

УДК 551.515.2

Научная специальность: 1.6.21

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-84-89>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2023

Аномалии силы тяжести, как вероятный фактор, влияющий на динамику тропических циклонов, вышедших на сушу

Ярошевич М.И.,

Россия, г. Обнинск

Аннотация

Исследовалось возможное влияние аномалий силы тяжести на некоторые параметры тропических циклонов, вышедших на сушу. Это всегда были завершающие этапы развития тропических циклонов. В расчетном эксперименте рассматривались тропические циклоны северо-западной части Атлантического океана. Выявлена регрессионная зависимость длительности траектории циклона в сочетании со средней скоростью максимальных ветров от значений аномалий силы тяжести в зоне рассматриваемого этапа тропического циклона.

Ключевые слова: аномалии силы тяжести; тропические циклоны.

Для цитирования: Ярошевич М.И. Аномалии силы тяжести, как вероятный фактор, влияющий на динамику тропических циклонов, вышедших на сушу // Проблемы анализа риска. 2023. Т. 20. № 6. С. 84–89. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-84-89>.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Gravity Anomalies as a Probable Factor Influencing on the Dynamics of Land-Made Tropical Cyclones

Mikhail I. Yaroshevich,
Obninsk, Russia

Abstract

The possible influence of gravity anomalies on some parameters of landfalling tropical cyclones was investigated. These have always been the final stages in the development of tropical cyclones. Tropical cyclones in the northwestern part of the Atlantic Ocean were considered in the computational experiment. A regression dependence of the duration of the cyclone trajectory in combination with the average speed of maximum winds on the values of gravity anomalies in the zone of the tropical cyclone stage under consideration was revealed.

Keywords: gravity anomalies; tropical cyclones.

For citation: Yaroshevich M.I. Gravity anomalies as a probable factor influencing on the dynamics of land-made tropical cyclones // Issues of Risk Analysis. 2023;20(6):84–89. (In Russ.).
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-6-84-89>.

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение
Расчетный эксперимент
Заключение
Литература

Введение

Исследования влияния неоднородности силы тяжести на некоторые движения атмосферы были проведены еще в конце прошлого века [1, 2]. Было выявлено, что по порядку величины тангенциальные аномальные силы тяжести сопоставимы с горизонтальными составляющими градиентов атмосферного давления. Было также показано, что там, где на относительно больших территориях преобладают отрицательные аномалии силы тяжести, более характерна циклоническая активность, а над областями с преобладанием положительных аномалий силы тяжести чаще формируется антициклоническая ситуация.

С началом настоящего столетия и в наши дни исследования этого направления получили довольно интенсивное развитие [3–7]. При этом следует подчеркнуть, что значительно расширился диапазон объектов и методов исследований.

В частности, был проведен численный эксперимент, в котором осуществлено моделирование тропического циклона в вариантах с учетом и без учета завихренности гравитационного ветра [3]. По результатам этого эксперимента следует, что модель тропического циклона чувствительна к аномалиям силы тяжести. Этот результат и некоторые особенности траекторий тропических циклонов северо-западной части Тихого океана подвигли к более детальным исследованиям возможного влияния аномалий силы тяжести на характеристики тропических циклонов [8–11]. Следует при этом подчеркнуть, что в исследованиях, связанных с тропическими циклонами, рассматривались только вертикальные составляющие аномалий силы тяжести. Здесь, в отличие от предыдущих исследований этого направления, рассматривается возможное влияние аномалий силы тяжести на развитие циклонов, вышедших на сушу.

Расчетный эксперимент

Ряд тропических циклонов северо-западной части Атлантического океана выходит на сушу и там завершается. При этом циклоны, ослабляясь, действуют еще до двух-трех суток, перемещаясь по суше на многие сотни километров, нередко пересекая большую часть суши США. Общей особенностью этих завершающих этапов развития циклонов является зона их действия — восток США. Циклоны заходят на сушу либо

с Атлантического океана, либо с Мексиканского залива, на широтах примерно 28°N – 32°N , и следуют на север и северо-восток по «Атлантической низменности», «Внутренним равнинам» и «Аппалачи».

Ранее было показано определенное влияние вертикальных составляющих аномалий силы тяжести на некоторые параметры тропических циклонов, действующих в океане [8–11]. Общая особенность этого влияния состояла в том, что с уменьшением значений силы тяжести в циклоне возрастала скорость максимальных ветров, скорость перемещения циклона и пространственная плотность зарождения циклонов. На суше тропические циклоны, скорее всего, лишены или значительно лишены сильных и жизненно необходимых синоптических факторов, которыми циклон надежно обеспечен в океане.

Казалось логичным предположить, что, возможно, аномалии силы тяжести каким-то образом способствуют «жизни» циклона на суше. Такому предположению служили положительные результаты влияния аномалий силы тяжести на длину пути, пройденного циклоном по суше [10].

Здесь в расчетном эксперименте исходили из предположения, что аномалии силы тяжести могут влиять: на длительность фрагмента циклона во времени, на длительность пути фрагмента и на среднюю скорость максимальных ветров в рассматриваемом фрагменте. Предполагалось также, что в силу ряда природных факторов и особенностей циклонов влияние аномалий силы тяжести могло не всегда одинаково отразиться на приведенных характеристиках. Поэтому было принято решение для начала рассматривать только завершающие этапы развития циклонов и всегда только последние 10 метеорологических сводок с характеристиками циклонов (максимальная скорость ветра и координаты), представленных с интервалом через 6 час. по Гринвичскому времени. Также источник фрагмента циклона всегда должен был начинаться с широты примерно $(30\text{--}31)^{\circ}\text{N}$.

Исходя из того, что влияние аномалий в разных ситуациях могло быть разным, здесь рассматривается влияние на «комбинированный» показатель — произведение длины траектории и средней скорости максимальных ветров, при фиксированном времени длительности фрагмента. Еще раз отметим, что все расчеты проведены только по вертикальным аномалиям силы тяжести.

На рисунке 1 приведена динамика значений аномалий силы тяжести по двум меридианам, пересекающим с юга на север всю территорию США. В обоих вариантах значения аномалий представлены последовательно с шагом 0.16° широты в диапазоне 30°N – 55°N .

Рассчитанные по всем значениям аномалий (Δg) средние значения аномалий ($\overline{\Delta g}$) составляют по долготе 110°W — 9.634 мГл, по долготе 85°W — 9.993 мГл.

По результатам наших предыдущих исследований — это существенная разница в значениях $\overline{\Delta g}$. Сами графики, как кажется, уже в определенной степени объясняют, почему практически все тропические циклоны, вышедшие на сушу, следуют на север в интервале $(80\text{--}90)^\circ\text{W}$, здесь ниже уровень значений аномалий силы тяжести.

Здесь, в расчетном эксперименте, по каждому фрагменту циклона на суше определяются три величины: средняя максимальная скорость ветра ($\overline{V_m}$), длина пути, пройденная фрагментом циклона (L) и среднее значение аномалий силы тяжести ($\overline{\Delta g}$). Значение $\overline{V_m}$ рассчитывается по 10 значениям максимальной скорости ветра, приведенной в метеорологических сводках рассматриваемого фрагмента. Величина L также определяется по 10 парам географических координат фрагмента циклона и рассчитывается по геодезической формуле.

Для каждой точки, обозначенной координатами фрагмента, определяется значение аномалий силы тяжести (Δg). Логично предположить, что если аномалии как-то влияют на характер циклона, то это вряд ли определяется значением аномалии в точке, а скорее шире — состоянием аномалий в определенной

окрестности точки. Здесь в качестве такой окрестности выбран круг. Этот параметр рассчитывается как средняя величина значений аномалий в круге с центром в точке координат. Радиус круга равен 0.75° широты. Он определен тем, что характерные радиусы максимальных ветров тропических циклонов составляют $50\text{--}100$ км. (Величина Δg рассчитывается по 81 значению аномалий круга). Далее по 10 значениям Δg рассматриваемого фрагмента циклона определяется среднее значение аномалий силы тяжести ($\overline{\Delta g}$) для всего фрагмента тропического циклона.

Таким образом, в итоге каждому фрагменту циклона сопоставляются два параметра: $\overline{\Delta g}$ и $C = \overline{V_m} \times L$.

На рисунке 2 приведен регрессионный график связи величин $\overline{\Delta g}$ и C . По многочисленным годам выявлено всего 33 урагана и сильных тропических шторма, вышедших на сушу США и соответствующих заданным здесь по продолжительности во времени фрагментам.

На графике определен разброс точек. Возможно это связано с недостаточной точностью определения исходной скорости максимального ветра и с какими-то неучтенными нами геофизическими факторами. Тем не менее, вполне просматривается определенная закономерность: интенсивность циклона, выраженная либо средней максимальной скоростью ветра, либо длиной пути, пройденного фрагментом циклона, либо сочетанием обеих этих характеристик, зависит от значений аномалий силы тяжести. Связь между значениями аномалий силы и заданной характеристикой тропического циклона представлена регрессионным соотношением $\overline{\Delta g} = 2.466 - 3.653 \times C$.

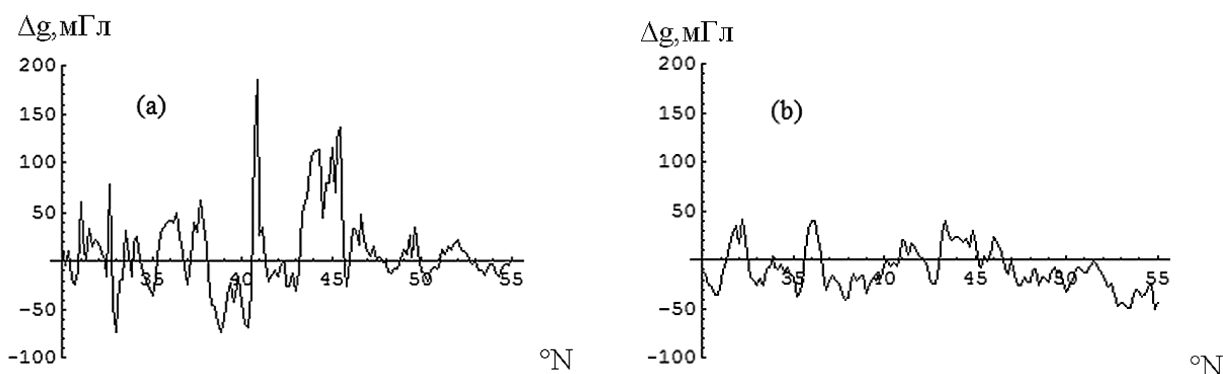


Рис. 1. Динамика значений вертикальных составляющих аномалий силы тяжести (Δg) по долготе 110°W (a) и по долготе 85°W (b)

Figure 1. Dynamics of vertical components of gravity anomalies (Δg) in longitude 110°W (a) and in longitude 85°W (b)

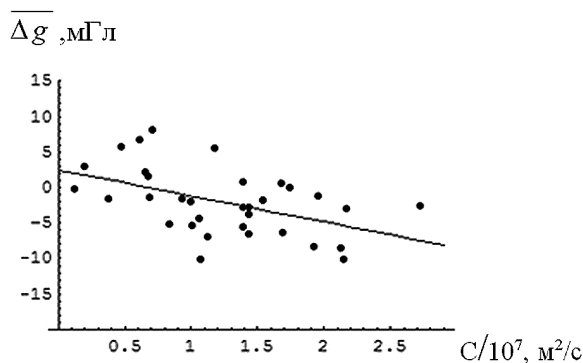


Рис. 2. График регрессионной связи между комбинированной характеристикой интенсивности тропического циклона (C) на суше и общим состоянием аномалий силы тяжести (Δg) в зоне действия циклона

Figure 2. Plot of regression relationship between combined characteristic of tropical cyclone intensity (C) on land and general state of gravity anomalies (Δg) in cyclone area

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что вертикальные составляющие аномалий силы тяжести могут определенным образом влиять на динамику тропических циклонов, вышедших на сушу.

Литература [References]

1. Дмитриев А. А., Рудяев Ф. И. О фоновой роли гравитационного поля Земли в атмосферных процессах // Труды ДВНИГМИ. 1979. Вып. 79 С. 143–147 [Dmitriev A. A., Rudyayev F. I. On the background role of the Earth's gravitational field in atmospheric processes. // Proceedings of the Far Eastern Research Institute. 1979;(79):143–147 (In Russ.)]
2. Рудяев Ф. И. Влияние аномального гравитационного поля Земли на циркуляционные системы атмосферы // Доклады РАН. 1990. Т. 310. № 6. С. 1345–1348 [Rudyayev F. I. Influence of the anomalous gravitational field of the Earth on the circulation systems of the atmosphere. // Reports RAN. 1990;310(6):1345–1348 (In Russ.)]
3. Макоско, А. А. Динамика атмосферы в неоднородном поле силы тяжести / А. А. Макоско, Б. Д. Панин. — СПб: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013. 245 с. ISBN 5-86813-034-0 [Makosko A. A. Dynamics of the atmosphere in a heterogeneous field of gravity / A. A. Makosko, B. D. Panin.

St. Petersburg: Russian State Hydrometeorological University, 2013. 245 p. ISBN 5-86813-034-0. (In Russ.)]

4. Макоско А. А., Рубинштейн К. Г., Лосев В. М., Боярский Э. А. Математическое моделирование атмосферы в неоднородном поле силы тяжести // М.: Наука. 2007. 58 с. [Makosko A. A., Rubinstein K. G., Losev V. M., Boyarsky E. A. Mathematical modeling of the atmosphere in an inhomogeneous gravity field. // M.: Nauka. 2007. 58 p. (In Russ.)]
5. Макоско А. А., Рубинштейн К. Г. Исследование спиральности азиатского муссона по данным реанализа и результатам численного моделирования циркуляции атмосферы с учетом неоднородности силы тяжести // Доклады РАН. 2014. Т. 459. № 2. С. 237–242 [Makosko A. A., Rubinstein K. G. Study of the helicity of the Asian monsoon based on reanalysis data and the results of numerical modeling of the atmospheric circulation, taking into account the inhomogeneity of gravity // Doklady RAN. 2014;459(2):237–242 (In Russ.)]
6. Ингель Л. Х. Введение в теорию влияния неоднородностей поля силы тяжести на динамику атмосферы / Л. Х. Ингель, А. А. Макоско. М.: Российская академия наук. 2017. 34 с. ISBN 978-5-9908169-9-2 [Ingel L. H. Introduction to the Theory of the Influence of Gravity Field Heterogeneities on Atmospheric Dynamics / L. H. Ingel, A. A. Makosko. M.: Russian Academy of Sciences. 2017. 34 p. ISBN 978-5-9908169-9-2 (In Russ.)]
7. Ингель Л. Х., Макоско А. А. Генерация вихревого движения в атмосфере под влиянием неоднородностей поля силы тяжести // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. № 6. С. 635–640. <https://doi.org/10.1134/S0002351518060081> [Ingel L. H., Makosko A. A. Generation of the vortex movement in the atmosphere due to gravity inhomogeneities // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 2018;54(6):635–640. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0002351518060081>]
8. Ярошевич М. И. О некоторых признаках влияния аномалий силы тяжести на тропические циклоны северо-западной части Тихого океана // Доклады РАН. 2011. Т. 437. № 4. С. 548–552 [Yaroshevich M. I. On some signs of the influence of gravity anomalies on tropical cyclones in the northwestern part of the Pacific Ocean. // Doklady RAN. 2011;437(4):548–552. (In Russ.)]
9. Ярошевич М. И. Пространственное распределение тропических циклонов и аномалий силы тяжести // Известия, Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 3.

- С. 279–284. <https://doi.org/10.7868/S0002351513020120>
[Yaroshevich M. I. spatial distributions of tropical cyclones and gravity anomalies // *Izvestiya, Atmospheric And Oceanic Physics*. 2013;49(3):279–284. (In Russ.)
<https://doi.org/10.7868/S0002351513020120>]
10. Макоско А. А., Ярошевич М. И. Оценки регрессионных связей характеристик тропических циклонов и аномалий силы тяжести // *Известия, Физика атмосферы и океана*. 2016. Т. 52. № 3. С. 267–271.
<https://doi.org/10.7868/S000235151603007X>
[Makosko A. A., Yaroshevich M. I. Estimates for regression relationships between characteristics of tropical cyclones and gravity anomalies // *Izvestiya, Atmospheric And Oceanic Physics*. 2016;52(3):234–238.
<https://doi.org/10.1134/S0001433816030075>]
11. Ярошевич М. И. Скорость перемещения тропического циклона в поле аномалий силы тяжести // *Известия, Физика атмосферы и океана*. 2018. Т. 54. № 6. С. 641–644. <https://doi.org/10.1134/S0002351518060159>
[Yaroshevich M. I. Speed of tropical cyclone motion in field of gravity anomalies // *Izvestiya, Atmospheric And Oceanic Physics*. 2018;54(6):542–544.
<https://doi.org/10.1134/S0001433818060154>]

Сведения об авторе

Ярошевич Михаил Иосифович: кандидат технических наук
Количество публикаций: 140
Область научных интересов: исследования тропических циклонов
Контактная информация:
myarosh32@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 10.11.2023

Принята к публикации: 06.12.2023

Дата публикации: 29.12.2023

The article was submitted: 10.11.2023

Accepted for publication: 06.12.2023

Date of publication: 29.12.2023