

# МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛОНОВ В ЧЕРНОМОРСКО- СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

*В.Н. Маслова, Е.Н. Воскресенская,  
М.Ю. Бардин \**

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: vao@alpha.mhi.iuf.net

\* Институт глобального климата,  
Россия, г. Москва

*Работа посвящена исследованию влияния глобальных климатических сигналов на межгодовую изменчивость циклонической активности в Средиземноморском и Черноморском регионах. Показано, что совместное влияние Североатлантического колебания (САК) и Эль-Ниньо Южного колебания (ЭНЮК) обуславливает более 50 % изменчивости основных параметров средиземноморских и черноморских циклонов.*

**Введение.** Одним из важнейших направлений современных климатических исследований является изучение механизмов формирования погодных аномалий в различных регионах Земного шара [1, 2]. Поэтому целью настоящей работы является выявление и оценка вклада процессов взаимодействия в системе океан-атмосфера на межгодовом масштабе в формирование природных аномалий Средиземноморского и Черноморского регионов. В качестве примера рассмотрено влияние крупномасштабных климатических сигналов в Атлантическом и Тихом океане на изменчивость характеристик циклонов в изучаемых регионах. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– получить базы данных основных параметров циклонов: частоты, глубины, площади и интенсивности;

– на межгодовом-десятилетнем масштабе проанализировать изменчивость полученных рядов параметров циклонов для каждого месяца, сезона и года с использованием средних значений, дисперсий, спектров, линейных и квадратичных трендов;

– провести корреляционный анализ ежемесячных характеристик циклонов и индексов САК и ЮК с разными сдвигами по времени.

## Описание данных и процедура анализа.

Изменчивость характеристик циклонов над изучаемыми регионами рассматривалась как основной индикатор формирования климатических аномалий. С использованием ежедневных данных реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциальной поверхности 1000 гПа на регулярной сетке  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  за период с 1948 по 2006 годы были получены ряды частоты, глубины, площади и интенсивности циклонов. Параметры циклонов выделялись для четырех областей: трех средиземноморских и Черного моря – по следующей методике [3]:

$$f_h = \int_{x \in S_i} f(x) ds,$$

$$I_h = \int_{x \in S_i} I(x) ds,$$

где  $f_h$ ,  $I_h$  – координаты центра циклона;  $S_i$  – площадь фигуры, ограниченная первым замкнутым контуром (рисунок 1).

Глубина ( $D$ ) на равномерной сетке

$$D = |h - Z(S_0)|,$$

где  $S_0$  – площадь фигуры, ограниченная последним замкнутым контуром;  $Z(S_0)$  – последний замкнутый контур;  $h$  – ближайший к точке минимальной глубины узел сетки.

Площадь, ограниченная последним замкнутым контуром ( $A$ )

$$A = \int_{x \in S_0} ds.$$

Объем ( $V$ ) и интенсивность ( $I$ ), соответственно:

$$V = \int x S_0 (Z(x) - Z(S_0)) ds,$$

$$I = \frac{V}{A}.$$

Изменчивость каждого параметра циклонов была проанализирована для каждого месяца, сезона и года за период с 1948 по 2006 годы. Далее с разными сдвигами по времени исследовалась связь их изменчивости с индексами главных климатических сигналов – Североатлантического колебания (САК) и Южного колебания (ЮК).

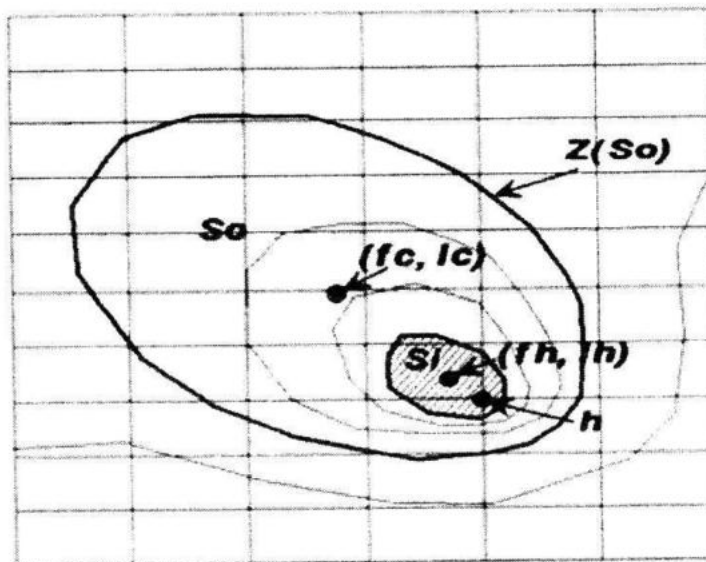


Рисунок 1 – Контурная карта изобар,

$f_h, l_h$  – координаты центра циклона;  $f_c, l_c$  – координаты геометрического центра циклона

**Результаты и обсуждение.** Границы Черноморского региона задавались в пределах:  $37,5^\circ - 50^\circ$  с.ш. и  $27,5^\circ - 45^\circ$  в.д. Средиземноморский регион был рассмотрен в границах трех областей:

- запад –  $37^\circ - 43^\circ$  с.ш. и  $0^\circ - 9^\circ$  в.д.;
- центр –  $30^\circ - 45^\circ$  с.ш. и  $9^\circ - 23^\circ$  в.д.;
- восток –  $32^\circ - 36^\circ$  с.ш. и  $23^\circ - 37^\circ$  в.д.

Среднегодовое количество дней с циклонами в Черноморском регионе составляет 28,6 зимой, 43,5 весной, 14,9 летом и 17,9 осенью. Как видно из рисунка 2, период с 1963 по 1976 годы можно охарактеризовать как одну половину периода квазидвадцатилетнего масштаба (положительная фаза), а с 1976 по 2004 годы – как вторую половину (отрицательная фаза).

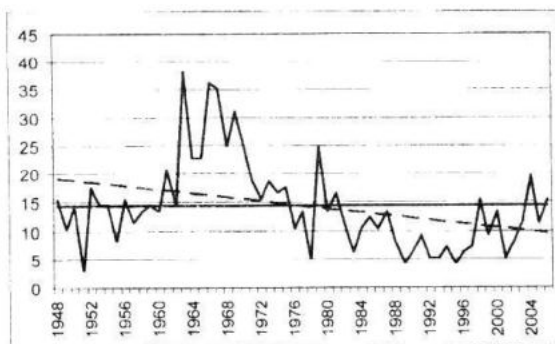


Рисунок 2 – Количество дней с циклонами в Черноморском регионе зимой, среднегодовое количество (прямая) и линейный тренд (пунктирной линией)

Подобные исследования циклонической изменчивости Черноморского региона, выполненные в работе [4] показали, что частота циклонов уменьшалась во все сезоны (кроме лета) с 60-х по 90-е годы XX века, что объяснялось интенсификацией Североатлантического колебания. Этот результат соответствует полученному нами отрицательному тренду количества дней с циклонами в Черноморском регионе (тренд на рисунке 2). В работе [5] показано, что в течение 45 лет, с 1952 года по 2002 год, циклоническая циркуляция значительно ослаблялась в западной части Средиземного моря, главным образом, зимой и весной, и усиливалась в восточной части из-за летнего и осеннего увеличения частоты циклонов. В результате расчетов нами был получен отрицательный тренд изменчивости частоты циклонов зимой в западной части Средиземного моря (рисунок 3) и положительный тренд осенью в восточной части (рисунок 4), что согласуется с результатами указанной выше работы.

Несовпадение в величинах трендов может быть объяснено различием границ изучаемых регионов (нами была исследована также центральная часть Средиземного моря) и рассмотренным нами более длинным временным рядом (59 лет) с 1948 по 2006 годы.

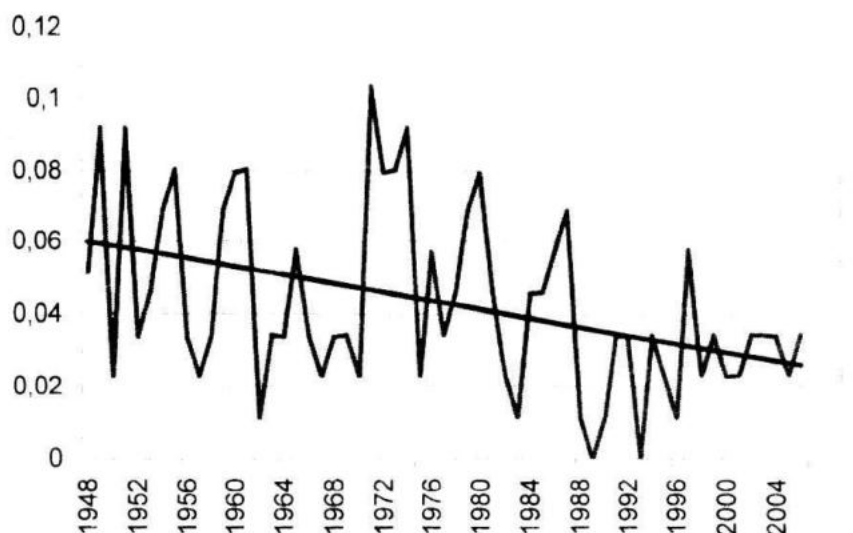


Рисунок 3 – Частота циклонов и линейный тренд зимой западной части Средиземного моря

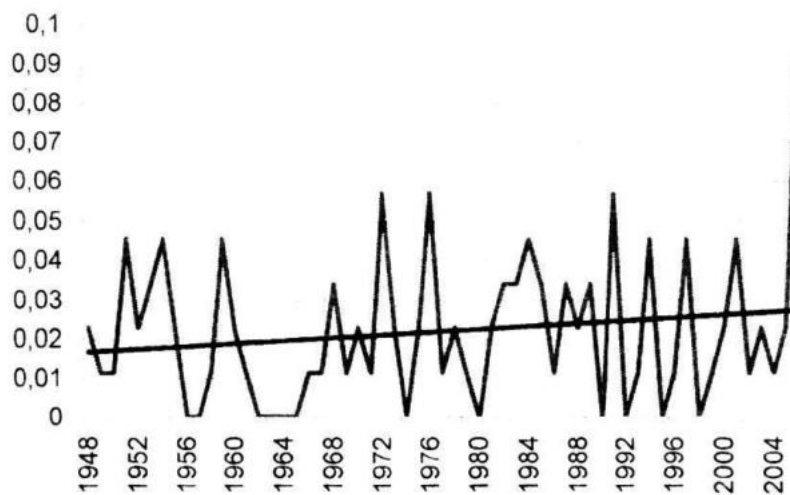


Рисунок 4 – Частота циклонов и линейный тренд осенью восточной части Средиземного моря

На следующем этапе работы осуществлялся анализ характеристик циклонов, для чего были получены величины средних значений, дисперсии, рассчитаны спектры и линейные тренды для каждого параметра циклонов. Сопоставление дисперсий и средних значений показало, что максимальная изменчивость характерна для зимне-весеннего периода, минимальная – для летних месяцев.

Спектральный анализ позволил выявить квазидвухлетнюю изменчивость, присущую изменчивости всех параметров циклонов как Средиземноморского, так и Черноморского регионов. Кроме этого, на-

блюдается спектральный максимум на временном масштабе 4,3–4,8 и 7–8 лет, что совпадает с типичными временными масштабами САК и ЮК. Такой вывод согласуется с результатами предыдущих исследований, например, в работах [6 – 8] показано, что параметры циклонов характеризуются квазипериодической изменчивостью межгодового масштаба, связанной с САК и ЭНЮК.

Линейные тренды исследуемых характеристик циклонов по отрезкам с 1948 по 1990 годы и с 1990 по 2006 годы имеют противоположные знаки в зимний и летний сезоны (таблица 1).

Таблица 1 – Значения линейных трендов частоты черноморских циклонов по сезонам

сезон\период	1948 – 1990 гг.	1991 – 2006 гг.
зима	-0.001631	0.006619
весна	-0.000904	-0.002215
лето	-0.000188	0.0031711
осень	0.0002439	-0.001319

На уровне значимости до 60 % смена знака тренда показывает наличие квазипериодических колебаний параметров циклонов в эти сезоны на временных масштабах, характерных для низкочастотной изменчивости САК и ЮК.

Кроме того, был проведен корреляционный анализ ежемесячных характеристик циклонов с индексами САК и ЮК с разными сдвигами по времени. Коэффициенты корреляции основных параметров циклонов с индексом САК в зимне-весенний период достигают 0,6; с индексом ЮК – 0,49 со сдвигом по времени 4–6 месяцев. Если величину связи САК с региональными гидрометеорологическими аномалиями мы уже получали на более коротких рядах данных и в настоящей работе лишь уточнили ее, то в результате изучения зависимости основных параметров циклонов от индекса ЮК можно отметить, в частности, следующее:

– тихоокеанские аномалии, связанные с ЭНЮК в сентябре, обуславливают формирование примерно 19 % аномальных погодных условий в изучаемых регионах в последующий зимний сезон;

– ЮК в ноябре-декабре отвечает за 24 % погодно-климатических изменений в весенний сезон;

– ЮК в мае-июне обуславливает около 12 % осенних погодных аномалий.

Таким образом, можем заключить, что совместное влияние САК и ЭНЮК ответственно более чем за 50 % изменчивости параметров циклонов в Черноморском и Средиземноморском регионах зимой и весной.

**Выводы.** В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– максимальная изменчивость характеристик средиземноморских и черноморских циклонов приходится на зимне-весенний период, минимальная – на летние месяцы;

– типичные масштабы циклонической изменчивости в исследуемом регионе составляют 2 года, 4,3 – 4,8 и 7 – 8 лет, что совпадает с типичными временными масштабами САК и ЭНЮК;

– совместное влияние САК и ЭНЮК обуславливает более 50 % изменчивости черноморских и средиземноморских циклонов в зимне-весенний период.

## Литература

1. А.Б. Полонский. Роль океана в изменении климата // К.: Наукова Думка, 2008. – 184 с.
2. P. Knippertz, U. Ulbrich, F. Marques, J. Corte-Real. Decadal changes in the link between El Nino and springtime North Atlantic Oscillation and European-North African rainfall // *Int. J. Climatology*, v. 23, 2003. – P. 1293–1311.
3. М.Ю. Бардин. Изменчивость температуры в XX веке на западе России и в прилегающих к ней странах. // *Метеорология и гидрология*, № 8, 2002. – С. 5–23.
4. М.Ю. Бардин, А.Б. Полонский, Е.Н. Воскресенская. Статистические характеристики циклонов и антициклонов над Черным морем во второй половине XX века // *МГЖ*, № 6, 2007. – С. 47–58.
5. J.A. Guijarro, A. Jansa, and J. Campins. Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean // *Advances in Geosciences*, № 7, 2006. – P. 45–49.
6. А.Б. Полонский, Д. Башарин, Е.Н. Воскресенская, С. Ворли. Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии // *МГЖ*, № 2, 2004. – С. 42–59.
7. G.P. Compo, P.D. Sardeshmukh, C. Penland. Changes of subseasonal variability associated with an El Nino // *J. Climate*, v. 14, № 16, 2001. – P. 3356–3374.
8. F.E.-Z. Mariotty, N. Zeng and K.M. Lau. Euro-Mediterranean rainfall variability and ENSO // *CLIVAR Exchange*, v.7, № 1, 2006. – P. 200–235.