

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ДИНАМИКА ЭНЕРГИИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

© 2022 г. М. И. Ярошевич*

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

**E-mail: myarosh32@gmail.com*

Поступила в редакцию 29.10.2021 г.

Выявлена зависимость суммарной энергии двух одновременно действующих тропических циклонов от расстояний между ними в данное время. Рассмотрены хронологически последовательные случаи прохождения тропических циклонов в одном и том же месте. Определена также зависимость суммарной энергии двух циклонов от длительности временного интервала между двумя такими последовательными случаями.

Ключевые слова: расстояние между действующими тропическими циклонами, временной интервал между циклонами, энергетическая характеристика циклонов

DOI: 10.31857/S0205961422030095

ВВЕДЕНИЕ

Особая сложность исследования таких явлений, какими являются тропические циклоны, усугубляется еще и тем, что значительная часть циклонов действуют группами. То есть это ситуации, когда два, а нередко и большее число циклонов, полностью или частично друг с другом совпадают во времени. Таким образом, возникает новая сложная проблема исследования взаимодействия таких циклонов. Игнорирование особенностей взаимодействия циклонов может отрицательно отразиться на уровне достоверности циклонического прогноза. Поэтому исследованию взаимосвязей одновременно действующих тропических циклонов, было уделено большое внимание (Brand S., 1970). Особенно это проявилось во второй половине прошлого века. Активнее расширяются эти исследования с появлением геостационарных спутников (Dritschel D.G., Waugh D.W., 1992; Ситников, Похил, 1998; Ситников, Похил, 1999; Prieto R. and etc., 2003). При этом особое внимание уделяется выявленному кинематическому факту взаимодействия двух циклонов. Тропические циклоны, при определенных расстояниях между ними, совместно вращаются вокруг общей оси, притягивают или отталкивают друг друга. Имеют место ситуации, когда более слабый циклон поглощается более сильным циклоном. Интенсивно развиваются исследования с использованием численных моделей (Chang, 1983), в том числе и более сложных моделей, учитывающих и взаимодействия циклонов с океаном (Фалькович и др., 1992; Фалькович и др., 1993).

Относительно недавно были предприняты дополнительные исследования взаимодействий фрагментарно или полностью во времени совпадающих тропических циклонов (Ярошевич, 2017; Ярошевич, 2019). Здесь методика исследований принципиально иная. В этих исследованиях основным параметром определяющим взаимосвязь тропических циклонов служат энергетические характеристики циклонов. Методической основой исследований является статистика и выявление возможных регрессионных связей между некоторыми параметрами хронологически последовательных циклонов. Так установлено, что скорость нарастания энергии тропического циклона, действующего в группе совпадающих во времени циклонов, предопределяется суммарной энергией предшествующих циклонов группы (Ярошевич, 2017), а по последовательной динамике ослабления группы циклонов возникла возможность “предчувствия” приближения более сильного циклона, названного условно “основным” циклоном группы (Ярошевич, 2019).

Ниже показаны некоторые новые результаты исследований этого направления. Базовой информацией в этих исследованиях стали исходные данные тропических циклонов северо-западной части Тихого океана, произошедших в 1945–2015 гг. (Интернет: Unisys Weather Hurricane-Tropical Data for Western Pacific).

РАСЧЕТНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Исследовалась возможная зависимость суммарной энергии двух одновременно действующих

щих тропических циклонов от расстояния между этими циклонами¹.

Энергия тропического циклона пропорциональна $(V_m)^2$, где V_m — максимальная скорость циклонического ветра (Голицын, 1997). В метеорологических сводках параметры тропических циклонов и, в частности, значения максимальной скорости ветра и географические координаты, представлены через каждые шесть часов Гринвичского времени. Здесь в качестве суммарной “энергии” двух одновременно действующих тропических циклонов рассматривается величина $P = (V_{m1})^2 + (V_{m2})^2$, в которой V_{m1} и V_{m2} — соответственно скорости максимальных ветров в одно и то же время двух сопоставляемых тропических циклонов. По соответствующим их географическим координатам, по геодезической формуле, рассчитывается расстояние ($r_{1,2}$) между центрами рассматриваемых циклонов. В результате формируется определенное множество пар значений “ $P-r_{1,2}$ ”.

В этом эксперименте, рассматривались тайфуны и относительно сильные тропические штормы. Приоритетно, рассматривались нарастающие этапы обоих циклонов и в их более интенсивных частях². Из двух циклонов выбирался наиболее сильный циклон. По нему определялась дата и время сопоставления циклонов. При этом чаще всего выбиралась ситуация, когда максимальная скорость ветра этого циклона относительно большая. Из каждой пары циклонов определялась одна пара значений $P-r_{1,2}$. При сильных и очень длительных тайфунах, иногда, определялись по две—четыре пары искомым значений.

На рис. 1 представлена регрессионная зависимость суммарной энергии двух тропических циклонов, от расстояния между этими циклонами в одно и то же время. Определенная закономерность этой зависимости просматривается только при $r_{1,2} < 3200-3300$ км (рис. 1, а).

Для расстояний $r_{1,2} > 3200-3300$ км (рис. 1, б) не выявилась какая-либо зависимость суммарной энергии от расстояния между циклонами. То есть, похоже, на этих расстояниях энергетическо-

го взаимовлияния циклонов либо его уже нет, либо оно ничтожно мало.

В табл. 1 представлены тропические циклоны и их параметры, по которым рассчитывались графики рис. 1.

Следует здесь коснуться одного, ранее выявленного кинематического взаимодействия двух циклонов — поглощения одного циклона другим циклоном (Ситников, Похил, 1998; Ситников, Похил, 1999).

В большинстве случаев, в сопоставляемое время, энергия одного циклона превосходит, а порой и значительно, энергию второго циклона. В ситуации, когда ураганные ветры более сильного циклона достигают расстояний превосходящие расстояния между циклонами можно в определенном смысле, рассматривать, как поглощение сильным циклоном более слабого циклона. Эта ситуация складывается, когда значения $r_{1,2}$ относительно малы (начало графика рис. 1, а).

Нередко в течение года, а особенно в периоды наибольшей циклонической активности, разные циклоны, в разное время, фрагментарно проходят через одну и ту же “точку” циклонической зоны. В следующем расчетном эксперименте исследовалась возможная зависимость суммарной энергии двух циклонов (P) от длительности временного интервала (Δt) между последовательными прохождениями этих циклонов над рассматриваемой “точкой”.

В сводках о тропических циклонах их последовательные географические координаты, отражающие центры циклов, представлены с точностью 0.1° . Практически не бывает ситуации, когда обе координаты двух разных циклонов полностью, то есть с точностью до 0.1° , совпадают. Поэтому, в нашем эксперименте под “точкой” понимается площадь круга с центром, обозначенным координатами и радиусом $R \leq 2^\circ$ ³. И здесь, “точка” выбирается в нарастающем этапе развития более сильного циклона. Во втором циклоне выбирается время, когда его координаты не выходят за пределы круга принятой “точки” и максимально близки к ее центру.

На рис. 2 приведен характер регрессионной зависимости суммарной энергии двух тропических циклонов от интервала времени между последовательными прохождениями этими циклонами одного и того же места (одной и той же “точки”) циклонической зоны.

Закономерности, представленные на рис. 1, а и рис. 2 свидетельствуют об определенной схожести влияния значений $r_{1,2}$ и Δt на значения P . На рис. 3 иллюстрируется это противифазное влия-

¹ В наших исследованиях одновременно действующие циклоны рассматриваются как энергетически взаимозависимыми. Поэтому исследование зависимости энергии только одного из этих циклонов от расстояния до второго циклона без учета энергии последнего были бы некорректными. Физически логично рассматривать одновременную суммарную энергию обоих тропических циклонов.

² Рассматривались нарастающие этапы циклонов так, как именно в этом случае оба циклона стремятся усилиться и логично просматривается конкуренция между ними. На этапах ослабления циклонов не до конца понятна роль конкуренции между ними. Иногда, значительно реже определялись значения $P-r_{1,2}$ в самом начале этапов спада интенсивности циклонов, предполагая, что в этом случае еще конкуренция возможна.

³ Принимая во внимание огромные размеры следа тайфунов на поверхности океана, вынужденный выбор размера площади “точек” представляется приемлемо допустимым.

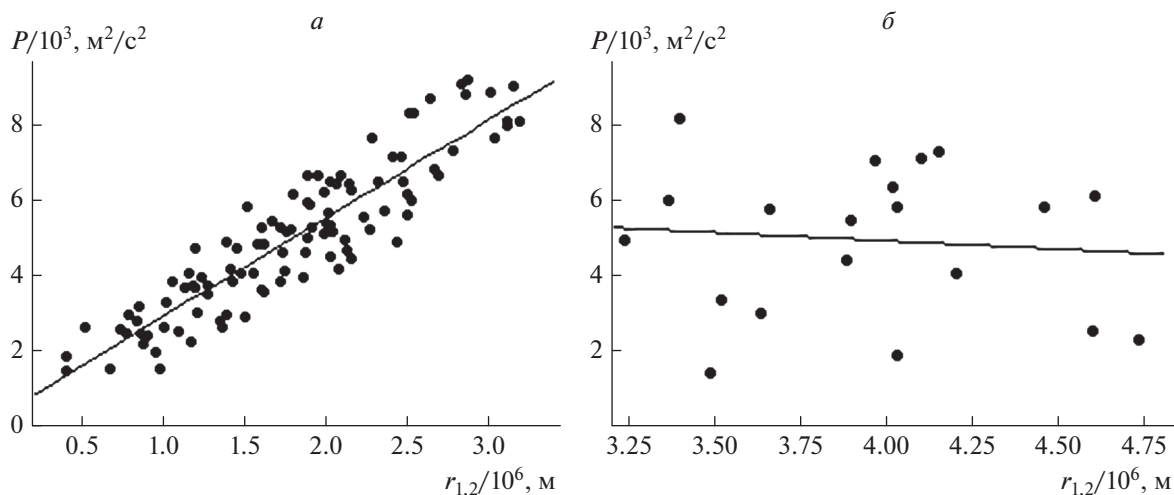


Рис. 1. Значение суммарной циклонической “энергии” (P), рассчитанное для одного и того же времени, двух одновременно действующих циклонов в зависимости от расстояния ($r_{1,2}$) между этими циклонами. Рис. 1, $a - r_{1,2} < 3200-3300$ км, рис. 1, $b - r_{1,2} > 3200-3300$ км. Коэффициент корреляции значений $P-r_{1,2}$ (рис. 1, a) равен 0.904.

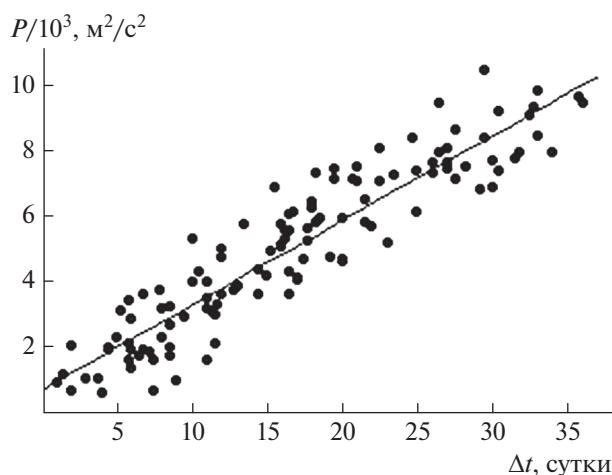


Рис. 2. Значение суммарной циклонической “энергии” (P), рассчитанной в одной и той же “точке” циклонической зоны в зависимости от интервала времени (Δt) между двумя последовательно прошедшими циклонами через эту “точку”. Коэффициент корреляции значений P и Δt равен 0.925.

ние. На графике все значения P довольно близки друг другу. Они результат сочетания самых различных значений V_{m1} и V_{m2} . При этом, для каждого значения P довольно четко прослеживается достаточно четкая отрицательная корреляция значений $r_{1,2}$ и Δt .⁴

⁴ Расчеты графиков рис. 2 и рис. 3 проведены по тропическим циклонам того же каталога циклонов (северо-западная часть Тихого океана, 1945–2015 гг., Интернет: Unisys Weather Hurricane-Tropical Data for Western Pacific), что и циклоны, по которым формировался рис. 1.

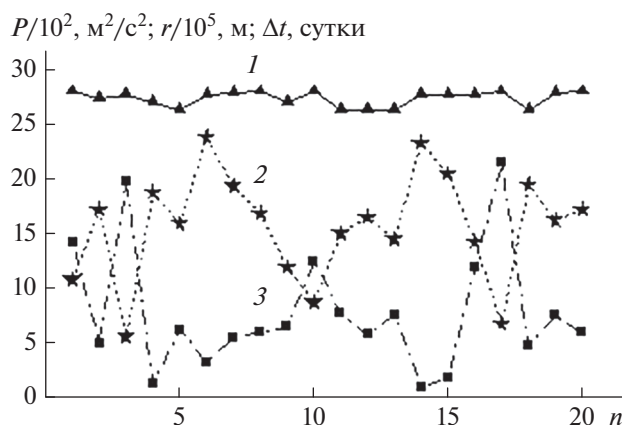


Рис. 3. Фрагмент динамики суммарных значений “энергии” ($P - 1$), расстояний ($r_{1,2} - 2$) и интервалов времени ($\Delta t - 3$), рассчитанных по двум “станциям” разных циклонов одного и того же года, ($n -$ число пар “станций”). Коэффициент корреляции значений $r_{1,2}$ и $\Delta t = -0.918$.

В следующем расчетном эксперименте исследовалась возможная зависимость скоростей перемещения одновременно действующих циклонов от расстояния между ними, рассчитанного для одного и того же времени. По скоростям перемещения обеих циклонов за один и тот же отрезок времени определялось среднее значение скорости, которое и сопоставлялось со значением расстояния между циклонами. В результате расчетов не проявилась какая-либо закономерная зависимость скоростей перемещения циклонов от расстояния между ними.

Таблица 1. Тропические циклоны и их параметры, по которым рассчитывались графики рис. 1

Год	Циклоны номера и названия сокращ.	Дата, время	Координаты 1-го циклона N°–E°	Координаты 2-го циклона N°–E°	V_m , м уз. 1-го циклона	V_m , м уз. 2-го циклона	$r_{1,2}/10^6$, м	$P/10^3$, M^2/c^2
1945	13, 14	24.08 00 ч	26.5–137.3	23.8–128.7	50	70	0.917	1.958
1945	13, 14	25.08 00 ч	30.9–135.8	25.0–132.2	70	75	0.744	2.785
1948	14, 15	14.09 00 ч	22.7–140.7	19.6–128.8	90	70	1.282	3.441
1948	14, 15	14.09 06 ч	23.8–139.6	19.8–128.4	100	70	1.239	3.943
1957	7, 8	18.08 00 ч	22.6–130.2	19.4–112.0	130	55	1.924	5.273
1968	4, 5	23.07 12 ч	20.0–142.0	19.8–125.8	100	45	1.691	3.200
1968	4, 5	24.07 00 ч	20.8–141.1	20.4–124.6	130	55	1.72	5.273
1968	4, 5	24.07 18 ч	22.7–139.3	19.9–122.7	100	60	1.715	3.68
1968	12, 13	30.08 18 ч	18.9–144.0	17.2–160.8	130	60	1.788	5.425
1968	15, 16	20.09 18 ч	19.3–128.6	27.4–142.9	105	95	1.711	5.306
1968	15, 16	21.09 18 ч	22.0–126.2	31.2–143.5	120	70	1.997	5.11
1970	10, 11	28.08 00 ч	27.8–129.8	33.5–143.0	110	80	1.412	4.896
1970	12, 13	05.09 06 ч	26.3–128.0	22.9–130.1	45	50	0.433	1.197
1972	3, 4	01.06 12 ч	12.6–156.1	9.4–143.6	95	30	1.508	2.63
1972	3, 4	02.06 12 ч	15.7–158.1	9.2–145.8	105	30	1.52	3.156
1972	7, 8	09.07 00 ч	12.5–154.8	13.2–140.0	65	100	1.608	3.86
1972	7, 8	10.07 00 ч	13.2–154.0	16.0–137.4	100	130	1.83	7.119
1972	8, 9	10.07 00 ч	16.0–137.4	20.3–116.0	130	55	2.312	5.273
1972	8, 9	11.07 00 ч	17.8–134.2	21.0–116.5	145	65	1.92	6.682
1972	8, 9	12.07 00 ч	18.1–132.8	22.2–117.1	125	50	1.702	4.787
1973	4, 5	14.07 18 ч	20.3–125.4	17.7–114.1	100	45	1.224	3.182
1973	5, 6	19.07 06 ч	28.4–127.1	25.7–138.3	30	105	1.15	3.156
1973	17, 18	05.10 12 ч	14.2–129.5	12.8–112.3	125	60	1.868	5.088
1973	19, 20	15.10 00 ч	14.6–124.6	16.5–108.5	70	15	0.263	1.356
1974	11, 12	19.07 12 ч	26.4–121.8	15.0–125.1	35	90	1.21	2.467
1974	15, 17	17.08 00 ч	27.9–134.2	21.4–141.5	55	45	0.984	1.336
1974	15, 17	18.08 06 ч	28.9–128.5	31.4–139.7	70	25	1.04	1.51
1976	5, 6	19.05 12 ч	15.5–124.7	10.2–147.7	55	130	2.462	5.273
1976	5, 6	21.05 00 ч	16.5–122.1	12.9–145.4	100	120	2.539	6.457
1976	7, 8	28.06 00 ч	21.2–117.9	19.2–132.4	65	105	1.531	4.036
1976	7, 8	29.06 18 ч	21.2–122.3	23.2–136.3	70	95	1.459	3.685
1976	7, 8	30.06 18 ч	22.3–125.1	26.9–141.6	85	85	1.745	3.824
1977	7, 8	31.07 06 ч	24.5–122.5	23.5–140.9	110	30	1.695	3.54
1978	23, 24	12.10 00 ч	15.4–116.6	21.8–124.5	60	65	1.09	2.08
1978	23, 24	13.10 00 ч	15.4–116.4	23.1–122.7	55	80	1.08	2.494
1979	19, 20	26.09 00 ч	23.1–129.1	20.8–139.4	110	35	1.093	3.526
1979	19, 20	26.09 12 ч	23.8–129.3	24.1–137.6	110	25	0.845	3.367
1979	22, 23	11.10 06 ч	12.1–115.1	14.5–139.4	90	140	2.645	7.33
1979	22, 23	12.10 06 ч	12.9–113.8	16.8–137.7	70	165	2.606	8.501
1980	3, 4	15.05 00 ч	19.4–122.9	12.2–141.3	65	110	2.031	4.32
1980	3, 4	17.05 00 ч	20.6–125.3	13.3–141.2	60	110	1.874	4.155
1980	3, 4	18.05 12 ч	20.7–126.7	16.9–139.4	35	105	1.402	3.24
1980	19, 20	16.09 18 ч	20.0–125.1	24.7–137.1	85	50	1.321	2.574
1980	19, 20	17.09 12 ч	20.7–123.1	28.5–136.2	125	55	1.581	4.935
1980	23, 24	09.10 06 ч	19.1–137.0	18.0–158.8	150	15	2.304	6.014
1980	23, 24	10.10 06 ч	20.9–132.1	19.4–154.8	130	20	2.207	4.583

Таблица 1. Продолжение

Год	Циклоны номера и названия сокращ.	Дата, время	Координаты 1-го циклона N °–E°	Координаты 2-го циклона N °–E°	V_m , м уз. 1-го циклона	V_m , м уз. 2-го циклона	$r_{1,2}/10^6$, м	$P/10^3$, м ² /с ²
1981	25, 26	22.11 12 ч	19.6–108.8	12.8–132.8	25	135	2.461	5.02
1982	10, 11	25.07 06 ч	17.2–139.7	17.0–153.3	90	75	1.447	3.632
1982	10, 11	26.07 00 ч	18.3–134.9	16.2–152.0	90	90	1.833	4.287
1982	10, 11	28.07 00 ч	20.8–124.6	16.8–149.6	120	95	2.67	6.199
1982	14, 15	22.08 18 ч	18.3–135.3	12.5–119.1	120	70	1.852	5.107
1982	14, 15	23.08 18 ч	22.1–133.4	12.9–119.0	115	85	1.834	5.412
1982	14, 15	25.08 00 ч	26.1–131.2	17.2–120.2	100	65	1.504	3.764
1982	15, 16	29.08 12 ч	24.3–132.2	24.1–149.3	70	95	1.838	3.685
1983	20, 21	23.11 12 ч	17.0–126.2	8.8–116.6	125	30	1.381	4.373
1984	20, 21	12.10 12 ч	23.9–151.2	17.3–143.8	80	20	1.02	1.81
1984	28, 29	15.11 18 ч	16.9–127.2	8.4–147.2	125	55	2.352	4.955
1984	28, 29	16.11 18 ч	17.9–124.2	10.2–141.3	110	75	2.03	4.69
1985	12, 13	28.08 00 ч	28.2–138.7	22.8–128.8	85	60	1.16	2.865
1985	13, 14	29.08 00 ч	23.6–130.2	27.9–142.6	80	55	1.305	2.494
1985	13, 14	30.08 00 ч	25.8–131.1	32.1–140.1	85	50	1.12	2.573
1985	13, 14	31.08 00 ч	33.2–130.1	37.6–141.0	85	45	1.102	2.448
1985	21, 22	16.10 00 ч	14.1–133.7	17.0–106.7	140	90	2.913	7.331
1986	10, 11	13.08 18 ч	20.8–162.1	18.8–155.9	40	55	0.699	1.224
1986	10, 11	14.08 18 ч	21.7–151.8	19.9–156.4	35	60	0.519	1.277
1986	13, 14	21.08 18 ч	23.7–119.3	21.7–145.2	80	105	2.24	4.611
1986	13, 14	24.08 00 ч	23.2–123.5	22.3–140.0	65	90	1.697	3.261
1987	9, 10	11.08 12 ч	12.2–127.6	9.5–139.2	125	20	1.303	4.241
1987	9, 10	12.08 12 ч	12.9–122.9	11.9–135.2	120	30	1.342	4.049
1987	9, 10	13.08 18 ч	14.8–116.2	15.3–131.3	105	55	1.624	3.718
1987	11, 12	26.08 00 ч	17.9–130.2	14.8–150.3	130	25	2.07	4.637
1987	11, 12	27.08 00 ч	19.9–129.0	16.4–148.4	115	35	1.805	3.824
1988	14, 15	12.09 06 ч	21.0–145.5	23.2–159.9	105	45	1.505	3.454
1988	14, 15	13.09 12 ч	25.0–143.9	25.2–157.9	105	55	1.411	3.718
1989	8, 9	14.07 18 ч	16.4–127.4	17.0–142.3	115	20	1.59	3.605
1989	8, 9	15.07 18 ч	17.9–122.6	20.6–136.3	140	25	1.495	5.352
1989	8, 9	16.07 06 ч	18.3–120.1	21.0–134.0	110	30	1.487	3.44
1989	11, 12	27.07 18 ч	31.8–130.0	24.3–132.2	90	15	0.86	2.203
1989	26, 27	02.10 12 ч	17.8–133.4	18.4–110.5	120	80	2.424	5.504
1990	13, 14	21.08 06 ч	25.4–118.3	28.3–134.8	30	100	1.561	2.88
1991	10, 11	08.08 12 ч	26.9–161.5	19.8–160.8	25	20	0.79	0.271
1991	10, 11	09.08 12 ч	29.8–158.3	21.9–160.5	35	30	0.904	0.562
1991	21, 22	21.09 06 ч	14.5–137.2	21.4–125.6	95	70	1.446	3.685
1991	23, 24	08.10 00 ч	20.8–130.4	17.9–151.2	110	120	2.208	7.013
1991	23, 24	09.10 00 ч	24.1–131.8	20.2–150.6	100	115	1.985	6.146
1991	23, 24	10.10 00 ч	27.1–134.8	22.3–149.7	80	100	1.597	4.34
1992	2, 3	26.06 12 ч	18.2–125.0	15.4–113.2	110	60	1.295	4.154
1992	2, 3	27.06 12 ч	21.8–123.8	17.4–111.3	115	75	1.398	4.988
1994	10, 12	19.07 00 ч	20.8–132.6	26.4–145.5	110	30	1.454	3.44
1994	10, 12	20.07 00 ч	23.8–135.5	26.8–148.9	130	35	1.403	4.796
1994	10, 12	21.07 00 ч	26.9–137.9	26.9–150.9	105	45	1.29	3.453
1994	17, 18	05.08 18 ч	16.8–128.5	28.3–146.8	140	20	2.265	5.292

Таблица 1. Окончание

Год	Циклоны номера и названия сокращ.	Дата, время	Координаты 1-го циклона N °–E°	Координаты 2-го циклона N °–E°	V_m , м уз. 1-го циклона	V_m , м уз. 2-го циклона	$r_{1,2}/10^6$, м	$P/10^3$, м ² /с ²
1994	17, 18	06.08 18 ч	20.0–124.6	26.3–146.3	135	25	2.325	4.988
1994	26, 27	16.09 00 ч	22.8–158.5	14.4–146.2	125	40	1.595	4.558
1994	28, 29	25.09 00 ч	20.3–136.8	28.0–155.9	135	75	2.116	6.312
1994	28, 29	26.09 00 ч	22.7–135.5	28.5–151.5	130	50	1.728	5.134
2001	16, 17	29.08 00 ч	22.8–145.5	29.0–160.8	120	40	1.677	4.234
2001	16, 17	30.08 00 ч	25.0–147.1	36.6–159.4	125	35	1.739	4.459
2002	10, 11	13.07 00 ч	18.7–133.7	28.7–126.5	130	35	1.329	4.796
2003	20, 21	21.10 06 ч	16.6–131.2	21.7–144.5	115	35	1.507	3.824
2003	20, 21	22.10 06 ч	17.8–131.1	23.2–146.8	125	60	1.749	5.087
2004	Mind, Ting.	28.06 18 ч	18.8–124.5	18.6–144.3	125	80	2.088	5.828
2004	Mind, Ting.	29.06 18 ч	19.0–122.7	22.3–142.6	125	75	2.104	5.623
2004	Chab, Aere.	22.08 18 ч	14.8–144.8	22.1–126.9	155	65	2.161	7.476
2004	Chab, Aere.	23.08 18 ч	16.9–141.2	24.4–124.6	150	75	2.18	7.443
2005	Maw.Guch.	23.08 06 ч	26.1–141.2	32.3–147.0	100	55	0.89	3.447
2005	Maw.Guch.	24.08 06 ч	29.7–136.9	36.7–153.0	105	60	1.686	3.87
2006	Saom., Mar.	07.08 00 ч	18.0–139.4	29.6–138.7	75	60	1.22	2.44
2015	Gon., Ats.	17.08 00 ч	16.5–141.7	14.4–159.2	115	75	1.892	4.988
2015	Gon., Ats.	20.08 00 ч	18.9–125.3	21.2–149.5	115	135	2.543	8.323
2015	Kop., Cha.	17.10 18 ч	16.0–122.1	18.8–140.3	130	90	1.958	6.616
2015	Kop., Cha.	18.10 18 ч	17.0–120.1	20.2–140.3	90	125	2.16	6.28

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты логически объяснимые. В среде “атмосфера–океан” условия, благоприятствующие циклонической активности, могут занимать относительно большую территорию циклонической зоны. Но в то же время эти благоприятствующие условия всегда ограничены. В этой ситуации, в определенных условиях, одновременно действующие тропические циклоны, развиваясь, могут энергетически конкурировать между собой (Ярошевич, Ингель, 2006). На малых расстояниях между тропическими циклонами ограниченность благоприятствующих ресурсов сильнее сказывается, чем в случае больших расстояний между циклонами. При больших расстояниях между циклонами конкуренция может вообще не проявляться.

По сути схожая ситуация и при прохождении разных циклонов через одну и ту же “толчку” территории циклонической зоны. Естественно чем

продолжительнее временной интервал между двумя циклонами, тем выше уровень накопления благоприятствующих условий циклонической активности, тем выше суммарная энергия сопоставляемых циклонов.

Использованный источник данных тропических циклонов в настоящее время не существует. При развитии этих исследований потребуются дополнительная проверка данных с использованием современных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голицын Г.С. Статистика и энергетика тропических циклонов // Докл. Акад. наук. 1997. Т. 354. № 4. С. 535–538.

Ситников И.Г., Похил А.Э. Взаимодействие тропических циклонов между собой и с другими барическими образованиями (часть I) // Метеорология и гидрология. 1998. № 5. С. 36–44.

Ситников И.Г., А.Э. Похил. Взаимодействие тропических циклонов между собой и с другими барическими образованиями (часть II) // Метеорология и гидрология. 1999. № 7. С. 36–51.

Фалькович А.И., Хаин А.П., Гинис И.Д. Исследование развития и перемещения тропических циклонов в модели океан–атмосфера // Метеорология и гидрология. 1992. № 2. С. 23–39.

Фалькович А.И., Хаин А.П., Гинис И.Д. Развитие и движение двух взаимодействующих тропических циклонов в совместной модели атмосферы и океана с вложенными движущимися сетками // Метеорология и гидрология. 1993. № 7. С. 44–51.

Ярошевич М.И. Энергетический признак взаимовлияния группы частично совпадающих во времени тропических циклонов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2017. Т. 53. № 5. С. 575–578.

Ярошевич М.И. Об одной особенности динамики интенсивностей тропических циклонов, действующих

группой // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55. № 4. С. 45–48.

Ярошевич М.И., Ингель Л.Х. Диагноз взаимодействия тропических циклонов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 1. С. 44–49.

Brand S. Interaction of binary tropical cyclones of the western North Pacific Ocean // J. Appl. Meteor. 1970. № 9. P. 433–441.

Chang S.W.-J. A numerical study of the interactions between two tropical cyclones // Mon. Wea. Rev. 1983. V. 111. № 9.

Dritschel D.G., Waugh D.W. Quantification of inelastic interaction of unequal vortices in two-dimensional vortex dynamics // Phys. Fluids. 1992. V. 4A. № 8. P. 1737–1744.

Prieto R., McNoldy B.D., Fulton S.R., Schubert W.H. A classification of binary tropical cyclone-like vortex interactions // Mon. Wea. Rev. 2003. № 131. P. 2656–2666.

Energy Dynamics of Tropical Cyclones Depending on Their Relative Location

M. I. Yaroshevich

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

The dependence of the total energy of two simultaneously operating tropical cyclones on the distance between them at a given time is revealed. Chronologically consecutive cases of tropical cyclones passing in the same place are considered. The dependence of the total energy of two cyclones on the duration of the time interval between two such successive cases was also determined.

Keywords: distance between active tropical cyclones, time interval between cyclones, energy characteristic of the cyclone

REFERENCES

Golitsyn G.S. Statistics and energy of tropical cyclones // Reports of the Academy of Sciences. 1997. V. 354. № 4. P. 535–538. (In Russian)

Sitnikov I.G., A.E. Pokhil. Interaction of tropical cyclones with each other and with other baric formations (Part I) // Meteorology and hydrology. 1998. № 5. P. 36–44. (In Russian)

Sitnikov I.G., A.E. Pokhil. Interaction of tropical cyclones among themselves and with other baric formations (part II) // Meteorology and hydrology. 1999. № 7. P. 36–51. (In Russian)

Falkovich A.I., Khain A.P., Ginis I.D. Study of development and movement of tropical cyclones in the ocean-atmosphere model. // Meteorology and hydrology. 1992. № 2. P. 23–39. (In Russian)

Falkovich A.I., Khain A.P., Ginis I.D. Development and motion of two interacting tropical cyclones in a coupled atmosphere-ocean model with nested moving meshes // Meteorology and hydrology. 1993. № 7. P. 44–51. (In Russian)

Yaroshevich M.I. Energy sign of mutual influence of a group of tropical cyclones partially coinciding in time // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the at-

mosphere and ocean. 2017. V. 53. № 5. P. 575–578. (In Russian)

Yaroshevich M.I. On one feature of the intensity dynamics of tropical cyclones acting as a group // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean. 2019. V. 55. № 4. P. 45–48. (In Russian)

Yaroshevich M.I., Ingel L.Kh. Diagnosis of the interaction of tropical cyclones // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean. 2006. V. 42. № 1. P. 44–49. (In Russian)

Brand S. Interaction of binary tropical cyclones of the western North Pacific Ocean // J. Appl. Meteor. 1970. № 9. P. 433–441.

Chang S.W.-J. A numerical study of the interactions between two tropical cyclones // Mon. Wea. Rev. 1983. V. 111. № 9.

Dritschel D.G., Waugh D.W. Quantification of inelastic interaction of unequal vortices in two-dimensional vortex dynamics // Phys. Fluids. 1992. V. 4A. № 8. P. 1737–1744.

Prieto R., McNoldy B.D., Fulton S.R., Schubert W.H. A classification of binary tropical cyclone-like vortex interactions // Mon. Wea. Rev. 2003. № 131. P. 2656–2666.