

ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА

УДК 551.58

Е.Н.Воскресенская, В.Н.Маслова

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

ПРОЯВЛЕНИЯ АТЛАНТИЧЕСКОЙ МУЛЬТИДЕКАДНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ И ТИХООКЕАНСКОЙ ДЕКАДНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Исследованы проявления отдельно Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) и Тихоокеанской декадной осцилляции (ТДО) в десятилетней-междесятилетней изменчивости циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в зимний период по данным реанализа *NCEP/NCAR* за период 1948 – 2006 гг. Изучены совместные проявления АМО и ТДО в глобальных (для Северного полушария) и региональных условиях в зимний период при определенном сочетании фаз этих колебаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *циклоническая активность, десятилетняя-междесятилетняя изменчивость, Черноморско-Средиземноморский регион, АМО, ТДО.*

Изучение квазипериодической изменчивости глобальных и региональных погодно-климатических характеристик, в особенности такой обобщающей характеристики как циклоническая активность, является одним из приоритетных направлений современных климатических исследований. Понимание закономерностей формирования региональных климатических аномалий десятилетнего-междесятилетнего масштабов на фоне глобальной изменчивости в системе океан-атмосфера позволит описать вклад естественных колебаний в изменение климата и развить теорию долгосрочных прогнозов погоды и климата. Совершенствование теоретических представлений о региональных откликах глобальной низкочастотной изменчивости в циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе необходимо для эффективной работы Гидрометслужбы Украины, а также для подготовки практических рекомендаций заинтересованным ведомствам и организациям, в частности, для перспективного планирования в аграрном комплексе Украины и рационального использования рекреационного потенциала Черного и Средиземного морей.

В настоящее время хорошо известны основные моды десятилетней-междесятилетней изменчивости глобального климата – это Тихоокеанская декадная осцилляция (ТДО) и Атлантическая мультидекадная осцилляция (АМО) [1]. Однако их проявления в изменчивости региональных погодно-климатических характеристик изучены недостаточно, так как сложно получить значимые оценки на коротких рядах данных наблюдений и реанализа.

© Е.Н.Воскресенская, В.Н.Маслова, 2010

Тем не менее, на качественном уровне существование низкочастотных сдвигов глобального и регионального климата отмечают многие исследователи. Так, в [2] показано, что сигнал Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК) прослеживается в осадках в Израиле и стоке реки Иордан только после середины 70-х гг., в связи с изменением частоты и интенсивности событий ЭНЮК. Ранее в [3] было показано, что с середины 70-х гг. XX в. произошло значительное увеличение частоты событий Эль-Ниньо относительно Ла-Нинья, интенсивность и период этих событий также изменились. Было отмечено, что, возможно, в 70-е гг. произошел сдвиг глобальной климатической системы, который привел к усилению связи между системой океан-атмосфера Тихого океана и Североатлантическим регионом в следующие десятилетия [2]. Также с 70-х гг. XX в. наблюдалось увеличение величин коэффициентов корреляции расходов рек Пиренейского полуострова и индекса САК [4]. Авторы объясняют это или возросшим влиянием САК на осадки региона, или увеличением запасов воды после строительства основных дамб в 50-х – 60-х гг. Подобные результаты были получены для потенциальной гидроэлектроэнергии в Испании и Португалии [4].

Проведенный в [5] анализ температурного режима на востоке Средиземноморского региона для двух периодов: 1948 – 1977 гг. и 1973 – 2002 гг. – показал потепление во время второго тридцатилетия, а также возрастание экстремальности температурного режима, проявляющееся в увеличении частоты экстремально «жарких» / «холодных» дней и повышении максимума сезонных температур. Позже в другой работе [6] было показано, что такие тенденции характерны для всего Средиземноморского бассейна.

Таким образом, низкочастотные декадные колебания климатической системы показаны, в основном, в резкой смене связи региональных гидрометеорологических условий с глобальными процессами межгодового масштаба за счет изменения интенсивности проявления этих процессов в середине 70-х гг. XX в.

Отмечаемый в научной литературе глобальный климатический сдвиг в середине 70-х гг. XX в. [7] приурочен к векам изменчивости десятилетних и междесятилетних климатических мод, а именно к смене фаз ТДО и экстремумам в изменчивости индекса АМО. О том, что смена фаз ТДО характеризует сдвиг климатической системы в глобальном масштабе, можно судить, например, из работы [8], где показано, что с 70-х гг. XX в., когда произошел переход от отрицательной к положительной фазе ТДО, в США процент увлажненных районов увеличился более чем в 2 раза (с ~ 12 до > 24 %); процент засушливых районов уменьшился на подобную величину с 40-х гг. XX в., т.е. когда произошел обратный переход. Роль АМО в междесятилетней изменчивости климата в Европе показана, например, в [9]. Авторы этой работы отмечают, что коэффициенты корреляции индекса САК с дефицитом влажности в атмосфере зимой в Средиземноморском регионе увеличились на межгодовом и междесятилетнем масштабах с начала 70-х гг. XX в. из-за долгопериодных положительных аномалий САК (которые и характеризует АМО).

Отклики на изменчивость АМО в Атлантико-Европейском регионе хорошо изучены. Наиболее важными для практических целей являются следующие проявления: крупномасштабные термические аномалии в нижней

тропосфере североатлантического региона [1], количество и интенсивность тропических [10] и внетропических [11, 12] циклонов в Северной Атлантике и ветроволновые характеристики Черноморского бассейна [13]. В нашем исследовании остается только подтвердить наличие междесятилетней изменчивости в активности циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе для исследуемого периода (1948 – 2006 гг.).

Проявления ТДО в Атлантико-Европейском регионе показаны в изменчивости расходов рек и вертикальной стратификации солености в районах, примыкающих к устьям рек [14 – 16]. Работы по описанию десятилетней изменчивости циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) в связи с влиянием ТДО еще не проводились.

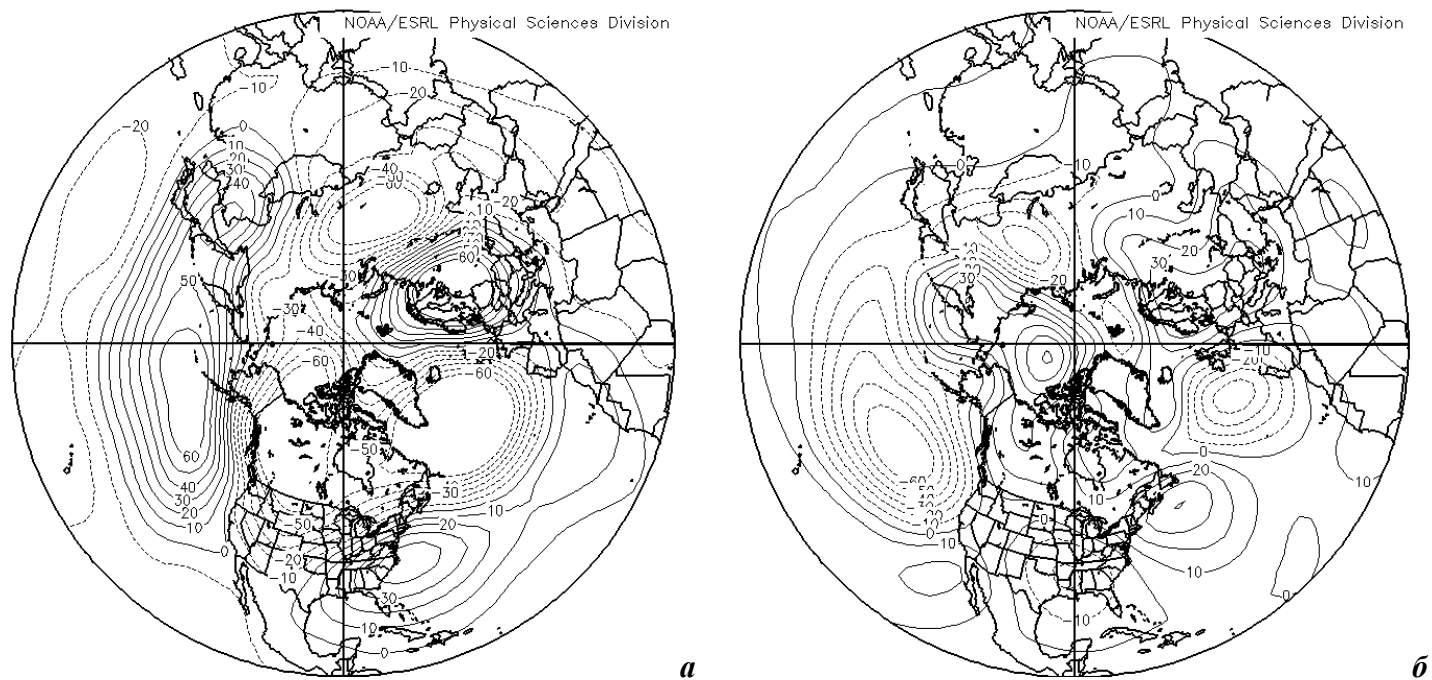
Таким образом, на основе анализа современного состояния проблемы, была сформулирована цель настоящей работы: проанализировать десятилетнюю и междесятилетнюю изменчивость в системе океан-атмосфера и ее проявления в циклонической активности в ЧСР.

Результаты и обсуждение. Междесятилетняя изменчивость циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе, обусловленная АМО, показана в [11] на примере линейных трендов частоты и интенсивности циклонов в 1952 – 2000 гг. Авторы отмечают, что усиление Североатлантического колебания (САК), а фактически и индекса АМО, в 60-е – 90-е гг. XX в. сопровождалось статистически значимым увеличением повторяемости и интенсивности циклонов холодного полугодия в субполярных широтах Северной Атлантики (между 55 и 75° с.ш.) и в юго-восточной части Средиземноморского региона. При этом в умеренных широтах Северной Атлантики (между 35 и 55° с.ш.) и над большей частью Европы повторяемость (но не интенсивность) циклонов уменьшалась.

Для АМО, так же как и для САК, характерно смещение атлантических штормтреков, но только с обратным знаком [12]. Это происходит из-за того, что наибольшее влияние на формирование погодно-климатических аномалий оказывает не разность давления между центрами действия атмосферы, а их положение [12]. Для положительной фазы САК характерно смещение Исландского минимума и Азорского максимума на северо-восток, для АМО – на юго-запад. Это и объясняет различия в характере и знаке связи индексов АМО и САК с параметрами циклонов в Европе.

Этот результат подтверждается и в нашем исследовании для зимнего периода на примере января. Для анализа использовались композитные аномалий высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа и суммарные штормтреки, полученные по данным реанализа *NCEP/NCAR*, для 5-летних периодов минимального (1971 – 1975 гг.) и максимального (1994 – 1998 гг.) индекса АМО. Карты композитных аномалий геопотенциальной поверхности получены с использованием интерактивного сайта *NOAA* для анализа среднемесячных и сезонных композитов [21], штормтреки взяты из Атласа внетропических штормтреков (1961 – 1998 гг.), предоставляемого *NASA GISS* [22].

В период отрицательной фазы АМО в районе Исландского минимума наблюдаются значительные отрицательные аномалии в поле высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (рис. 1, *a*). При этом Азорский максимум разделен на два центра, находящиеся на западе и востоке Атлантики. Следу-



Р и с . 1 . Аномалии высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) в январе относительно климата в 1948 – 2006 гг. в периоды минимального (1971 – 1975 гг.) (а) и максимального (1994 – 1998 гг.) (б) индекса АМО.

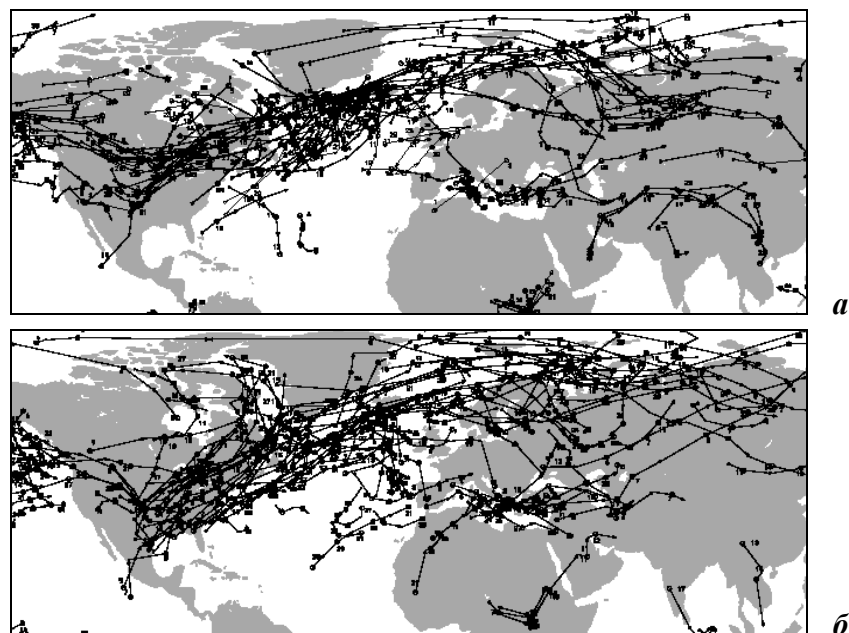


Рис. 2. Штормтреки в январе в периоды минимального (1971 – 1975 гг.) (а) и максимального (1994 – 1998 гг.) (б) индекса АМО.

ет отметить, что в районе его типичного положения в окрестности Азорских островов наблюдаются небольшие положительные аномалии, но за счет глубокого Исландского минимума индекс САК для этого периода большой по модулю и положительный. В соответствии со схемой, описанной в [18 – 20], это проявляется в положении атлантических штормтреков, заходящих далеко на северо-восток Северной Атлантики (рис.2, а). В центральной Европе и в Средиземноморском регионе циклоническая активность низка.

В положительную фазу АМО в районе Исландского минимума наблюдаются небольшие положительные аномалии высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (рис.1, б), отрицательные аномалии характерны в это время для Азорского максимума. Таким образом, центры действия атмосферы (ЦДА) Северной Атлантики ослаблены и индекс САК отрицателен, поэтому в Европе и в ЧСР наблюдается больше циклонов (рис.2, б). Особенно много, по сравнению с отрицательной фазой АМО, выходов циклонов с севера («ныряющие» циклоны) и с юга (средиземноморские/южные циклоны) на территорию Украины и Европейскую территорию России.

Отмеченная закономерность подтверждается положительным знаком корреляции частоты циклонов с индексом АМО. Корреляционный анализ параметров циклонов в ЧСР с несглаженным индексом АМО по Каплану [17] был проведен отдельно для периодов положительной / отрицательной фаз АМО и периодов монотонного роста / убывания индекса. Для характеристик циклонов ЧСР наибольшие значимые коэффициенты корреляции (0,3 – 0,58) наблюдаются в холодный период года для всех рассмотренных полупериодов АМО.

Механизм проявлений ТДО в штормтреках Атлантико-Европейского

региона противоположен АМО. Из научной литературы известно, что особенностью положительной фазы ТДО является углубление Алеутского минимума, сопровождающееся аномальным потеплением в прилегающих южных областях [23]. В результате интенсифицируется атмосферная циркуляция в Северотихоокеанском регионе и Северной Атлантике. В [15] показано, что на декадном масштабе тихоокеанские аномалии ТПО проявляются в соответствующих изменениях САК. Положительная фаза ТДО сопровождается усилением САК и, как следствие, интенсификацией зональной циркуляции в высоких широтах. Отрицательной фазе ТДО соответствуют аномалии противоположного характера, т.е. ослабление САК и зональной циркуляции. О том, что одновременно с ростом индекса ТДО происходит интенсификация САК, можно судить также по результатам [24], в которой показано, что с 1958 по 2001 гг. (в период положительного тренда зимнего индекса ТДО) в высоких широтах Северной Атлантики и на севере Европы наблюдался положительный тренд активности интенсивных циклонов с января по март, а в средних широтах – отрицательный, что обусловлено смещением среднего положения атлантических штормтреков приблизительно на 180 км к северу.

Для подтверждения этого механизма охарактеризуем по той же схеме, как и для АМО, климатическую ситуацию зимнего сезона в пятилетние периоды максимального (1981 – 1985 гг.) и минимального (1967 – 1971 гг.) индекса ТДО на примере композитных аномалий геопотенциальной поверхности 500 гПа и суммарных штормтреков в январе.

В отрицательную фазу ТДО в поле высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа, в районе Азорского максимума наблюдаются отрицательные аномалии, а в районе Исландского минимума – положительные (рис.3, *а*). ЦДА Северной Атлантики ослаблены и смещены на юго-запад, что характерно для отрицательного индекса САК. При этом атлантические штормтреки достаточно равномерно распределены в умеренных широтах Северной Атлантики (рис.4, *а*). Выходя на континент в Атлантико-Европейском секторе, циклоны перемещаются на юг – юго-восток (так называемые «ныряющие» циклоны), так как над европейской территорией России наблюдается антициклональный блокинг (рис.3, *а*).

В положительную фазу ТДО, как показано на рис.3, *б* для аномалий высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа, ЦДА Северной Атлантики усилены и смещены на северо-восток, т.е. индекс САК положителен. При этом, как видно на рис.4, *б*, большое количество атлантических циклонов сконцентрировано в западной части океана и штормтреки идут в основном на северо-восток, проходят через северную Европу преимущественно зонально и достигают Среднесибирского плоскогорья. В центральной и восточной частях Атлантического океана и на юге Европы циклонов значительно меньше. Таким образом, для положительной фазы ТДО меньше, чем для отрицательной фазы, характерны меридиональные перемещения циклонов.

Итак, можно сделать вывод, что влияние ТДО на циклоническую активность в ЧСР передается опосредованно через аномалии ЦДА и положение штормтреков Северной Атлантики, т.е. через изменение САК. Результат, указывающий на связь ТДО и САК, позволяет оценивать тенденции изменчивости циклонической активности в ЧСР на десятилетнем временном масштабе.

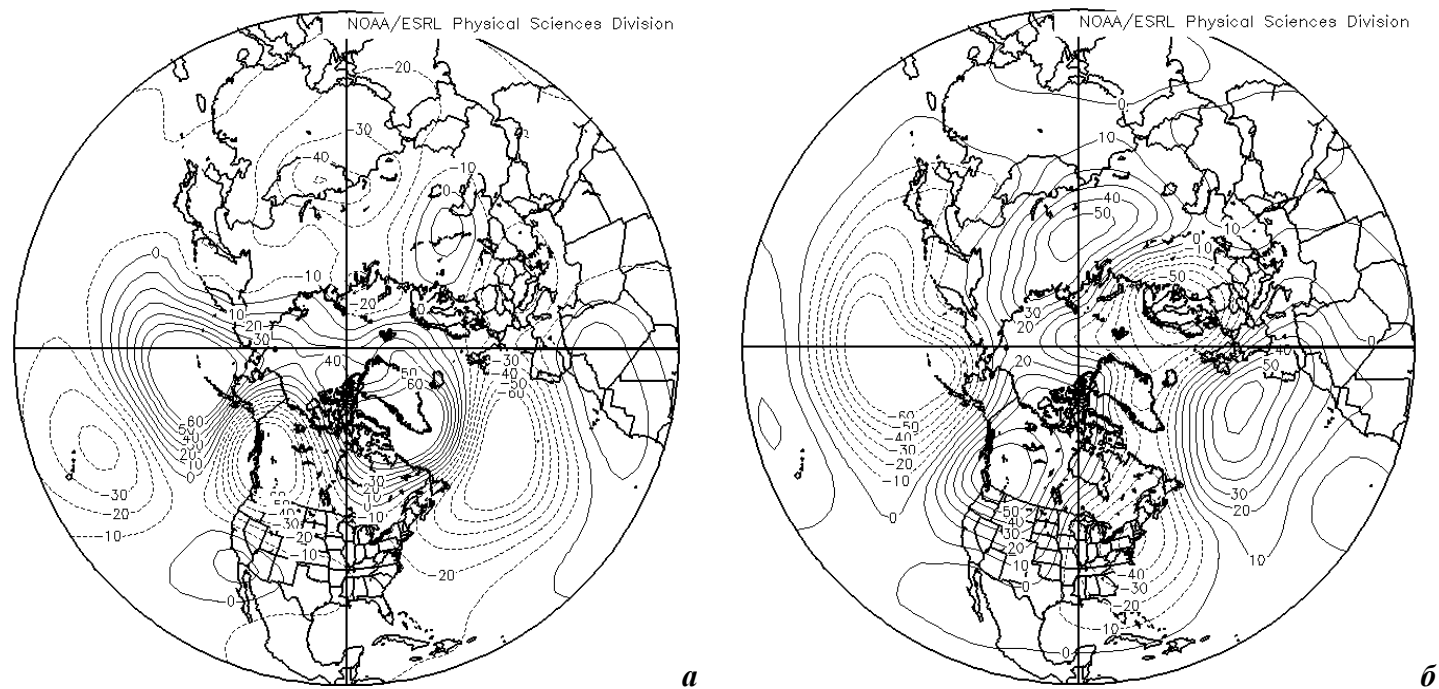


Рис. 3. Аномалии высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) в январе относительно климата в 1948 – 2006 гг. в периоды (а) минимального (1967 – 1971 гг.) и (б) максимального (1981 – 1985 гг.) индекса ТДО.

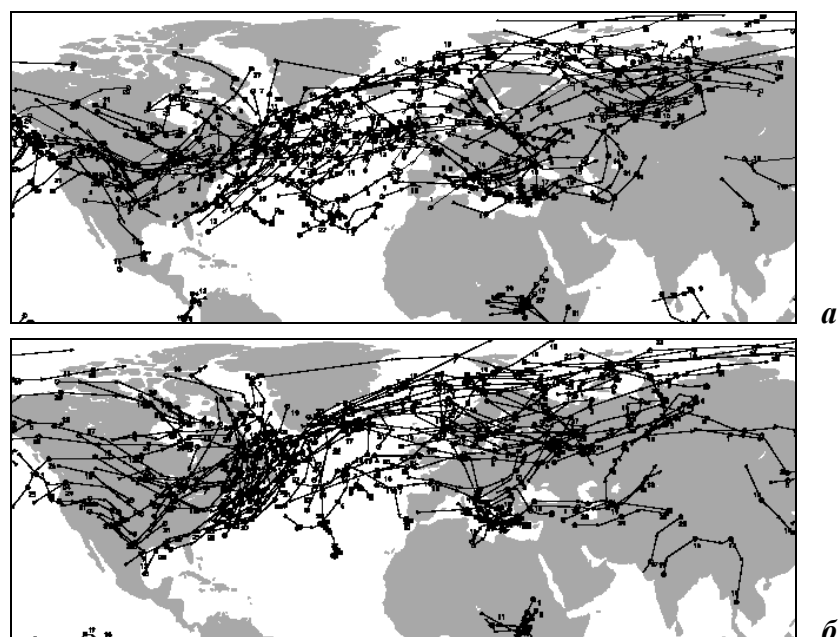


Рис. 4. Штормтреки в январе в периоды минимального (1967 – 1971 гг.) (а) и максимального (1981 – 1985 гг.) (б) индекса ТДО.

Глобальность откликов на основные климатические сигналы в системе океан-атмосфера десятилетнего-междесятилетнего масштабов АМО и ТДО не вызывает сомнения. Региональные проявления этих сигналов по отдельности исследованы во многих работах, однако в каждый момент времени АМО и ТДО действуют совместно и сложно выделить «чистый» сигнал в региональных откликах для каждого из них. Необходимо рассматривать условия, характерные для определенного сочетания фаз АМО и ТДО. Так, например, в [25] показано, что совместное влияние ТДО и АМО определяет более половины (52 %) пространственной и временной изменчивости частоты засух в США на междесятилетнем масштабе. На фоне положительной фазы АМО, благоприятствующей засушливым условиям в Северной Америке, фаза ТДО определяет локализацию этих условий.

Понятно, что распределение засушливых и увлажненных районов в Северной Америке при разных сочетаниях фаз ТДО и АМО соответствует определенному типичному для этих периодов положению траекторий циклонов в северной части Тихого океана и направлению их перемещения через Североамериканский континент. Это еще раз подтверждает правильность выбора в нашем исследовании активности циклонов в качестве индикатора, характеризующего погодно-климатические аномалии.

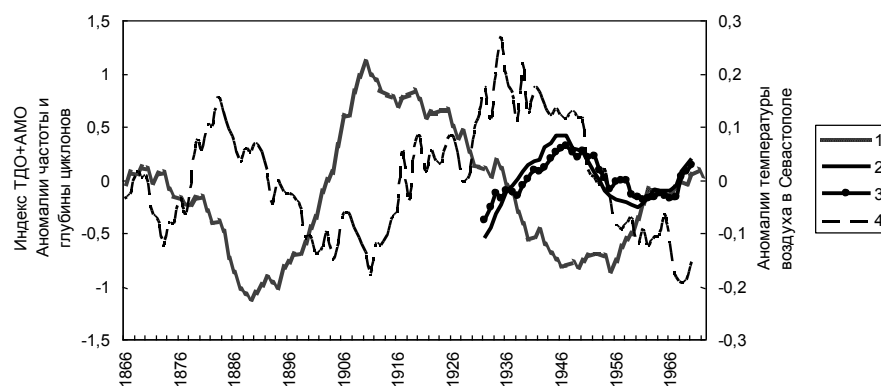
Оценить совокупное действие АМО и ТДО сложно, так как эти сигналы имеют разный временной масштаб (ТДО 20 – 30 лет, АМО 50 – 70 лет). Несмотря на это, некоторые исследователи пытаются оценить совместные проявления этих климатических сигналов, например, попросту складывая их индексы [26]. Полученная сумма индексов АМО и ТДО называется мультideкадным климатическим сигналом [26], который хорошо коррели-

рует с глобальной температурой, температурой в Северной Америке и средней температурой в Арктике, объясняя около 85 % дисперсии температуры на междесятилетнем масштабе.

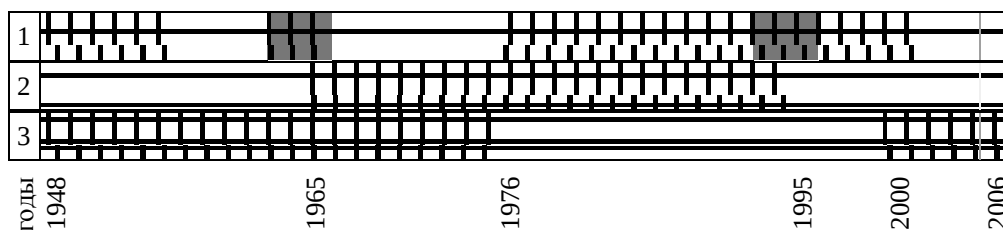
Подобный анализ был выполнен и в нашей работе для частоты и глубины циклонов ЧСР. Для подтверждения установленных закономерностей использовались длинные ряды станционных наблюдений по температуре воздуха в разных пунктах. На рис.5 для примера показана низкочастотная компонента изменчивости аномалий температуры воздуха в Севастополе, частота и глубина черноморских циклонов и соответствующий мультидекадный индекс АМО + ТДО в зимний период. Не оценивая на количественном уровне связь сильно автокоррелированных рядов, отметим, что глобальный мультидекадный сигнал и погодно-климатические характеристики в ЧСР изменяются в противофазе. Это свидетельствует о необходимости более детального изучения совместных проявлений АМО и ТДО в региональном климате ЧСР. Еще одной особенностью является то, что ЧСР значительно удален от аномалий, характеризующих ТДО, и отклики в нем, по-видимому, являются результатом более сложного отложенного взаимодействия сигналов АМО и ТДО. А Северная Америка расположена симметрично относительно крупномасштабных аномалий ПТМ Атлантического и Тихого океанов, поэтому АМО и ТДО проявляются здесь синхронно [26].

Для ЧСР, как уже было показано, проявления АМО и ТДО в штормтреках противоположно, что приводит к тому, что отклики на эти сигналы в погодно-климатических аномалиях либо компенсируют друг друга, либо усиливаются.

Таким образом, разное сочетание фаз АМО и ТДО сопровождается региональными особенностями, не характерными для каждого из сигналов в отдельности. Поэтому в данной работе было проведено диагностическое исследование циклонической активности, как глобальной, так и региональной, приуроченной к определенному сочетанию фаз АМО и ТДО. За период 1948 – 2006 гг. наблюдались следующие сочетания фаз АМО и ТДО: 1948 – 1965 гг. (АМО+ (положительная фаза) и ТДО– (отрицательная фаза)); 1966 –



Р и с . 5 . Низкочастотные компоненты изменчивости (после фильтрации скользящим средним 21 год) мультидекадного индекса АМО+ТДО (1), частоты (2) и глубины (3) циклонов и аномалий температуры воздуха в Севастополе (4).



Р и с . 6 . Временная схема соотношения положительных (горизонтальная штриховка) и отрицательных (сетка) аномалий частоты черноморских циклонов (1), АМО (2) и ТДО (3) в зимний период; серая заливка соответствует максимальным / минимальным аномалиям частоты циклонов.

1976 гг. (АМО– и ТДО–); 1977 – 1995 гг. (АМО– и ТДО+) (рис.6). Период 1995 – 2006 гг. не рассматривался, т.к. для него характерна ситуация смены фаз и АМО, и ТДО, характеризующаяся близкими к нулю значениями индексов этих сигналов, поэтому этот период требует специального отдельного изучения. Основной анализ в данной работе проводился для двух периодов: 1966 – 1976 гг. (АМО– и ТДО–); 1977 – 1995 гг. (АМО– и ТДО+), так как для этих периодов полученные результаты по циклонической активности можно подтвердить с помощью привлечения Атласа штормтреков (1961 – 1998 гг.), выделяемых по данным реанализа *NCEP/NCAR* [22].

Следует отметить, что в изменчивости аномалий частоты циклонов в Черноморском регионе (рис.6) переход от положительных аномалий к отрицательным в 1976 и 2002 гг. приурочен к смене фаз ТДО, а абсолютный максимум и минимум аномалий частоты циклонов – к смене фаз АМО. Как уже было показано, изменение количества циклонов ЧСР на десятилетнем-междесятилетнем масштабе происходит за счет изменения характерного положения атлантических штормтреков на фоне изменения типа атмосферной циркуляции.

Рассмотрим типичные условия пространственного распределения концентрации центров циклонов и пути их перемещения для анализируемых сочетаний фаз: АМО– и ТДО– (1966 – 1976 гг.); АМО– и ТДО+ (1977 – 1995 гг.). В течение этих периодов были выбраны пятилетия, отвечающие максимальной интенсивности индексов (пикам и минимумам) АМО и ТДО: 1967 – 1971 гг. для АМО– и ТДО– и 1988 – 1992 гг. для АМО– и ТДО+, для которых и были рассмотрены характерные глобальные и региональные особенности. Так как наибольшее влияние ТДО и АМО оказывают на ЧСР в холодный период года, в качестве характерного зимнего месяца был рассмотрен январь.

Сочетание отрицательных фаз АМО и ТДО сопровождается тем, что проявления этих сигналов ослабляют друг друга. Как уже было показано, ТДО– приводит к увеличению активности циклонов в ЧСР, а АМО–, напротив, к уменьшению. На рис.7, а видно, что данное сочетание фаз сопровождается значимыми отрицательными аномалиями высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа в районе Азорского максимума и значимыми положительными аномалиями в районе Исландского минимума. Следовательно, индекс САК отрицателен, значительная часть атлантических

штормтреков идет через Центральную Европу и Средиземноморский регион (рис.7, *в*) вдоль струйного потока, положение которого можно проследить по максимальному градиенту высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (рис.7, *б*). При этом в ЧСР циклоническая активность усиливается (рис.7, *г*), что также подтверждается отрицательными аномалиями геопотенциальной высоты (рис.7, *а*).

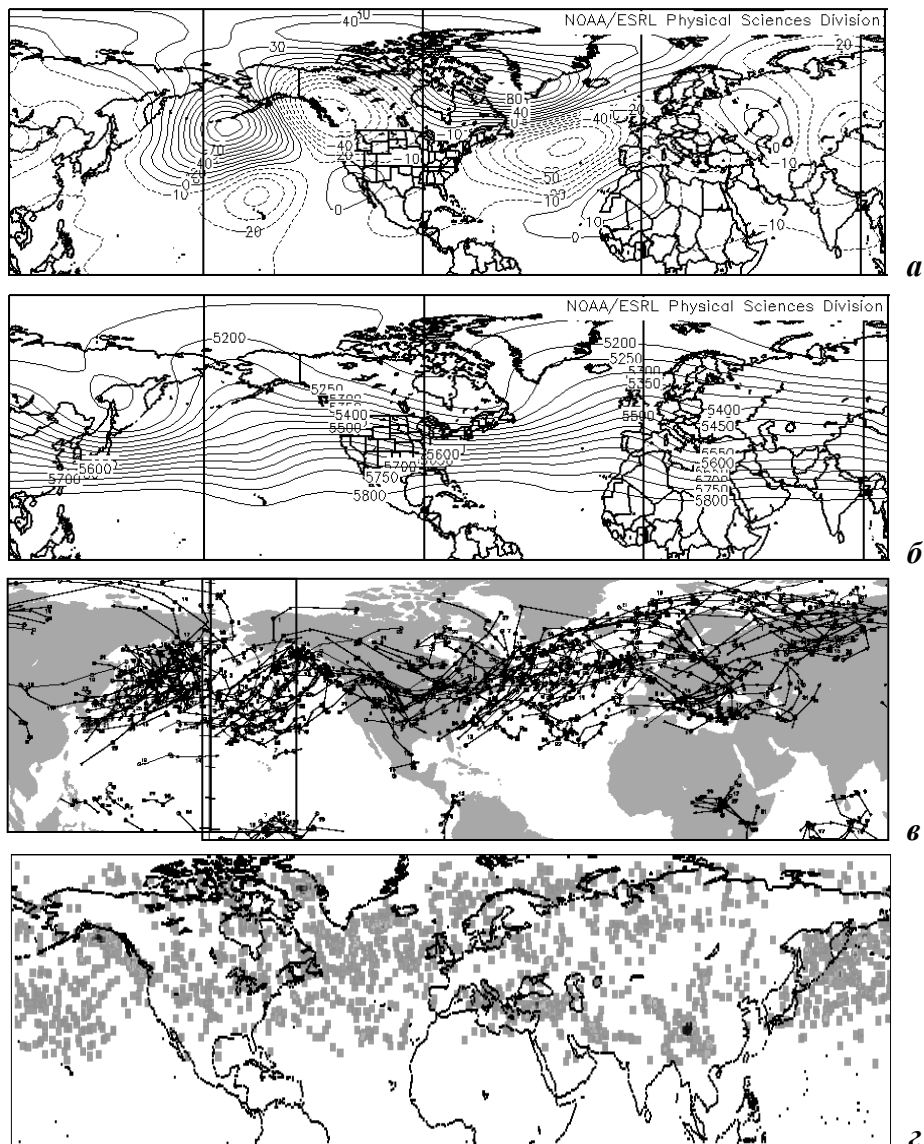


Рис. 7. Январские характеристики для периода 1967 – 1971 гг. (АМО– и ТДО–) по данным реанализа *NCEP/NCAR*: аномалии высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) относительно климата в 1948 – 2006 гг. (*а*); композит высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) (*б*); суммарные штормтреки (*в*); суммарные центры циклонов (*г*).

Для Северотихоокеанского региона характерно ослабление Алеутского минимума, на карте аномалий геопотенциальной высоты (рис.7, а) в районе этого центра действия атмосферы наблюдаются значимые положительные аномалии, блокирующие распространение циклонов в этот район. Это приводит к тому, что основная часть циклонов СТО концентрируется у восточных берегов Азии, а часть из них, перемещаясь по южной периферии Алеутского минимума, достигает залива Аляска, усиливая здесь циклоническую активность. В таких условиях тихоокеанские аномалии переносятся циклонами в Северную Атлантику через центральную часть Северной Америки,

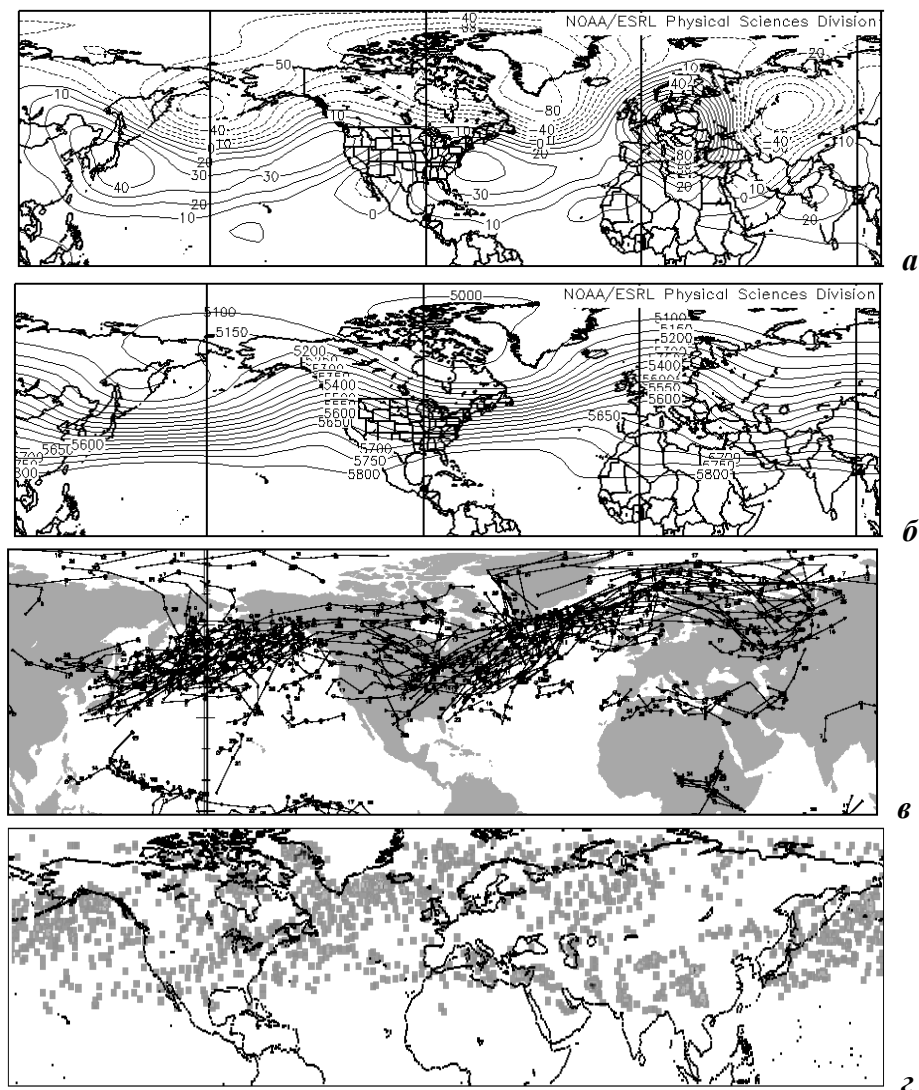


Рис. 8. Январские характеристики для периода 1988 – 1992 гг. (АМО– и ТДО+) по данным реанализа NCEP/NCAR: аномалии высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) относительно климата в 1948 – 2006 гг. (а); композит высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа (гпм) (б); суммарные штурмтреки (в); суммарные центры циклонов (г).

усиливая циклоническую активность в соответствующих районах.

Положительная фаза ТДО на фоне отрицательной фазы АМО, как видно на рис.8, *а*, характеризуется аномалиями интенсивности и положения ЦДА в Северной Атлантике, а именно происходит усиление САК. Также на рис.8, *а* видно, что над большей частью Европы преобладают положительные аномалии геопотенциальной высоты, а значит и ослабленная активность циклонов. Циклоны перемещаются вдоль струйного потока в средней тропосфере (рис.8, *б*) преимущественно в северо-западном направлении, достигают Северной Европы и огибают по периферии европейский антициклон, достигая Прикаспийской низменности (рис.8, *в* и *г*).

В Северотихоокеанском регионе, в отличие от описанной выше ситуации (АМО– и ТДО–), наблюдается углубление Алеутского минимума (рис.8, *а*), штормтреки и зоны концентрации центров циклонов вытянуты в северо-западном направлении (рис.8, *в* и *г*), что способствует переносу тихоокеанских климатических аномалий циклонами в Атлантику преимущественно через северные районы Северной Америки по дуге струйного потока (рис.8, *б*).

Отмеченные особенности формирования аномалий циклонической активности на глобальном и региональном уровнях при сочетании определенных фаз АМО и ТДО обуславливают соответствующие аномалии погодноклиматических характеристик, что можно применять для целей долгосрочного прогнозирования погоды и климата.

Выводы. В результате проведенного анализа показано, что изменение параметров циклонов на десятилетнем-междесятилетнем масштабах связано с характерным смещением траекторий циклонов. Подтверждено, что АМО значимо влияет на характер циклонической активности в ЧСР в холодное полугодие. Положительная фаза АМО сопровождается усилением циклонической активности, а отрицательная фаза – ее ослаблением, что подтверждается положительным коэффициентом корреляции, который достигает 0,58 в холодное полугодие.

Усиление циклонической активности в ЧСР в отрицательную фазу ТДО обусловлено преобладанием в это время отрицательной фазы САК, а ослабление активности циклонов в положительную фазу ТДО сопровождается преимущественно положительной фазой САК. Показано, что совместное влияние АМО и ТДО обуславливает низкочастотную изменчивость циклонической активности, температуры воздуха в ЧСР. Взаимодействие аномалий АМО и ТДО разных знаков в период 1948 – 2006 гг. вызывают особенности циклонической активности в отдельных регионах, а именно:

1. Сочетание отрицательных фаз АМО и ТДО, когда они взаимно ослабляют друг друга, сопровождается интенсивной меридиональной циркуляцией и ослаблением САК, что приводит к увеличению циклонической активности в ЧСР. При этом ослабляется Алеутский минимум и интенсифицируется циклоническая активность в прибрежных зонах умеренных широт и центральном субтропическом районе Тихого океана. Тихоокеанские климатические аномалии переносятся циклонами в Северную Атлантику через центральные районы Северной Америки.

2. Положительная фаза ТДО на фоне отрицательной фазы АМО сопровождается усилением САК, смещением штормтреков атлантических циклонов к северо-востоку и ослаблением циклонической активности в ЧСР. При этом углубляется Алеутский минимум и тихоокеанские циклоны смещаются в северо-восточном направлении, что способствует переносу тихоокеанских климатических аномалии циклонами в Северную Атлантику преимущественно через северные районы Северной Америки.

Работа выполнена при поддержке гранта FP7-ENV-2009-1 № 244104 (*THESEUS*) и программы международного сотрудничества между Украиной и Литвой, договор Министерства науки и образования Украины № М/212-2009 от 27 апреля 2009 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Enfield D., Mestas-Nunez A.M.* Multiscale variability in global SST and their relationships with tropospheric climate patterns // *J. Climate.*– 1999.– v.12, № 9.– P.2719-2733.
2. *Alpert P., Price C., Krichak S.O., Ziv B., Saaroni H., Osetinsky I., Barkan J., Kishcha P.* Tropical tele-connections to the Mediterranean climate and weather // *Adv. Geosci.*– 2005.– 2.– P.157-160.
3. *Trenberth K.E., Hoar T.J.* El Niño and climate change // *Geophys. Res. Lett.*– 1997.– v.24, № 23.– P.3057-3060.
4. *Trigo R.M., Pozo-Vazquez D., Castro-Diez Y., Osborn T., Gamis-Fortis S., Esteban-Parra M.J.* NAO influence on precipitation, river flow regimes and hydroelectric power generation in the Iberian peninsula // *Geophys. Res. Abs.*– 2003.– v.5.– P.05494.
5. *Saaroni H., Ziv B., Alpert P.* Long-term variations in the summer temperatures over the Eastern Mediterranean // *Geophys. Res. Lett.*– 2003.– v.30, № 18.– P.1946.
6. *Ziv B., Saaroni H., Baharad A., Yekutieli D., Alpert P.* Indications for aggravation in summer heat conditions over the Mediterranean Basin // *Geophys. Res. Lett.*– 2005.– 32.– P.L12706.
7. *Hare S.R., Mantua N.J.* Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989 // *Progress in Oceanography.*– 2000.– v.47, № 2-4.– P.103-145.
8. *Dai A., Trenberth K.E., Qian T.* A global dataset of Palmer drought severity index for 1870 – 2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming // *J. Hydrometeor.*– 2004.– 5.– P.1117-1130.
9. *Mariotti A., Struglia M.V., Zeng N., Lau K-M.* The hydrological cycle in the Mediterranean region and implications for the water budget of the Mediterranean sea // *J. Climate.*– 2002.– 15.– P.1674-1690.
10. *Kerr R.A.* Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence? // *Science.*– 2005.– v.309, № 5731.– P.41-42.
11. *Бардин М.Ю., Полонский А.Б., Воскресенская Е.Н.* Изменчивость черноморских циклонов во второй половине 20-го века // *Морской гидрофизический журнал.*– 2007.– № 6.– С.47-58.
12. *Полонский А.Б.* Атлантическая мультидекадная осцилляция и ее проявления в Атлантико-Европейском регионе // *Морской гидрофизический журнал.*– 2008.– № 4.– С.47-58.
13. *Polonsky A.B., Voskresenskaya E.N., Naumova V.A.* Climatic anomalies, Black Sea hurricanes and environmental conditions // *Bull. of Black Sea Commition.*– 2008.– 10.– P.3-5.

14. *Воскресенская Е.Н.* Изменчивость стоков европейских рек в связи с глобальными климатическими процессами // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2003.– С.144-147.
15. *Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н.* Тихоокеанская декадная осцилляция и европейские климатические аномалии // Морской гидрофизический журнал.– 2007.– № 4.– С.13-23.
16. *Pekarova P., Miklanek P., Pekar J.* Long-term trends and runoff fluctuations of European rivers / 5th FRIEND World Conference (Havana, Cuba, November 2006).– IAHS Publ., 2006.– P.308.
17. <http://www.cdc.noaa.gov/Timeseries/AMO/>
18. *Воскресенская Е.Н.* Низкочастотная изменчивость характеристик системы океан-атмосфера Тропической и Субтропической Атлантики: Дисс. ... док. геогр. наук.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 1993.– 172 с.
19. *Hurrell J.W.* Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation // Science.– 1995.– v.269, № 5224.– P.676-679.
20. *Rogers J.C.* North Atlantic storm track variability and its association to the North Atlantic oscillation and climate variability of Northern Europe // J. of Climate.– 1997.– v.10.– P.1635-1647.
21. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>
22. <http://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>
23. *Mantua N.J., Hare S.R., Zhang Y., Wallace J.M., Francis R.C.* A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production // BAMS.– 1997.– 78.– P.1069-1079.
24. *Wang X.L., Swail V.R., Zwiers F.W.* Climatology and changes of extratropical cyclone activity: Comparison of ERA-40 with NCEP–NCAR reanalysis for 1958–2001 // J. Climate.– 2006.– 19.– P.3145-3166.
25. *McCabe G.J., Palecki M.A., Betancourt J.L.* Pacific and Atlantic ocean influences on multidecadal drought frequency in the United States // PNAS.– 2004.– v.101, № 12.– P.4136-4141.

Материал поступил в редакцию 12.11.2010 г.