величиной. Основой расчетов по используемой модели служит оценка кинетической энергии отдельного тропического циклона [3].

Динамика циклонической активности во времени — это перемежаемый поток ее всплесков и затиший. На рисунке 1 показана довольно типичная годовая динамика циклонической активности.

$E_k/10^{19}$ Дж

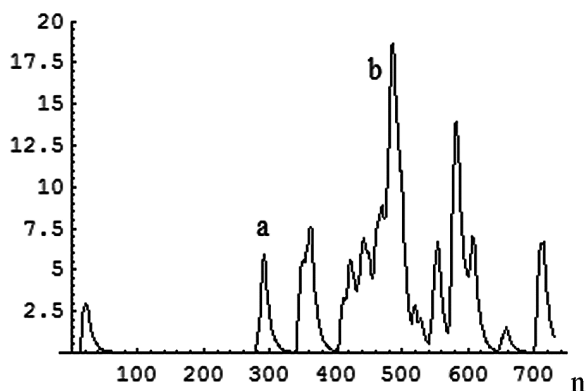


Рис. 1. Характерная модельная годовая динамика циклонической активности (1985 г.); где: n — полусутки, a — элементарный всплеск, b — комбинированный или сложный всплеск циклонической активности. В контуре сложного всплеска каждый «пик» — это признак одного из группы фрагментарно совпадающих во времени циклонов

Figure 1. Characteristic model annual dynamics of cyclonic activity (1985); where: n — semidays, a — elementary burst, b — combined or complex burst of cyclonic activity. In the contour of a complex burst, each “peak” is a sign of one of a group of cyclones fragmentally coinciding in time

В динамике циклонической активности основным ее элементом является всплеск. По энергии, длительности и форме всплески крайне разнообразны.

В особенностях динамики, структуры и других характеристиках всплеска тоньше отражаются возможности среды в формировании циклонической активности. Исследования этих возможностей представляют определенный научный интерес. К тому же именно всплески создают катастрофические ситуации. Именно это и послужило причиной начала их более детального изучения. В статье приведены некоторые результаты этих исследований.

Информационной базой всех расчетов послужили тропические циклоны, действовавшие в циклонической зоне северо-западной части Тихого океана ($[5-45]^\circ\text{N} - [115-175]^\circ\text{E}$) в 1945–2015 гг.

Некоторые закономерности всплесков

На рисунке 1 мы видим вертикальный профиль динамики циклонической активности, ее своего рода вертикальная проекция. В реальности всплески — это объемные структуры. Результатом одиночного во времени циклона или строго совпадающей по времени и характеру динамики циклонов является «элементарный» всплеск (a). Группа фрагментарно совпадающих по времени циклонов и пространственно в той или иной мере удаленных друг от друга, порождает «сложный» всплеск (b). Понятно, что, здесь всплеск это не буквально сам циклон, а его условное энергетическое отражение или энергетический образ циклона.

В расчетных экспериментах всплески характеризуются такими параметрами, как: суммарная энергия всплеска (ΣE_k); максимальное («пиковое») значение энергии всплеска ($E_{\max}$); среднесуточная (или средняя полусуточная) энергия всплеска; показатели нарастаний и ослаблений всплесков. Для рассматриваемых здесь всплесков значения $E_{\max}$ располагаются в диапазоне ($2 \cdot 10^{19} - 2.5 \cdot 10^{20}$) Дж, а суммарные значения энергии ΣE_k — в диапазоне примерно ($2 \cdot 10^{20} - 1.0 \cdot 10^{22}$) Дж.

В одном из расчетных экспериментов по довольно большому количеству всплесков были рассчитаны равные по длительностям во времени синхронные ряды значений следующих характеристик: $Q = \Sigma E_k$, $E_{\max}$ — средняя полусуточная энергия всплеска; $D = Q/n$, где n — количество полусуток в всплеске и аналог физического понятия «действие»; $A = E_{\max} \times N$, в котором N — число суток в нарастающем этапе всплеска, то есть от начала всплеска до момента достижения $E_{\max}$. В этих расчетах характеристики представлены в масштабах: $Q/10^{20}$ Дж; $E_{\max}/10^{19}$ Дж; $D/10^{19}$ Дж; $A/10^{19}$ Дж.

При этом важно подчеркнуть, что в расчетах рассматривались как элементарные, так и сложные всплески.

В этом эксперименте была предпринята попытка исследовать степень взаимного соответствия или уровень коррелированности означенных параметров в динамике рассматриваемых рядов.

На рисунке 2, в частности, показана регрессионная взаимосвязь между значениями $E_{\max}$ и D . Коэффициент линейной корреляции рядов $E_{\max}$ и D равен 0.94. Коэффициенты корреляции между $E_{\max}$ и Q , между D и Q и между $E_{\max}$ и A равны, соответственно: 0.82, 0.77 и 0.7.

$E_{\max}/10^{19}$ Дж

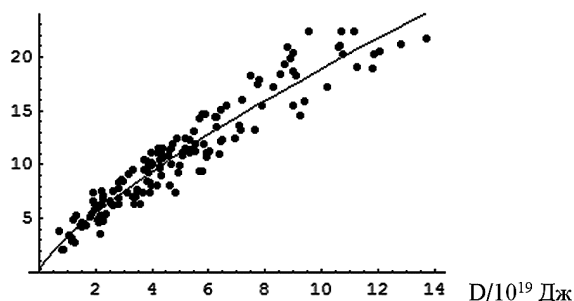


Рис. 2. Зависимость максимального значения энергии всплеска ($E_{\max}$) от среднеполусуточной энергии всплеска (D). Регрессионная кривая описывается соотношением $E_{\max} = 3.22 \times D^{0.768}$.

Figure 2. The dependence of the maximum burst energy value ($E_{\max}$) on the average half-daily burst energy (D). The regression curve is described by the ratio $E_{\max} = 3.22 \times D^{0.768}$

Дополнительно на рис. 3 приведена динамика произвольно выбранных синхронных фрагментов рядов значений Q , $E_{\max}$ и D . Качественный анализ динамики кривых свидетельствует о достаточно четко выраженной положительной взаимной корреляции.

Результат оказался несколько неожиданным. Казалось бы, что очень большое разнообразие всплесков и особенно сложных всплесков должно привести к определенному разнообразию закономерностей связей их энергетических параметров. Слабая корреляция между рассматриваемыми параметрами была бы логично объяснена именно сильным разнообразием всплесков. Полученная же корреляция наводит на мысль, что среда совершенно независимо от вида всплеска формирует их по единым и, похоже, довольно тесным правилам.

$Q/10^{20}$, $E_{\max}/10^{19}$, $D/10^{19}$, Дж

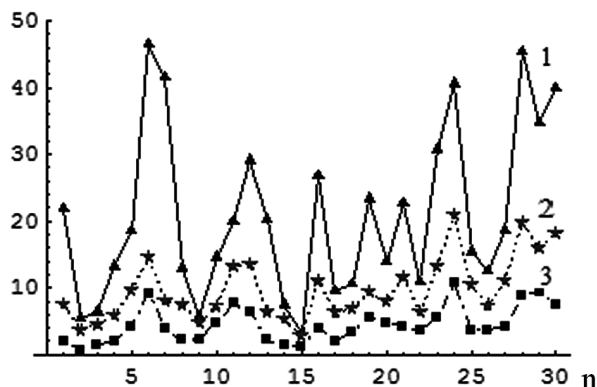


Рис. 3. Динамика синхронных фрагментов рядов значений Q — 1, $E_{\max}$ — 2, D — 3

Figure 3. Dynamics of synchronous fragments of nuclei Q — 1, $E_{\max}$ — 2, D — 3

В следующем расчетном эксперименте исследовались особенности нарастания и спада энергии всплеска. Более чем по двумстам всплескам определялись среднесуточные значения усиления ($G = (E_{\max} - E_i)/n$) и ослабления ($R = (E_{\max} - E_f)/n$) всплеска, где $E_{\max}$ — максимальное значение энергии, E_i , E_f соответственно, начальное и конечное значения энергии всплеска; n — число суток между $E_{\max}$ и E_i и между $E_{\max}$ и E_f . Значения E_i и E_f также как и значения $E_{\max}$, варьировали в довольно широких пределах. Величины G и R определялись отдельно по каждому из рассмотренных всплесков.

На рисунке 4 показана регрессионная зависимость среднесуточных значений нарастания и спада циклонической энергии всплеска от его максимальных значений энергии.

Нарастание представлено регрессионным уравнением $G = 0.322 \cdot (E_{\max})^{0.552}$, спад — уравнением $R = 0.0289 \cdot (E_{\max})^{1.32}$.

В обоих случаях с ростом значений $E_{\max}$ и скорость нарастания, и скорость ослабления растут. При этом в среднем скорость нарастания почти в два раза превышает скорость ослабления. Средняя скорость нарастания превышает среднюю скорость спада при $E_{\max} < 6 \cdot 10^{19}$ Дж примерно в три раза, при $6 \cdot 10^{19}$ Дж $< E_{\max} < 1.2 \cdot 10^{20}$ Дж — примерно в два раза. При дальнейшем росте значений $E_{\max}$ разница между скоростью нарастания и скоростью спада уменьшается, а при $E_{\max} \approx 2.0 \cdot 10^{20}$ Дж их значения становятся примерно равными.

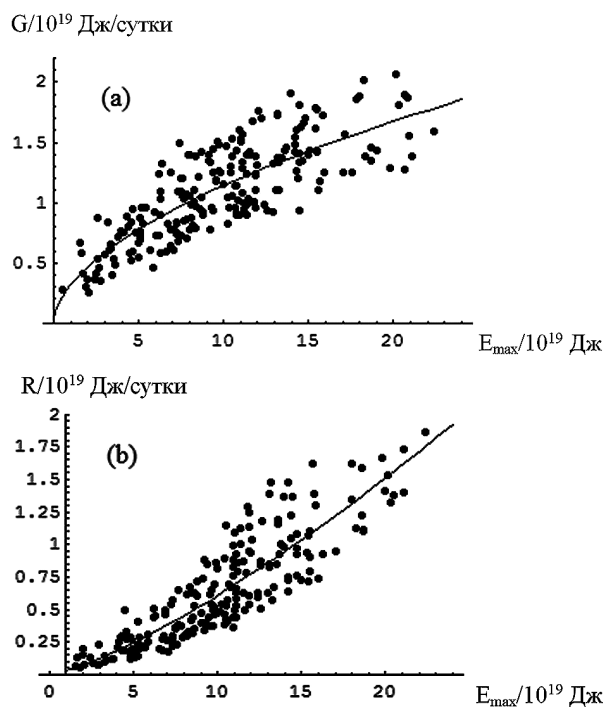


Рис. 4. Зависимость среднесуточных значений нарастания G(a) и спада R(b) энергии всплеска от максимального (пикового) значения энергии всплеска $E_{\max}$

Figure 4. Dependence of the average daily values of increase G (a) and decline R (b) of the burst energy on the maximum (peak) value of the burst energy $E_{\max}$

Почему при малых и средних значениях $E_{\max}$ скорость нарастания энергии выше, чем скорость спада, а при больших значениях $E_{\max}$ эти скорости уравниваются? Уверенного объяснения этому пока нет, возможно, лишь предположение. При этом исходим из того, что тропический циклон зарождается в открытой нелинейной среде с потенциальным множеством источников и стоков. Кроме того, предполагается еще, что в среду, где развивается циклон, в той или иной мере продолжают непрерывно поступать условия, благоприятствующие развитию циклонической активности. Предположим, что в среде сформировался относительно большой ресурс условий, благоприятствующих циклонической активности. Допустим, что при этом по каким-то причинам возник небольшой или средний всплеск циклонической активности, на который израсходовалась лишь часть накопленного средой ресурса. В этом случае неиспользованная часть благоприятствующего, непрерывно еще

поступающего в среду ресурса, своим воздействием замедляет, притормаживает скорость спада энергии. При этом представляется, что нарастание всегда идет быстро, как-бы по взрывному сценарию. Когда же формируется большой всплеск, возможно, что на него тратится весь ресурс среды или его значительная часть. В этом случае среда либо вовсе не имеет возможности, либо имеет незначительные возможности ослаблять скорость спада энергии всплеска. В такой ситуации и скорость спада становится большой.

Минимальная значащая величина E_k , которая распознается нашей моделью, равна $1 \cdot 10^{15}$ Дж. Эта ситуация рассматривается в наших расчетных экспериментах, как относительное затишье циклонической активности. Чаще всего этой величиной и начинается нарастание всплеска циклонической активности. Принимая во внимание реальный диапазон значений $E_{\max}$, рассматриваемые всплески их энергии возрастают в $2 \cdot 10^4$ – $2.5 \cdot 10^5$ раз¹ примерно за 5–12 суток. В связи с этим обратим внимание на еще одну возможную особенность всплесков циклонической активности.

В конце прошлого века получили развитие исследования квазилинейных параболических уравнений второго порядка [4]. Были, в частности, выявлены решения, когда процесс в очень короткое время достигает бесконечно больших значений. Этот результат, конечно, математический образ, но он рассматривался в качестве аналога реальных событий (биологических, химических, природных и социальных). Эти решения были названы «режимами с обострением» или «неограниченными решениями». При этом считается, что в реальных условиях, если событие за относительно короткое время усиливается в 10–100 раз, то это катастрофическая ситуация и она оценивается как режим с обострением [5].

Режим с обострением — это локализованное событие и в нем должна действовать положительная обратная связь [5]. В развитии тропического циклона участвует положительная обратная связь [1]. Нами также выявлено, что в начальной и особенно в средней части этапа нарастания всплеска циклонической активности нарастание энергии проходит ускоренно, что может свидетельствовать о наличии положительной обратной связи. Всплеск занимает в пространстве

¹ Разумеется, учитываемые в расчетах всплески иногда начинаются с $E_k = 1 \cdot 10^{16}$ Дж, но и в этом случае рост значений E_k большой.

ограниченную территорию, то есть он локализован, что также соответствует условиям режима с обострением. Таким образом, возможно, что еще одной из особенностей всплеска циклонической активности является то, что он природный «режим с обострением».

Заключение

Всплески являются во многом определяющим элементом циклонической активности тропических циклонов. Исследуя особенности всплесков, мы в определенной степени совершаем первые или начальные шаги в более детальных исследованиях возможности среды в формировании циклонической активности. В результате таких исследований возможности среды становятся более наблюдаемыми и количественно более оцениваемыми, что, вероятно, дополнит наши знания о сложном процессе циклонической активности. В связи с этим представляется целесообразным развитие этих исследований.

Здесь показаны лишь начальные результаты исследований, иллюстрирующие некоторые закономерности и особенности взаимосвязей значимых энергетических характеристик всплесков циклонической активности.

(Продолжение следует)

Литература [References]

1. Ярошевич М. И. Динамика сезонных значений суммарных интенсивностей тропических циклонов // Доклады Академии наук. 2007. Т. 413. № 4. С. 549–552 [Yaroshevich M. I. Seasonal dynamics of total intensities of tropical cyclones // Doklady Earth Sciences. 2007;413(3):428–431. DOI: 10.1134/S1028334X07030245]
2. Ярошевич М. И. О некоторых взаимосвязях в динамике активности тропических циклонов. // Известия

РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 4. С. 547–551 [Yaroshevich M. I. On some interrelations in the dynamics of tropical cyclonic activity // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2011;47(4):503–507. DOI: 10.1134/S0001433811040128]

3. Голицын Г. С. Статистика и энергетика тропических циклонов // Доклады Академии наук. 1997. Т. 354. № 4. С. 535–538 [Golitsyn G. S. Statistics and energy of tropical cyclones // Doklady Earth Sciences. 1997;354(4):535–538. (In Russ.)]
4. Самарский А. А., Галактионов В. А., Курдюмов С. П., Михайлов А. П. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений. М.: Наука. 1987. 480 с. [Samarsky A. A., Galaktionov V. A., Kurdyumov S. P., Mikhailov A. P. Regimes with exacerbation in problems for quasilinear parabolic equations. M.: Science. 1987. 480 p. (In Russ.)]
5. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров, Ю. Л. Воробьев, С. С. Салов [и др.]. М.: Наука. 2000. 431 с. (Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения). ISBN 5-02-008296-1 [Risk Management: Risk. Sustainable development. Synergetics / V. A. Vladimirov, Yu. L. Vorobyov, S. S. Salov [et al.]. M.: Science. 2000. 431 p. (Cybernetics: unlimited possibilities and possible restrictions). (In Russ.)]

Сведения об авторе

Ярошевич Михаил Иосифович: кандидат технических наук

Количество публикаций: 140

Область научных интересов: исследование тропических циклонов

Контактная информация:

myarosh32@gmail.com