

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕГОДОВЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НАД СТЕПНЫМИ РАЙОНАМИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА И КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Севастопольский национальный технический университет

Показано, что влияние крупномасштабных процессов взаимодействия океана и атмосферы в Северной Атлантике, характеризуемые глобальными климатическими индексами АМО, TSA, TNA, NAO, АММ и САR, на изменения среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополь существенно усилились за период современного потепления климата, только для NAO наблюдалась противоположная тенденция

Ключевые слова: *среднегодовые скорости ветра, глобальные климатические индексы, статистический анализ.*

Ветер является одним из перспективных экологически чистых и практически неисчерпаемых энергетических ресурсов, который все шире используется человечеством. Он также является одним из главных факторов, который каждый год во многих регионах мира вызывает чрезвычайные ситуации метеорологического характера [1]. Поэтому выявление особенностей влияния на изменения характеристик их ветрового режима различных природных процессов является актуальной проблемой физической географии, экологической безопасности, охраны окружающей среды, а также энергетики.

Решение этой проблемы вызывает наибольший интерес в экономически развитых регионах, где местные ресурсы традиционных энергоносителей недостаточны для обеспечения их устойчивого социально-экономического развития, к числу которых относится и Крымский полуостров.

Наблюдения за ветровым режимом на территории Крымского полуострова начались с 1821 года, после основания в г. Симферополе Ф.К. Мильгаузенем первой метеорологической станции [4]. Ныне на территории Крымского полуострова действует восемнадцать метеостанций, входящих в единую систему Гидрометеорологической службы Украины [5].

Современные представления о ветровом режиме в различных районах Крымского полуострова наиболее полно изложены в монографии И.Е. Бучинского [6]. Согласно им, усредненные характеристики поля скорости ветра здесь изменяются в соответствии с происходящими изменениями прочих характеристик климата и во многом зависят от ряда крупно-масштабных процессов в климатической системе планеты.

К числу подобных процессов относятся изменения потоков тепла, приносимых в Северную Атлантику из Южного полушария водами северных ветвей ее Южно-Пассатного течения, а также поступающих в атмосферу с поверхности различных ее акваторий, которые во многом определяют характеристики поля атмосферного давления и атмосферной циркуляции над всем Евроатлантическим регионом.

Состояния подобных процессов принято характеризовать значениями соответствующих глобальных климатических индексов (ГКИ) [7-9].

Установлено [4, 6, 10], что за период современного потепления климата, начавшийся в середине 70-х годов, особенности соответствующих крупномасштабных процессов ощутимо изменились. Существенно изменились и характеристики ветрового режима в большинстве регионов Украины, в том числе и в Автономной Республике Крым.

К числу важнейших характеристик ветрового режима относятся среднегодовые значения скорости ветра в приземном слое атмосферы, в основном используемого для выработки электроэнергии.

Учитывая изложенное, объектом исследования выбрана межгодовая изменчивость среднегодовых скоростей ветра над степным районом Крымского полуострова.

Предметом исследования являются особенности статистических связей изменений среднегодовых скоростей ветра над степным районом Крымского полуострова, а также крупномасштабных процессов в Северной Атлантике при современном потеплении климата.

Целью данной работы является оценка изменений характеристик связей между указанными процессами, произошедших за период современного потепления климата.

Для достижения указанной цели сопоставлены связи изменчивости среднегодовых скоростей ветра на территории Крымского полуострова, с рассматриваемыми крупномасштабными процессами в Северной Атлантике, оцененных для различных отрезков времени, относящихся к началу и концу указанного периода.

Фактический материал и методика исследований

При выборе фактического материала, позволяющего осуществить данное исследование, учитывались особенности циркуляции вод поверхностного слоя Атлантического океана, упрощенная схема которой приведена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, в Северную Атлантику поток тепла из ее Юж-ной части поступает с водами Южно-Пассатного течения. Эти воды доставляются в Карибское море северной ветвью этого течения, а также Гвианским течением, отделяющимся от его южной ветви вблизи мыса Сан Роки (Бразилия).

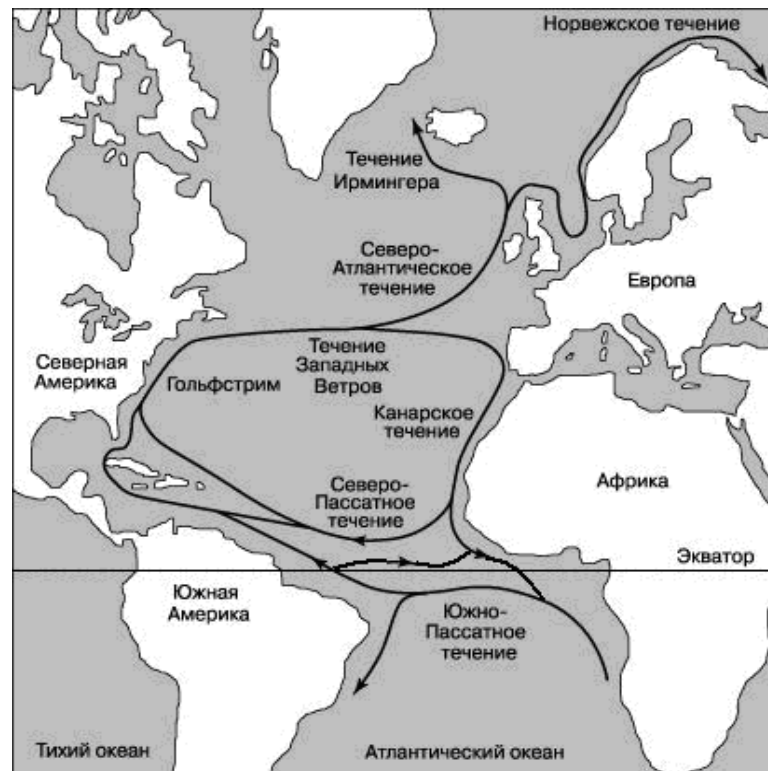


Рис. 1. Упрощенная схема основных поверхностных течений Атлантического океана [11].

В Карибское море поступают также воды основной ветви Северо-Пассатного течения. Поэтому здесь расположен основной очаг формирования поверхностных вод, распространяющихся далее по системе течений Гольфстрим – Северо-Атлантическое течение на большую часть акватории Северной Атлантики и влияющих на ее среднюю поверхностную температуру, а также распределение потоков тепла и влаги, поступающих с нее в атмосферу.

Южно Пассатное течение формируется при слиянии вод Гвинейского течения, поступающих из Северной Атлантики, с водами Бенгельского течения, приходящими с юга.

Бенгельское течение образуется у юго-западного побережья Африки в результате взаимодействия вод северной струи течения Западных ветров, с водами течения Мыса Игольного, следующими из Индийского океана [12].

Поскольку за период современного потепления климата, существенных перемен расходов упомянутых течений не выявлено, годовые потоки переносимого ими тепла в это время изменялись приблизительно пропорционально средним поверхностным температурам акваторий, через которые они проходят.

Учитывая это, в качестве крупномасштабных факторов пространственно-временной изменчивости среднегодовых скоростей ветра над территорией Крымского полуострова, рассматривались изменения средних поверхностных температур акваторий Северной Атлантики, показанных в таблице 1.

Как следует из таблицы 1, изучались изменения средних поверхностных температур акваторий Северной Атлантики, по которым определяются значения рассматриваемых ГКИ, а также акваторий, пересекаемых течениями, способными вызывать эти изменения.

Таблица 1

Расположение акваторий Северной Атлантики, средние поверхностные температуры которых учитывались в ходе исследований

№	Течение Атлантики	ГКИ	Расположение акватории
1	Южно-Пассатное течение	TSA	5°N-20°S; 30°W-10°E (Атлантика)
2	Южно-Пассатное и Северо-Пассатное течение	CAR	Карибское море
3	Северо-Пассатное течение	TNA	5.5N- 23.5N; 15W-57.5W
4		AMO	Вся акватория Северной Атлантики
5		AMM	Тропическая зона Атлантики.

Также как фактор, способный влиять на изменчивость характеристик атмосферной циркуляции над Европой и, в частности, над Украиной рассматривалось Североатлантическое колебание [13], состояние которого характеризуется соответствующим индексом и ГКИ NAO.

Информация об изменениях всех изучаемых ГКИ за период с 1950 по 2010 гг. получена из [14].

Сведения об изменениях среднегодовых скоростей ветра во всех региональных центрах Украины, а также г. Киеве получены из [15].

Как характеристика статистической связи между какими-либо процессами рассматривалось значение коэффициента их парной корреляции [16]. Связь рассматривалась как значимая, если значение указанной характеристики превышало соответствующий 95% порог достоверной корреляции, рассчитанный по критерию Стьюдента, с учетом числа степеней свободы сопоставляемых временных рядов.

Оценка значений данной характеристики проводилась для фрагментов временных рядов среднегодовых скоростей ветра в рассматривавшихся пунктах на территории Автономной республики Крым продолжительностью 22 года, соответствующих периодам 1973-1994 гг. и 1989-2010 гг. Сопоставляемые с ними фрагменты временных рядов ГКИ опережали их по времени на 0 – 10 лет.

Полученные результаты, соответствующие связям указанных фрагментов изучаемых региональных процессов, с каждым ГКИ, при том или ином значении опережения отображались в виде схем, с использованием метода триангуляции Делоне [17].

Результаты и их анализ

В соответствии с изложенной методикой сопоставлены значения коэффициентов корреляции рассматриваемых фрагментов временных рядов среднегодовых скоростей ветра на территории Крымского полуострова, а также опережающих их рядов ГКИ. В таблице 2, в качестве примера, приведены зависимости этих коэффициентов, соответствующих изменениям среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополе, а также опережающих их значений ГКИ, от величины опережения.

Как видно из таблицы 2, в начале периода современного потепления климата (1973 по 1994 гг.), значимая отрицательная корреляция изменений среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополь наблюдалась с ГКИ TSA при опережении 0, 3 и 4 года, а также АМО при опережении 7 и 8 лет. Значимая положительная корреляция между исследуемыми характеристиками в период с 1973 по 1994 гг. не наблюдалась.

Из таблицы 2 следует также, что в период с 1989 по 2010 гг. значимая положительная корреляция рассматриваемого процесса имела место с TSA при опережении 0 лет, с TNA при опережениях 0 и 5 лет, с АМО при опережениях 0 и 5. Отрицательная корреляция выявлена лишь с АММ при опережениях 9 лет и NAO при опережении 0 лет.

Таким образом, влияние всех рассматриваемых крупномасштабных процессов на изменения среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополе за период с 1989 по 2010 гг. существенно усилилось по сравнению с периодом

Таблица 2

Взаимнокорреляционные функции изменений среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополь с 1973 по 1994 гг. и с 1989 по 2010 гг., а также ГКИ TSA, CAR, TNA, АМО, АММ, NAO *

сдвиг	TSA		TNA		АМО		NAO	
	1973-1994	1989-2010	1973-1994	1989-2010	1973-1994	1989-2010	1973-1994	1989-2010
0	–	+	0	+	0	+	0	–
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	–	0	0	0	0	0	0	0
4	–	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	+	0	+	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	–	0	0	0
8	0	0	0	0	–	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0

* 0 – нет связи, + - значительная положительная корреляция, – - значительная отрицательная корреляция

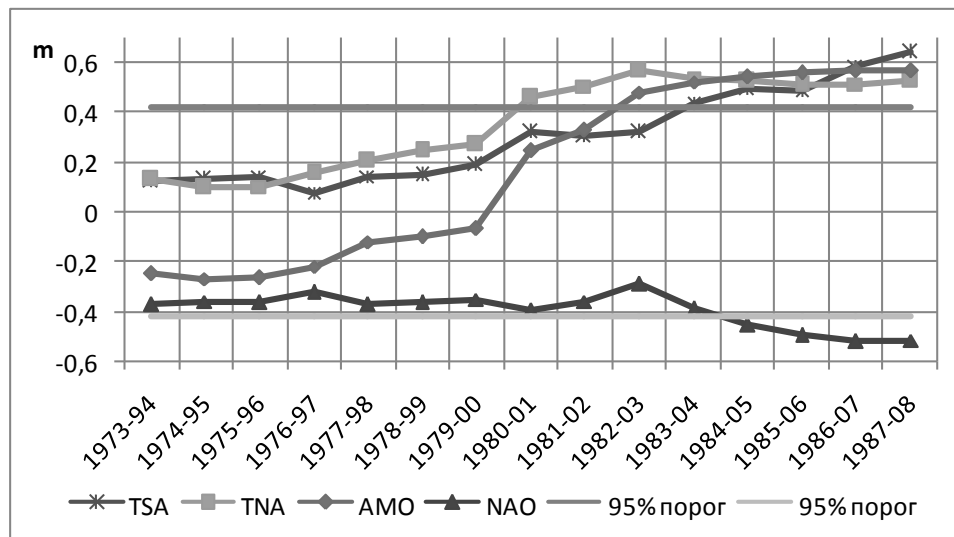


Рис. 2. Зависимости от года начала фрагмента временного ряда среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополь, значений коэффициента его корреляции с фрагментами временных рядов TSA, TNA, AMO и NAO опережающими его на 3 года.

1973-1994 гг., только для ГКИ NAO наблюдалась противоположная тенденция. В таблице не приведены данные для ГКИ CAR и AMM, так как для них не наблюдалась значимая статистическая связь.

Как подтверждение этому, на рисунке 2 приведены зависимости от года начала фрагмента временного ряда среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополь, значений коэффициента его корреляции с фрагментами временных рядов CAR, TNA, AMM и AMO, опережающими его на 3 года.

Выводы.

1. Влияние протекающих в Северной Атлантике крупномасштабных процессов взаимодействия океана и атмосферы, характеризующихся ГКИ TSA, CAR, TNA, AMO, AMM, NAO, на пространственно-временную изменчивость среднегодовых скоростей ветра в приземном слое атмосферы над территорией Автономной Республики Крым за период современного потепления климата заметно усилилось.

2. Причиной этого является существенное увеличение годового потока тепла, доставляемого в Северную Атлантику северной ветвью Южно-Пассатного течения, а также Гвианским течением. При дальнейшем увеличении теплосодержания вод указанных течений, связи между рассматриваемыми процессами будут еще более усиливаться.

3. Влияние всех рассматриваемых крупномасштабных процессов на изменения среднегодовых скоростей ветра в г. Симферополе за период с 1989 по 2010 гг. существенно усилилось по сравнению с периодом 1973-1994 гг., только для ГКИ NAO наблюдалась противоположная тенденция.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Школьный С.П. Фізика атмосфери. – Одеса, 1997. – 698с.
2. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во. МГУ, 2001. – 527 с.
3. Williams F. L. Matthew Fontaine Maury: Scientist of the Sea. – New Brunswick, 1963. – 720 p.
4. Клімат України / Під ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
5. Полякова Л.С., Кашарин Д.В. Метеорология и климатология. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 458 с.
6. Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем, будущем. – К: Госсельхозиздат, 1963. – 308 с.
7. Chiang J.C. Analogous Meridional Modes of Atmosphere-Ocean Variability in the Tropical Pacific and Tropical Atlantic // J. Climate. – 2004. – 17(21). – P. 4143-4158.
8. Enfield D.B., A. M. Mestas-Nunez, Trimble P.J. The Atlantic Multidecadal Oscillation and it's Relation to Rainfall and River Flows in the Continental U.S. // Geophys. Res. Lett. – 2001. – Vol. 28. – P. 2077-2080.
9. Wang C. and Enfield D.B. The Tropical Western Hemisphere Warm Pool // Geophys. Res. Lett. – 2001. – № 28. – P. 1635-1638.
10. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. – К.: Наукова думка, 2008. – 184 с.
11. Атлас океанов. Тихий океан. / Под. ред. Горшкова С.Г. – М.: Главное управление навигации и океанографии Мин. обороны СССР, 1974. – 302 с.
12. Peterson R.G. Upper-Level Circulation in the South Atlantic Ocean // Prog. Oceanogr. – 1991. – № 26. – P. 1-73.
13. Walker G.T., Bliss E.W. World Weather // Meteorology. Royal Meteorology Society. – 1932. – V. 4. – № 36. – P.53 – 84.
14. <http://www.noaa.gov>
15. <http://www.tutiempo.net/en/Climate>
16. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — 816 с.
17. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.

РЕЗЮМЕ

О.О. Шидловська. Статистичні зв'язки зміни середньорічних швидкостей вітру над степовими районами Кримського півострова та великомасштабних процесів у Північній Атлантиці при сучасному потеплінні клімату.

Показано, що вплив великомасштабних процесів взаємодії океану і атмосфери в Північній Атлантиці, що характеризуються глобальними кліматичними індексами АМО, TSA, TNA, NAO, АММ і САР, на зміни середньорічних швидкостей вітру в м. Сімферополь істотно посилюються за період сучасного потепління клімату, тільки для NAO спостерігалася протилежна тенденція.

Ключові слова: середньорічні швидкості вітру, глобальні кліматичні індекси, статистичний аналіз.

SUMMARY

A.A. Shidlovskaya Statistical Relations Changes Mean Annual Wind Speeds Over the Steppe Regions of the Crimea and the Large-Scale Processes of North Atlantic in the Present Climate Warming.

Influence of large-scale processes of interaction between the ocean and atmosphere in the North Atlantic, characterized by global climatic indices AMO, TSA, TNA, NAO, AMM and the CAR, to changes in average wind speeds in the city of Simferopol is shown. Increased influence on the studied characteristics of these large-scale process is considered, only for the NAO opposite trend is observed.

Keywords: average wind speed, global climate indices and statistical analysis.