

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Научная статья

УДК 551.582 + 551.513.7

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

**ПРОЯВЛЕНИЯ ТИПОВ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ В ИНТЕНСИВНЫХ ЦИКЛОНАХ
ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО РЕГИОНА****Вероника Николаевна Маслова¹, Елена Николаевна Воскресенская²**^{1,2} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия¹ veronika_maslova@mail.ru, Scopus Author ID: 36863956600, Researcher ID: G-8994-2017, SPIN-код: 8508-4223, Author ID: 916757,² elena_voskr@mail.ru, Scopus Author ID: 57114965600, Researcher ID: AAD-9583-2019, SPIN-код: 3183-6409, Author ID: 169689,

Аннотация. Экстремальные фазы Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) сопровождаются опасными и разрушительными погодными явлениями, которые сложно предвидеть. При этом составляющие его события – Эль-Ниньо и Ла-Нинья – имеют неоднозначные особенности, и учет разных типов этих событий позволяет лучше понять закономерности их региональных проявлений. Цель работы заключается в исследовании проявлений классифицированных типов событий ЭНЮК в интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Анализ проведен для циклонов, выделенных по данным реанализа NCEP/NCAR о геопотенциальной высоте 1000 гПа за период 1951–2017 гг. и превышающих 75-й процентиль по интенсивности (средней глубине). Показано, что региональные отклики на разные типы ЭНЮК с сентября по апрель отличаются по знаку для Западного Средиземноморья, особенно в зимние месяцы, и по интенсивности (значимости) проявлений для Восточного Средиземноморья и Черноморского региона. Более согласованные отклики наблюдаются в межсезонье. В Западном Средиземноморье частота глубоких циклонов понижается для обоих типов Ла-Нинья осенью и в январе, особенно при центральном типе Ла-Нинья. Для типов Эль-Ниньо частота глубоких циклонов заметно повышается весной, особенно при центральном типе Эль-Ниньо в Восточном Средиземноморье и при восточном типе Эль-Ниньо в Черноморском регионе. Неодинаковые типы Эль-Ниньо проявляются в Средиземноморском и Черноморском регионах в результате смещения на Черноморский регион шторм-треков скандинавских циклонов. Полученные результаты указывают на вероятность месячных аномалий частоты глубоких циклонов холодного полугодия в Черноморско-Средиземноморском регионе с учетом типа событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья и создают основу для развития сезонного регионального прогноза погодно-климатических аномалий, связанных с глубокими циклонами, с заблаговременностью до одного года в соответствии с временным масштабом развития событий.

Ключевые слова: шторм-треки, канонические события Эль-Ниньо, Эль-Ниньо Модоки, центральный и восточный типы Ла-Нинья, классификация и региональные проявления ЭНЮК

Финансирование. Государственное задание по теме «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей...» (№ гос. регистрации 124013000609-2).

Для цитирования: Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н. Проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в интенсивных циклонах Черноморско-Средиземноморского региона // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 95–122. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

**MANIFESTATIONS OF THE EL NIÑO AND LA NIÑA TYPES IN INTENSE CYCLONES IN THE
BLACK SEA–MEDITERRANEAN REGION****Veronika N. Maslova¹, Elena N. Voskresenskaya²**^{1,2} Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia¹ veronika_maslova@mail.ru, Scopus Author ID: 36863956600, Researcher ID: G-8994-2017, SPIN-код: 8508-4223, Author ID: 916757,² elena_voskr@mail.ru, Scopus Author ID: 57114965600, Researcher ID: AAD-9583-2019, SPIN-код: 3183-6409, Author ID: 169689,

Abstract. The extreme phases of the El Niño – Southern oscillation (ENSO) are accompanied by dangerous and destructive weather events that are difficult to predict. At the same time, El Niño and La Niña events that form it have ambiguous features, and considering the classification of these events into different types provides a better understanding of the patterns of their regional manifestations. The aim of the paper is to study the manifestations of classified types of ENSO events in intense cyclonic activity in the



Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Black Sea–Mediterranean region. The analysis was carried out for cyclones identified with the use of the NCEP/NCAR reanalysis data on the geopotential height of 1000 hPa for the period 1951–2017 and exceeding the 75th percentile in intensity (average depth). It is shown that responses to different ENSO types from September to April differ in sign for the Western Mediterranean, especially in winter months, and in intensity (significance) for the Eastern Mediterranean and the Black Sea region. More consistent responses are observed in the inter-season. In the Western Mediterranean, the frequency of deep cyclones decreases for both types of La Niña in autumn and in January, especially for the central La Niña type. For El Niño types, the frequency of deep cyclones significantly increases mainly in spring, especially for the central El Niño type in the Eastern Mediterranean and for the eastern El Niño type in the Black Sea region. Different responses to El Niño types occur in the Mediterranean region and the Black Sea region due to the shift of storm tracks of Scandinavian cyclones to the Black Sea region. The results obtained show the probability of monthly anomalies in the frequency of deep cyclones of the cold half-year in the Black Sea–Mediterranean region taking into account the type of El Niño/La Niña events, and contribute to the development of a seasonal regional forecast of weather and climatic anomalies associated with deep cyclones, with a lead time corresponding to the evolution time of events.

Keywords: storm tracks, canonical El Niño events, El Niño Modoki, central and eastern La Niña types, classification and regional manifestations of ENSO

Funding. State assignment under the topic ‘Fundamental and applied research into the regularities of ...’ (state registration No. 124013000609-2).

For citation: Maslova, V.N., Voskresenskaya, E.N. (2024). Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 95–122. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

Введение

Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) представляет собой процесс межгодовой изменчивости (3–7 лет) в связанной системе океан–атмосфера, возникающий в тропической части Тихого океана [26]. Экстремальные фазы этого колебания, называемые Эль-Ниньо/Ла-Нинья, характеризуются ослаблением/усилением пассатов и потеплением/похолоданием поверхностных вод в регионах Nino3.4, Nino4, Nino3 (URL: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>, дата доступа: 14.02.2024). ЭНЮК представляет собой главную моду изменчивости глобальной температуры поверхности океана и приводит к глобальному климатическому отклику [30]. Временное запаздывание отклика во внетропических широтах может достигать 9 месяцев, что соответствует времени развития зрелой фазы событий [7; 69].

Особый интерес современных исследователей представляет изучение этих откликов в экстремальных региональных климатических аномалиях, таких как засухи, пожары, наводнения, экстремальные осадки и др. [27; 42; 72; 66; 17]. В средних широтах гидрометеорологические аномалии, например сильные осадки [9; 16], преимущественно обусловлены циклонической деятельностью. Глобальный ущерб отдельных событий Эль-Ниньо оценивается в несколько триллионов долларов [24]. При этом ожидается, что в XXI в. в связи с глобальным потеплением повторяемость экстремальных фаз ЭНЮК увеличится [14; 15], а суммарный глобальный ущерб от всех событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья составит более 80 трлн долларов [24].

При этом региональные проявления Эль-Ниньо и Ла-Нинья несимметричны (т.е. могут различаться не по знаку, а по интенсивности проявлений) [64], нелинейны [68], изменчивы в пространстве и от сезона к сезону [63; 52; 23; 37]. В изменчивости ЭНЮК обнаруживаются нелинейные связи на разных масштабах [67; 80]. На десятилетнем/междесятилетнем масштабе ЭНЮК связан с декадной изменчивостью в Тихом океане [67; 60; 79; 35]. Например, частота событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья повышается в положительную/отрицательную фазу Тихоокеанской десятилетней осцилляции (ТДО) [71]. На межгодовом масштабе ЭНЮК связан с изменчивостью Североатлантического колебания (САК) [82] и, соответственно, с Арктическим колебанием, коррелированным с САК [31; 65], и Восточноатлантическим колебанием, связанным с центрами действия САК [57; 59]. Для Эль-Ниньо характерна отрицательная фаза САК (с пониженным давлением в Средиземноморском регионе), а для Ла-Нинья – положительная фаза САК (с повышенным давлением в Средиземноморском регионе) [23; 33]. В связи с модулированием САК сигнал Эль-Ниньо и Ла-Нинья отмечается в штормовой активности Атлантико-Европейского региона [8; 58].

В ходе изучения условий возникновения и эволюции событий ЭНЮК возникла необходимость выделения разных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья [3; 20; 83]. В свою очередь, классификация различных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья позволяет получить более согласованные оценки их климатических откликов, в том числе в Атлантико-Европейском регионе [28; 34; 73]. Классификация способна предотвратить взаимное нивелирование противоположных по знаку аномалий в откликах разных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья [84; 73]. При этом во избежание сезонного сглаживания откликов важно рассматривать особенности каждого месяца.

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

В работах [10; 75] представлена уточненная классификация событий ЭНЮК с помощью метода иерархического кластерного анализа с учетом пространственного положения аномалий температуры поверхности океана в зрелую фазу событий. Выделено по два типа событий: весенний-восточный (восточный) и осенний-центральный (центральный) типы Эль-Ниньо, центральный и восточный типы Ла-Нинья.

Восточный тип Эль-Ниньо включает в себя более интенсивные (канонические) события, а центральный тип – умеренные Эль-Ниньо (Модоки) [84; 10; 20; 83]. При Ла-Нинья более интенсивные аномалии температуры поверхности океана и приземного атмосферного давления в экваториальной зоне Тихого океана характерны для центрального типа по сравнению с восточным [3; 4; 74; 75].

При этом ранее нами были рассмотрены проявления первоначально выделенных трех типов Эль-Ниньо и событий Ла-Нинья до их уточненной классификации в смещении циклонов северотихоокеанского региона [5]. В то же время исследовано опосредованное влияние типов Эль-Ниньо на Атлантико-Европейский регион через Североатлантическое колебание [10; 73]. Восточный тип Эль-Ниньо/Ла-Нинья соответствует в холодные месяцы положительной/отрицательной фазе САК, а центральный тип – противоположной фазе САК [10; 11; 73]. Результаты других работ [81; 82] также свидетельствуют о связи типов Ла-Нинья с фазами САК, а для типов Эль-Ниньо более сильная связь показана для канонического (восточного) типа с отрицательной фазой САК. В работах [6; 12] нами проведен анализ региональных проявлений типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья, который обнаружил климатические аномалии в температуре, осадках, частоте, глубине и площади общей циклонической активности на Черноморском побережье России. В последующих публикациях [53; 54] были показаны проявления типов Ла-Нинья через Североатлантическое и Восточноатлантическое колебания (САК и ВАК) в аномалиях приземного атмосферного давления и температуры воздуха зимой в Европе в связи со смещением шторм-треков. Как известно, интенсивность САК и фаза ВАК определяют сезонные и региональные различия штормовой активности в Европе на межгодовом масштабе изменчивости [13; 25; 43; 56; 76; 77].

Таким образом, проявления типов событий ЭНЮК исследованы для общей циклонической активности. Однако особый интерес представляют отклики в интенсивной циклонической активности. Цель настоящей работы заключалась в исследовании проявлений уточненных типов событий ЭНЮК в интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Для этого был проведен композитный анализ средней частоты интенсивных циклонов Черноморского региона, Западного и Восточного Средиземноморья и шторм-треков Атлантико-Европейского региона в годы уточненных типов событий ЭНЮК.

Данные и методы

Циклоны и их параметры выделены с использованием методики М.Ю. Бардина [1; 2] на основе массивов 6-часовых (0Z, 6Z, 12Z и 18Z) данных реанализа NCEP/NCAR с разрешением $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ [40] по геопотенциальной высоте 1000 гПа за период 1951–2017 гг.

Интенсивные циклоны были определены с помощью метода процентилей, который применяется для расчета экстремальных метеорологических характеристик, например осадков [36] и штормовой активности [56; 18]. Параметр интенсивности прямо пропорционален глубине циклона и обратно пропорционален площади [55]. В работе рассматривались только те циклоны, которые превышали 75-й процентиль по интенсивности.

Частота интенсивных циклонов определялась как отношение числа центров циклонов (превышающих пороговое значение по интенсивности) в регионе к общему числу проанализированных временных интервалов (равного количеству дней в месяце, умноженному на 4 раза, поскольку использовались 6-часовые данные).

Были сформированы ряды частоты интенсивных циклонов по месяцам, сезонам и в среднем за год для трех регионов: Черноморского (37° – 50° с.ш., 27° – 45° в.д.), Западного Средиземноморья (35° – 47° с.ш., 6° з.д.– 16° в.д.) и Восточного Средиземноморья (29° – 41° с.ш., 16° – 38° в.д.).

Композитный анализ частоты интенсивных циклонов проводился для семи лет каждого типа классифицированных событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья, а также для неаномальных лет, т.е. без событий ЭНЮК (табл. 1). Рассчитывалась средняя частота интенсивных циклонов в указанные в табл. 1 годы для месяцев с октября по апрель, для сезонов и за год. Месяцы с января брались за следующий после начала событий год, т.е. «+1» год. Уровень доверительной вероятности для разности частоты циклонов между типами Эль-Ниньо или типами Ла-Нинья, а также с частотой в неаномальные по ЭНЮК годы определялся с помощью критерия Стьюдента.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Таблица 1

Годы событий центрального и восточного типов Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв) и неаномальные по ЭНЮК годы (н/а) для композитного анализа частоты интенсивных циклонов
 The years of the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña events (ЛНц and ЛНв) events and non-anomalous ENSO years (н/а) used for a composite analysis of the frequency of intense cyclones

ЛНц	ЛНв	ЭНц	ЭНв	н/а
1973	1954	1968	1957	1953
1975	1955	1977	1963	1959
1983	1964	1986	1965	1960
1984	1967	1991	1972	1961
1988	1970	1994	1976	1962
1998	1995	2002	1982	1979
2010	2007	2009	1997	1980

В работе были использованы ежемесячные карты Атласа внетропических шторм-треков (URL: <https://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>, дата доступа: 15.02.2024). Шторм-треки получены на основе полей приземного атмосферного давления, рассчитанных по 12-часовым (0Z и 12Z) данным реанализа NCEP за 1961–1999 гг. о высоте геопотенциальной поверхности 500 гПа и 1000 гПа.

В связи с ограниченностью длины ряда данных шторм-треков композиты получены за четыре года каждого типа событий. Композиты представляют собой суммарные шторм-треки в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (1961, 1962, 1979, 1980 гг.), в годы Эль-Ниньо восточного типа (1965/1966, 1972/1973, 1982/1983, 1997/1998 гг.) и центрального типа (1968/1969, 1986/1987, 1991/1992, 1994/1995 гг.), в годы Ла-Нинья восточного типа (1964/1965, 1967/1968, 1970/1971, 1995/1996 гг.) и центрального типа (1973/1974, 1975/1976, 1983/1984, 1988/1989 гг.). Месяцы с января брались за следующий после начала событий год, т.е. «+1» год.

Результаты

На рис. 1–3 приведена частота интенсивных циклонов в Черноморском регионе, Западном и Восточном Средиземноморье в годы разных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья и в годы без событий ЭНЮК. Значимые различия частоты приведены в табл. 2–4. Рассмотрим последовательно для каждого из выделенных регионов – Черноморского, Западного и Восточного Средиземноморья – характерные особенности изменения частоты интенсивных циклонов при разных типах Эль-Ниньо и Ла-Нинья и без этих событий, относительно которых оценим уровень аномалий (на доверительном уровне 80–99 %) в годы ЭНЮК каждого типа для каждого месяца.

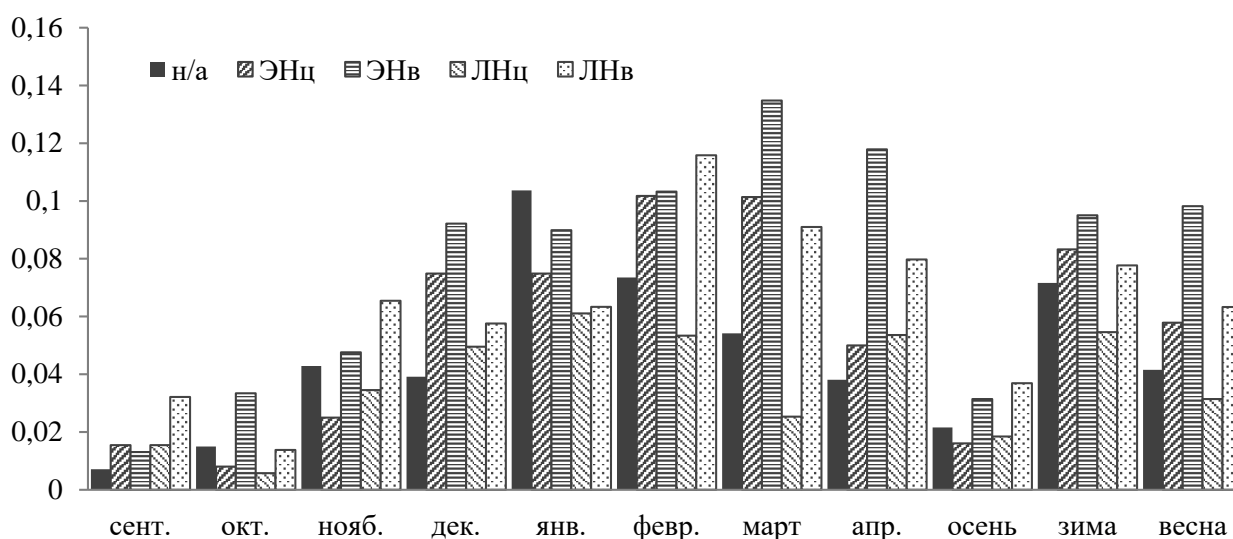


Рис. 1. Частота интенсивных циклонов в Черноморском регионе в неаномальные по ЭНЮК годы (н/а), при центральном и восточном типах Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 1. The frequency of intense cyclones in the Black Sea region in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Таблица 2

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Черноморском регионе (ЧР) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а). Положительная / отрицательная разность отмечена знаком +/-
The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Black Sea region (ЧР) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

ЧР	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
сент. (S)						
окт. (O)				+76; 0,99		+55; 0,9
нояб. (N)	-47; 0,8					
дек. (D)						
январ. (J)						
февр. (F)	-54; 0,8					
март (M)	-72; 0,9	-53; 0,8			+47; 0,8	+60; 0,9
апр. (A)				+58; 0,9		+68; 0,95
осень (SON)	-50; 0,8					
зима (DJF)						
весна (MAM)	-50; 0,8			+41; 0,8		+58; 0,9

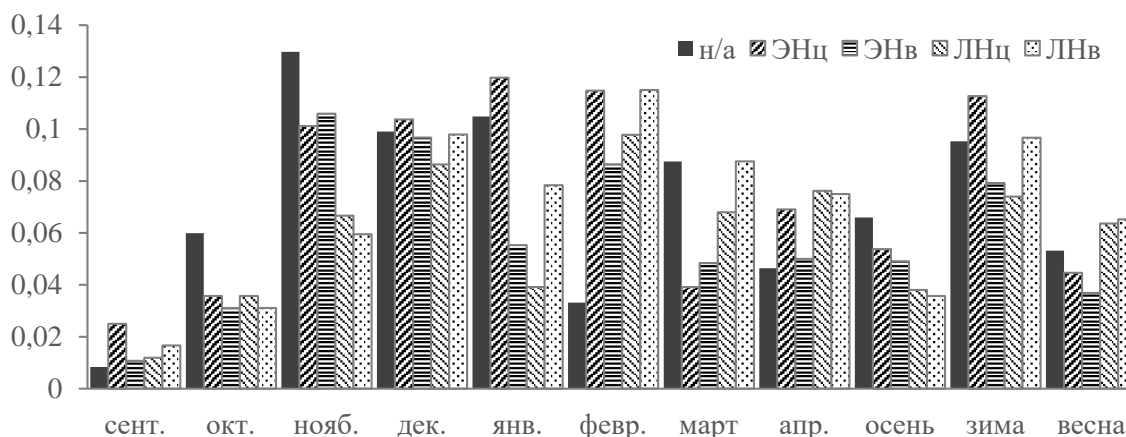


Рис. 2. Частота интенсивных циклонов в Западном Средиземноморье в неаномальные по ЭНИОК годы (н/а), при центральном и восточном типе Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 2. The frequency of intense cyclones in the Western Mediterranean in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Таблица 3

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Западном Средиземноморье (ЗСМ) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а). Положительная/отрицательная разность отмечена знаком +/-

The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Western Mediterranean (ЗСМ) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

ЗСМ	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
сент. (S)					+67; 0,8	
окт. (O)			-48; 0,8			-48; 0,8
нояб. (N)		-49; 0,8	-54; 0,9			
дек. (D)						
январ. (J)	-50; 0,9	-63; 0,9				
февр. (F)		+66; 0,8	+71; 0,9		+71; 0,9	

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Окончание табл. 3

ЗСМ	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
март (М)					-55; 0,8	
апр. (А)						
осень (SON)		-42; 0,8	-46; 0,95			
зима (DJF)						
весна (MAM)						

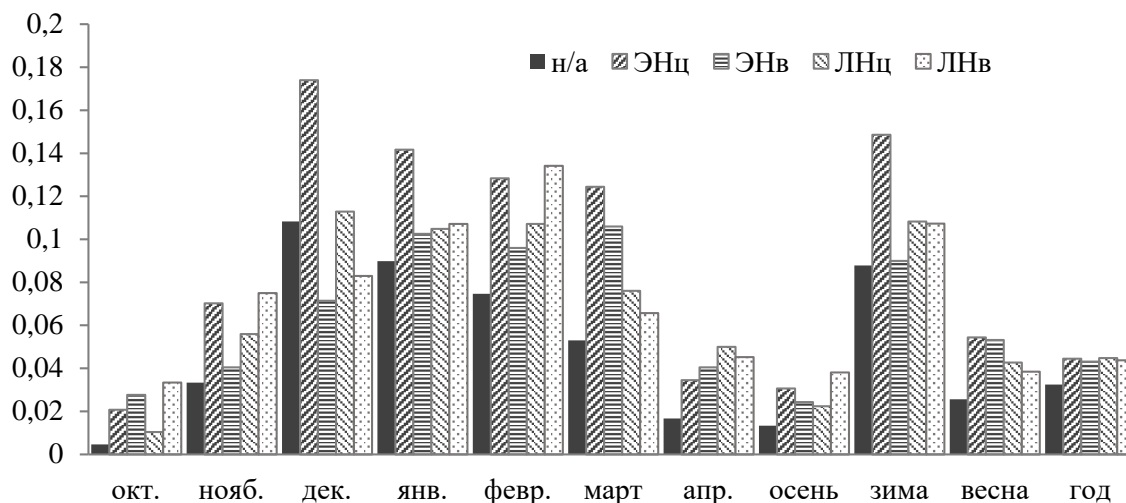


Рис. 3. Частота интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье в неаномальные по ЭНЮК годы (н/а), при центральном и восточном типах Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 3. The frequency of intense cyclones in the Eastern Mediterranean in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Таблица 4

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Восточном Средиземноморье (BCM) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а).

Положительная/отрицательная разность отмечена знаком +/-

The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Eastern Mediterranean (BCM) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

BCM	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
окт. (S)			+86; 0,8		+78; 0,9	+83; 0,8
нояб. (N)			+56; 0,95		+53; 0,8	
дек. (D)				-59; 0,95	+38; 0,8	
январ. (J)					+37; 0,8	
февр. (F)			+44; 0,8		+42; 0,9	
март (M)		+30; 0,8			+57; 0,95	+50; 0,9
апр. (A)		+67; 0,8	+63; 0,8		+52; 0,8	
осень (SON)	-41; 0,8	+40; 0,8	+65; 0,8		+56; 0,95	+45; 0,8
зима (DJF)				-39; 0,95	+41; 0,95	
весна (MAM)		+40; 0,9			+53; 0,95	+52; 0,9
год (annual)		+28; 0,9	+26; 0,8		+27; 0,8	+25; 0,8

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

В Черноморском регионе, как видно из рис. 1 и табл. 2, восточный тип Эль-Ниньо сопровождается повышением частоты циклонов весной и осенью, в октябре. В весенний сезон по сравнению с неаномальными годами повышение составляет 58 %. При этом в марте частота циклонов увеличивается на 60 %, а в апреле на 68 %. В октябре частота циклонов при восточном типе Эль-Ниньо увеличивается на 55 % на доверительном уровне 0,8 относительно обычных лет.

Для Эль-Ниньо центрального типа характерно повышение частоты интенсивных циклонов в марте на 47 %.

При центральном типе событий Ла-Нинья частота интенсивных циклонов относительно неаномальных лет понижается на 53 % в марте.

При сопоставлении проявления в Черноморском регионе двух типов Эль-Ниньо между собой, выяснилось, что частота интенсивных циклонов при восточном типе событий весной на 41 % выше, чем при центральном. По месяцам наблюдается увеличение частоты циклонов на 58 % в апреле и на 76 % в октябре.

Что касается проявлений Ла-Нинья при сравнении проявлений типов между собой, то частота интенсивных циклонов при восточном типе выше на 50 %, чем при центральном весной, осенью и в конце зимы. При этом по месяцам происходит усиление циклонической активности в марте на 72 %, в ноябре на 47 %, а в феврале на 54 %.

В Западном Средиземноморье частота интенсивных циклонов (рис. 2, табл. 3) в годы Эль-Ниньо относительно неаномальных лет при центральном типе выше в сентябре на 67 % и феврале на 71 %, но ниже в марте на 55 %. В то же время при восточном типе этих событий циклоническая активность понижается на 48 % в октябре.

При Ла-Нинья (ЛН) восточного типа в осенний сезон частота интенсивных циклонов ниже соответствующей частоты в неаномальные годы на 46 % (за счет октября и ноября), а при событиях центрального типа на 42 % (за счет ноября). Проявления ЛН центрального типа особенно выражены в зимние месяцы, когда частота циклонов относительно неаномальных лет понижается на 63 % в январе и повышается на 66 % в феврале. При этом в годы ЛН восточного типа соответствующая частота циклонов в феврале выше на 71 %. Между типами Ла-Нинья значимые проявления событий в изучаемой частоте обнаружены в январе: они выше на 50 % при восточном типе по сравнению с центральным.

В Восточном Средиземноморье особенности проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в частоте интенсивных циклонов (рис. 3, табл. 4) состоят в том, что аномалии относительно лет без событий ЭНЮК отмечаются в течение всего года: повышение годовой частоты составляет 25–28 %, в основном за счет весны и осени. При этом наибольшее повышение годовой частоты характерно для Ла-Нинья центрального типа и преимущественно за счет весны. В то же время Эль-Ниньо центрального типа сопровождается значимым повышением частоты циклонов не только во все месяцы с октября по апрель, но и зимой. Восточные типы событий проявляются относительно неаномальных лет преимущественно следующим образом: при Ла-Нинья восточного типа повышается частота осенних циклонов, что наиболее значимо выражено в ноябре; при Эль-Ниньо восточного типа повышается частота весенних циклонов, что значимо проявляется в марте.

Существенные различия частоты интенсивных циклонов Восточного Средиземноморья между типами Эль-Ниньо получены для зимних циклонов. При этом в декабре частота интенсивных циклонов выше при центральном типе, чем при восточном типе. Между типами Ла-Нинья различия частоты интенсивных циклонов выделены для осенних циклонов: при восточном типе выше, чем при центральном на 41 %.

Результаты анализа шторм-треков Атлантико-Европейского региона приведены на рис. 4–6 для октября, февраля и марта. В эти месяцы наблюдались значимые аномалии частоты циклонов при событиях ЭНЮК во всем Черноморско-Средиземноморском регионе. Укажем, как связаны с направлениями шторм-треков описанные выше изменения частоты интенсивных циклонов Черноморско-Средиземноморского региона в связи с классифицированными событиями Эль-Ниньо и Ла-Нинья, для которых уровень доверительной вероятности откликов составляет не менее 90 %.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

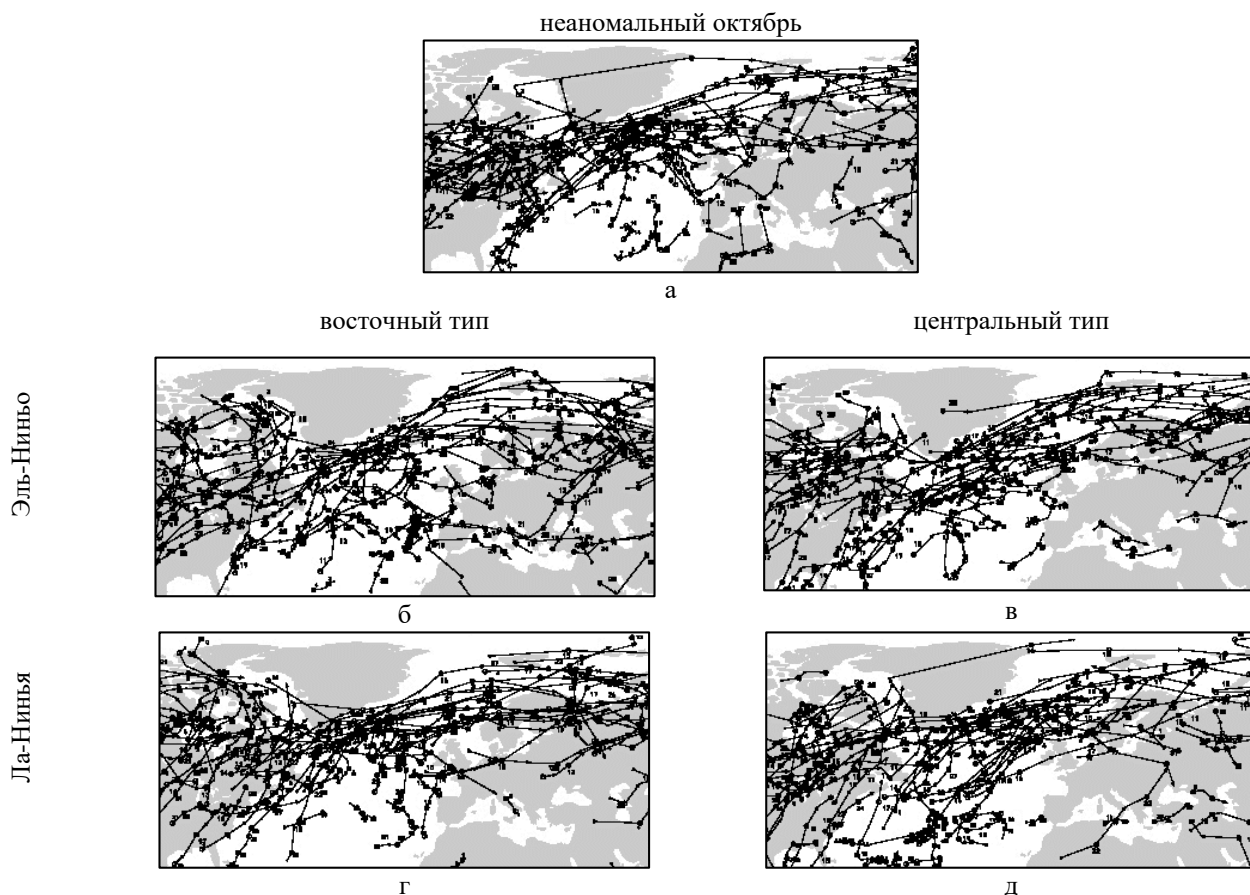


Рис. 4. Шторм-треки в октябре в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 4. Storm tracks in October in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

В октябре (рис. 4а) североатлантические шторм-треки сгруппированы более плотно к юго-востоку от о-ва Гренландия, над полуостровом Лабрадор и Лабрадорским морем. Значимо повышение частоты циклонов в Черноморском регионе при восточном типе Эль-Ниньо (рис. 4б) относительно неаномальных лет (рис. 4а) и центрального типа (рис. 4в) связаны с ростом плотности шторм-треков в Восточной Европе и с выходами на регион средиземноморских циклонов. Наиболее значимые отклики для Средиземноморского региона, наблюдающиеся в повышении частоты интенсивных циклонов в его восточной части при центральном типе Эль-Ниньо (рис. 4в) относительно неаномальных лет (рис. 4а), обусловлены увеличением частоты событий циклогенеза над Средиземным морем.

В феврале (рис. 5) основные проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья наблюдаются в интенсивных циклонах в Западном Средиземноморье. Повышение частоты при центральном Эль-Ниньо (рис. 5в) относительно неаномальных лет (рис. 5а) сопровождается увеличением плотности местных шторм-треков на северном побережье региона. Повышение частоты при восточном типе Ла-Нинья (рис. 5г) относительно неаномальных лет (рис. 5а) связано с интенсивным циклогенезом в районе Апеннинского полуострова.

Для типов Ла-Нинья полученные суммарные шторм-треки согласуются со структурой композитных полей приземного атмосферного давления и аномалиями температуры воздуха в январе и феврале в Европе [73].

В марте (рис. 6) основные отклики характерны для восточной части Черноморско-Средиземноморского региона. Повышение частоты интенсивных циклонов Черноморского региона и Восточного Средиземноморья при восточном Эль-Ниньо (рис. 6б) относительно неаномальных лет (рис. 6а) сопровождается увеличением плотности местных шторм-треков над Эгейским, Мраморным и Черным морями.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

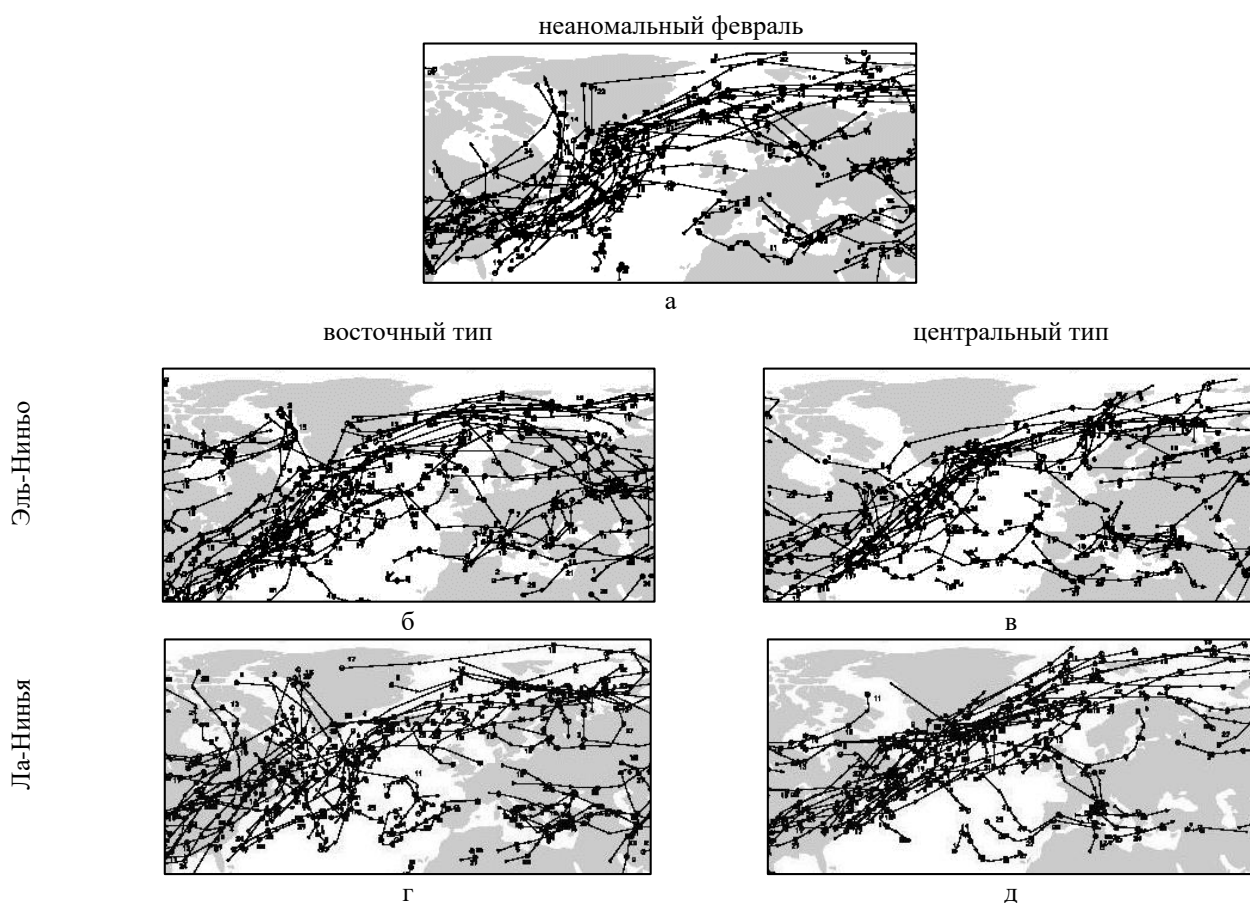


Рис. 5. Шторм-треки в феврале в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 5. Storm tracks in February in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

При центральном типе Эль-Ниньо (рис. 6в) заметно повышение плотности шторм-треков над Анатолийским полуостровом, которое приводит к значимым откликам в частоте интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье относительно неаномальных лет (рис. 6а). Для Черноморского региона значимое повышение частоты интенсивных циклонов в марте при восточном типе Ла-Нинья (рис. 6г) относительно центрального типа (рис. 6д) сопровождается небольшим смещением шторм-треков с Анатолийского полуострова к северу на Черное море.

Обсуждение

Полученные в настоящей работе результаты откликов частоты интенсивных циклонов на типы событий ЭНЮК согласуются с результатами ранее проведенных исследований температуры воздуха для разных типов Эль-Ниньо [34] и количества осадков для неклассифицированных событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья [32].

Выявленное повышение частоты интенсивных циклонов в Черноморском регионе согласуется с положительными аномалиями температуры воздуха зимой на Европейской территории России при восточном типе Эль-Ниньо [34; 46].

Уменьшение количества зимних осадков на западе и востоке Средиземного моря при Ла-Нинья, показанное в работах [23; 41], не противоречит понижению частоты интенсивных циклонов относительно неаномальных лет в осенне-зимние месяцы, за исключением февраля, в Западном Средиземноморье. Увеличение количества зимних осадков на востоке Средиземного моря при Эль-Ниньо, представленное в работах [19; 64], согласуется с повышением частоты интенсивных циклонов относительно неаномальных лет, особенно при центральном типе Эль-Ниньо. Исходя из работ [19; 23; 41; 64], более сильный отклик на события ЭНЮК в количестве осадков наблюдается на востоке Средиземного моря. Это соответствует обнаруженному в настоящей работе более сильному отклику в частоте интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

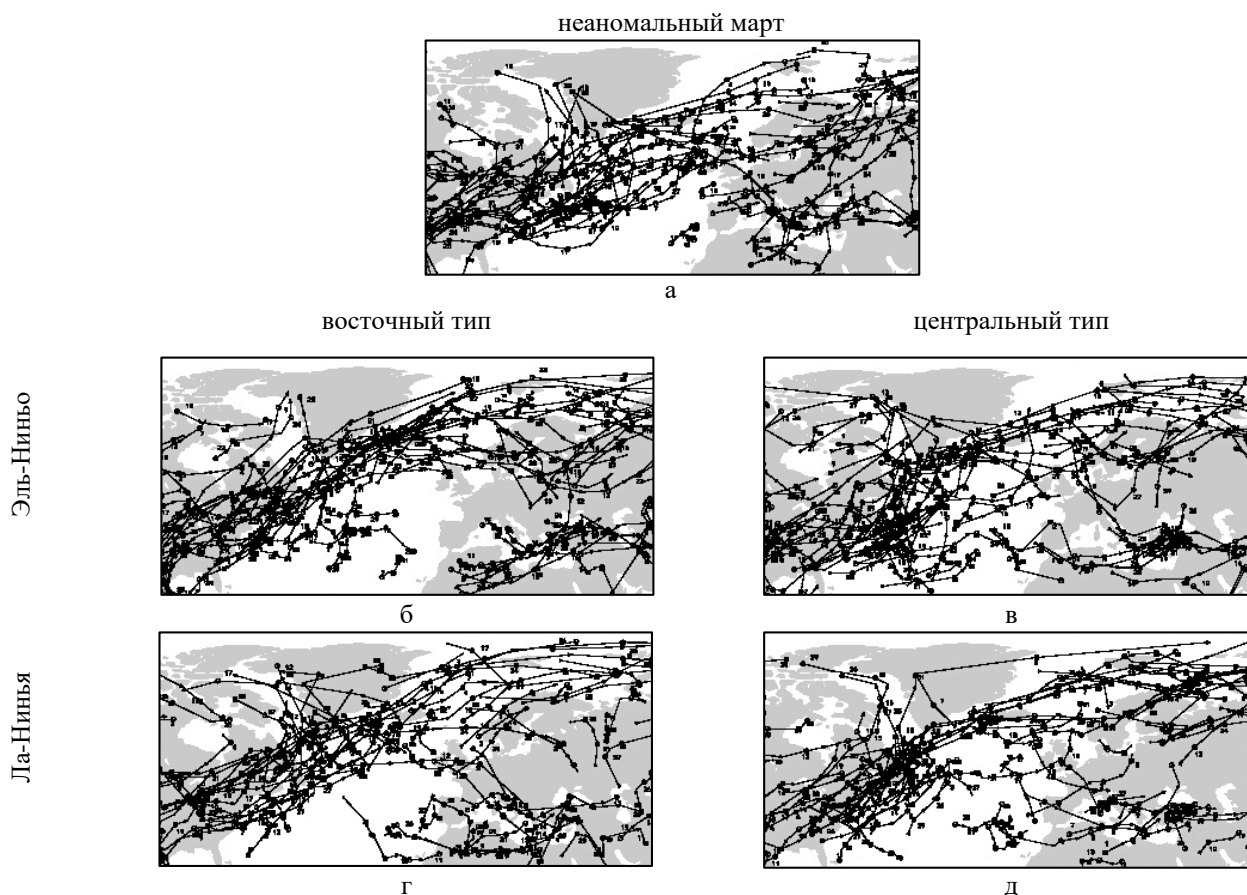


Рис. 6. Шторм-треки в марте в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 6. Storm tracks in March in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

Противоположные проявления Эль-Ниньо в количестве осадков на западе Средиземного моря осенью (повышение) и весной (понижение), продемонстрированные в работах [32; 41; 64], соответствуют полученным в данной работе противоположным проявлениям центрального типа Эль-Ниньо в частоте интенсивных циклонов (табл. 3) в сентябре (повышение относительно неаномальных лет) и марте (понижение относительно неаномальных лет).

Как показано в работе [50], региональные отклики на типы Эль-Ниньо могут меняться на противоположные от месяца к месяцу. Это также заметно и при сезонном осреднении. В Европе центральный тип Эль-Ниньо приводит к положительным аномалиям температуры осенью, отрицательным аномалиям зимой [34; 46] и подавлению весенней вегетации растительности [48]. Для восточного типа Эль-Ниньо наиболее характерны положительные аномалии зимних температур в Европе [34; 46].

Видимо, в связи с тем, что противоположные отклики разных типов событий ЭНЮК в весенние и осенние месяцы могут компенсироваться, взаимно погашаться, основные отклики неклассифицированных событий проявляются зимой. Как следует из данного исследования, для классифицированных событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья осенние и весенние отклики в интенсивной циклонической активности превосходят зимние.

Предлагается следующая интерпретация полученных в работе результатов. Проявления типов экстремальных фаз ЭНЮК в шторм-треках Северной Атлантики укладываются в схему связи с фазами САК [10; 11; 73].

В соответствии с опосредованным влиянием через САК центральный тип Эль-Ниньо приводит в холодные месяцы к повышению частоты интенсивных циклонов в Средиземноморском регионе (САК-), а восточный – к уменьшению частоты (САК+). Такие изменения, особенно относительно неаномальных лет, наблюдаются практически во все месяцы (с октября по апрель) в Восточном Средиземноморье и в осенне-зимние месяцы в Западном Средиземноморье (табл. 3). В Черноморском регионе, напротив, повторяемость интенсивных циклонов выше при восточном типе Эль-Ниньо, особенно весной

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

(табл. 2). Как свидетельствуют шторм-треки, такая особенность обусловлена выходами ныряющих скандинавских циклонов (рис. 6б), что не противоречит положительной фазе САК.

Проявления Ла-Нинья в Черноморско-Средиземноморском регионе соответствуют схеме опосредованного влияния через САК. В холодные месяцы при центральном типе Ла-Нинья, который сопровождается положительной фазой САК, происходит понижение циклонической активности по сравнению с восточным типом Ла-Нинья, при котором наблюдается отрицательная фаза САК. При сравнении активности интенсивных циклонов в годы типов Ла-Нинья и в неаномальные по ЭНЮК годы обнаруживаются региональные отличия. Неаномальная циклоническая активность в основном значительно выше проявлений типов Ла-Нинья в Западном Средиземноморье и значительно ниже в восточном Средиземноморье осенью, а в Черноморском регионе в марте.

Для объяснения проявлений типов событий ЭНЮК рассмотрим, какими процессами атмосферной циркуляции определяется циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе. Особенностью Средиземного моря, особенно западной его части, является активный местный циклогенез, который уступает только Северотихоокеанскому и Североатлантическому [70]. Восточная половина Средиземноморского бассейна, особенно Черноморский регион, во многом зависит от выходов циклонов из соседних районов циклогенеза. Средиземноморский циклогенез интенсифицируется зимой, он связан с региональным Средиземноморским колебанием [29; 51], включая Кипрский минимум [38; 39]. Это колебание соответствует качелеобразному изменению интенсивности циклогенеза на западе и востоке Средиземного моря. При этом пониженная циклоническая активность на востоке региона в положительную фазу Средиземноморского колебания поддерживается выходами циклонов из региона Западного Средиземноморья, включая Север Африки (Атласские горы). В контексте глобальных циркуляционных процессов циклоническая активность Средиземноморского бассейна зависит от положения (конфигурации отрога) и интенсивности Азорского максимума, находящегося в противофазе с Исландской депрессией. На климатические процессы Восточного Средиземноморья могут также влиять Красноморская ложбина [21], находящаяся под воздействием Азиатских процессов, таких как сезонный Сибирский максимум [44], Южно-Азиатский/Персидский минимум [85] и азиатский муссон [49]. Дополнительный вклад может оказывать связь Тихого и Индийского океанов [22; 45] при участии Индоокеанского диполя [61; 62; 78]. Циклоническая активность Черноморского региона определяется главным образом выходом циклонов со Средиземного моря (южных циклонов) и Скандинавии (северо-западных «ныряющих» циклонов). В связи с этим сигнал ЭНЮК может передаваться в Средиземноморский бассейн атмосферными мостами связи с центрами атмосферной циркуляции над Атлантико-Европейским регионом (Atlantic ENSO-like variability [47]) и Азиатским регионом, модулируя климатические сигналы Северного полушария (САК, ВАК и др.).

Таким образом, в региональном аспекте выявлены следующие особенности откликов на классифицированные события ЭНЮК. В Западном Средиземноморье проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья замаскированы активным местным циклогенезом, хотя выделяются значимые отклики, особенно в месяцы осенне-зимнего периода. В Восточном Средиземноморье проявления максимальны, особенно весной, благодаря зависимости циклонической активности в регионе от крупномасштабной циркуляции как со стороны Атлантики, так и Средней Азии. В Черноморском регионе основные проявления наблюдаются в весенние месяцы. При этом особенность откликов связана с выходом на регион как южных средиземноморских циклонов, так и ныряющих скандинавских циклонов.

Выводы

Проведенный анализ объективно выделенной частоты интенсивных циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе и шторм-треков Атлантико-Европейского региона в годы классифицированных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья позволил сделать следующие выводы.

В Черноморском регионе проявление восточного типа Эль-Ниньо характеризуется повышением относительно неаномальных лет частоты интенсивных циклонов весной на 58 %, а по месяцам в марте (на 60 %), апреле (на 68 %) и октябре (на 55 %). При этом в октябре возрастает количество выходов на Черноморский регион ныряющих скандинавских циклонов и южных (средиземноморских) циклонов, а также увеличивается местный циклогенез на юго-востоке региона. Для проявлений Эль-Ниньо центрального типа характерно повышение интенсивных циклонов на 47 % в марте.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

При сопоставлении проявления в Черноморском регионе двух типов Эль-Ниньо между собой выяснилось, что частота интенсивных циклонов при восточном типе событий весной на 41 % выше, чем при центральном. Это повышение по месяцам достигает 58 % в апреле и 76 % в октябре.

При восточном типе Ла-Нинья по сравнению с центральным типом происходит повышение частоты интенсивных циклонов в Черноморском регионе весной и осенью на 50 %, а по месяцам в марте (на 72 %), ноябре (на 47 %) и феврале (на 54 %). В марте при восточном типе Ла-Нинья наблюдается больше выходов на Черное море как ныряющих, так и южных циклонов, чем при центральном типе. Нужно отметить, что при центральном типе событий Ла-Нинья частота интенсивных циклонов в марте ниже на 53 %, чем в обычные годы.

В Западном Средиземноморье в сезонной частоте интенсивных циклонов проявляется только Ла-Нинья осенью в уменьшении частоты (в основном за счет вклада ноября). Месяц с наибольшим изменением частоты и для Ла-Нинья, и для Эль-Ниньо – февраль, при этом происходит напротив увеличение частоты для двух типов Ла-Нинья и центрального Эль-Ниньо в основном за счет местного циклогенеза в районе Генуэзского залива и Лигурийского моря, а не в результате увеличения частоты выходов североатлантических шторм-треков.

В Восточном Средиземноморье наблюдаются наибольшие проявления событий ЭНЮК в частоте интенсивных циклонов. Значимые различия получены даже для годового осреднения (в основном за счет осени и весны), хотя разные типы событий однонаправленно приводят к увеличению частоты относительно неаномальных лет. При этом значимо большее увеличение наблюдается при восточном типе Ла-Нинья осенью (по сравнению с центральным типом) и при центральном типе Эль-Ниньо зимой (по сравнению с восточным типом), за счет декабря. Месяцы с наибольшим отличием частоты интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье при Эль-Ниньо/Ла-Нинья – октябрь/ноябрь и март/апрель. В октябре шторм-треки рассредоточены над Северной Атлантикой, формируя две/три ветви при центральном/восточном типах Эль-Ниньо, а циклоническая активность в Восточном Средиземноморье возрастает за счет местного циклогенеза или выходов циклонов из Западного Средиземноморья. В марте оба типа Эль-Ниньо сопровождаются увеличением концентрации шторм-треков в Восточном Средиземноморье по сравнению с неаномальными годами за счет местного циклогенеза (при центральном типе) или выходов циклонов с Западного Средиземноморья и Атласских гор (при восточном типе).

Таким образом, показано, что разные типы Эль-Ниньо и Ла-Нинья значимо проявляются в частоте интенсивных циклонов в месяцы осеннего (Западное Средиземноморье) и весеннего (Восточное Средиземноморье, Черноморский регион) сезонов и реже зимнего. При этом в целом по региону типы Эль-Ниньо проявляются более значимо весной, а типы Ла-Нинья – осенью. Разные типы Эль-Ниньо и Ла-Нинья приводят к аномалиям циклонической активности как одного, так и разного знака. При проявлениях одного знака вызывающие их причины различны и заключаются либо в изменении частоты местного циклогенеза, либо в изменении частоты выходов циклонов из соседних районов циклогенеза.

В целом, результаты исследования демонстрируют закономерности и схемы проявлений в интенсивной циклонической активности холодного полугодия типов классифицированных событий Эль-Ниньо–Южное колебание, которые обусловлены в основном смещением шторм-треков Атлантико-Европейского региона.

Библиографический список

1. Бардин М. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24–37.
2. Бардин М.Ю. Характеристики циклоничности во внетропической зоне Северного полушария в задачах диагноза и прогноза климата: специальность 04.00.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / М.Ю. Бардин. М.: Институт глобального климата и экологии, 1994. 19 с.
3. Воскресенская Е., Лубков А., Марчукова О. Пространственная классификация Эль-Ниньо и условия формирования события 2015 года // Системы контроля окружающей среды. 2015. № 2. С. 80–90.
4. Воскресенская Е., Марчукова О. Качественная классификация событий Ла-Нинья // Морской гидрофизический журнал. 2015. № 3 (183). С. 15–26.
5. Воскресенская Е., Маслова В. Климатическая характеристика циклонической активности в Северотихоокеанском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2010. № 13. С. 180–184.
6. Вышкваркова Е., Маслова В. Особенности атмосферных осадков на Черноморском побережье России в связи с событиями Ла-Нинья разных типов // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 11 (31). С. 79–82.
7. Гедзенко Д.В., Задорожная Т.Н., Закусилев В.П. Исследование асинхронных связей между термическим режимом приэкваториальной зоны Земного шара и Северного полушария // Географический вестник. 2018. № 1 (44). С. 90–95.
8. Гуцина Д., Девишт Б. Явление Эль-Ниньо и его влияние на процессы в атмосфере и океане // Труды Государственного океанографического института. 2016. № 217. С. 184–208.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

9. Калинин Н.А. Условия формирования и прогноз сильных осадков с помощью индексов неустойчивости атмосферы на территории Уральского Прикамья // Географический вестник. 2019. № 4 (51). С. 96–112.
10. Лубков А., Воскресенская Е., Марчукова О. Современная классификация Эль-Ниньо и сопоставление соответствующих климатических откликов в Атлантико-Евразийском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 7. С. 94–100.
11. Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н. Классификация явлений Ла-Нинья и их влияние на климат Атлантико-Европейского региона. Севастополь: ИПТС, 2023. 156 с.
12. Маслова В.Н., Вышкваркова Е.В., Коваленко О.Ю. Климатические особенности на побережье Чёрного моря и их изменения в связи с событиями Эль-Ниньо // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2016. № 3. С. 67–72.
13. Нестеров Е. О влиянии североатлантического и восточно-атлантического колебаний на формирование опасного волнения в Северной Атлантике // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2016. (362). С. 83–91.
14. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Современные глобальные и региональные изменения климата // Географический вестник. 2006. № 2. С. 84–96.
15. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Неоднородность изменения температурного режима Земли в XIX–XXI столетиях // Географический вестник. 2011. № 3. С. 46–58.
16. Пицальникова Е.В. Циркуляционные условия формирования обильных снегопадов в Пермском крае // Географический вестник. 2016. № 1 (36). С. 70–77.
17. Рысалиева Л.С., Сальников В.Г. Исследование атмосферной засухи в Центральной Азии // Географический вестник. 2021. № 2 (57). С. 110–120.
18. Alexandersson H., Tuomenvirta H., Schmith T, Iden K. Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set // Climate Research. 2000. (14). P. 71–73.
19. Alpert P., Baldi M, Iani R, Krichak S, Price C, Rodó X, Saaroni H., Ziv B., Kishcha P., Barkan J., Mariotti A., Xoplaki E. Relations between climate variability in the Mediterranean region and the tropics: ENSO, South Asian and African monsoons, hurricanes and Saharan dust / eds P. Lionello, R. Malanotte-Rizzoli, R. Boscolo. Elsevier, 2006. P. 149–177.
20. Ashok K., Behera S.K., Rao S.A., Weng H., Yamagata T. An unusual coupled mode in the tropical Pacific during 2004 // J. Geophys. Res. 2007. (112).
21. Awad A.M., Almazroui M. Climatology of the winter Red Sea trough // Atmospheric Research. 2016. (182). P. 20–29.
22. Behera S., Ratnam J.V., Masumoto Y., Yamagata T. Origin of extreme summers in Europe: the Indo-Pacific connection // Climate dynamics. 2013. (41). P. 663–676.
23. Brönnimann S. Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate // Reviews of Geophysics. 2007. No. 3 (45). P. 2006RG000199.
24. Callahan C.W., Mankin J.S. Persistent effect of El Niño on global economic growth // Science. 2023. No. 6649 (380). P. 1064–1069.
25. Comas-Bru L., McDermott F. Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2014. No. 679 (140). P. 354–363.
26. Diaz H.F., Markgraf V. El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts / H.F. Diaz, V. Markgraf, Cambridge University Press. 2000.
27. Dilley M., Heyman B.N. ENSO and disaster: Droughts, floods and El Niño/Southern Oscillation warm events // Disasters. 1995. No. 3 (19). P. 181–193.
28. Ding S., Chen W., Feng J., Graf H.F. Combined Impacts of PDO and Two Types of La Niña on Climate Anomalies in Europe // Journal of Climate. 2017. No. 9 (30). P. 3253–3278.
29. Dünkeloh A., Jacobeit J. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98 // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. 2003. No. 15 (23). P. 1843–1866.
30. Enfield D.B., Mestas-Núñez A.M. Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns // Journal of Climate. 1999. No. 9 (12). P. 2719–2733.
31. Feldstein S.B., Franzke C. Are the North Atlantic Oscillation and the northern annular mode distinguishable? // Journal of the Atmospheric Sciences. 2006. No. 11 (63). P. 2915–2930.
32. García-Herrera R., Barriopedro D. Climate of the Mediterranean region. 2018.
33. García-Serrano J., Rodríguez-Fonseca B., Bladé I., Zurita-Gotor P., de La Cámara A. Rotational atmospheric circulation during North Atlantic-European winter: the influence of ENSO // Climate dynamics. 2011. (37). P. 1727–1743.
34. Graf H., Zanchetin D. Central Pacific El Niño, the “subtropical bridge,” and Eurasian climate // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2012. № D1 (117). P. 2011JD016493.
35. Gushchina D., Dewitte B. Decadal modulation of the relationship between intraseasonal tropical variability and ENSO // Climate Dynamics. 2019. No. 3–4 (52). P. 2091–2103.
36. Haylock M.R., Goodess C.M. Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation // International Journal of Climatology. 2004. №=No. 6 (24). P. 759–776.
37. Herceg Bulić I., Branković Č., Kucharski F. Winter ENSO teleconnections in a warmer climate // Climate dynamics. 2012. (38). P. 1593–1613.
38. Hochman A., Harpaz T., Saaroni H., Alpert P. Synoptic classification in 21st century CMIP5 predictions over the Eastern Mediterranean with focus on cyclones // International Journal of Climatology. 2018. No. 3 (38). P. 1476–1483.
39. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twenty-first century: the Eastern Mediterranean as an example // Climate Dynamics. 2020. No. 1–2 (54). P. 561–574.
40. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project Routledge. 2018. P. 146–194.
41. Karabörk M.Ç., Kahya E. The links between the categorised Southern Oscillation indicators and climate and hydrologic variables in Turkey // Hydrological Processes: An International Journal. 2009. No. 13 (23). P. 1927–1936.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

42. Kitzberger T., Swetnam T.W., Veblen T.T. Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño-Southern Oscillation // *Global Ecology and Biogeography*. 2001. No. 3 (10). P. 315–326.
43. Krasnyuk T., Nesterov E. Characteristics of deep cyclones and extreme waves in the North Atlantic from the ERA-Interim reanalysis data // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2015. (40). P. 191–198.
44. Krichak S., Tsidulko M., Alpert P. Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the eastern Mediterranean // *Theoretical and Applied Climatology*. 2000. (65). P. 215–229.
45. Kucharski F., Parvin A., Rodriguez-Fonseca B., Farneti R., Martin-Rey M., Polo I., Mohino E., Losada T., Mechoso C.R. The teleconnection of the tropical Atlantic to Indo-Pacific sea surface temperatures on inter-annual to centennial time scales: a review of recent findings // *Atmosphere*. 2016. No. 2 (7). P. 29.
46. Larkin N.K., Harrison D. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter // *Geophysical Research Letters*. 2005. No. 16 (32).
47. Latif M., Grötzner A. The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO // *Climate Dynamics*. 2000. (16). P. 213–218.
48. Li J., Fan K., Zhou L. Satellite observations of El Niño impacts on Eurasian spring vegetation greenness during the period 1982–2015 // *Remote Sensing*. 2017. No. 7 (9). P. 628.
49. Logothetis I., Dafka S., Tourpali K., Misios S., Zanis P., Xoplaki E., Luterbacher J., Papagianoulis E. The Southeast Asian monsoon and El Niño–Southern Oscillation impact on the summer atmospheric circulation of East Mediterranean during 20th century based on ERA-20C and CMIP5 simulations // *International Journal of Climatology*. 2022. No. 9 (42). P. 4893–4908.
50. Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V. Forecasting El Niño/La Niña and Their Types Using Neural Networks // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2020. No. 11 (45). P. 806–813.
51. Maheras P., Xoplaki E., Kutiel H. Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990 // *Theoretical and Applied Climatology*. 1999. (64). P. 189–199.
52. Mariotti A., Zeng N., Lau K.-M. Euro-Mediterranean rainfall and ENSO—a seasonally varying relationship // *Geophysical Research Letters*. 2002. No. 12 (29).
53. Maslova V., Voskresenskaya E., Yurovsky A., Bardin M. Winter cyclone regimes over the North Atlantic region // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. No. 3–4 (148). P. 1689–1711.
54. Maslova V.N., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S., Zhuravskiy V.Yu. Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region // Сборник материалов международной научно-технической конференции GREG 2022: Эмиссия парниковых газов сегодня и в геологическом прошлом: источники, влияние на климат и геологическую среду. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. С. 32.
55. Maslova V., Voskresenskaya E., Bardin M. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region // *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2010. No. 4 (11). P. 1366–1372.
56. Matulla C., Schöner W., Alexandersson H., Von Storch H., Wang X. European storminess: late nineteenth century to present // *Climate Dynamics*. 2008. (31). P. 125–130.
57. Moore G., Renfrew I. Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode // *Atmospheric Science Letters*. 2012. No. 1 (13). P. 1–8.
58. Nesterov E. Variability of atmospheric and ocean characteristics in the Atlantic-European region during the El Niño and La Niña events // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2000. P. 74–83.
59. Nesterov E. East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2009. № 12 (34). P. 794–800.
60. Newman M., Compo G.P., Alexander M.A. ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation // *Journal of Climate*. 2003. No. 23 (16). P. 3853–3857.
61. Pokhrel S., Chaudhari H., Saha S.K., Dhakate A., Yadav R., Salunke K., Mahapatra S., Rao S.A. ENSO, IOD and Indian Summer Monsoon in NCEP climate forecast system // *Climate dynamics*. 2012. (39). P. 2143–2165.
62. Polonsky A.B., Basharin D.V. How strong is the impact of the Indo-ocean dipole on the surface air temperature/sea level pressure anomalies in the Mediterranean region? // *Global and Planetary Change*. 2017. (151). P. 101–107.
63. Pozo-Vázquez D., Esteban-Parra M., Rodrigo F., Castro-Díez Y. The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region // *Journal of Climate*. 2001. No. 16 (14). P. 3408–3420.
64. Pozo-Vázquez D., Gámiz-Fortis S., Tovar-Pescador J., Esteban-Parra M., Castro-Díez Y. El Niño–Southern Oscillation events and associated European winter precipitation anomalies // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2005. No. 1 (25). P. 17–31.
65. Rogers J., McHugh M. On the separability of the North Atlantic oscillation and Arctic oscillation // *Climate Dynamics*. 2002. (19). P. 599–608.
66. Sun X., Renard B., Thyer M., Westra S., Lang M. A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation // *Journal of Hydrology*. 2015. (530). P. 51–65.
67. Timmermann A. Decadal ENSO amplitude modulations: A nonlinear paradigm // *Global and Planetary Change*. 2003. No. 1–2 (37). P. 135–156.
68. Toniazzo T., Scaife A.A. The influence of ENSO on winter North Atlantic climate // *Geophysical Research Letters*. 2006. № 24 (33).
69. Trenberth K.E., Hurrell J.W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific // *Climate Dynamics*. 1994. (9). P. 303–319.
70. Ulbrich U., Leckebusch G.C., Pinto J.G. Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review // *Theoretical and Applied Climatology*. 2009. No. 1–2 (96). P. 117–131.
71. Verdon D.C., Franks S.W. Long-term behaviour of ENSO: Interactions with the PDO over the past 400 years inferred from paleoclimate records // *Geophysical Research Letters*. 2006. No. 6 (33).
72. Vicente-Serrano S.M., López-Moreno J.I., Gimeno L., Nieto R., Morán-Tejeda E., Lorenzo-Lacruz J., Beguería S., Azorin-Molina C. A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011. No. D20 (116).

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

73. Voskresenskaya E., Marchukova O., Maslova V., Lubkov A. Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Nina types Kazan: IOP Publishing, 2018. P. 012043.
74. Voskresenskaya E., Marchukova O. Qualitative classification of the La Niña events // *Physical Oceanography*. 2015. No. 3. P. 14–24.
75. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. No. 1 (53). P. 111–119.
76. Wang X.L., Zwiers F.W., Swail V.R., Feng Y. Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic region, 1874–2007 // *Climate Dynamics*. 2009. (33). P. 1179–1195.
77. Wang X.L., Wan H., Zwiers F.W., Swail V.R., Compo G.P., Allan R.J., Vose R.S., Jourdain S., Yin X. Trends and low-frequency variability of storminess over western Europe, 1878–2007 // *Climate Dynamics*. 2011. (37). P. 2355–2371.
78. Xue J., Luo J., Zhang W., Yamagata T. ENSO–IOD Inter-Basin Connection Is Controlled by the Atlantic Multidecadal Oscillation // *Geophysical Research Letters*. 2022. No. 24 (49). P. e2022GL101571.
79. Yeh S., Kirtman B.P. Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation // *Geophysical Research Letters*. 2005. No. 5 (32).
80. Yu J.-Y., Kao H.-Y. Decadal changes of ENSO persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958–2001 // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2007. No. D13 (112).
81. Zhang P., Wu Z. Insight into Asymmetry in the Impact of Different Types of ENSO on the NAO // *Climate*. 2023. No. 7 (11). P. 136.
82. Zhang W., Wang Z., Stuecker M.F., Turner A.G., Jin F.F., Geng X. Impact of ENSO longitudinal position on teleconnections to the NAO // *Climate Dynamics*. 2019. (52). P. 257–274.
83. Zheleznova I., Gushchina D.Y. The response of global atmospheric circulation to two types of El Niño // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2015. (40). P. 170–179.
84. Zheleznova I., Gushchina D.Y. Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. (41). P. 760–769.
85. Ziv B., Saaroni H., Alpert P. The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2004. No. 14 (24). P. 1859–1871.

References

1. Bardin, M. (1995) “Izmenchivost' kharakteristiki tsiklonichnosti v sredney troposfere umerennykh shirot Severnogo polushariya” [Variability of cyclonicity characteristics in the middle troposphere of the temperate latitudes of the Northern Hemisphere], *Meteorology and Hydrology*, 11, pp. 24–37.
2. Bardin, M.Yu. (1994) *Characteristics of cyclonicity in the extratropical zone of the Northern hemisphere in the tasks of diagnosis and climate prediction*: abstract of the dissertation for the degree of candidate of physical and mathematical sciences. Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia.
3. Voskresenskaya, E., Lubkov, A., Marchukova, O. (2015) “El-Niño spatial classification and conditions of 2015 events”, *Monitoring systems of environment*, (2), pp. 80–90.
4. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2015) “Qualitative classification of the La Nina events”, *Physical Oceanography*, (3 (183)), pp. 14–24.
5. Voskresenskaya, E., Maslova, V. (2010) “Klimaticheskaya kharakteristika tsiklonicheskoy aktivnosti v severotikhookeanskom regione” [Climatic characteristics of cyclonic activity in the North Pacific region], *Monitoring systems of environment*, (13), pp. 180–184.
6. Vyshkvarkova, E., Maslova, V. (2018) “Precipitation features on the Black Sea coast of Russia in connection with different types of La Niña events”, *Monitoring systems of environment*, 31(11), pp. 79–82.
7. Gedzenko, D.V., Zadorozhnaya, T.N., Zakusilov, V.P. (2018) “Investigation of asynchronous relations between the thermal regime of the near-equatorial zone of the Earth and the Northern hemisphere”, *Geographical bulletin*, (1 (44)), pp. 90–95.
8. Gushchina, D., Dewitte, B. (2016) “El Niño Southern Oscillation and its influence on the ocean-atmosphere processes”, *SOI (State Oceanographic Institute) Proceedings*, (217), pp. 184–208.
9. Kalinin, N.A. (2019) “Heavy precipitation formation conditions and forecasting with the atmospheric instability indices in the territory of Ural Prikamye”, *Geographical bulletin*, (4 (51)), pp. 96–112.
10. Lubkov, A., Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2017) “Recent El-Niño classification and associated climate response comparisons for the Atlantic-Eurasian region”, *Monitoring systems of environment*, (7), pp. 94–100.
11. Marchukova, O., Voskresenskaya, E. (2023) *La-Niña classification and their influence on the climate of the Atlantic-European region*. Institute of Natural and Technical Systems [IPTS], Sevastopol, Russia.
12. Maslova, V.N., Vyshkvarkova, E.V., Kovalenko O.Yu. (2016) “Climatic features on the Black Sea coast and their changes in connection with El Niño events” [Klimaticheskiye osobennosti na poberezh'ye Chornogo morya i ikh izmeneniya v svyazi s sobytiyami El-Nin'o], *Use and protection of natural resources of Russia*, (3), pp. 67–72.
13. Nesterov, E.S. (2016) “Influence of the North Atlantic and East Atlantic oscillations on formation of dangerous waves in the North Atlantic”, *Proceedings of Hydrometcentre of Russia*, 362, pp. 83–91.
14. Perevedentsev, J.P., Naumov, E.P., Shantalinsky, K.M. (2006) “Modern global and regional climate changes” [Sovremennyye global'nyye i mezhdunarodnyye izmeneniya klimata], *Geographical bulletin*, (2), pp. 84–96.
15. Perevedentsev, J.P., Shantalinsky, K.M. (2011) “Heterogeneity of change of the temperature mode of the Earth in XIX–XXI centuries”, *Geographical bulletin*, (3), pp. 46–58.
16. Pischalnikova, E.V. (2016) “Circulation conditions of abundant snowfalls formation in Perm region”, *Geographical bulletin*, (1 (36)), pp. 70–77.
17. Ryssaliyeva, L.S., Salmikov, V.G. (2021) “Study of atmospheric drought in Central Asia”, *Geographical bulletin*, (2 (57)), pp. 110–120.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

- 18 Alexandersson, H., Tuomenvirta, H., Schmith, T., Iden, K. (2000) "Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set", *Climate Research*, 14, pp. 71–73. Available at: <https://doi.org/10.3354/cr014071>.
19. Alpert, P., Baldi, M., Ilani, R., Krichak, S., Price, C., Rodó, X., Saaroni, H., Ziv, B., Kishcha, P., Barkan, J., Mariotti, A., Xoplaki, E. (2006) "Relations between climate variability in the Mediterranean region and the tropics: ENSO, South Asian and African monsoons, hurricanes and Saharan dust", in P. Lionello, R. Malanotte-Rizzoli, and R. Boscolo (eds) *Developments in Earth and Environmental Sciences*. Elsevier, pp. 149–177. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1571-9197\(06\)80005-4](https://doi.org/10.1016/S1571-9197(06)80005-4).
20. Ashok, K., Behera, S.K., Rao, S.A., Weng, H., Yamagata, T. (2007) "An unusual coupled mode in the tropical Pacific during 2004", *J. Geophys. Res.*, 112.
21. Awad, A.M., Almazroui, M. (2016) "Climatology of the winter Red Sea trough", *Atmospheric Research*, 182, pp. 20–29.
22. Behera, S., Ratnam, J.V., Masumoto, Y., Yamagata, T. (2013) "Origin of extreme summers in Europe: the Indo-Pacific connection", *Climate dynamics*, 41, pp. 663–676.
23. Brönnimann, S. (2007) "Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate", *Reviews of Geophysics*, 45(3), p. 2006RG000199. Available at: <https://doi.org/10.1029/2006RG000199>.
24. Callahan, C.W., Mankin, J.S. (2023) "Persistent effect of El Niño on global economic growth", *Science*, 380(6649), pp. 1064–1069.
25. Comas-Bru, L., McDermott, F. (2014) "Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(679), pp. 354–363.
26. Diaz, H.F., Markgraf, V. (2000) *El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*. Cambridge University Press.
27. Dilley, M., Heyman, B.N. (1995) "ENSO and disaster: Droughts, floods and El Niño/Southern Oscillation warm events", *Disasters*, 19(3), pp. 181–193.
28. Ding, S., Chen, W., Feng, J., Graf, H.F. (2017) "Combined Impacts of PDO and Two Types of La Niña on Climate Anomalies in Europe", *Journal of Climate*, 30(9), pp. 3253–3278. Available at: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0376.1>.
29. Dünkeloh, A., Jacobeit, J. (2003) "Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98", *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(15), pp. 1843–1866.
30. Enfield, D.B., Mestas-Núñez, A.M. (1999) "Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns", *Journal of Climate*, 12(9), pp. 2719–2733.
31. Feldstein, S.B., Franzke, C. (2006) "Are the North Atlantic Oscillation and the northern annular mode distinguishable?", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 63(11), pp. 2915–2930.
32. García-Herrera, R., Barriopedro, D. (2018) "Climate of the Mediterranean region", in *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*.
33. García-Serrano, J., Rodríguez-Fonseca, B., Bladé, I., Zurita-Gotor, P., de La Cámara, A. (2011) "Rotational atmospheric circulation during North Atlantic-European winter: the influence of ENSO", *Climate dynamics*, 37, pp. 1727–1743.
34. Graf, H., Zanchettin, D. (2012) "Central Pacific El Niño, the "subtropical bridge," and Eurasian climate", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D1), p. 2011JD016493. Available at: <https://doi.org/10.1029/2011JD016493>.
35. Gushchina, D., Dewitte, B. (2019) "Decadal modulation of the relationship between intraseasonal tropical variability and ENSO", *Climate Dynamics*, 52(3–4), pp. 2091–2103.
36. Haylock, M.R., Goodess, C.M. (2004) "Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation", *International Journal of Climatology*, 24(6), pp. 759–776. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.1033>.
37. Hecceg Bulić, I., Branković, Č., Kucharski, F. (2012) "Winter ENSO teleconnections in a warmer climate", *Climate dynamics*, 38, pp. 1593–1613.
38. Hochman, A., Harpaz, T., Saaroni, H., Alpert, P. (2018) "Synoptic classification in 21st century CMIP5 predictions over the Eastern Mediterranean with focus on cyclones", *International Journal of Climatology*, 38(3), pp. 1476–1483. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.5260>.
39. Hochman, A., Alpert, P., Kunin, P., Rostkier-Edelstein, D., Harpaz, T., Saaroni, H., Messori, G. (2020) "The dynamics of cyclones in the twenty-first century: the Eastern Mediterranean as an example", *Climate Dynamics*, 54(1–2), pp. 561–574. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05017-3>.
40. Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J. (2018) "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project", in *Renewable energy*. 1st Edition. Routledge, pp. 146–194.
41. Karabörk, M.Ç., Kahya, E. (2009) "The links between the categorised Southern Oscillation indicators and climate and hydrologic variables in Turkey", *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(13), pp. 1927–1936.
42. Kitzberger, T., Swetnam, T.W., Veblen, T.T. (2001) "Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño–Southern Oscillation", *Global Ecology and Biogeography*, 10(3), pp. 315–326.
43. Krasnyuk, T., Nesterov, E. (2015) "Characteristics of deep cyclones and extreme waves in the North Atlantic from the ERA-Interim reanalysis data", *Russian Meteorology and Hydrology*, 40, pp. 191–198.
44. Krichak, S., Tsidulko, M., Alpert, P. (2000) "Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the eastern Mediterranean", *Theoretical and Applied Climatology*, 65, pp. 215–229.
45. Kucharski, F., Parvin, A., Rodríguez-Fonseca, B., Farneti, R., Martin-Rey, M., Polo, I., Mohino, E., Losada, T., Mechoso, C.R. (2016) "The teleconnection of the tropical Atlantic to Indo-Pacific sea surface temperatures on inter-annual to centennial time scales: a review of recent findings", *Atmosphere*, 7(2), p. 29.
46. Larkin, N.K., Harrison, D. (2005) "Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter", *Geophysical Research Letters*, 32(16).
47. Latif, M., Grötzner, A. (2000) "The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO", *Climate Dynamics*, 16, pp. 213–218.
48. Li, J., Fan, K., Zhou, L. (2017) "Satellite observations of El Niño impacts on Eurasian spring vegetation greenness during the period 1982–2015", *Remote Sensing*, 9(7), p. 628.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

49. Logothetis, I., Dafka, S., Tourpali, K., Misios, S., Zanis, P., Xoplaki, E., Luterbacher, J., Papagianoulis, E. (2022) "The Southeast Asian monsoon and El Niño–Southern Oscillation impact on the summer atmospheric circulation of East Mediterranean during 20th century based on ERA-20C and CMIP5 simulations", *International Journal of Climatology*, 42(9), pp. 4893–4908.
50. Lubkov, A.S., Voskresenskaya, E.N., Marchukova, O.V. (2020) "Forecasting El Niño/La Niña and Their Types Using Neural Networks", *Russian Meteorology and Hydrology*, 45(11), pp. 806–813. Available at: <https://doi.org/10.3103/S1068373920110084>.
51. Maheras, P., Xoplaki, E., Kutiel, H. (1999) "Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990", *Theoretical and Applied Climatology*, 64, pp. 189–199.
52. Mariotti, A., Zeng, N., Lau, K. -M. (2002) "Euro-Mediterranean rainfall and ENSO—a seasonally varying relationship", *Geophysical Research Letters*, 29(12). Available at: <https://doi.org/10.1029/2001GL014248>.
53. Maslova, V., Voskresenskaya, E., Yurovsky, A., Bardin, M. (2022) "Winter cyclone regimes over the North Atlantic region", *Theoretical and Applied Climatology*, 148(3–4), pp. 1689–1711. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04018-3>.
54. Maslova, V.N., Voskresenskaya, E.N., Lubkov, A.S., Zhuravskiy, V.Yu. "Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region", Proceedings of the International Research Conference GREG 2022: Greenhouse Gas Emissions Today and in the Geological Past: Sources, impact on climate and environment. Kazan: Kazan University, 2022. C. 32.
55. Maslova, V., Voskresenskaya, E., Bardin, M. (2010) "Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region", *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 11(4), pp. 1366–1372.
56. Matulla, C., Schöner, W., Alexandersson, H, Von Storch, H, Wang, X. (2008) "European storminess: late nineteenth century to present", *Climate Dynamics*, 31, pp. 125–130.
57. Moore, G., Renfrew, I. (2012) "Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode", *Atmospheric Science Letters*, 13(1), pp. 1–8.
58. Nesterov, E. (2000) "Variability of atmospheric and ocean characteristics in the Atlantic-European region during the El Niño and La Niña events", *Russian Meteorology and Hydrology*, pp. 74–83.
59. Nesterov, E. (2009) "East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation", *Russian Meteorology and Hydrology*, 34(12), pp. 794–800.
60. Newman, M., Compo, G.P., Alexander, M.A. (2003) "ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation", *Journal of Climate*, 16(23), pp. 3853–3857.
61. Pokhrel, S., Chaudhari, H., Saha, S.K., Dhakate, A., Yadav, R., Salunke, K., Mahapatra, S., Rao, S.A. (2012) "ENSO, IOD and Indian Summer Monsoon in NCEP climate forecast system", *Climate dynamics*, 39, pp. 2143–2165.
62. Polonsky, A.B., Basharin, D.V. (2017) "How strong is the impact of the Indo-ocean dipole on the surface air temperature/sea level pressure anomalies in the Mediterranean region?", *Global and Planetary Change*, 151, pp. 101–107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.11.007>.
63. Pozo-Vázquez, D., Esteban-Parra, M., Rodrigo, F., Castro-Diez, Y. (2001) "The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region", *Journal of Climate*, 14(16), pp. 3408–3420.
64. Pozo-Vázquez, D., Gámiz-Fortis, S., Tovar-Pescador, J., Esteban-Parra, M., Castro-Diez, Y. (2005) "El Niño–Southern Oscillation events and associated European winter precipitation anomalies", *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(1), pp. 17–31.
65. Rogers, J., McHugh, M. (2002) "On the separability of the North Atlantic oscillation and Arctic oscillation", *Climate Dynamics*, 19, pp. 599–608.
66. Sun, X., Renard, B., Thyer, M., Westra, S., Lang, M. (2015) "A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation", *Journal of Hydrology*, 530, pp. 51–65.
67. Timmermann, A. (2003) "Decadal ENSO amplitude modulations: A nonlinear paradigm", *Global and Planetary Change*, 37(1–2), pp. 135–156.
68. Toniazzo, T., Scaife, A.A. (2006) "The influence of ENSO on winter North Atlantic climate", *Geophysical Research Letters*, 33(24).
69. Trenberth, K.E., Hurrell, J.W. (1994) "Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific", *Climate Dynamics*, 9, pp. 303–319.
70. Ulbrich, U., Leckebusch, G.C., Pinto, J.G. (2009) "Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review", *Theoretical and Applied Climatology*, 96(1–2), pp. 117–131. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0083-8>.
71. Verdon, D.C., Franks, S.W. (2006) "Long-term behaviour of ENSO: Interactions with the PDO over the past 400 years inferred from paleoclimate records", *Geophysical Research Letters*, 33(6).
72. Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Gimeno, L., Nieto, R., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Beguería, S., Azorin-Molina, C. (2011) "A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D20).
73. Voskresenskaya, E., Marchukova, O., Maslova, V., Lubkov, A. (2018) "Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Niña types", in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3rd International Conference Environment and Sustainable Development of Territories: Ecological Challenges of the 21st Century 27–29 September 2017*, Kazan: IOP Publishing, p. 012043.
74. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2015) "Qualitative classification of the La Niña events", *Physical Oceanography*, (3), pp. 14–24.
75. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2017) "Spatial classification of La Niña events", *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 53(1), pp. 111–119.
76. Wang, X.L., Zwiers, F.W., Swail, V.R., Feng, Y. (2009) "Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic region, 1874–2007", *Climate Dynamics*, 33, pp. 1179–1195.
77. Wang, X.L., Wan, H., Zwiers, F.W., Swail, V.R., Compo, G.P., Allan, R.J., Vose, R.S., Jourdain, S., Yin, X. (2011) "Trends and low-frequency variability of storminess over western Europe, 1878–2007", *Climate Dynamics*, 37, pp. 2355–2371.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

78. Xue, J., Luo, J., Zhang, W., Yamagata, T. (2022) “ENSO–IOD Inter-Basin Connection Is Controlled by the Atlantic Multidecadal Oscillation”, *Geophysical Research Letters*, 49(24), p. e2022GL101571.
79. Yeh, S., Kirtman, B.P. (2005) “Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation”, *Geophysical Research Letters*, 32(5).
80. Yu, J.-Y., Kao, H.-Y. (2007) “Decadal changes of ENSO persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958–2001”, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D13).
81. Zhang, P., Wu, Z. (2023) “Insight into Asymmetry in the Impact of Different Types of ENSO on the NAO”, *Climate*, 11(7), p. 136.
82. Zhang, W., Wang, Z., Stuecker, M.F., Turner, A.G., Jin, F.F., Geng, X. (2019) “Impact of ENSO longitudinal position on teleconnections to the NAO”, *Climate Dynamics*, 52, pp. 257–274.
83. Zheleznova, I., Gushchina, D.Y. (2015) “The response of global atmospheric circulation to two types of El Niño”, *Russian Meteorology and Hydrology*, 40, pp. 170–179.
84. Zheleznova, I., Gushchina, D.Y. (2016) “Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño”, *Russian Meteorology and Hydrology*, 41, pp. 760–769.
85. Ziv, B., Saaroni, H., Alpert, P. (2004) “The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean”, *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(14), pp. 1859–1871.

Статья поступила в редакцию: 12.03.2024, одобрена после рецензирования: 24.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 12 March 2024; approved after review: 24 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Вероника Николаевна Маслова

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата, Институт природно-технических систем;

299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: veronika_maslova@mail.ru

Information about the authors

Veronika N. Maslova

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Large-scale Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change, Institute of Natural and Technical Systems;

28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Елена Николаевна Воскресенская

доктор географических наук, профессор, заведующая лабораторией крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата

«Институт природно-технических систем;

299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: elena_voskr@mail.ru

Elena N. Voskresenskaya

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Large-scale Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change, Institute of Natural and Technical Systems;

28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Вклад авторов

Маслова В. Н. – идея статьи, обработка и анализ данных, написание статьи.

Воскресенская Е. Н. – идея исследования, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Veronika N. Maslova – the idea of the article; data processing and analysis; writing of the article.

Elena N. Voskresenskaya – the idea of the study; writing of the article, scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.