

УДК: 551.582, 551.589.1

ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Маслова В.Н.
Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь

Введение. Важность изучения активности синоптических вихрей (циклонов и антициклонов) в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) состоит в том, что их изменчивость является одной из наиболее информативных интегральных характеристик гидрометеорологических условий в регионе. С повышением активности синоптических вихрей связано учащение опасных гидрометеорологических явлений, которые оказывают серьезный ущерб народному хозяйству. Для предотвращения этого ущерба и принятия превентивных мер необходимы знания о закономерностях изменчивости циклонов и антициклонов на масштабах от межгодового до междесятилетнего.

Несмотря на важность исследования особенностей циклонической активности, многолетние ряды наблюдений за ней отсутствуют. В настоящее время для такого анализа можно привлекать данные реанализа, доступные за последние около 50 лет, и спутниковую информацию в диапазоне 10 – 20 лет.

Целью данной работы было изучение климатического режима циклонов и антициклонов по многолетним данным реанализа NCEP/NCAR за период 1948 – 2006 гг. и уточнение региональных особенностей циклонической активности в ЧСР с привлечением спутниковых данных за период 1996 – 2008 гг.

Данные и методы. На основе данных реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциальной поверхности 1000 гПа за 1948 – 2006 гг. и специализированной методики *Бардина, 1995* [1] были выделены синоптические вихри (циклоны и антициклоны) и определены их параметры (частота, глубина и площадь) в трех регионах ЧСР: Черноморском, западной и восточной частях Средиземного моря. Более детально выделяемые параметры синоптических вихрей описаны в работе *Maslova et al., 2010* [2].

Для верификации полученных данных и уточнения региональных особенностей циклонической активности в ЧСР привлекались данные спутниковых наблюдений EUMETSAT за период 1996 – 2009 гг. На основе информации со спутников *Meteosat 2 – Meteosat 8*, передаваемой в видимом и инфракрасном диапазонах, с помощью специализированного программного обеспечения [3], созданного в МГИ НАН Украины, были определены параметры (повторяемость, линейные размеры, время жизни и др.) облачных вихрей – циклонов, подробное описание которых приводится в работе *Баянкиной, 2006* [4].

Обсуждение. Для анализа режимных характеристик оценивались средние многолетние величины и среднеквадратические отклонения (СКО) параметров циклонов и антициклонов по сезонам в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) за период 1948 – 2006 гг. Результаты расчетов представлены, соответственно, в таблицах 1 и 2.

Из таблицы 1 видно, что наибольшая активность циклонов приходится преимущественно на зимний сезон, а наименьшая – на летний. Зимой максимальная частота циклонов отмечается в Средиземноморском регионе, особенно в его восточной части ($0,106 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$), а дисперсии частоты циклонов выше в этот период в Черноморском регионе ($0,042 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$). Абсолютный максимум средней многолетней величины и СКО частоты циклонов в Черноморском регионе приходится на весенний период, в то время как в обеих частях Средиземноморского региона он наблюдается зимой. В этот сезон наибольшие по глубине (5,7 гПа), интенсивности (2,1 гПа) и площади ($1,44 \cdot 10^6 \text{ км}^2$) циклоны характерны для западной части Средиземноморского региона, здесь же отмечаются наибольшие дисперсии указанных параметров циклонов.

Как показано в таблице 2, максимум средней многолетней частоты антициклонов наблюдается в Черноморском регионе и западной части Средиземноморского региона летом, а в восточной части – весной. В региональном отношении по средним многолетним величинам и СКО частоты антициклонов лидирует Черноморский регион (среднее $0,077 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$; СКО $0,045 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$). Минимальные значения частоты антициклонов во всем ЧСР характерны для зимнего сезона. При этом зимние антициклоны ЧСР превосходят летние по средним многолетним величинам и дисперсиям глубины и площади в 2 – 3 раза. Максимальные средние величины и СКО глубины и площади антициклонов отмечаются зимой в западной части Средиземного моря (4,3 гПа и $3,74 \cdot 10^6 \text{ км}^2$).

Таблица 1. Среднемноголетние величины / СКО основных параметров циклонов по сезонам в Черноморском регионе, западной и восточной частях Средиземноморского региона

Регион	Частота, ·10 ⁻⁶ км ²		Глубина, гПа		Площадь, ·10 ⁶ км ²	
Черноморский регион	зима:	0,077 / 0,042	зима:	4,6 / 1,3	зима:	1,26 / 0,41
	весна:	0,089 / 0,056	весна:	3,6 / 0,8	весна:	0,99 / 0,30
	лето:	0,039 / 0,020	лето:	2,5 / 0,9	лето:	0,55 / 0,20
	осень:	0,047 / 0,036	осень:	3,6 / 1,6	осень:	0,88 / 0,37
Западная часть Средиземноморского региона	зима:	0,088 / 0,029	зима:	5,7 / 1,6	зима:	1,44 / 0,46
	весна:	0,070 / 0,025	весна:	4,2 / 1,0	весна:	1,20 / 0,44
	лето:	0,046 / 0,016	лето:	1,8 / 0,5	лето:	0,53 / 0,17
	осень:	0,075 / 0,021	осень:	4,0 / 1,3	осень:	1,08 / 0,42
Восточная часть Средиземноморского региона	зима:	0,106 / 0,029	зима:	4,9 / 0,8	зима:	1,23 / 0,26
	весна:	0,064 / 0,023	весна:	3,1 / 0,7	весна:	0,84 / 0,24
	лето:	0,009 / 0,008	лето:	0,7 / 0,5	лето:	0,19 / 0,14
	осень:	0,044 / 0,018	осень:	2,8 / 1,4	осень:	0,72 / 0,35

Таблица 2. Среднемноголетние величины / СКО основных параметров антициклонов по сезонам в Черноморском регионе, западной и восточной частях Средиземноморского региона

Регион	Частота, ·10 ⁻⁶ км ²		Глубина, гПа		Площадь, ·10 ⁶ км ²	
Черноморский регион	зима:	0,077 / 0,045	зима:	3,2 / 1,2	зима:	1,56 / 0,84
	весна:	0,074 / 0,023	весна:	3,1 / 1,0	весна:	1,53 / 0,84
	лето:	0,104 / 0,039	лето:	2,4 / 0,4	лето:	1,02 / 0,28
	осень:	0,084 / 0,034	осень:	4,0 / 1,3	осень:	2,27 / 0,91
Западная часть Средиземноморского региона	зима:	0,036 / 0,018	зима:	4,3 / 2,1	зима:	3,74 / 1,98
	весна:	0,043 / 0,018	весна:	2,7 / 1,1	весна:	1,88 / 1,01
	лето:	0,068 / 0,037	лето:	1,8 / 0,4	лето:	0,96 / 0,29
	осень:	0,045 / 0,020	осень:	3,1 / 1,5	осень:	2,69 / 1,72
Восточная часть Средиземноморского региона	зима:	0,032 / 0,016	зима:	2,0 / 0,7	зима:	1,54 / 0,78
	весна:	0,103 / 0,022	весна:	2,3 / 0,3	весна:	1,35 / 0,32
	лето:	0,084 / 0,025	лето:	1,8 / 0,3	лето:	0,86 / 0,20
	осень:	0,053 / 0,022	осень:	1,8 / 0,5	осень:	1,20 / 0,59

Для верификации полученных по реанализу данных и уточнения региональных особенностей циклонической активности привлекались данные спутниковых наблюдений за период 1996 – 2009 гг. Было проведено сравнение количества дней с циклонами, выделяемых по реанализу и по спутниковым данным. Пример такого сравнения для декабря приведен на рисунке 1. Длина временного диапазона сравнения составляет 11 лет (1996 – 2006 гг.), чего вполне достаточно для определения статистической значимости корреляционной связи.

В результате проведенного анализа можно выделить следующие особенности. Реанализ занижает количество дней с циклонами по сравнению со спутниками до 15 (дней с циклонами), что объясняется его более грубой сеткой 2,5 × 2,5°. Такое разрешение не позволяет достаточно точно учесть циклоны с линейными размерами ≤ 500 км. Несмотря это различие, характер межгодовой изменчивости количества дней с циклонами по данным ре-анализа схож с соответствующей изменчивостью по данным спутниковых снимков (см. рис. 1). Коэффициенты линейной корреляции Пирсона между этими рядами варьируют в пределах 0,3 – 0,8 (на уровне 98% статистической значимости).

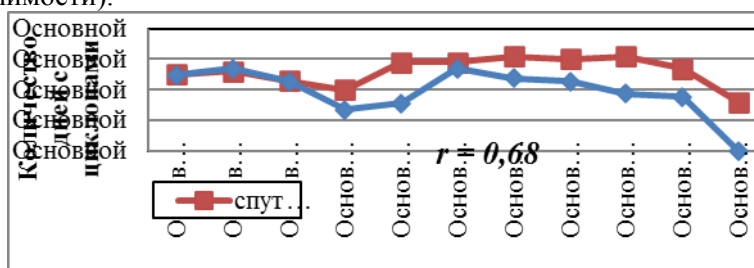


Рисунок 1. Количество дней с циклонами в Черноморско-Средиземноморском регионе в декабре по реанализу и спутниковым данным

Привлечение спутниковой информации по облачным циклоническим вихрям позволило далее уточнить региональные особенности циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе и провести районирование внутри выделяемых трех основных регионов: Черноморского, западной и восточной частей Средиземноморского региона.

Методом кластерного анализа по комплексу метеорологических наблюдений, спутниковых данных и ре-анализа (NCEP/NCAR) было проведено климатическое районирование (рисунок 2), в результате которого выделено шесть однородных климатических районов в Средиземноморском регионе: I – Северо-западный; II – Юго-западный; III – Центральный; IV – Балканский; V – Восточный; VI – Черноморский [5]. Выделенные климатические районы имеют свои особенности по параметрам облачности и циклонической активности. Средние оценки и дисперсии облачности за январь и июль в климатических районах можно видеть на рисунке 3.

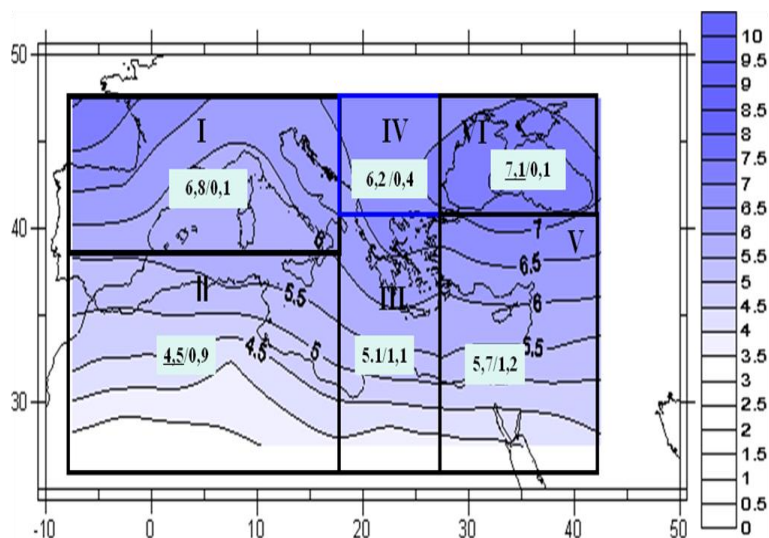


Рисунок 2. Карта уточненного климатического районирования Средиземноморского региона



Рисунок 3. Карта поля облачности и количество облаков / дисперсии в климатических районах Средиземноморского региона за период 1984 – 2009 гг.

В распределении количества облаков зимой на рисунке 3 видна значительная облачность (более 6 баллов) в Северо-западном (I), Балканском (IV) и Черноморском (VI) климатических районах, расположенных на севере СР. Дисперсии облачности здесь минимальны (0,1 кв. балла). В южных районах: Юго-западном (II), Центральном (III) и Восточном (V) – балл облачности меньше (около 5 баллов), а дисперсии больше (до 1,0 кв. баллов).

Каждый из выделенных климатических районов характеризуется своими особенностями циклонической активности. Это видно из таблицы 3, где приведена повторяемость циклонов для каждого из районов, рассчитанная от общего числа образовавшихся в Средиземноморском регионе циклонов в 1996 – 2009 гг. (ноябрь – март).

Анализ повторяемости циклонов и облачности показал, что значительная часть облачности в холодный период года тесно связана с образованием циклонов, что согласуется с результатами других авторов, например *Hahn & Warren, 2003* [6].

По траекториям средиземноморских циклонов были выбраны циклоны, которые пришли в различные части Черного моря из каждого климатического района. Расчет повторяемостей (%) проводился от общего количества всех пришедших на Черное море циклонов за период ноябрь – март 1996 – 2009 гг. (301 циклон = 100%). В результате анализа показано, что из Северо-западного климатического района в Черноморский регион пришло максимальное количество циклонов – 47,5%, из них 20,6% вышло на северо-западную часть Черного моря, а на остальные части Черного моря выходов циклонов было в 2,0 – 2,5 раза меньше. Наименьшее число случаев выходов циклонов на Черное море (5,6%) – из Юго-западного климатического района. Из остальных климатических районов: III, IV и V – на Черное море пришло, соответственно, в 4,6; 2,8 и 2,6 раза циклонов меньше, чем из Северо-западного.

Таблица 3. Количество и повторяемость циклонов, образовавшихся в каждом климатическом районе региона Средиземного моря в период 1996 – 2009 гг. (ноябрь – март)

№ р-на	Климатический район	Количество циклонов	Повторяемость циклонов, %
I	Северо-западный	326	54,4
II	Юго-западный	44	7,3
III	Центральный	54	8,9
IV	Балканский	78	13,1
V	Восточный	86	14,3
VI	Черноморский	12	2,0

Выводы.

Исследование климатического режима циклонов и антициклонов по многолетним данным реанализа NCEP/NCAR за период 1948 – 2006 гг. показало, что максимальные величины параметров циклонов и их изменчивости в Черноморско-Средиземноморском регионе приходятся преимущественно на зимне-весенний период, а антициклонов – на летний.

Несмотря на то, что реанализ занижает количество дней с циклонами по сравнению со спутниками в связи с его более грубой сеткой $2,5 \times 2,5^\circ$, отмечается подобная межгодовая изменчивость количества дней с циклонами по данным реанализа и по данным спутниковых наблюдений. Коэффициенты линейной корреляционной связи между этими рядами лежат в пределах 0,3 – 0,8 (на уровне 98% статистической значимости).

Выполнено климатическое районирование Черноморско-Средиземноморского региона по комплексу параметров и выделено шесть климатических районов, для которых определены их типичные особенности.

Показано, что районом наиболее интенсивного циклогенеза является Северо-западный климатический район, где образуется 54% циклонов, наименее интенсивный циклогенез – над Черным морем – 2% циклонов.

Показано, что наибольшее количество циклонов на Черное море (47,5 %) приходит их Северо-западного климатического района, а наименьшее (6,7 %) – из Юго-западного.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария. *Метеорология и гидрология*, 1995, № 11, с. 24–37.
2. Maslova V., Voskresenskaya E., Bardin M. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region. *JEPPE*, 2010, V. 11, № 4, p. 1366–1372.
3. Абрамсон Г.А., Баянкина Т.М., Калинин Е.И., Бородин С.В., Иванчик М.В., Кихай Ю.В., Ратнер Ю.Б., Сизов А.А., Соловьев Д.М., Шермазан В.Ф. Программно-аппаратный комплекс приема и обработки спутниковых и опорных данных и его использование для мониторинга гидрометеорологических полей. *Морской гидрофизический журнал*, 1997, № 5, с. 42–50.
4. Баянкина Т.М. Средиземноморские циклоны и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе. *Системы контроля окружающей среды*, 2006, с. 319 – 323.

5. Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н. Климатическое районирование Средиземноморского региона и его особенности в поле облачности и параметрах циклонов по данным спутникового мониторинга. *Системы контроля окружающей среды*, 2012, с. 90–93.
6. Hahn C.J., Warren S.G. Cloud climatology for land 1971–1996. Tech. Rep. NDP–026D. Oak Ridge: CDIAC, 2003, 35 p.

UDK 551.582, 551.589.1

CYCLONES AND ANTICYCLONES IN THE BLACK SEA-MEDITERRANEAN REGION / Bayankina T.M., Voskresenskaya E.N., Kovalenko O.Yu., Maslova V.N. / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. – 2013. – т.119. – pp.22-26. – Russ.; Summ. Eng.; Russ.

This study is dedicated to the analysis of the regime of synoptic vortices and regional features of cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region. Time series of characteristics of synoptic vortices' (cyclones' and anticyclones') were calculated using daily NCEP/NCAR re-analysis data sets on geopotential height in 1948 – 2006. For the verification of the obtained data satellite information from EUMETSAT in 1996 – 2009 was involved. Assessment of the parameters of cloudiness and cyclones on the basis of Meteosat 2 – Meteosat 8 satellite data sets in visible and IR range was done using the special software package created in the MHI NASU. As a result, cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region was refined using satellite data. On the basis of cluster analysis, climatic regionalization of the Mediterranean cyclogenesis was done. In the result, six typical zones of cyclogenesis were identified. Typical values of cyclones' and cloudiness' parameters were estimated.

УДК 551.582, 551.589.1

ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ / Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Маслова В.Н. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 22-26. – Рус.; Рез. Англ., Рус.

Настоящая работа посвящена исследованию режима синоптических вихрей и региональных особенностей циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Для этого использовались ряды характеристик синоптических вихрей (циклонов и антициклонов), полученные по ежедневным данным реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциала за 1948 – 2006 гг. Для верификации полученных данных привлекались данные спутниковых наблюдений EUMETSAT за период 1996 – 2009 гг. Определение параметров облачности и циклонов на основе информации со спутников Meteosat 2 – Meteosat 8, передаваемой в видимом и инфракрасном диапазонах, выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения, созданного в МГИ НАН Украины. В результате информация о циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе была уточнена спутниковыми данными. С использованием кластерного анализа было выполнено климатическое районирование Средиземноморского региона и выделены шесть характерных зон циклогенеза, для которых определены типичные параметры облачности и циклонов.