

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.513.7

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136

EDN: QOFZQB

**АНОМАЛИИ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ****Вероника Николаевна Маслова¹, Елена Николаевна Воскресенская², Андрей Сергеевич Лубков³**^{1, 2, 3} Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия¹ veronika_maslova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9134-9539, ResearcherID: G-8994-2017, Scopus Author ID: 36863956600, SPIN-код: 8508-4223, eLibrary Author ID: 916757² elena_voskr@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4889-0180, ResearcherID: AAD-9583-2019, Scopus Author ID: 57114965600, SPIN-код: 3183-6409, eLibrary Author ID: 169689³ andrey-ls2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2578-5548, ResearcherID: W-3156-2019, Scopus Author ID: 57191481458, SPIN-код: 1912-7224, eLibrary Author ID: 915751

Аннотация. Для долгосрочного климатического прогнозирования, рационального природопользования и стратегического планирования в Черноморско-Средиземноморском регионе необходимо учитывать закономерности межгодовой-междесятилетней изменчивости циклонической активности, обусловленные климатическими процессами не только Северной Атлантики, но и всего полушария. Работа посвящена анализу пространственно-временных особенностей частоты и средних траекторий циклонов Черноморско-Средиземноморского региона на фоне Атлантико-Европейского региона в противоположные фазы основных климатических колебаний Северного полушария. Циклоны выделены с использованием 6-часовых данных реанализа NCEP/NCAR о приземном атмосферном давлении и двух независимых методик. Получены следующие основные выводы. Средиземноморское и Западно-Средиземноморское колебания как процессы региональной трансформации более масштабных колебаний Атлантико-Европейского региона могут служить потенциальными предикторами для регионов выхода южных (средиземноморских) циклонов. В отрицательные фазы колебаний циклоническая активность возрастает на западе или в центре Черноморско-Средиземноморского региона. В зимне-весенний период в отрицательные фазы Арктического, Североатлантического, Восточноатлантического колебаний траектории циклонов проходят южнее, воздвигая на Черноморско-Средиземноморский регион. Среди блокирующих колебаний отрицательная фаза моды Восточная Атлантика / Западная Россия характеризуется увеличением частоты циклонов в центре Средиземноморского региона, а в отрицательные фазы Скандинавского и Полярно-Евразийского колебаний циклоническая активность понижена на западе и востоке Средиземноморья. Климатические колебания, характеризующие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения, проявляются в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона с преобладанием отрицательной корреляции: Тропики-Северное полушарие и Западно-Тихоокеанское – зимой, Тихоокеанско-Североамериканское – весной, Восточнотихоокеанское-Северотихоокеанское – осенью. Влияние климатических колебаний, определяемых по температуре поверхности океана, может модулировать межгодовые климатические сигналы Атлантико-Европейского региона в весенний период. При этом частота циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе возрастает при Ла-Нинья и в отрицательные фазы Атлантического междесятилетнего и Тихоокеанского десятилетнего колебания. Выявленные закономерности проявлений 15-ти климатических сигналов составляют основу для дальнейшего исследования процессов формирования аномалий регионального климата.

Ключевые слова: повторяемость циклонов, штормтреки, Черноморский регион, Западное Средиземноморье, Восточное Средиземноморье, барические моды, климатические индексы

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы госзадания ИПТС «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера», номер гос. регистрации 124013000609-2.

Для цитирования: Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С. Аномалии циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи с климатическими колебаниями северного полушария // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 109–136. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136 EDN: QOFZQB



METEOROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136

EDN: QOFZQB

ANOMALIES OF CYCLONIC ACTIVITY IN THE BLACK SEA – MEDITERRANEAN REGION
AND THE NORTHERN HEMISPHERE TELECONNECTION PATTERNSVeronika N. Maslova¹, Elena N. Voskresenskaya², Andrey S. Lubkov³^{1, 2, 3} Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia¹ veronika_maslova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9134-9539, ResearcherID: G-8994-2017, Scopus Author ID: 36863956600, SPIN-code: 8508-4223, eLibrary Author ID: 916757² elena_voskr@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4889-0180, ResearcherID: AAD-9583-2019, Scopus Author ID: 57114965600, SPIN-code: 3183-6409, eLibrary Author ID: 169689³ andrey-ls2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2578-5548, ResearcherID: W-3156-2019, Scopus Author ID: 57191481458, SPIN-code: 1912-7224, eLibrary Author ID: 915751

Abstract. For long-term climate prediction, rational use of natural resources, and strategic planning in the Black Sea–Mediterranean region, it is necessary to take into account the patterns of interannual-interdecadal variability of cyclonic activity associated with climate patterns not only in the North Atlantic but also in the entire hemisphere. The paper analyzes the spatiotemporal features of the frequency and average trajectories of cyclones in the Black Sea–Mediterranean region against the background of the Atlantic–European region in the opposite phases of the main climatic oscillations in the Northern Hemisphere. Cyclones were identified using 6-hourly NCEP/NCAR reanalysis data on sea level pressure and two independent methodologies. The following main conclusions have been obtained. The Mediterranean and Western Mediterranean oscillations, as processes of regional transformation of the larger-scale oscillations in the Atlantic–European region, can serve as potential predictors for the exit regions of the southern (Mediterranean) cyclones. In the negative phases, cyclonic activity increases in the west or in the center of the Black Sea–Mediterranean region. In the winter–spring period, during the negative phases of the Arctic, North Atlantic, and East Atlantic Oscillations, the cyclone trajectories shift to the south, affecting the Black Sea–Mediterranean region. Among the blocking oscillations, the negative phase of the East Atlantic/Western Russia pattern is characterized by an increase in the frequency of cyclones in the center of the Mediterranean region, while in the negative phases of the Scandinavia and Polar/Eurasia patterns, cyclonic activity is reduced in the west and east of the Mediterranean. Climate patterns that characterize the position and intensity of the Pacific jet stream are manifested in the cyclonic activity of the Black Sea–Mediterranean region mainly with negative correlation: the Tropical/Northern Hemisphere and the West Pacific patterns in winter, the Pacific/North American pattern in spring, and the East Pacific–North Pacific pattern in autumn. The influence of climate oscillations determined by sea surface temperature can modulate the interannual climate patterns of the Atlantic–European region in spring. The frequency of cyclones in the Black Sea–Mediterranean region increases during La Niña and during the negative phases of the Atlantic Multidecadal and Pacific Decadal Oscillations. The revealed manifestations of 15 climate patterns form the basis for further research into physical processes of the regional climate anomalies.

Keywords: cyclone frequency, storm tracks, Black Sea region, Western Mediterranean, Eastern Mediterranean, baric modes, climatic indices

Funding. The study was carried out as a state assignment under the topic “Fundamental and applied research into patterns and mechanisms of the formation of regional changes in the natural environment and climate under the influence of global processes in the ocean–atmosphere system” (state registration No. 124013000609-2).

For citation: Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S. Anomalies of cyclonic activity in the Black Sea – Mediterranean region and the Northern Hemisphere teleconnection patterns. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 109–136. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136 EDN: QOFZQB

Введение

Резкие изменения погоды, а также режим климата в средних широтах в целом и в Черноморско-Средиземноморском регионе в частности определяются циклонической активностью [3; 12; 13; 37]. Наиболее мощные циклоны образуются над северными частями Атлантического и Тихого океанов и проявляются в региональном климате изучаемого региона [70].

При этом Черноморско-Средиземноморский регион характеризуется собственным активным местным циклогенезом с выраженной сезонностью механизмов [14; 37; 39; 67; 68; 70]. Зимой процесс циклогенеза зачастую происходит последовательно, образуя группы (кластеры) циклонов, под влиянием синоптических систем, движущихся из Северной Атлантики и взаимодействующих с местной орографией или бароклинностью в области средиземноморского зимнего фронта. Весной и особенно летом основную роль играет понижение давления над сушей, вызванное температурным фактором. Важное влияние оказывают и другие факторы, например распространение Азиатского муссона в восточную часть Средиземноморского региона. Для стран

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Европы средиземноморские циклоны называют южными, а циклоны, выходящие из района Скандинавского полуострова, называют северными (ныряющими).

Естественная межгодовая-междесятилетняя изменчивость циклонической активности и связанные с ней колебания регионального климата Черноморско-Средиземноморского региона находятся под влиянием более масштабных климатических колебаний, происходящих над крупными частями океанов и континентов. Основной механизм этой изменчивости заключается в смещении траекторий циклонов над Атлантико-Европейским регионом в направлении северо-восток – юго-запад в разные фазы Североатлантического колебания (САК), которое является одним из наиболее значимых климатических сигналов межгодового масштаба [27; 66]. В настоящее время известно более десятка климатических колебаний, которые проявляются в циклонической активности (например, [16; 20]). Наряду с САК, по барическому полю тропосферы Северного полушария климатические колебания выделяют в Атлантико-Европейском регионе, над Евразией и северной частью Тихого океана [16]. САК, по-видимому, является частью Северополушарной кольцевой моды или Арктической осцилляции, характеризующей силу полярного вихря [64]. По температуре поверхности Мирового океана определяют межгодовой сигнал Эль-Ниньо (или Южное колебание в атмосфере), а также Тихоокеанское десятилетнее колебание и Атлантическое междесятилетнее колебание [20]. Кроме того, в Черноморско-Средиземноморском регионе действуют региональные климатические колебания давления [19; 40; 41]. Проявления этих климатических сигналов в циклонической активности исследованы в ряде работ отечественных и зарубежных ученых.

Необходимо обратить внимание, что две отечественные методики [2; 77] участвовали в международном проекте IMILAST [48], посвященном сравнению алгоритмов обнаружения и отслеживания внетропических циклонов. Одна из них, а именно методика М. Ю. Бардина, используется в данной работе.

Следует отметить значительные достижения отечественных ученых в исследовании разных аспектов циклонической активности как на глобальном, так и на региональном уровне [1; 2; 12; 58; 60; 65; 77].

Например, в работе [5] выделено три основных ветви штормтреков (зоны повышенной повторяемости зимних циклонов) над Северной Атлантикой: две относительно узкие в северной части и одна более расплывчатая в южной половине. Активизация южной ветви приводит к усилению циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе.

При этом формирование условий повышения циклонической активности в определенных районах во многом зависит от струйных течений, положение которых определяется фазой климатических колебаний [24; 38; 63]. Фронт волны струйного течения распространяется на запад в виде волны Россби, а энергия передается на восток.

Среди работ зарубежных ученых, посвященных исследованию циклонов, [23; 25; 26; 56; 59; 61; 62], в контексте данного исследования важно отдельно указать те, в которых рассматривается Черноморско-Средиземноморский регион [17; 21; 22; 29; 36; 68].

Однако, несмотря на внушительный объем работ по изучению циклонов, ранее не было проведено исследований закономерностей отклика циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе на смену фаз для такого широкого комплекса климатических сигналов Северного полушария.

Исследования в рамках данной работы начинались с изучения циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи с Североатлантическим колебанием и Эль-Ниньо – Южным колебанием как основных климатических сигналов межгодового масштаба. Также рассматривались отклики Атлантической междесятилетней осцилляцией и Тихоокеанской десятилетней осцилляцией (ТДО) как основных сигналов более низкочастотного масштаба [72]. Проведенные исследования также показали, что в циклонах северной части Тихого океана прослеживается отклик на разные типы Эль-Ниньо и ТДО [6]. Это может говорить о том, что циклоны участвуют в механизмах атмосферных мостов передачи тихоокеанского сигнала в Северную Атлантику. Были получены схемы смещения траекторий циклонов в разные фазы рассматриваемых сигналов [7]. Было исследовано совместное влияние рассмотренных сигналов каждого масштаба на изменчивость циклонической активности [7].

В данной работе исследованы проявления всех основных климатических процессов Северного полушария (15 сигналов) в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона. На замену схемам смещения штормтреков рассчитаны средние траектории циклонов в разные фазы межгодовых-междесятилетних климатических сигналов. Основные полученные результаты были доложены на международной научно-исследовательской конференции GREG-2022 [44].

Целью работы является характеристика особенностей циклонической активности (аномалий частоты циклонов и отклонений средних траекторий) в Черноморско-Средиземноморском регионе как части Атлантико-Европейского региона при противоположных фазах основных климатических процессов Северного полушария. Для достижения поставленной цели выполнены две основные задачи: (1) проведена количественная оценка связи частоты циклонов с климатическими индексами; (2) для сезонов с наиболее сильной корреляционной связью получены сводные (композитные) карты циклонической активности при положительных и отрицательных фазах колебаний на основе их ранжированных индексов.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Материал и методы

Параметры циклонов определены на основе 6-часовых данных реанализа NCEP/NCAR [31] о приземном атмосферном давлении (SLP) за 1951–2017 гг. с помощью методов объективной идентификации и трекинга, один из которых разработан в Институте глобального климата и экологии [2], а другой в Институте природно-технических систем [9].

Частота циклонов определялась как количество 6-часовых интервалов за 15-летний период, когда центр циклона наблюдался в ячейке сетки ($2,5 \times 2,5^\circ$). Частота относится ко всем случаям локализации центров циклонов в ячейке сетки. Это означает, что один и тот же циклон добавлялся к частоте до тех пор, пока не покидал ячейку сетки.

Для анализа проявлений в параметрах циклонической активности использовались индексы следующих 6 групп климатических сигналов.

- 1) Региональные климатические колебания:
 - Средиземноморское колебание (СК) [19; 41];
 - Западно-Средиземноморское колебание (ЗСК) [43].
- 2) Колебания Северной Атлантики межгодового масштаба:
 - Североатлантическое колебание (САК) [16; 28];
 - Арктическое колебание (АК) [64; 74];
 - Восточноатлантическое колебание (ВАК) [16].
- 3) Колебания Евразии межгодового масштаба:
 - Колебание Восточная Атлантика / Западная Россия (ВА/ЗР) [16];
 - Скандинавское колебание (СКА) [16];
 - Полярное/Евразийское колебание (Пол/Евр) [16].
- 4) Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба:
 - Мода Западной части Тихого океана (ЗТО) [16; 74];
 - Колебание Восточная часть Тихого океана – Северная часть Тихого океана (ВТО-СТО) [16];
 - Тихоокеанское/Североамериканское колебание (ТО/СА) [16].
- 5) Колебания в тропической зоне межгодового масштаба:
 - Мода Тропики/Северное полушарие (ТСП) [16];
 - Эль-Ниньо–Южное колебание (ЭНЮК), индекс Южного колебания (ЮК) [20; 66].
- 6) Десятилетние–междесятилетние климатические колебания:
 - Атлантическое междесятилетнее колебание (АМО) [20; 32; 33];
 - Тихоокеанское десятилетнее колебание (ТДО) [20; 42].

Индексы региональных колебаний (СК и ЗСК) были рассчитаны с использованием реанализа NCEP/NCAR, остальные индексы получены из Центра прогнозирования климата NOAA [53].

Рассматриваемые климатические сигналы можно объединить в две группы ортогональных индексов:

- САК, ВАК, ВА/ЗР, СКА, Пол/Евр, ЗТО, ВТО-СТО, ТО/СА, ТСП;
- ЭНЮК, АМО, ТДО.

Линейная и синхронная связь индексов между этими группами невысока. В отдельные месяцы/сезоны она может достигать среднего уровня ($r \sim 0,4$). Индексы СК, ЗСК коррелируют в декабре и январе ($r = 0,42 - 0,45$). Индексы САК и АК характеризуются сильной корреляционной связью с декабря по март ($r > 0,7$).

Для выполнения первой задачи был проведен линейный корреляционный анализ Пирсона между индексами климатических сигналов и частотой циклонов, усредненной для следующих регионов (рис. 1): Черноморский регион: 37° с.ш. – 50° с.ш., 27° в.д. – 45° в.д.; Западное Средиземноморье: 35° с.ш. – 47° с.ш., 6° з.д. – 16° в.д.; Восточное Средиземноморье: 29° с.ш. – 41° с.ш., 16° в.д. – 38° в.д.

Корреляции рассчитаны как для синхронных рядов, так и с запаздыванием частоты циклонов от 1 до 11 мес. В работе показаны только значимые (на уровне 90 %) коэффициенты корреляции, определенные с помощью t -критерия Стьюдента.

В рамках выполнения второй задачи для сезона, выбранного с использованием корреляционного анализа синхронных рядов, были получены композитные карты циклонической активности (средние траектории циклонов и частота циклонов) над Атлантико-Европейским регионом (20° с.ш. – 80° с.ш., 90° з.д. – 50° в.д.). Композитные карты получены как средние условия циклонической активности при положительных и отрицательных фазах климатических сигналов за 15 лет с самым высоким положительным и 15 лет с самым низким отрицательным индексом на основе ранжированных рядов индексов.

Средние траектории циклонов рассчитаны в каждом секторе $20 \times 20^\circ$ Атлантико-Европейского региона. Средние значения широт и долгот циклонов рассчитывались на каждом 6-часовом временном шаге. Среднее местоположение циклонов определялось каждые 0, 24, 48, 72 ч после их возникновения. Продолжительность траектории соответствует 3 дням.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

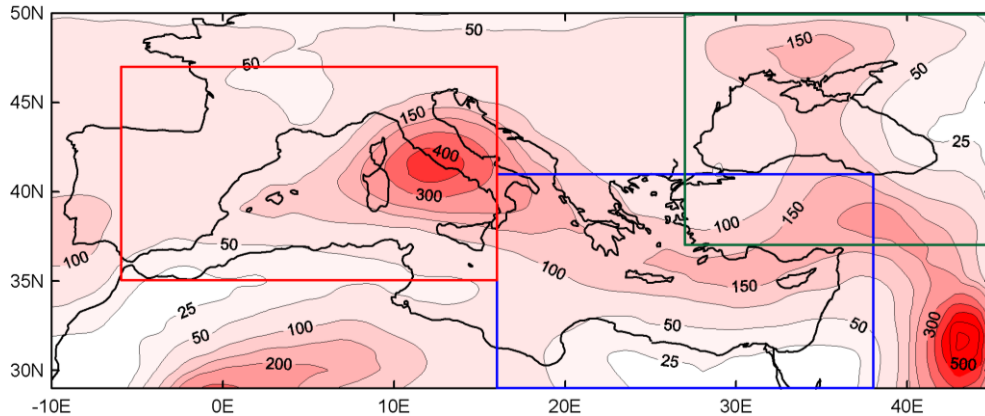


Рис. 1. Границы Черноморско-Средиземноморского региона, используемые для корреляционного анализа: Западное Средиземноморье (красный прямоугольник), Восточное Средиземноморье (синий прямоугольник), Черноморский регион (зеленый прямоугольник). Красной заливкой обозначено общее количество центров всех выявленных локальных минимумов циклонов за период 1951–2017 гг. по 6-часовым данным

Fig. 1. The boundaries of the Black Sea–Mediterranean region used for correlation analysis: Western Mediterranean (red rectangle), Eastern Mediterranean (blue rectangle), Black Sea region (green rectangle). The red shading indicates the total number of centers of all identified local cyclone minima for the period 1951–2017 according to 6-hourly data

Результаты

Региональные климатические колебания

Средиземноморское колебание (СК). Этому климатическому сигналу присущи противоположные аномалии давления, температуры и осадков между Западным и Восточным Средиземноморьем [19; 40; 41]. По сравнению с другими анализируемыми дальнедействующими осцилляциями Средиземноморское колебание характеризуется наиболее сильными синхронными линейными корреляциями с частотой циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе, особенно зимой и весной. Коэффициенты корреляции отрицательны для Западного Средиземноморья и положительны для Восточного Средиземноморья и Черноморского региона (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Средиземноморского колебания (СК) и Западного Средиземноморского колебания (ЗСК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal, and annual series of the indices of the Mediterranean Oscillation (СК), the Western Mediterranean Oscillation (ЗСК) and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	СК			ЗСК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь	-0,43	0,38	0,27			
Февраль	-0,53	0,22				
Март	-0,44					
Апрель	-0,31	0,26	0,24			
Май	-0,28		0,34			
Июнь	-0,36	-0,26				
Июль			-0,28		0,37	0,46
Август					0,28	0,29
Сентябрь		0,22				
Октябрь	-0,36			0,22		
Ноябрь	-0,48	0,43				
Декабрь	-0,59	0,55				0,3
Зима	-0,51	0,29				0,22
Весна	-0,43	0,34	0,34			0,25
Лето					0,22	0,27
Осень		0,31				
За год	-0,24	0,4	0,29			0,26

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

В Западном и Восточном Средиземноморье наибольшие отклики на Средиземноморское колебание в частоте циклонов приходятся на декабрь. Корреляции со сдвигом 1 месяц могут поменять свой знак: июнь – июль в Западном Средиземноморье, февраль – март в Восточном Средиземноморье. В частоте циклонов в Черноморском регионе с разными сдвигами проявляется майский индекс Средиземноморского колебания, а также апрельский, июльский, августовский. Это отражается в значимой корреляции со среднегодовой частотой циклонов. Именно в теплые месяцы над Черным морем активизируется местный циклогенез. Возможно, восточный центр действия Средиземноморского колебания оказывает влияние на этот процесс.

Композитная циклоническая активность над Атлантико-Европейским регионом весной для фаз СК и разность между ними (в положительную фазу минус в отрицательную фазу) характеризуются противоположными аномалиями над западной и восточной частями Средиземноморского бассейна (рис. 2).

В положительную фазу СК более южные траектории циклонов и меньшая частота циклонов наблюдаются над Западной и Центральной Европой и северо-западным побережьем Африки, тогда как более северные траектории циклонов и более высокая частота циклонов отмечаются только над северо-восточным побережьем Средиземного моря (рис. 2).

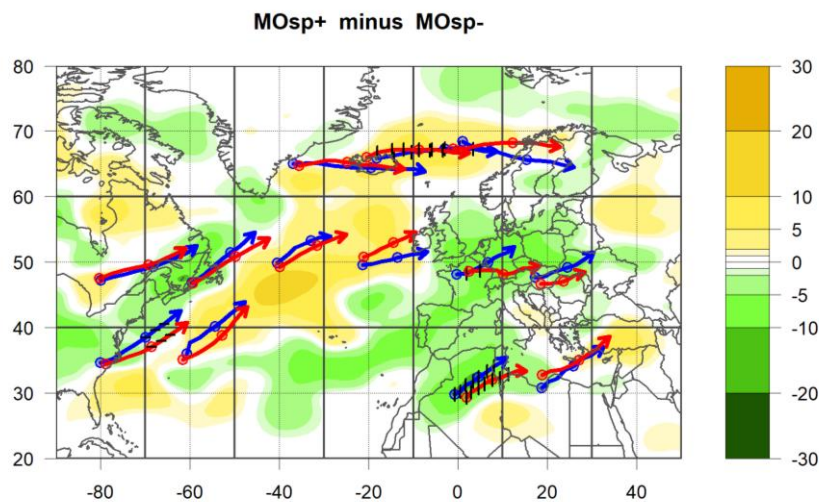


Рис. 2. Композитная циклоническая активность весной для фаз Средиземноморского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разность частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 2. Composite cyclonic activity in spring for the Mediterranean Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Западно-Средиземноморское колебание (ЗСК). Индекс ЗСК рассчитывается как разница давления между северной Италией (Падуя) и южной Испанией (Сан-Фернандо) [43]. Северо-восточный центр действия этого колебания находится под влиянием ГENUЭЗСКОГО центра циклогенеза и центральноевропейского антициклона, а юго-западный центр действия – Азорского антициклона и области циклогенеза в Кадисском заливе на юго-западе Пиренейского полуострова.

Значимые коэффициенты синхронной корреляции между индексом ЗСК и частотой циклонов обнаружены в основном для Черноморского региона (табл. 1). Асинхронные проявления Западного Средиземноморского колебания характеризуются значимыми положительными коэффициентами корреляции с частотой циклонов в Черноморском регионе с запаздыванием 1 месяц в апреле, августе, декабре, а также проявлениями ноябрьского индекса с разными сдвигами. Для Средиземноморского региона, особенно в теплые месяцы, есть много значимых положительных коэффициентов с разными сдвигами (2–11 мес.), которые сложно интерпретировать. Возможно, это связано с сезонностью механизмов циклогенеза, когда тот или иной центр активизируется в определенные месяцы, внося ощутимый вклад в среднегодовые величины.

Над Атлантико-Европейским регионом весной (рис. 3) циклоническая активность характеризуется увеличением в отрицательную фазу ЗСК в окрестности Азорских островов и над центральными частями Средиземного и Черного морей, а также увеличением в положительную фазу на северном и восточном побережьях этих морей. Средние траектории циклонов, как правило, становятся более активными в средних широтах в положительную фазу ЗСК, а также в приполярных и субтропических широтах в отрицательную фазу (рис. 3).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

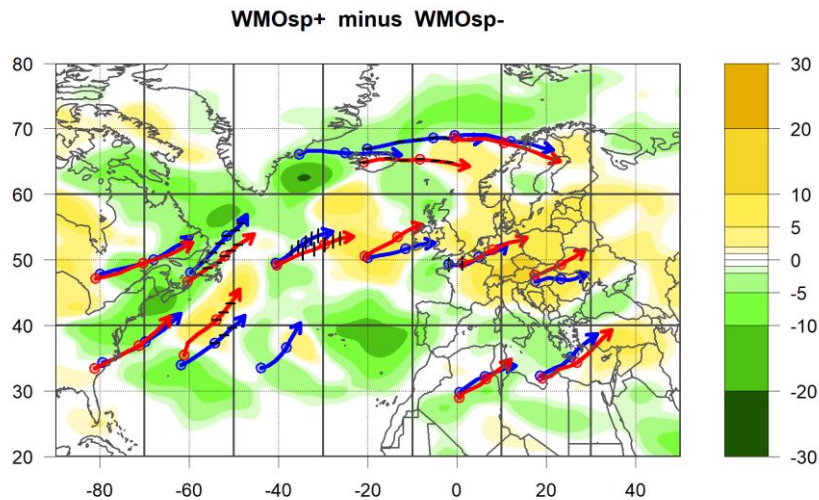


Рис. 3. Композитная циклоническая активность весной для фаз Западного Средиземноморского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 3. Composite cyclonic activity in spring for the Western Mediterranean Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Колебания Северной Атлантики межгодового масштаба

Центры действия Арктического колебания, Североатлантического колебания и Восточноатлантического колебания расположены в основном над океаном и могут рассматриваться как «меридиональные структуры», при которых аномалии атмосферного давления между центрами действия чередуются с севера на юг [4]. В этом случае происходит смещение широты западного переноса.

Североатлантическое колебание (САК). САК представляет собой диполь аномалий давления с севера на юг между Исландским минимумом и Азорским максимумом [16; 28]. Корреляция частоты циклонов с индексом САК отрицательная и наиболее сильная зимой для регионов Черноморского региона и Западного Средиземноморья (табл. 2).

Корреляция со сдвигами, как правило, слабее синхронной, но особенно важна для Черноморского региона с ноября по март. В обеих частях Средиземноморского региона корреляции с индексом САК со сдвигами зачастую меняют знак на положительный, а в Черноморском регионе в основном только для июньского индекса.

Поля композитной циклонической активности зимой над Атлантико-Европейским регионом (рис. 4) характеризуются типичной структурой САК. Частота циклонов выше, и траектории циклонов расположены ближе к району Гольфстрима и Исландскому минимуму в положительную фазу, в то время как в отрицательную фазу наблюдается более высокая частота циклонов и появление траекторий циклонов в субтропиках над восточной частью океана (рис. 4). Частота циклонов над Европой и Черноморско-Средиземноморским регионом выше в отрицательную фазу САК (рис. 4).

Арктическое колебание (АК). АК является ведущей модой давления в Северном полушарии, которая включает в себя как центры действия Североатлантического колебания, так и северной части Тихого океана [64; 73; 74]. Характер его проявлений в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона аналогичен САК (рис. 4) и даже в некоторые месяцы сильнее его как по корреляционным связям (табл. 2), которые значимы также для региона Восточного Средиземноморья, так и по пространственным аномалиям (рис. 5) с более высокими амплитудами, особенно над Средиземноморским регионом и Восточной Европой.

Хотя синхронные корреляции частоты циклонов с индексом Арктического колебания выше, чем с индексом Североатлантического колебания, асинхронные корреляции напротив, как правило, меньше с индексом Арктического колебания. Для Черноморского региона и Восточного Средиземноморья выделяются асинхронные отрицательные корреляции с августовским индексом АК.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 2

Table 2

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Арктического колебания (АК), Североатлантического колебания (САК) и Восточноатлантического колебания (ВАК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Arctic Oscillation (AK), North Atlantic Oscillation (CAK), East Atlantic Oscillation (BAK), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	АК			САК			ВАК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь	-0,33	-0,25	-0,54	-0,3		-0,5			-0,26
Февраль	-0,29		-0,44	-0,21		-0,5	-0,22	-0,32	-0,35
Март		-0,23	-0,37			-0,46		-0,23	
Апрель							-0,47	-0,37	-0,36
Май	-0,26				0,22		-0,57		
Июнь								-0,33	
Июль									
Август		-0,22	-0,29		-0,26	-0,31			
Сентябрь	-0,24		-0,31				-0,29		-0,22
Октябрь	-0,21						-0,3	-0,24	-0,37
Ноябрь	-0,24		-0,34			-0,39	-0,51		
Декабрь	-0,36		-0,26	-0,42		-0,21	-0,43		-0,36
Зима	-0,49	-0,21	-0,52	-0,42		-0,56	-0,24		-0,29
Весна	-0,33					-0,22	-0,41	-0,26	
Лето									
Осень	-0,24		-0,35			-0,26			-0,29
За год	-0,31		-0,37			-0,38	-0,28		-0,27

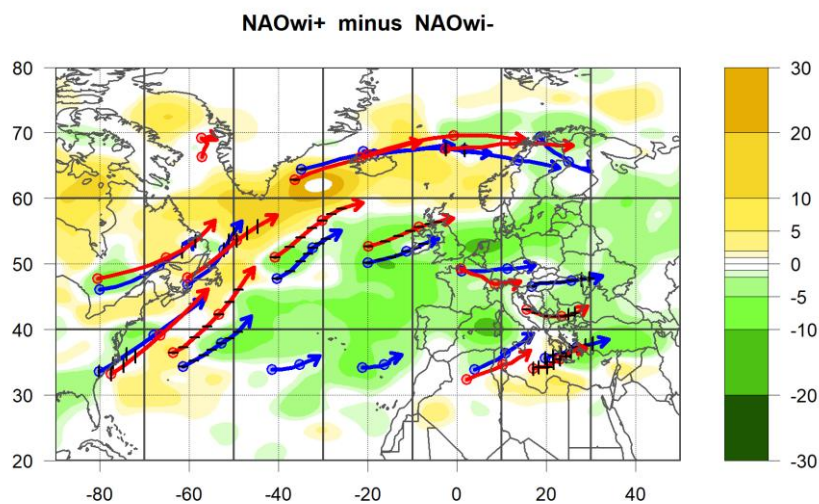


Рис. 4. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Североатлантического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 4. Composite cyclonic activity in winter for the North Atlantic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

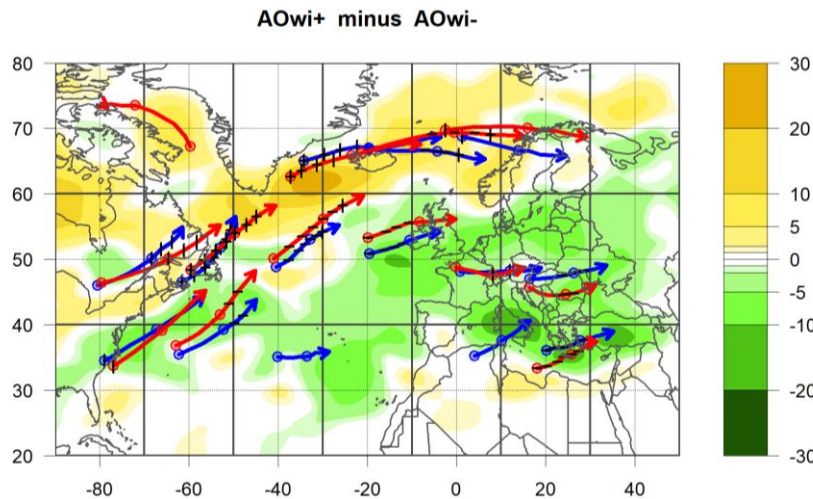


Рис. 5. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Арктического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 5. Composite cyclonic activity in winter for the Arctic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Восточноатлантическое колебание (ВАК). ВАК является второй основной модой давления после САК над Североатлантическим регионом [16]. Это колебание часто интерпретируется как смещенная на юго-восток мода САК, но с более сильными субтропическими связями через Азорский максимум. ВАК проявляется в увеличении частоты циклонов в отрицательную фазу зимой и весной (табл. 2, рис. 6), особенно весной (апрель) и над Западным Средиземноморьем. Дипольная картина аномалий частоты циклонов для фаз ВАК аналогична таковой для САК, но смещена на юго-восток, обеспечивая повышение частоты циклонов весной в положительную фазу вблизи западного побережья Европы и над северной Европой, а также в отрицательную фазу над Средиземноморским регионом и Северной Африкой (рис. 6).

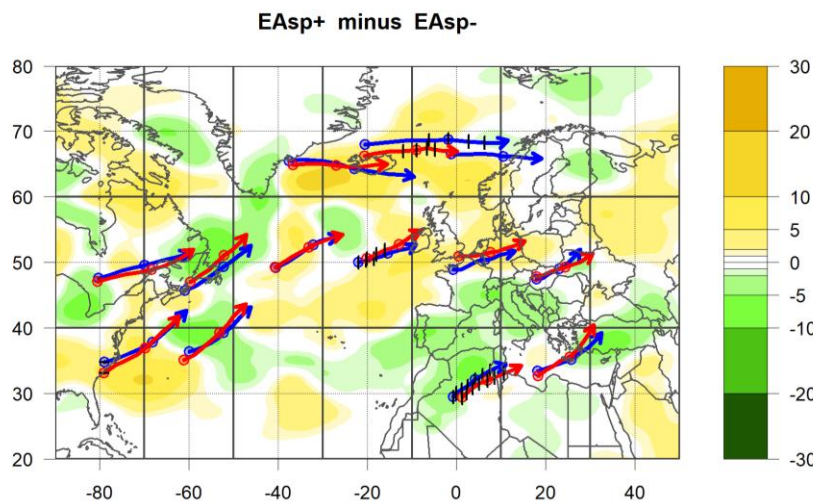


Рис. 6. Композитная циклоническая активность весной для фаз Восточноатлантического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 6. Composite cyclonic activity in spring for the East Arctic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Асинхронные корреляции важно учитывать для индекса ВАК декабря и октября в частоте циклонов Черноморского региона до конца весны.

Колебания Евразии межгодового масштаба

Центры действия колебаний Восточная Атлантика/Западная Россия, Скандинавского и Полярного/Евразийского расположены в основном над континентом и могут рассматриваться как «зональные структуры», при которых аномалии атмосферного давления между центрами действия чередуются с запада на восток [4], блокируя западный перенос [55].

Колебание Восточная Атлантика/Западная Россия (ВА/ЗР). Колебание ВА/ЗР (Евразийское колебание типа 2 согласно [16]) является одним из трех основных климатических колебаний, влияющих на Евразию в течение всего года. Корреляция между его индексом и частотой циклонов наиболее сильна и отрицательна зимой, особенно в декабре, над Западным Средиземноморьем и Черноморским регионом (табл. 3). Корреляции с запаздыванием частоты циклонов в основном положительны, но невелики. При этом временное отставание откликов может составлять 8–9 месяцев для весенних циклонов Черноморского региона и 2 месяца для циклонов Средиземноморского региона в феврале и марте.

Таблица 3

Table 3

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами колебания Восточная Атлантика/Западная Россия (ВА/ЗР), Скандинавского колебания (СКА) и Полярно-Евразийского колебания (Пол/Евр) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the East Atlantic/Western Russia pattern (ВА/ЗР), Scandinavia pattern (СКА), Polar/Eurasia pattern (Пол/Евр), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	ВА/ЗР			СКА			Пол/Евр		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь				0,46					
Февраль	-0,26			0,36	0,33		0,26		
Март				0,46	0,34		0,23		
Апрель									0,25
Май									
Июнь				0,29	0,43	0,22		0,21	0,24
Июль			-0,24		0,28	0,32			
Август		-0,3				0,21			0,28
Сентябрь				0,28				0,23	
Октябрь							-0,21		
Ноябрь	-0,21	0,25							
Декабрь	-0,36		-0,38					0,35	
Зима	-0,28		-0,22	0,45		0,28			
Весна				0,51	0,27	0,25		0,32	0,32
Лето									0,27
Осень									
За год				0,42		0,34		0,31	0,23

Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом зимой характеризуются центрами увеличения частоты в отрицательную фазу ВА/ЗР над Европой, особенно над центральными частями Средиземного и Черного морей, и в положительную фазу над приполярными широтами Северной Атлантики и к югу от Гренландии (рис. 7). В то же время наблюдается смещение средних траекторий циклонов на север в положительную фазу и на юг в отрицательную фазу над океаном в приполярных широтах и над Центральной Европой (рис. 7).

Скандинавское колебание (СКА). Скандинавское колебание (Евразийское колебание типа 1 согласно [16]) связано с блокирующими антициклоническими условиями над регионом Скандинавия – Западная Россия в его положительной фазе и противоположными условиями в его отрицательной фазе. Над Черноморско-Средиземноморским регионом СКА проявляется в положительной корреляции с частотой циклонов зимой и весной, особенно весной и над Западным Средиземноморьем (табл. 3).

Асинхронные проявления индекса Скандинавского колебания с запаздыванием частоты циклонов положительны, как и синхронные проявления. Их важно учитывать в Черноморском регионе в январе (запаздывание 1–2 месяца), в Западном Средиземноморье с ноября по май (запаздывание 6–7 месяцев), в Восточном Средиземноморье в апреле (запаздывание 2–3 месяца).

Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом весной характеризуются чередующимися аномалиями частоты циклонов преимущественно с запада на восток (рис. 8).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Например, в отрицательную фазу наблюдается увеличение частоты циклонов над центральной частью океана, уменьшение над его восточной частью и Западной Европой и увеличение над севером Скандинавского полуострова и Восточной Европой (рис. 8). В то же время (в отрицательную фазу) в субтропических широтах в центральной части океана и над Восточной Европой (к северу от Черного моря) обнаружены квазимеридиональные (с юга на север) средние траектории циклонов (рис. 8).

EAWRwi+ minus EAWRwi-

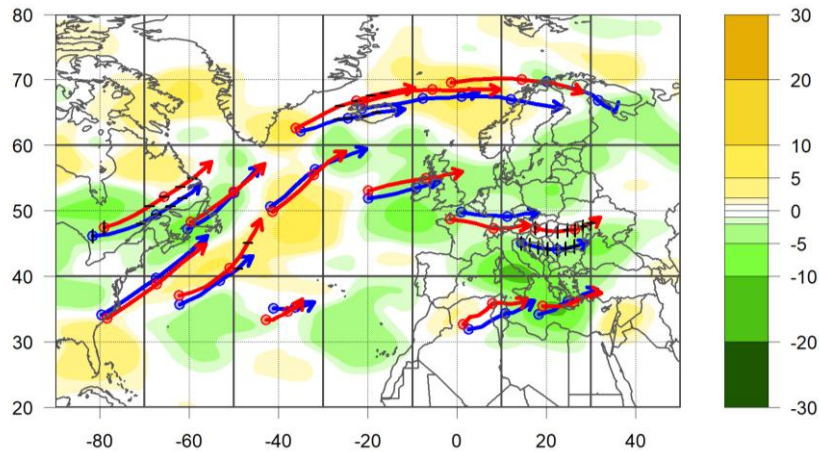


Рис. 7. Композитная циклоническая активность зимой для фаз колебания Восточная Атлантика/Западная Россия: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 7. Composite cyclonic activity in winter for the East Atlantic/Western Russia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference of the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

SCANDsp+ minus SCANDsp-

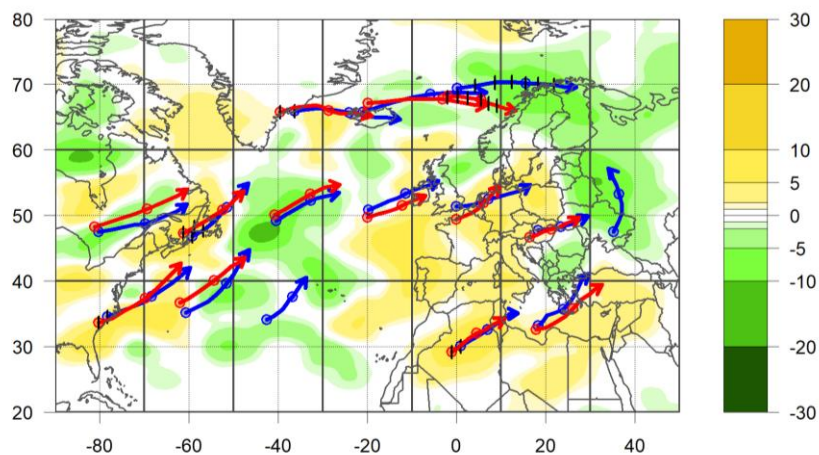


Рис. 8. Композитная циклоническая активность весной для фаз Скандинавского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 8. Composite cyclonic activity in spring for the Scandinavia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Полярно-Евразийское колебание (Пол/Евр). Колебание Пол/Евр (Североазиатское колебание согласно [16]) заключается в меняющихся противоположных аномалиях давления между полярным регионом, а также северным Китаем и Монголией. Колебание связано с усиленным или более слабым, чем в среднем, полярным вихрем.

Колебание Пол/Евр проявляется в положительной корреляции с частотой циклонов над Черноморским регионом и Восточным Средиземноморьем весной и летом (табл. 3). Циклоническая активность над Атлантико-Европейским регионом весной в положительную фазу характеризуется смещением средних траекторий циклонов над средними широтами в основном на север над океаном и на юг над Европой и соответствующим расположением центров повышения частоты циклонов (рис. 9).

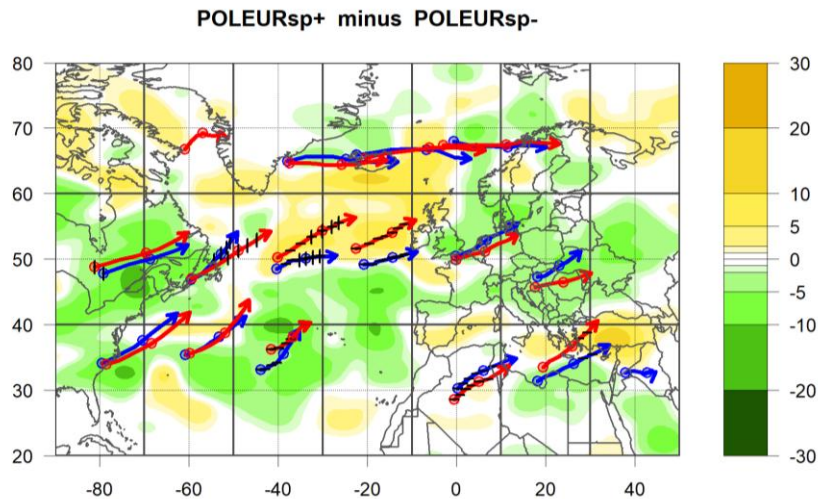


Рис. 9. Композитная циклоническая активность весной для фаз Полярно-Евразийского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 9. Composite cyclonic activity in spring for the Polar/Eurasia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Проявления индекса Пол/Евр с запаздыванием частоты циклонов невелики, но сравнимы с синхронными проявлениями, а иногда превышают их и тоже положительны. Их важно учитывать в частоте циклонов в Черноморском регионе в апреле (запаздывание 4 мес.) и в сентябре (запаздывание 1 мес.), а в Восточном Средиземноморье – в марте и апреле (запаздывание 1–2 мес.).

В целом Полярно-Евразийское колебание лучше проявляется синхронно и с запаздыванием в частоте циклонов Черноморского региона и Восточного Средиземноморья, а Скандинавское колебание – в частоте циклонов Западного Средиземноморья.

Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба

Западно-Тихоокеанское колебание (ЗТО). ЗТО является основной модой низкочастотной изменчивости давления над северной частью Тихого океана, состоящей из диполя аномалий с севера на юг, над полуостровом Камчатка и юго-Восточной Азией, а также связанной с зональными и меридиональными колебаниями положения и интенсивности области начала тихоокеанского (или восточноазиатского) струйного течения [16; 74]. Корреляция между индексом ЗТО и частотой циклонов наблюдается зимой (отрицательная) и весной (положительная) над Средиземноморским регионом (табл. 4). Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом зимой характеризуются смещением средних траекторий циклонов в положительную фазу преимущественно на юг над океаном и на север над континентальной частью и соответствующим расположением центров повышения частоты (рис. 10).

Проявления ЗТО в циклонической активности характеризуются значимыми корреляциями в основном с запаздыванием частоты 1–3 и 10–11 месяцев. Как правило, эти коэффициенты положительны для частоты циклонов в теплые месяцы и отрицательны для частоты циклонов в холодные месяцы. Наибольший коэффициент $r = +0,43$ наблюдается между майским индексом ЗТО и частотой циклонов Восточного Средиземноморья в марте.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Колебание Восток Тихого океана – Север Тихого океана (ВТО – СТО). Колебание ВТО – СТО характерно для периода весна – лето – осень и связано со сдвигом с севера на юг и усилением тихоокеанского струйного течения [16]. Корреляция между индексом ВТО-СТО и частотой циклонов наиболее сильна в ноябре: положительная для Западного Средиземноморья и отрицательная для Черноморского региона (табл. 4). В связи с этим на рис. 11 приведены поля композитной циклонической активности для осени.

Таблица 4

Table 4

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Западно-Тихоокеанского колебания (ЗТО), колебания Восток Тихого океана – Север Тихого океана (ВТО-СТО) и Тихоокеанско-Североамериканского колебания (ТО/СА) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)
Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the West Pacific pattern (ЗТО), East Pacific-North Pacific pattern (ВТО-СТО), Pacific/North American pattern (ТО/СА), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	ЗТО			ВТО-СТО			ТО/СА		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь		-0,4		0,25					
Февраль	-0,23					-0,23	-0,23		
Март					0,25			-0,25	
Апрель			0,22						
Май									-0,21
Июнь	-0,21	-0,21							0,21
Июль					-0,26				
Август									0,25
Сентябрь					-0,21				
Октябрь									
Ноябрь				0,3		-0,22			
Декабрь								-0,34	
Зима	-0,26	-0,37							
Весна		0,26						-0,27	
Лето									
Осень									
За год	-0,32						-0,28		

Для частоты циклонов Западного Средиземноморья с января по сентябрь выделяется в основном отрицательный отклик на индекс ВТО-СТО с запаздыванием 2–3 месяца, а для циклонов с декабря по май – в основном положительный отклик с запаздыванием 6–8 месяцев. В весенних циклонах Черноморского региона и Восточного Средиземноморья также выделяются положительные проявления индекса ВТО – СТО с запаздыванием 6–8 месяцев. В отдельные месяцы в частоте циклонов во всех регионах также наблюдаются отрицательные проявления с запаздыванием около 10 месяцев.

Средние траектории штормов над Атлантико-Европейским регионом в положительную фазу ВТО – СТО смещаются на юг в средних широтах, вызывая уменьшение частоты в области, расположенной к юго-западу от Ирландии, и увеличение в областях, простирающихся к юго-востоку от указанной области и охватывающих Западно Средиземноморье (рис. 11).

Тихоокеанское/Североамериканское колебание (ТО/СА). ТО/СА характеризуется меняющимися противоположными аномалиями давления в основном в Алеутском минимуме и Гавайском максимуме [16].

Синхронная отрицательная корреляция с индексом колебания ТО/СА обнаружена для частоты циклонов весной в регионе Восточного Средиземноморья (табл. 4). Средние траектории циклонов над Атлантико-Европейским регионом весной смещены в положительную фазу ТО/СА в основном на юг над океаном и на север над континентальной частью (рис. 12). Области наиболее сильных аномалий частоты (разница между положительной и отрицательной фазами) характеризуются повышением частоты в отрицательную фазу ТО/СА и расположены над южной Италией, южной Турцией, юго-востоком Исландии (рис. 12).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

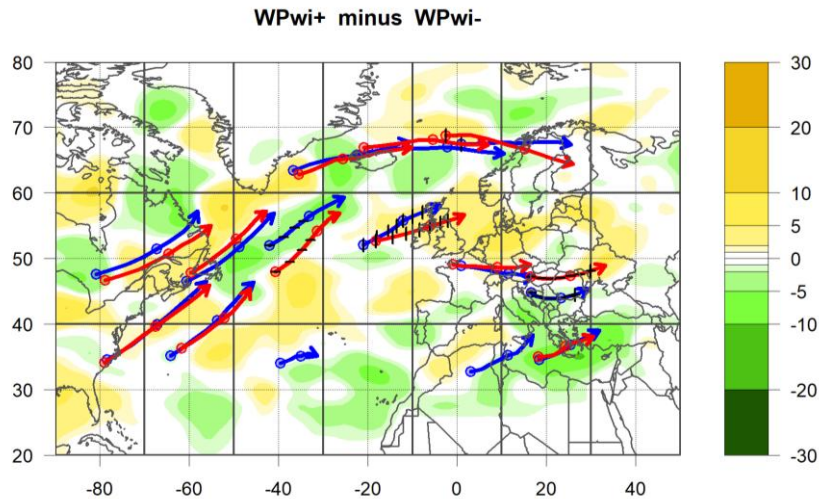


Рис. 10. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Западно-Тихоокеанского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 10. Composite cyclonic activity in winter for the West Pacific pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

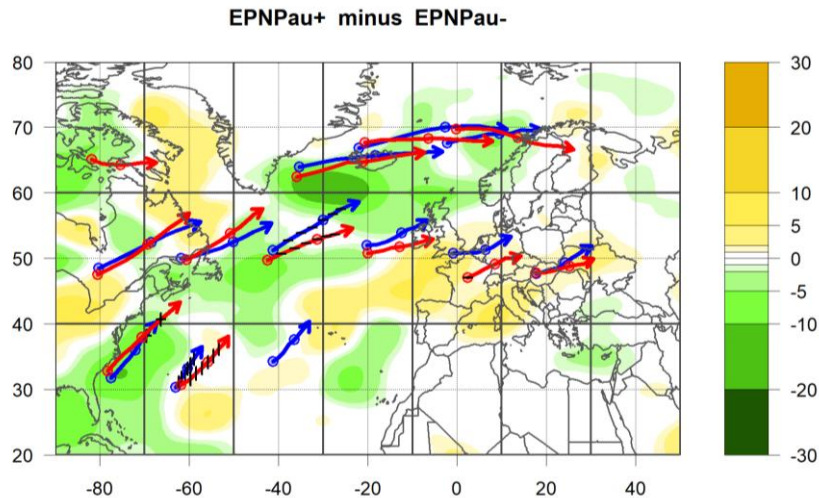


Рис. 11. Композитная циклоническая активность осенью для фаз колебания Восток Тихого океана – Север Тихого океана: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 11. Composite cyclonic activity in autumn for the East Pacific-North Pacific pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

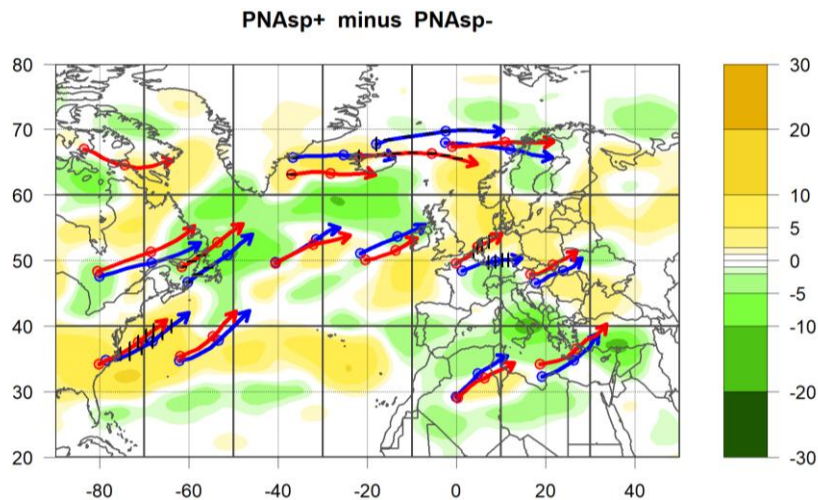


Рис. 12. Композитная циклоническая активность весной для фаз Тихоокеанско-Североамериканского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка) Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 12. Composite cyclonic activity in spring for the Pacific/North American pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

В частоте циклонов Черноморского региона с февраля по ноябрь выделяется отклик на ТО/СА с отставанием около 9 месяцев. Для Западного Средиземноморья более важен отклик 3 месяца и около 5 месяцев. В частоте циклонов Восточного Средиземноморья в переходные сезоны также наблюдается запаздывание отклика на индекс ТО/СА около 9 месяцев.

Колебания в тропической зоне межгодового масштаба

Колебание Тропики/Северное полушарие (ТСП). Колебание ТСП является характерной зимней модой в декабре-феврале, которая отражает изменения положения и протяженности тихоокеанского струйного течения в восточном направлении [47].

Самая сильная синхронная корреляция (отрицательная) между частотой циклонов и индексом ТСП обнаружена в декабре для Черноморского региона и Восточного Средиземноморья (табл. 5). Наиболее сильные аномалии (для разницы фаз ТСП) сосредоточены в районе к юго-западу от Исландии и характеризуются увеличением частоты в отрицательную фазу ТСП (рис. 13). Над Европой частота циклонов в положительную фазу ТСП увеличивается в основном в приполярных и субтропических широтах и уменьшается в средних широтах. Средние траектории циклонов смещены к югу в отрицательной фазе в средних широтах над восточной частью океана и Западной Европой (рис. 13).

Индекс ТСП проявляется с запаздыванием 2 месяца в частоте циклонов с марта по май в Западном Средиземноморье, однако с разным знаком. При этом в обеих частях Средиземноморского региона и Черноморском регионе выделяется запаздывание отклика на 2 месяца, около 5 и 9 месяцев.

Эль-Ниньо – Южное колебание. Индекс Южного колебания (ЮК) отражает крупномасштабные колебания давления между западной и восточной частями тропической зоны Тихого океана во время эпизодов Эль-Ниньо и Ла-Нинья [66]. Другими словами, это показатель интенсивности или силы циркуляции Уокера, элементом которой являются пассаты [66]. Эта модель взаимодействия океана и атмосферы считается в глобальном масштабе самым сильным естественным колебанием аномалий температуры поверхности моря [20].

Синхронная положительная корреляция между частотой циклонов и индексом ЮК является наиболее сильной в Западном Средиземноморье весной, особенно в марте (табл. 5).

Корреляция со сдвигом по времени достигает:

- для Западного Средиземноморья +0,43 между октябрьским индексом (осенний тип Эль-Ниньо) и ноябрьскими циклонами (запаздывание отклика 1 месяц); +0,34 между январским индексом (зрелая фаза Эль-Ниньо) и апрельскими циклонами (запаздывание отклика 3 месяца);
- для Черноморского региона +0,31 между августовским индексом (летний тип Эль-Ниньо) и мартовскими циклонами (запаздывание отклика 7 месяцев);
- для Восточного Средиземноморья +0,26 между февральским индексом (зрелая фаза Эль-Ниньо) и апрельскими циклонами (запаздывание отклика 2 месяца).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 5
Table 5

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами колебания Тропики/Северное полушарие (ТСП) и Южного колебания (ЮК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Tropical/Northern Hemisphere pattern (ТСП), Southern Oscillation (ЮК), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

ТНН	ТСП				ЮК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ		ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь				Январь	0,21		
Февраль		0,22		Февраль			
Декабрь		-0,36	-0,35	Март	0,37		
				Апрель	0,23		
				Май			
				Июнь			
				Июль			
				Август		-0,24	
				Сентябрь			
				Октябрь			
				Ноябрь			
				Декабрь			
				Зима			
				Весна	0,34		
				Лето			
				Осень			
				За год	0,26		

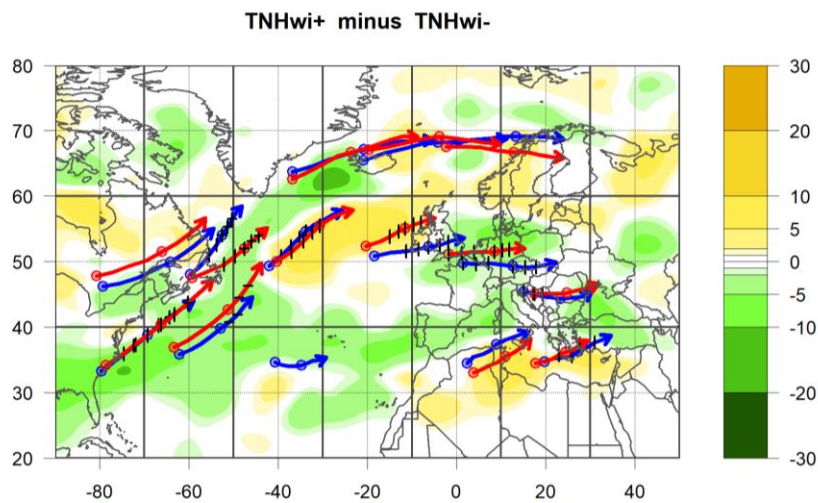


Рис. 13. Композитная циклоническая активность зимой для фаз колебания Тропики/Северное полушарие: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 13. Composite cyclonic activity in winter for the Tropical/Northern Hemisphere pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Синхронная пространственная циклоническая активность весной возрастает в положительную фазу ЮК вокруг побережья Средиземного моря, а в отрицательную фазу над Черным морем, Восточной и в основном Северной Европой (рис. 14). Значительное смещение средних траекторий циклонов ($2-5^\circ$ к югу в положительную фазу) наблюдается в средних широтах над восточной частью океана и Западной Европой (рис. 14). Квазимеридиональные траектории циклонов в центральной части океана и над Восточной Европой, обнаруживаемые в отрицательную фазу ЮК, напоминают траектории в отрицательную фазу СКА (рис. 8).

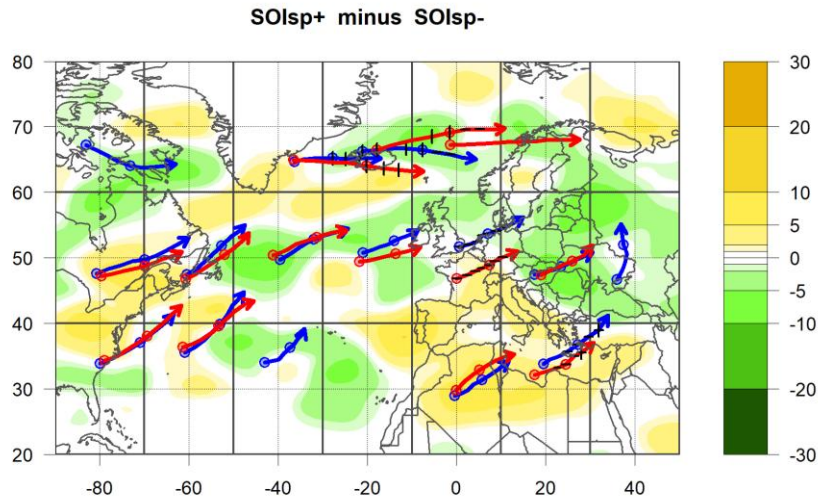


Рис. 14. Композитная циклоническая активность весной для фаз Южного колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)
 Fig. 14. Composite cyclonic activity in spring for the Southern Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

Исходя из коэффициента детерминации (R^2), межгодовые колебания, связанные с ЭНЮК, определяют около 10 % дисперсии частоты циклонов Западного Средиземноморья весной за счет смещения траекторий циклонов по широте на $2-4^\circ$ (табл. 5, рис. 14). Такая оценка не учитывает асинхронные проявления и различные типы явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Наши работы [7; 46; 72] показывают, что корреляция между индексом ЮК и частотой циклонов увеличивается с учетом запаздывания от 2 до 7 месяцев и наблюдается в разные месяцы, соответствующие разным типам и зрелой фазе событий ЭНЮК. В связи с этим важно исследовать особенности региональных проявлений для каждого месяца, чтобы избежать сезонного сглаживания аномалий [45].

Десятилетние-междесятилетние колебания

Атлантическая междесятилетняя осцилляция (АМО) представляет собой моду естественной изменчивости в Северной части Атлантического океана с периодом 60–80 лет, определяемую по средним аномалиям температуры поверхности моря [20; 32; 33].

АМО проявляется синхронно в отрицательной корреляции (табл. 6) с циклонами над обоими частями Средиземноморского региона весной (апрель). Кроме Средиземного моря, увеличение частоты циклонов в отрицательную фазу наиболее сильно наблюдается в центрах, расположенных на юге Гренландии, юго-западе Исландии и над севером Британских островов (рис. 15). Над Европой и Северной Атлантикой частота циклонов увеличивается в основном в положительную фазу АМО (рис. 15). В целом над Атлантико-Европейским регионом в положительную фазу АМО средние траектории смещены к югу, особенно над приполярными широтами, в центральной северо-южной полосе океана и над Восточной Европой (рис. 15).

Корреляционный анализ частоты циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе по месяцам с несглаженным индексом АМО также был проведен отдельно для интервалов положительной/отрицательной фаз АМО и периодов увеличения/уменьшения индекса. Наиболее значимые коэффициенты корреляции (+0,3–0,58) получены для месяцев холодного полугодия для всех временных интервалов. Положительный знак корреляции подтверждает, что циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе, как правило, выше во время положительной фазы АМО, чем во время отрицательной фазы.

Индекс АМО с разным запаздыванием проявляется в частоте циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе в апреле, в обеих частях Средиземноморского региона в ноябре, в декабре в Западном Средиземноморье, в летние месяцы в Восточном Средиземноморье. Наибольшие корреляции приурочены к запаздыванию проявлений в частоте циклонов около 9 месяцев.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 6
Table 6

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Атлантической междесятилетней осцилляции (АМО) и Тихоокеанской десятилетней осцилляции (ТДО) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Atlantic Multidecadal Oscillation (АМО), Pacific Decadal Oscillation (ТДО), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	АМО			ТДО		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь						
Февраль						
Март						
Апрель	-0,39	-0,26				
Май						-0,23
Июнь						
Июль						
Август		0,24				
Сентябрь						
Октябрь						
Ноябрь						
Декабрь						
Зима						
Весна	-0,23	-0,21				
Лето						
Осень						
За год		-0,25				

Тихоокеанская десятилетняя осцилляция (ТДО) при разложении глобального поля температуры поверхности океана на эмпирические ортогональные функции является третьей модой, АМО – четвертой, а ЭНЮК – второй после глобального повышения температуры [20]. Максимальные аномалии температуры поверхности океана для ТДО наблюдаются по на северо-востоке и в тропиках Тихого океана [20; 42]. Тропическое тихоокеанское десятилетнее колебание при этом может быть интерпретировано как низкочастотная мода ЭНЮК.

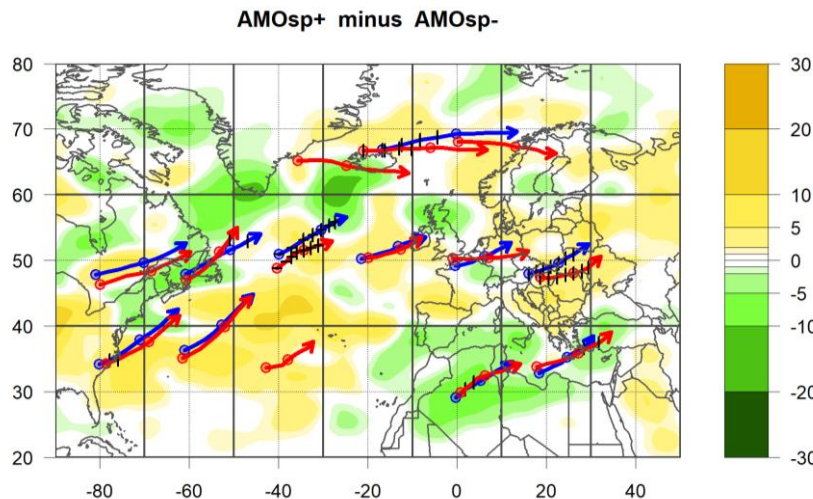


Рис. 15. Композитная циклоническая активность весной для фаз Атлантической междесятилетней осцилляции: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Fig. 15. Composite cyclonic activity in spring for the Atlantic Multidecadal Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

В данной работе значительная синхронная корреляция между частотой циклонов и индексом ТДО обнаружена только в Черноморском регионе в мае (табл. 6). Это может быть связано с тем, что десятилетний-междесятилетний сигнал рядов частоты циклонов замаскирован значительной амплитудой межгодовой изменчивости. При этом на композитных картах циклонической активности, построенных в годы больших по модулю значений индекса ТДО, выделяется прямая и значимая зависимость (рис. 16). Хотя, в отличие от мая, в весенний сезон частота циклонов над Черноморским регионом повышена в положительную фазу ТДО. Наибольшие аномалии частоты циклонов сосредоточены к юго-западу от Исландии, к северо-востоку от полуострова Флорида и характеризуются увеличением в положительную фазу ТДО. Значительные смещения траекторий циклонов с севера на юг наблюдаются в приполярных широтах Северной Атлантики и над Европой. В среднем траектории циклонов над Восточным Средиземноморьем наблюдаются только в отрицательную фазу ТДО и направлены на Анатолийский полуостров (рис. 16).

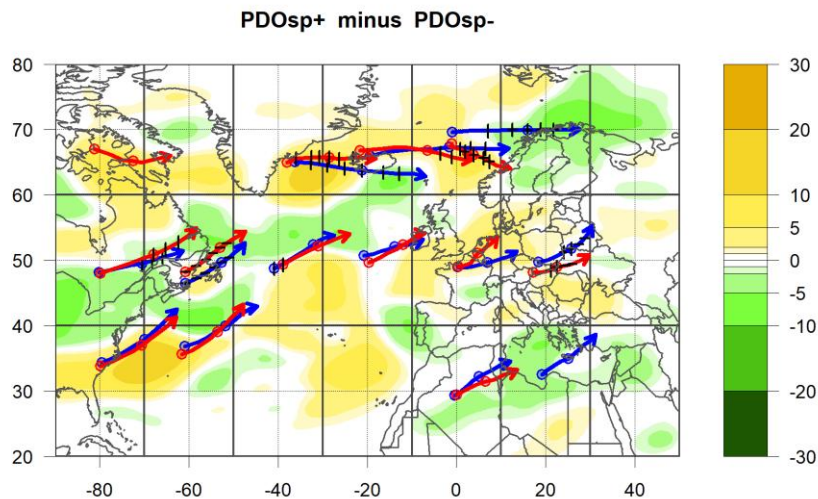


Рис. 16. Композитная циклоническая активность весной для фаз Тихоокеанской десятилетней осцилляции: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)
 Fig. 16. Composite cyclonic activity in spring for the Pacific Decadal Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

Асинхронные проявления индекса ТДО отмечаются в частоте циклонов Черноморско-Средиземноморского региона с запаздыванием около 5–6 месяцев в разные месяцы с октября по апрель, а в Черноморском регионе также с запаздыванием в 9 месяцев.

Обобщение и сравнение результатов

Региональные индексы СК и ЗСК характеризуют условия местного циклогенеза и представляют собой процессы проявления более масштабных центров действия Атлантико-Европейского региона и региональных мезомасштабных сезонных центров давления.

Средиземноморскому колебанию соответствует наибольшая часть сопряженных изменений региональной атмосферной циркуляции и осадков в течение всего года [40; 41]. Как показано в работе [19], СК сильнее всего зависит от индекса САК, определенного по станционным данным между Гибралтаром и Исландией [30], а также от индекса АК почти на том же уровне. При этом индекс САК, определенный по другим данным [28], вносит меньший вклад в индекс СК.

В Атлантико-Европейском регионе весной в фазы Средиземноморского колебания происходит чередование квазидиагональных полос циклонической активности (юго-запад – северо-восток). В положительную фазу СК циклоническая активность повышена на востоке и юго-востоке региона, а также вдоль полосы с осью Флорида – Исландия, Северное море. В отрицательную фазу СК частота циклонов увеличивается с двух сторон от этой полосы в смежных параллельных полосах, охватывающих С-В побережье Северной Америки, восточное побережье Северной Атлантики до Баренцева моря. Чередование аномалий циклонической активности для фаз СК весной совпадает с фазами САК и АК зимой на северной ветви атлантического штормтрека и вдоль восточного побережья Северной Атлантики.

Западное Средиземноморское колебание определяется с помощью диполя в районе Азорских островов и Северной Италии [43]. Положительная фаза ЗСК соответствует антициклону над Азорскими островами, охватывающему юго-запад Пиренейского полуострова, и низкому давлению в окрестности Генуэзского залива; а его отрицательная фаза совпадает с центральноевропейским антициклоном, расположенным к северу от Итальянского полуострова, и центром низкого давления в окрестности юго-запада Пиренейского полуострова.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Индекс ЗСК позволяет выявить изменчивость, связанную с циклогенезом в Западном Средиземноморье, что в основном определяет тип осадков на востоке Пиренейского полуострова. В этой области ЗСК значительно лучше, чем САК, объясняет ежесезонные пльвиометрические аномалии в осенне-зимний период и может являться полезным инструментом для прогноза событий ливневых осадков.

Как показано в работе [43], индекс ЗСК отрицательно коррелирует с индексом АК, но не с индексом САК. В зимний период индекс ЗСК модулируется индексом АК, особенно во второй половине XX в., на периодах 5 и 22 года, и, следовательно, связан с полярным вихрем. ЗСК модулируется (в противофазе) Скандинавским колебанием (на уровне 95 %) и колебанием Восточная Атлантика/Западная Россия (на уровне 90 %). При этом в зимний сезон ЗСК демонстрирует большую независимость от внешней динамики Средиземноморского бассейна, чем СК.

Полученные в данной работе результаты анализа композитной циклонической активности согласуются с полученными ранее результатами о барической структуре ЗСК и его связи с более масштабными климатическими сигналами.

В положительную фазу ЗСК циклоническая активность усиливается вдоль средней ветви штормтрека в Атлантико-Европейском регионе, а в отрицательную фазу – вдоль северной и южной ветвей, охватывая центральные части Средиземного и Черного морей. Структура поля циклонической активности для ЗСК соответствует в северной половине региона противоположной фазе АК, а в южной половине региона – одноименным фазам АК, ВА/ЗР и противоположной фазе СКА.

Таким образом, СК и ЗСК являются индикаторами региональных климатических условий и потенциальными предикторами при долгосрочном климатическом прогнозе для регионов в зоне выхода средиземноморских (южных) циклонов, таких как Черноморский регион, Малая Азия, Северная Европа.

Группа «меридиональных» климатических сигналов Северной Атлантики (САК, ВАК, АК) характеризуется чередованием центров действия атмосферы с севера на юг [4]. В зимне-весенний период в положительные фазы АК, САК, ВАК атлантические циклоны сконцентрированы вдоль северной ветви. При этом САК отличается максимальной плотностью центров циклонов в районе Исландского минимума, АК – немного меньшей плотностью, а при ВАК разброс траекторий достигает средних широт. В отрицательные фазы циклоны сконцентрированы вдоль средней и южной ветвей для АК и САК и в окрестности размытой южной ветви для ВАК. При этом для АК преобладает южная ветвь, приводя к более значительным проявлениям в Средиземноморском регионе.

Кольцевая мода Северного полушария характеризует интенсивность полярного вихря, волны Россби [64; 75]. САК лучше проявляется в Западной Европе и на западе Средиземного моря [69]. Учет ВАК особенно важен для циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона весной, когда происходит сезонное смещение центров действия Северной Атлантики [11].

Группа «зональных» климатических сигналов Атлантико-Европейского региона и Евразии (ВА/ЗР, СКА, Пол/Евр) характеризуется чередованием центров действия атмосферы с запада на восток [4]. Аномалии циклонической активности для фаз ВА/ЗР зимой и фаз СКА весной характеризуются схожей структурой поля, только с противоположным знаком. В положительную фазу ВА/ЗР и отрицательную фазу СКА повышенная циклоническая активность наблюдается по кольцу, огибая центры пониженной циклонической активности, над западными и северными частями Северной Атлантики, европейской территорией России, в разных районах Восточного Средиземноморья. Такая структура поля композитной циклонической активности соответствует показанному в работе [16] блокированию западного переноса в положительную фазу ВА/ЗР над Западной Европой, а в положительную фазу СКА в окрестности Скандинавского полуострова, и противоположным условиям в отрицательные фазы. Отличия проявлений ВА/ЗР и СКА, кроме знака аномалий, состоят в региональной структуре поля в восточной части Черноморско-Средиземноморского региона, а также в величине максимальных аномалий. Так, в отрицательную фазу ВА/ЗР наибольшая частота циклонов наблюдается в центральных частях Средиземного моря, а в отрицательную фазу СКА – над западной частью средних широт Северной Атлантики и немного меньше над Восточной Европой.

Пол/Евр проявляется в Атлантико-Европейском регионе в повышении циклонической активности весной в отрицательную фазу по кольцу, огибающему с юга пониженную циклоническую активность в районе Исландского минимума, от восточных берегов Северной Америки, через субтропические широты Северной Атлантики, охватывая страны Центральной, Восточной и Северной Европы, при этом в центральных частях Средиземного моря циклоническая активность понижена. Такая структура поля соответствует волне Россби и ослабленному полярному вихрю в отрицательную фазу Пол/Евр (Eurasia-2 в [16]).

Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба (ЗТО, ВТО/СТО и ТО/СА) характеризуют изменение положения и силы восточноазиатского (тихоокеанского) струйного течения на западе (ЗТО), востоке (ТО/СА) и в средней части (ВТО/СТО) океана.

В Атлантико-Европейском регионе зимой ЗТО сопровождается в положительную фазу смещением преобладающих траекторий циклонов и зон повышенной циклонической активности с северных и южных широт к центральной части Северной Атлантики, согласуясь с полем высоты геопотенциала 500 гПа [49],

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

а в Европейском регионе – в основном к северу Западной и Центральной Европы. Соответственно, циклоническая активность над Восточным Средиземноморьем повышается зимой в отрицательную фазу ЗТО.

ВТО/СТО проявляется осенью в отрицательной фазе в наибольших аномалиях циклонической активности, по сравнению с ЗСК зимой и ТО/СА весной, в окрестности Исландского минимума, охватывая полосу от района Гольфстрима до Норвежского моря. Соответственно, циклоническая активность над западом Европы и Средиземноморского региона возрастает в положительную фазу этого колебания. Такая структура поля циклонической активности соответствует полю высоты геопотенциала 500 гПа [50].

ТО/СА проявляется весной в отрицательной фазе в наибольших аномалиях циклонической активности в Средиземноморском регионе по сравнению с двумя другими колебаниями Северной части Тихого океана. Структура поля циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе, согласуясь с полем высоты геопотенциала 500 гПа [51], характеризуется двумя диполями на западе и меньшим на востоке Северной Атлантики. Для Средиземноморского региона большое влияние оказывает чередование аномалий геопотенциала над северо-западом Африки.

Еще одним колебанием, которое отражает крупномасштабные изменения как в местоположении, так и в протяженности тихоокеанского струйного течения в восточном направлении, является ТСП. Оно представляет собой зимнее климатическое колебание, которое имеет ярко выраженные сезонные центры действия на западном побережье Северной Атлантики: Североамериканский антициклон и минимум Гудзонова залива [52]. На восточном побережье Северной Атлантики ТСП характеризуется менее выраженным обратным диполем геопотенциальной высоты 500 гПа над Центральной Европой и Северо-западом Африки [52]. В Атлантико-Европейском регионе к большей величине аномалий циклонической активности зимой приводит отрицательная фаза ТСП, а именно в районе Гольфстрима и Исландского минимума. При этом на востоке Атлантики активизируется южное направление траекторий циклонов, а среднеширотное направление смещается на юго-восток на Европу в соответствии с полем геопотенциальной высоты для отрицательной фазы ТСП [52].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что климатические сигналы, отражающие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения от востока Азии до западного побережья Северной Атлантики, такие как ЗТО, ВТО/СТО, ТО/СА, ТСП, могут значимо проявляться в циклонической активности Атлантико-Европейского региона благодаря передаче энергии на восток по волне Россби к струйным течениям региона [75].

Следующая группа сигналов определена по температуре поверхности океана [20]. Основной сигнал после глобального повышения температуры – ЭНЮК, которое характеризуется преобладающим межгодовым масштабом изменчивости. Затем выделяется Тихоокеанское десятилетнее колебание, а после него Атлантическое междесятилетнее колебание.

В данной работе проанализированы отклики на индекс Южного колебания в качестве атмосферного индекса ЭНЮК. Положительные аномалии ЮК характеризуют явление Ла-Нинья, а отрицательные – Эль-Ниньо. Циклоническая активность весной повышается на побережье Средиземноморского региона, понижается в Черноморском регионе и в Восточной Европе в положительную фазу ЮК, а в отрицательную фазу характеризуется обратными условиями. Такие изменения сопровождаются более зональными преобладающими траекториями циклонов в положительную фазу ЮК и более меридиональными в отрицательную фазу. Структура поля аномалий циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе может говорить о меандрировании верхнетропосферных струйных течений в отрицательную фазу ЮК.

На отдельных участках можно заметить общие особенности структуры поля циклонической активности для ЮК с ТСП, СКА, САК/АО и др. Это подтверждает, что ЭНЮК проявляется в климате Атлантико-Европейского региона косвенно через влияние на местные центры действия и климатические сигналы [34]. Учет восточных/центральных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья [8; 10; 18; 71; 76], а также запаздывания отклика от 1 до 9 мес. [66] может повысить аномалии региональных проявлений ЭНЮК. Однако даже примененный в данной работе прямой подход позволяет выделить масштабные согласованные аномалии циклонической активности в разные фазы ЭНЮК.

Положительная фаза АМО характеризуется теплой Северной Атлантикой в средних и южных широтах [35]. Над этими районами весной наблюдается повышение циклонической активности, достигающее Европейского региона. В отрицательную фазу АМО в условиях холодных аномалий над большей частью акватории Северной Атлантики циклоническая активность повышена в районе Исландского минимума, Лабрадорского моря, а также в Средиземноморском регионе. Такой результат согласуется с работами [54; 57].

Теплая аномалия температуры поверхности океана в центральных и западных районах Северной части Тихого океана в обрамлении холодной аномалии к северу и востоку наблюдается при отрицательной фазе ТДО [42]. Зоны повышенной циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе весной смещаются при смене фаз ТДО, что особенно заметно в районе Гольфстрима, Исландии, над Европейским регионом. Похоже, что это обусловлено смещением струйных течений в тропосфере [63], а также изменением положения и интенсивности центров действия атмосферы Северной Атлантики [15]. В отрицательную фазу ТДО циклоническая активность сконцентрирована на севере Скандинавского полуострова и в разных районах над Средиземноморским регионом, а в положительную фазу – в разных областях над Европой.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Полученные результаты для межгодового сигнала ЭНЮК и десятилетних-междесятилетних климатических колебаний АМО и ТДО, выделяемых по температуре поверхности океана, свидетельствуют о том, что они могут задавать характеристики колебаний (модуляция) межгодовых климатических сигналов Атлантико-Европейского региона, воздействуя на центры действия атмосферы (например, Исландский минимум, Азорский максимум) и энергоактивные зоны (например, Гольфстрим, районы формирования глубинных вод) Северной Атлантики.

Заключение

В работе проведен комплексный анализ циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе на фоне Атлантико-Европейского региона под влиянием 15 климатических процессов Северного полушария, который выявил и подтвердил следующие особенности.

Региональные индексы Средиземноморского и Западно-Средиземноморского колебания отражают процессы региональной трансформации проявлений более масштабных центров действия Атлантико-Европейского региона и являются потенциальными предикторами в зоне выхода южных (средиземноморских) циклонов. В отрицательные фазы СК и ЗСК циклоническая активность возрастает на западе и в центральной части Черноморско-Средиземноморского региона соответственно.

В зимне-весенний период в положительные фазы Арктического, Североатлантического и Восточноатлантического колебаний циклоны преобладают с разной, уменьшающейся степенью плотности вдоль северной ветви траекторий Северной Атлантики. В отрицательные фазы колебаний траектории циклонов проходят южнее, приводя к активизации циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе, что особенно выражено для Арктического колебания.

Среди блокирующих колебаний наибольшими откликами в Черноморско-Средиземноморском регионе характеризуется мода Восточная Атлантика/Западная Россия. Она сопровождается повышением циклонической активности зимой в отрицательную фазу в условиях разблокирования западного переноса в Атлантико-Европейском регионе. Положительные фазы Скандинавского и Полярно-Евразийского колебаний сопровождаются повышением частоты циклонов на западе и востоке Средиземного моря при блокировочных условиях в разных частях Европы.

Климатические сигналы, отражающие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения от востока Азии до западного побережья Северной Атлантики, значимо проявляются в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона, по-видимому, благодаря передаче энергии на восток по волне Россби к струйным течениям региона. При этом циклоническая активность в разных частях Черноморско-Средиземноморского региона повышается при отрицательных фазах колебания Тропики-Северное полушарие и Западно-Тихоокеанского колебания зимой, Тихоокеанско-Североамериканского колебания весной и Восточнотихоокеанского-Северотихоокеанского колебания осенью.

Удаленное влияние группы сигналов, определяемых по температуре поверхности океана, т.е. межгодового сигнала ЭНЮК и десятилетних-междесятилетних климатических колебаний АМО и ТДО, может модулировать межгодовые климатические сигналы Атлантико-Европейского региона в весенний период, воздействуя на центры действия атмосферы и энергоактивные зоны Северной Атлантики. При этом циклоническая активность в отдельных частях Черноморско-Средиземноморского региона повышается весной при отрицательных фазах АМО, ТДО и при положительной фазе Южного колебания, т.е. при явлении Ла-Нинья.

В целом в работе выявлены закономерности проявлений межгодовых-междесятилетних сигналов в системе океан – атмосфера в аномалиях циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона с учетом схем смещения преобладающих траекторий над Атлантико-Европейским регионом, соответствующих разным фазам этих сигналов. Проведенное исследование является важным этапом на пути к характеристике физических механизмов формирования регионального климата изучаемого региона.

Библиографический список

1. Акперов М. Г., Мохов И. И. Оценки чувствительности циклонической активности в тропосфере внетропических широт к изменению температурного режима // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. № 2(49). С. 129–129. DOI: 10.7868/s000235151302003x EDN: PXLFDH
2. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. Т. 11. С. 24–37.
3. Бардин М. Ю., Платова Т. В. Волны холода в Европейской части России: структура, циркуляционные условия и изменения сезонных статистик // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. № 3(8). С. 5–30. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-3-5-30 EDN: WNMJRV
4. Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Особенности изменчивости циклонической активности в умеренных широтах Северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. Т. 2. С. 14–40. EDN: VEHUJX
5. Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Долгопериодные изменения повторяемости циклонов в умеренных широтах Северного полушария // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. № 2(7). С. 57–80. DOI: 10.21513/2410-8758-2021-2-57-80 EDN: MMOZMG
6. Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н. Климатическая характеристика циклонической активности в Северотихоокеанском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2010. № 13. С. 180–184.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

7. Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н. Циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе: проявления глобальных процессов в системе океан-атмосфера. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 168 p.
8. Гущина Д. Ю., Девитт Б. Явление Эль-Ниньо и его влияние на процессы в атмосфере и океане // Труды Государственного океанографического института. 2016. № 217. С. 184–208. EDN: XEBAOR
9. Журавский В. Ю., Воскресенская Е. Н. Технология выделения циклонов из массивов реанализа глобальных метеорологических полей // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 11. С. 74–78. EDN: YWXQWD
10. Михайлова Н. В., Воскресенская Е. Н. Атлантико-Европейские проявления событий Эль-Ниньо разных типов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2010. № 23. С. 34–39. EDN: WLBMTX
11. Нестеров Е.С. О восточно-атлантическом колебании циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. 2009. № 12. С. 32–40. EDN: KZBCLF
12. Нестеров Е.С. Экстремальные циклоны над морями европейской части России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 1. С. 97–115. EDN: USGMMZ
13. Переведенцев Ю. П., Наумов Э. П., Шанталинский К. М. Современные глобальные и региональные изменения климата // Географический вестник, 2006. № 2. С. 84–96. EDN: NCSGMX
14. Alpert P., Neeman B. U., Shay-El Y. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data // Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography. 1990. No. 1(42). P. 65.
15. Bardin M. Yu., Voskresenskaya E. N. Pacific decadal oscillation and European climatic anomalies // Physical Oceanography. 2007. No. 4(17). P. 200–208. DOI: 10.1007/s11110-007-0016-6 EDN: LKMHL D
16. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. No. 6(115). P. 1083–1126. DOI: 10.1175/1520-0493(1987)115
17. Campins J., Genovés A., Picornell M. A., Jansà Clar A. Climatology of Mediterranean cyclones using the ERA-40 dataset // International Journal of Climatology. 2011. No. 11(31). P. 1596–1614. DOI: 10.1002/joc.2183 EDN: PMZIYF
18. 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. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0376.1
19. Dinkeloh 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. DOI: 10.1002/joc.973
20. Enfield D. B., Mestas-Nuñez 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. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012
21. Flaounas E., Davolio S., Raveh-Rubin S., Pantillon F., Miglietta M.M., Gaertner M.A., Hatzaki M., Homar V., Khodayar S., Korres G., Kotroni V., Kushta J., Reale M., Ricard D. Mediterranean cyclones: current knowledge and open questions on dynamics, prediction, climatology and impacts // Weather and Climate Dynamics. 2022. No. 1(3). P. 173–208. DOI: 10.5194/wcd-3-173-2022 EDN: IKFBTO
22. Guijarro J. A., Jansà A., Campins J. Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean // Advances in Geosciences. 2006. Vol. 7. P. 45–49. DOI: 10.5194/adgeo-7-45-2006
23. Harvey B. J., Shaffrey L. C., Woollings T. J., Zappa G., Hodges K. I. How large are projected 21st century storm track changes? // Geophysical Research Letters. 2012. No. 18(39). P. 2012GL052873. DOI: 10.1029/2012GL052873
24. Harvey B. J., Cook P., Shaffrey L. C., Schiemann R. The response of the Northern Hemisphere storm tracks and jet streams to climate change in the CMIP3, CMIP5, and CMIP6 climate models // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2020. No. 23(125). P. e2020JD032701. DOI: 10.1029/2020JD032701 EDN: IWETOD
25. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twentyfirst century: the Eastern Mediterranean as an example // Climate Dynamics. 2020. No. 1–2(54). P. 561–574. DOI: 10.1007/s00382-019-05017-3
26. Hoskins B. J., Hodges K. I. New perspectives on the Northern Hemisphere winter storm tracks // Journal of Atmospheric Sciences. 2002. No. 6 (59). P. 1041–1061. DOI: 10.1175/1520-0469(2002)059
27. Hurrell J. W. Transient eddy forcing of the rotational flow during northern winter // Journal of Atmospheric Sciences. 1995. No. 12(52). P. 2286–2301. DOI: 10.1175/1520-0469(1995)052
28. Hurrell J. W., Deser C. North Atlantic climate variability: the role of the North Atlantic Oscillation // Journal of Marine Systems. 2010. No. 3–4(79). P. 231–244. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2009.11.002
29. Jansa A., Alpert P., Arbogast P., Buzzi A., Ivancan-Picek B., Kotroni V., Llasat M. C., Ramis C., Richard E., Romero R., Speranza A. MEDEX: a general overview // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2014. No. 8(14). P. 1965–1984. DOI: 10.5194/nhess-14-1965-2014
30. Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D. Extension to the North Atlantic oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland // International Journal of Climatology. 1997. No. 13(17). P. 1433–1450. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(199711)17
31. Kistler R., Kalnay E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne R., Fiorino M. The NCEP–NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation // Bulletin of the American Meteorological Society. 2001. No. 82(2). P. 247–268. URL: <http://www.jstor.org/stable/26215517> (дата обращения 11.05.25).
32. Kerr R. A. North Atlantic climate pacemaker for the centuries // Science. 2000. No. 5473(288). P. 1984–1985. DOI: 10.1126/science.288.5473.1984 EDN: DGTML
33. Kerr R. A. Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence // Science. 2005. No. 5731(309). P. 41–43. DOI: 10.1126/science.309.5731.41
34. King M. P., Keenlyside N., Li C. ENSO teleconnections in terms of non-NAO and NAO atmospheric variability // Climate Dynamics. 2023. No. 5–6(61). P. 2717–2733. DOI: 10.1007/s00382-023-06697-8 EDN: OMNESM
35. Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A. Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation // Geophysical Research Letters. 2006. No. 17(33). P. L17706. DOI: 10.1029/2006GL026242
36. Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P. M., Krichak S. O., Jansà A., Maheras P., Sanna A., Trigo I. F., Trigo R. Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment. 2006. P. 325–372. DOI: 10.1016/S1571-9197(06)80009-1

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

37. Seager R., Osborn T. J., Kushnir Y., Simpson I. R., Nakamura J., Liu H. Climate variability and change of Mediterranean-type climates // *Journal of Climate*. 2019. No. 32(10). P. 2887–2915. DOI: 10.1175/JCLI-D-18-0472.1
38. Lv Y., Guo J., Li J., Han Y., Xu H., Guo X., Cao L., Gao W. Increased turbulence in the Eurasian upper-level jet stream in winter: Past and future // *Earth and Space Science*. 2021. No. 2(8). P. e2020EA001556. DOI: 10.1029/2020EA001556 EDN: ESCPNX
39. Maheras P., Flocas H. A., Patrikas I., Anagnostopoulou C. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution // *International Journal of Climatology*. 2001. No. 1(21). P. 109–130. DOI: 10.1002/joc.599
40. Maheras P., Kutiel H. Spatial and temporal variations in the temperature regime in the Mediterranean and their relationship with circulation during the last century // *International Journal of Climatology*. 1999. No. 7(19). P. 745–764. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(19990615)19
41. 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. Vol. 64. P. 189–199. DOI: 10.1007/s007040050122 EDN: CSLWXT
42. Mantua N. J., Hare S. R. The Pacific decadal oscillation // *Journal of Oceanography*. 2002. Vol. 58. P. 35–44. DOI: 10.1023/A EDN: LVGGUP
43. Martin-Vide J., Lopez-Bustins J. The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2006. No. 11(26). P. 1455–1475. DOI: 10.1002/joc.1388
44. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S., Zhuravskii V. Y. Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region. Kazan: Kazan University, 2022. 32 p.
45. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N. Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region // *Географический вестник = Geographical bulletin*. 2024. No. 3. P. 95–112. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112 EDN: DEHRVX
46. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Bardin M. Yu. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region // *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2010. No. 4(11). P. 1366–1372. EDN: PFUTRN
47. Mo K. C., Livezey R. E. Tropical-extratropical geopotential height teleconnections during the Northern Hemisphere winter // *Monthly Weather Review*. 1986. No. 12(114). P. 2488–2515. DOI: 10.1175/1520-0493(1986)114
48. Neu U., Akperov M. G., Bellenbaum N., Benestad R., Blender R., Caballero R., Coccozza A., Dacre H. F., Feng Y., Fraedrich K., Grieger J., Gulev S., Hanley J., Hewson T., Inatsu M., Keay K., Kew S. F., Kindem I., Leckebusch G. C., Liberato M. L. R., Lionello P., Mokhov I. I., Pinto J. G., Raible C. C., Reale M., Rudeva I., Schuster M., Simmonds I., Sinclair M., Sprenger M., Tilinina N. D., Trigo I. F., Ulbrich S., Ulbrich U., Wang X. L., Wernli H. IMILAST: a community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2013. No. 4(94). P. 529–547. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00154.1 EDN: RFXGP
49. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – West Pacific Pattern (WP) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/wp_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
50. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – East Pacific - North Pacific Pattern (EP-NP) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ep_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
51. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Pacific North American Pattern (PNA) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/pna_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
52. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Tropical Northern Hemisphere Pattern (TNH) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/tnh_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
53. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Northern Hemisphere Teleconnection Patterns : website. URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml> (дата обращения: 11.07.2025)
54. Peings Y., Magnusdottir G. Forcing of the wintertime atmospheric circulation by the multidecadal fluctuations of the North Atlantic ocean // *Environmental Research Letters*. 2014. No. 3(9). P. 034018. DOI: 10.1088/1748-9326/9/3/034018 EDN: SOTHNX
55. Pelly J. L., Hoskins B. J. A new perspective on blocking // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2003. No. 5(60) P. 743–755. DOI: 10.1175/1520-0469(2003)060 EDN: GMPSJT
56. Pinto J. G., Ulbrich U., Leckebusch G. C., Spanghel T., Reyers M., Zacharias S. Changes in storm track and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM // *Climate Dynamics*. 2007. No. 2–3(29). P. 195–210. DOI: 10.1007/s00382-007-0230-4 EDN: JTTGBS
57. Polonskii A. B. Atlantic multidecadal oscillation and its manifestations in the Atlantic-European region // *Physical Oceanography*. 2008. No. 4(18). P. 227–236. DOI: 10.1007/s11110-008-9020-8 EDN: XMQYNB
58. Polonskii A. B., Bardin M. Y., Voskresenskaya E. N. Statistical characteristics of cyclones and anticyclones over the Black Sea in the second half of the 20th century // *Physical Oceanography*. 2007. No. 6(17). DOI: 10.1007/s11110-008-9002-x EDN: LKPRBF
59. Raible C. C., Messmer M., Lehner F., Stocker T. F., Blender R. Extratropical cyclone statistics during the last millennium and the 21st century // *Climate of the Past*. 2018. No. 10(14). P. 1499–1514. DOI: 10.5194/cp-14-1499-2018 EDN: TYTGIG
60. Rudeva I., Gulev S. K. Composite Analysis of North Atlantic Extratropical Cyclones in NCEP–NCAR Reanalysis Data // *Monthly Weather Review*. 2011. No. 5(139). P. 1419–1446. DOI: 10.1175/2010MWR3294.1 EDN: OHQOZX
61. Simmonds I., Burke C., Keay K. Arctic Climate Change as Manifest in Cyclone Behavior // *Journal of Climate*. 2008. No. 22(21). P. 5777–5796. DOI: 10.1175/2008JCLI2366.1 EDN: MMRQCZ
62. Sinclair V. A., Rantanen M., Haapanala P., Räisänen J., Järvinen H. The characteristics and structure of extra-tropical cyclones in a warmer climate // *Weather and Climate Dynamics*. 2020. No. 1 (1). P. 1–25. DOI: 10.5194/wcd-1-1-2020 EDN: LMIUGM
63. Stendel M., Francis J., White R., Williams P. D., Woollings T. The jet stream and climate change in Climate Change. Elsevier, 2021. P. 327–357. DOI: 10.1016/B978-0-12-821575-3.00015-3 EDN: CMKDBI
64. Thompson D. W., Wallace J. M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability // *Journal of Climate*. 2000. No. 5(13). P. 1000–1016. DOI: 10.1175/1520-0442(2000)013 EDN: WWJGIK

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

65. Tilinina N., Gulev S. K., Rudeva I., Koltermann P. Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses // *Journal of Climate*. 2013. No. 17(26). P. 6419–6438. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00777.1 EDN: RFPRQJ
66. Trenberth K. E., Hurrell J. W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific // *Climate Dynamics*. 1994. Vol. 9. P. 303–319. DOI: 10.1007/BF00204745 EDN: WCMRES
67. Trigo I. F., Bigg G. R., Davies T. D. Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean // *Monthly Weather Review*. 2002. No. 3(130). P. 549–569. DOI: 10.1175/1520-0493(2002)130
68. Trigo I. F., Davies T. D., Bigg G. R. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region // *Journal of Climate*. 1999. No. 6(12). P. 1685–1696. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012
69. Trigo R. M., Osborn T. J., Corte-Real J. M. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms // *Climate research*. 2002. No. 1(20). P. 9–17. DOI: 10.3354/cr020009
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. DOI: 10.1007/s00704-008-0083-8 EDN: MNFCGL
71. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. No. 1(53). P.111–119. DOI: 10.1134/S0001433817010133 EDN: YVHLDN
72. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system // *Advances in Science and Research*. 2011. No. 1(6). P. 237–243. DOI: 10.5194/asr-6-237-2011 EDN: MNIDBT
73. Wallace J. M. North Atlantic Oscillation/annular mode: Two paradigms—one phenomenon // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2000. No. 564(126). P. 791–805. DOI: 10.1002/qj.49712656402 EDN: LVMWYJ
74. Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter // *Monthly Weather Review*. 1981. No. 4(109). P. 784–812. DOI: 10.1175/1520-0493(1981)109
75. Wirth V., Eichhorn J. Long-lived Rossby wave trains as precursors to strong winter cyclones over Europe // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2014. No. 680(140). P. 729–737. DOI: 10.1002/qj.2191
76. 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. Vol. 41. P. 760–769. DOI: 10.3103/S1068373916110030 EDN: YVCHZP
77. Zolina O., Gulev S. K. Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies // *Monthly Weather Review*. 2002. No. 3(130). P. 748–759. DOI: 10.1175/1520-0493(2002)130 EDN: LHHDDN

References

1. Akperov M.G., Mokhov I. I. Estimates of the Sensitivity of Cyclonic Activity in the Troposphere of Extratropical Latitudes to Changes in the Temperature Regime. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2013, no. 2(49), pp.129–129. (In Russ.) DOI 10.7868/s000235151302003x
2. Bardin M. Yu. Izmenchivost' harakteristik ciklonichnosti v srednej troposfere umerennyh shirot Severnogo polushariya [Variability of cyclonic characteristics in the middle troposphere of the temperate latitudes of the Northern Hemisphere]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1995, vol. 11, pp. 24–37. (In Russ.)
3. Bardin M. Yu., Platova T. V. Cold waves over the European part of Russia: structure, circulation conditions and changes in seasonal statistics. *Fundamental and Applied Climatology*, 2022, vol. 3(8), pp. 5–30. (In Russ.) DOI 10.21513/2410-8758-2022-3-5-30
4. Bardin M. Yu., Platova T. V., Samokhina O. F. Specific features of variability of cyclone activity in Northern Extratropics associated with leading atmospheric circulation modes in Atlantic-European sector. *Fundamental and Applied Climatology*, 2015, vol. 2, pp. 14–40. (In Russ.)
5. Bardin M. Yu., Platova T. V., Samokhina, O. F. Long-period variations of cyclone frequency in the Northern Extratropics. *Fundamental and Applied Climatology*, 2021, vol. 2(7), pp. 57–80. (In Russ.) DOI 10.21513/2410-8758-2021-2-57-80
6. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Klimaticheskaya kharakteristika tsiklonicheskoi aktivnosti v Severotikhookeanskom regione [Climatic characteristics of cyclonic activity in the North Pacific region]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy*, 2010, no. 13, pp. 180–184. (In Russ.)
7. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. *Tsiklonicheskaya aktivnost' v Chernomorsko-Sredizemnomorskom regione: proyavleniya global'nykh protsessov v sisteme okean-atmosfera* [Cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region: manifestations of global processes in the ocean-atmosphere system]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 168 p. (In Russ.)
8. Gushchina D., Dewitte B. El niño southern oscillation and its influence on the ocean-atmosphere processes. *Trudy Gosudarstvennogo Okeanograficheskogo Instituta*, 2016, no. 217, pp. 184–208. (In Russ.)
9. Zhuravsky V. Y., Voskresenskaya E. N. Technology of cyclones separation from global reanalyses data sets on meteorological fields. *Monitoring systems of environment*, 2018, no. 11, pp. 74–78. (In Russ.)
10. Mikhailova N. V., Voskresenskaya E. N. Atlantiko-Evropeiskie proyavleniya sobytii El-Nin'o raznykh tipov [Atlantic-European manifestations of different types of El Nino events]. *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea], no. 23, pp. 34–39. (In Russ.)
11. Nesterov E. S. O vostochno-atlanticheskom kolebanii tsirkulyatsii atmosfery [East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation]. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2009, no. 12, pp. 32–40. (In Russ.)
12. Nesterov E. S. Ekstremal'nye tsiklony nad moryami evropeiskoi chasti Rossii [Extreme cyclones over the seas of the European part of Russia]. *Hydrometeorological Research and Forecasting*, 2018, no. 1, pp. 97–115. (In Russ.)
13. Perevedentsev Yu. P., Naumov E. P., Shantalinskii K. M. Sovremennye global'nye i regional'nye izmeneniya klimata [Current global and regional climate changes]. *Geographical Bulletin*, no. 2, pp. 84–96. (In Russ.)
14. Alpert P., Neeman B. U., Shay-El Y. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 1990, no. 1(42), p. 65.
15. Bardin M. Yu., Voskresenskaya E. N. Pacific decadal oscillation and European climatic anomalies. *Physical Oceanography*, 2007, no. 4(17), pp. 200–208. DOI 10.1007/s11110-007-0016-6
16. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, 1987, no. 6(115), pp. 1083–1126. DOI 10.1175/1520-0493(1987)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2
17. Campins J., Genovés A., Picornell M. A., Jansà Clar A., Climatological analysis of Mediterranean cyclones using the ERA-40 dataset. *International Journal of Climatology*, 2011, no. 11(31), pp. 1596–1614. DOI 10.1002/joc.2183

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

18. 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), pp. 3253–3278. DOI 10.1175/JCLI-D-16-0376.1
19. Dünkelloh 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), pp. 1843–1866. DOI 10.1002/joc.973
20. Enfield D. B., Mestas-Nuñez A. M. Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns. *Journal of Climate*, 1999, no. 9(12), pp. 2719–2733. DOI 10.1175/1520-0442(1999)012<2719:MVISS>2.0.CO;2
21. Flaounas E., Davolio S., Raveh-Rubin S., Pantillon F., Miglietta M. M., Gaertner M. A., Hatzaki M., Homar V., Khodayar S., Korres G., Kotroni V., Kushta J., Reale M., Ricard D. Mediterranean cyclones: current knowledge and open questions on dynamics, prediction, climatology and impacts. *Weather and Climate Dynamics*, 2022, no. 1(3). P. 173–208. DOI 10.5194/wcd-3-173-2022
22. Guijarro J. A., Jansà A., Campins J. Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean. *Advances in Geosciences*, 2006, vol. 7, pp. 45–49. DOI 10.5194/adgeo-7-45-2006
23. Harvey B. J., Shaffrey L. C., Woollings T. J., Zappa G., Hodges K. I. How large are projected 21st century storm track changes? *Geophysical Research Letters*, 2012, no. 18(39). P. 2012GL052873. DOI 10.1029/2012GL052873
24. Harvey B. J., Cook P., Shaffrey L. C., Schiemann R. The response of the Northern Hemisphere storm tracks and jet streams to climate change in the CMIP3, CMIP5, and CMIP6 climate models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2020, no. 23(125), pp. e2020JD032701. DOI 10.1029/2020JD032701
25. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twentyfirst century: the Eastern Mediterranean as an example. *Climate Dynamics*, 2020, no. 1–2(54), pp. 561–574. DOI 10.1007/s00382-019-05017-3
26. Hoskins B. J., Hodges K. I. New perspectives on the Northern Hemisphere winter storm tracks. *Journal of Atmospheric Sciences*, 2002, no. 6(59), pp. 1041–1061. DOI 10.1175/1520-0469(2002)059<1041:NPOTNH>2.0.CO;2
27. Hurrell J. W., Transient eddy forcing of the rotational flow during northern winter. *Journal of Atmospheric Sciences*, 1995, no. 12(52), pp. 2286–2301. DOI 10.1175/1520-0469(1995)052<2286:TEFOTR>2.0.CO;2
28. Hurrell J. W., Deser C. North Atlantic climate variability: the role of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Marine Systems*, 2010, no. 3–4(79), pp. 231–244. DOI 10.1016/j.jmarsys.2009.11.002
29. Jansa A., Alpert P., Arbogast P., Buzzi A., Ivancan-Picek B., Kotroni V., Llasat M. C., Ramis C., Richard E., Romero R., Speranza A. MEDEX: a general overview. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2014, no. 8(14), pp. 1965–1984. DOI 10.5194/nhess-14-1965-2014
30. Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D. Extension to the North Atlantic oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland. *International Journal of Climatology*, 1997, no. 13(17), pp. 1433–1450. DOI 10.1002/(SICI)1097-0088(19971115)17:13<1433::AID-JOC203>3.0.CO;2-P
31. Kistler R., Kalnay E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne R., Fiorino M., The NCEP–NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2001, no. 82(2), Pp. 247–268. <http://www.jstor.org/stable/26215517>
32. Kerr R. A. North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 2000, no. 5473(288), pp. 1984–1985. DOI 10.1126/science.288.5473.1984
33. Kerr, R.A., 2005. Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence. *Science*, 2005, no. 5731(309), pp. 41–43. DOI 10.1126/science.309.5731.41
34. King M. P., Keenlyside N., Li C. ENSO teleconnections in terms of non-NAO and NAO atmospheric variability. *Climate Dynamics*, 2023, no. 5–6(61), pp. 2717–2733. DOI 10.1007/s00382-023-06697-8
35. Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A. Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation. *Geophysical Research Letters*, 2006, no. 17(33), pp. L17706. DOI 10.1029/2006GL026242
36. Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P. M., Krichak S. O., Jansà A., Maheras P., Sanna A., Trigo I. F., Trigo R., Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment. Elsevier, 2006, pp. 325–372. DOI 10.1016/S1571-9197(06)80009-1
37. Seager R., Osborn T. J., Kushnir Y., Simpson I. R., Nakamura J., Liu H. Climate variability and change of Mediterranean-type climates. *Journal of Climate*, 2019, no. 32(10), pp. 2887–2915. DOI 10.1175/JCLI-D-18-0472.1
38. Lv Y., Guo J., Li J., Han Y., Xu H., Guo X., Cao L., Gao W. Increased turbulence in the Eurasian upper-level jet stream in winter: Past and future. *Earth and Space Science*, 2021, no. 2(8), pp. e2020EA001556. DOI 10.1029/2020EA001556
39. Maheras P., Flocas H. A., Patrikas I., Anagnostopoulou C. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution. *International Journal of Climatology*, 2001, no. 1(21), pp. 109–130. DOI 10.1002/joc.599
40. Maheras P., Kutiel H. Spatial and temporal variations in the temperature regime in the Mediterranean and their relationship with circulation during the last century. *International Journal of Climatology*, 1999, no. 7(19), pp. 745–764. DOI 10.1002/(SICI)1097-0088(19990615)19:7<745::AID-JOC395>3.0.CO;2-2
41. 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, no. 64, pp. 189–199. DOI 10.1007/s007040050122
42. Mantua, N.J., Hare, S.R., 2002. The Pacific decadal oscillation. *Journal of Oceanography*, 2002, vol. 58, pp. 35–44. DOI 10.1023/A:1015820616384
43. Martin-Vide J., Lopez-Bustins J. The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 2006, no. 11(26), pp. 1455–1475. DOI 10.1002/joc.1388
44. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S., Zhuravskii V. Y. *Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region*. Kazan: Kazan University, 2022, 32 p.
45. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region. *Geographical bulletin*, 2024, no. 3, pp. 95–112. (In Russ.) DOI 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112
46. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Bardin M. Yu. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2010, no. 4(11), pp. 1366–1372.
47. Mo K. C., Livezey R. E. Tropical-extratropical geopotential height teleconnections during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 1986. No. 12(114). P. 2488–2515. DOI 10.1175/1520-0493(1986)114<2488:TEGHTD>2.0.CO;2

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

48. Neu U., Akperov M. G., Bellenbaum N., Benestad R., Blender, R., Caballero, R., Coccozza, A., Dacre, H.F., Feng, Y., Fraedrich, K., Grieger, J., Gulev, S., Hanley, J., Hewson, T., Inatsu, M., Keay K., Kew S. F., Kindem I., Leckebusch G. C., Liberato M. L. R., Lionello P., Mokhov I. I., Pinto J. G., Raible C. C., Reale M., Rudeva I., Schuster M., Simmonds I., Sinclair M., Sprenger M., Tilinina N. D., Trigo I. F., Ulbrich S., Ulbrich U., Wang X. L., Wernli H. IMILAST: a community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2013, no. 4(94), pp. 529–547. DOI 10.1175/BAMS-D-11-00154.1
49. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - West Pacific Pattern (WP) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/wp_map.shtml (Accessed 11 July 2025).
50. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - East Pacific - North Pacific Pattern (EP-NP) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ep_map.shtml. (Accessed 11 July 2025).
51. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Pacific North American Pattern (PNA) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/pna_map.shtml. (Accessed 11 July 2025)
52. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Tropical Northern Hemisphere Pattern (TNH)). website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/tnh_map.shtml. (Accessed 11 July 2025).
53. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Northern Hemisphere Teleconnection Patterns . website. URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>. (Accessed 11 July 2025).
54. Peings Y., Magnusdottir G. Forcing of the wintertime atmospheric circulation by the multidecadal fluctuations of the North Atlantic ocean. *Environmental Research Letters*, 2014, no. 3(9), p. 034018. DOI 10.1088/1748-9326/9/3/034018
55. Pelly J. L., Hoskins B. J. A new perspective on blocking. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2003, no. 5(60), pp. 743–755. DOI 10.1175/1520-0469(2003)060<0743:ANPOB>2.0.CO;2
56. Pinto J. G., Ulbrich U., Leckebusch G. C., Spanghel T., Reyers M., Zacharias S., Changes in storm track and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. *Climate Dynamics*, 2007, no. 2–3(29), pp. 195–210. DOI 10.1007/s00382-007-0230-4
57. Polonskii A. B. Atlantic multidecadal oscillation and its manifestations in the Atlantic-European region. *Physical Oceanography*, 2008, no. 4(18), pp. 227–236. DOI 10.1007/s11110-008-9020-8
58. Polonskii A. B., Bardin M. Y., Voskresenskaya E. N. Statistical characteristics of cyclones and anticyclones over the Black Sea in the second half of the 20th century. *Physical Oceanography*, 2007, no. 6(17). DOI 10.1007/s11110-008-9002-x
59. Raible, C.C., Messmer, M., Lehner, F., Stocker, T.F., Blender, R., 2018. Extratropical cyclone statistics during the last millennium and the 21st century. *Climate of the Past*, 2018, no. 10(14). P. 1499–1514. DOI 10.5194/cp-14-1499-2018
60. Rudeva I., Gulev S. K. Composite Analysis of North Atlantic Extratropical Cyclones in NCEP–NCAR Reanalysis Data. *Monthly Weather Review*, 2011, no. 5(139), pp. 1419–1446. DOI 10.1175/2010MWR3294.1
61. Simmonds I., Burke C., Keay K. Arctic Climate Change as Manifest in Cyclone Behavior. *Journal of Climate*, 2008, no. 22(21), pp. 5777–5796. DOI 10.1175/2008JCLI2366.1
62. Sinclair V. A., Rantanen M., Haapanala P., Räisänen J., Järvinen H. The characteristics and structure of extra-tropical cyclones in a warmer climate. *Weather and Climate Dynamics*, 2020, no. 1(1), pp. 1–25. DOI 10.5194/wcd-1-1-2020
63. Stendel M., Francis J., White R., Williams P. D., Woollings T. The jet stream and climate change in Climate Change. Elsevier, 2021, pp. 327–357. DOI 10.1016/B978-0-12-821575-3.00015-3
64. Thompson D. W., Wallace J. M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *Journal of Climate*, 2000, no. 5(13), pp. 1000–1016. DOI 10.1175/1520-0442(2000)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2
65. Tilinina N., Gulev S. K., Rudeva I., Koltermann P. Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses. *Journal of Climate*, 2013, no. 17(26), pp. 6419–6438. DOI 10.1175/JCLI-D-12-00777.1
66. Trenberth K. E., Hurrell J. W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics*, 1994, vol. 9, pp. 303–319. DOI 10.1007/BF00204745
67. Trigo I. F., Bigg G. R., Davies T. D. Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean. *Monthly Weather Review*, 2002, no. 3(130), pp. 549–569. DOI 10.1175/1520-0493(2002)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2
68. Trigo I. F., Davies T. D., Bigg G. R. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *Journal of Climate*, 1999, no. 6(12), pp. 1685–1696. DOI 10.1175/1520-0442(1999)012<1685:OCOCIT>2.0.CO;2
69. Trigo R. M., Osborn T. J., Corte-Real J. M. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms. *Climate research*, 2002, no. 1(20), pp. 9–17. DOI 10.3354/cr020009
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), pp. 117–131. DOI 10.1007/s00704-008-0083-8
71. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2017, no. 1(53), pp.111–119. DOI 10.1134/S0001433817010133
72. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system. *Advances in Science and Research*, 2011, no. 1(6), pp. 237–243. DOI 10.5194/asr-6-237-2011
73. Wallace J. M. North Atlantic Oscillation/annular mode: Two paradigms—one phenomenon. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2000, no. 564(126), pp. 791–805. DOI 10.1002/qj.49712656402
74. Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 1981, no. 4(109), pp. 784–812. DOI 10.1175/1520-0493(1981)109<0784:TITGHF>2.0.CO;2
75. Wirth V., Eichhorn J. Long-lived Rossby wave trains as precursors to strong winter cyclones over Europe. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2014, no. 680(140), pp. 729–737. DOI 10.1002/qj.2191
76. 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, vol. 41, pp. 760–769. DOI 10.3103/S1068373916110030
77. Zolina O., Gulev S. K. Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies. *Monthly Weather Review*, 2002, no. 3(130), pp. 748–759. DOI 10.1175/1520-0493(2002)130<0748:ITAOMC>2.0.CO;2

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Статья поступила в редакцию: 11.07.25, одобрена после рецензирования: 17.09.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 11 July 2025; approved after review: 17 September 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

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

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

Андрей Сергеевич Лубков

Кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник лаборатории
крупномасштабного взаимодействия океана
и атмосферы и изменений климата,
Институт природно-технических систем;
299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: andrey-ls2015@yandex.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

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

Andrey S. Lubkov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Researcher, 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.

Лубков А.С. – обработка и анализ данных, визуализация результатов.

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 stud; writing of the article; scientific editing.

Andrey S. Lubkov – data processing and analysis; visualization of results.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.