

Аксенова А.А.

УДК 911.9

**СВЯЗИ ИЗМЕНЧИВОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НАД КРЫМСКИМ ПОЛУОСТРОВОМ, А ТАКЖЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОТОКА ТЕПЛА, ДОСТАВЛЯЕМОГО В СЕВЕРНУЮ АТЛАНТИКУ ВОДАМИ ЮЖНО-ПАССАТНОГО ТЕЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Изучены особенности влияния глобального климатического индекса TSA на межгодовую изменчивость максимальных среднесуточных скоростей ветра на территории Крымского полуострова. Выявлены районы полуострова, где в те или иные месяцы влияние данного индекса на изучаемую характеристику ветрового режима в периоды с 1973 по 1994 гг. и с 1989 по 2010 гг. было статистически значимым.

**Ключевые слова:** глобальный климатический индекс, максимальная среднесуточная скорость ветра, корреляция, статистическая связь.

**Анотація.** Вивчені особливості впливу глобального кліматичного індексу TSA на міжрічну мінливість максимальних середньодобових швидкостей вітру на території Кримського півострова. Виявлені райони півострова, де в ті чи інші місяці вплив даного індексу на досліджувану характеристику вітрового режиму в період з 1973 по 1994 рр. і з 1989 по 2010 рр. був статистично значимим.

**Ключові слова:** глобальний кліматичний індекс, максимальна середньодобова швидкість вітру, кореляція, статистичний зв'язок.

**Summary.** The features of the impact of global climate index TSA on interannual variability of maximal average daily wind speeds over the Crimean Peninsula are studied. The importance of identifying features of the influence wind regime characteristics to changes in various natural climatic processes is analyzed. Connection between time series of interannual changes TSA as well as the maximal average daily wind speed over the territory of Crimea, the time shift between them 0 to 60 months. Statistically significant areas over the peninsula where in certain months influence of the studied index on the wind mode in the period from 1973 to 1994 and from 1989 to 2010 are identified. Proved that impact of global climate change index TSA of average maximal average daily wind speeds over the territory of the Crimean peninsula from 1973 to 2010 steadily increased. Reduction of statistical relationships between the studied process in January, March and October are described. Given the identification of trends suggests that in the near future, most likely further increase the statistical relationships between the studied processes. Hence record of such relationships in the modelling and forecasting of meteorological conditions in the Crimea is appropriate.

**Keywords:** global climate index, maximum average daily speed of wind, correlation, statistical correlation.

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 относятся 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 [2]. Ныне на территории Крымского полуострова действует восемнадцать метеостанций, входящих в единую систему Гидрометеорологической службы Украины [3].

Установлено, что одной из наиболее информативных характеристик ветрового режима является максимальные среднесуточные скорости ветра, определяющие степень опасности ветра, как фактора способствующего возникновению чрезвычайных ситуаций [2, 3].

Современные представления о ветровом режиме в различных районах Крымского полуострова наиболее полно изложены в монографии Бучинского И.Е. [4]. Согласно им, усредненные характеристики поля скорости ветра здесь изменяются в соответствии с происходящими изменениями прочих характеристик климата и во многом зависят от ряда крупномасштабных 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.

Воды Южно-Пассатного течения получают значительное количество тепла в тропической зоне Южной Атлантики при поглощении поступающих в нее потоков солнечной радиации и обратного теплового излучения атмосферы [5]. Наибольшее влияние на формирование рассматриваемого потока эти процессы оказывают в акватории тропической зоны Атлантики, ограниченной параллелями 0° S и 20° S, а также 10° E и 30° W. Поэтому количественной характеристикой приносимого ими за год потока тепла может служить аномалия среднегодовой температуры поверхности этой акватории, рассматриваемая как глобальный климатический индекс TSA [6].

Мониторинг изменчивости TSA осуществляется в период с 1948 г., а его результаты представлены на Интернет сайте [7]. На отрезке времени с 1979 по 2010 гг., совпадающем с периодом потепления климата, этому процессу был свойственен возрастающий тренд. Следовательно, в эти годы увеличился и поток тепла, доставляемый течениями Атлантики в область Исландского минимума. Последнее позволяет предполагать, что в период 1973-2010 гг. характеристики связей между изменениями TSA, а также максимальных среднесуточных скоростей ветра над территорией Крымского полуострова могли измениться.

Несмотря на то, что мониторинг изменчивости TSA осуществляется еще с 1948 г. особенности статистической связи межгодовой изменчивости TSA, а также максимальных среднесуточных скоростей ветра на различных участках территории Крымского полуострова ныне изучены недостаточно.

Учитывая изложенное, **объектом исследования** выбраны особенности изменчивости максимальных среднесуточных скоростей ветра на территории Крымского полуострова, происходящие в различные месяцы, а также TSA.

**Предметом исследования** являются особенности связи изменений рассматриваемых характеристик, произошедших за период с 1973 по 2010 гг..

**Целью работы** данного исследования является выявление условий, при которых статистическая связь между исследуемыми характеристиками является значимой.

Для достижения указанной цели решены следующие **задачи**:

1. Выбор репрезентативных пунктов на территории Крымского полуострова.
2. Изучение статистических связей межгодовых изменений TSA, а также максимальных среднесуточных скоростей ветра над территорией Крымского полуострова при различных временных сдвигах между этими процессами.

**Фактический материал и методика исследования.**

При решении первой задачи учитывались особенности ландшафтов Крымского полуострова [8], а также современные потребности различных его районов в дополнительной электроэнергии [9]. Это позволило выбрать в качестве репрезентативных, пункты, показанные на рисунке 1.

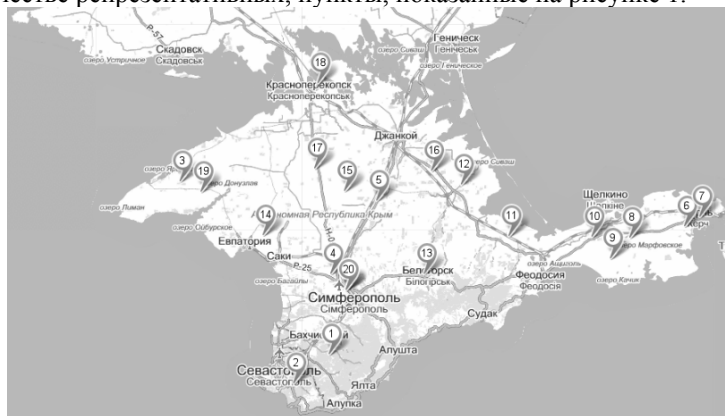


Рис. 1. Расположение репрезентативных пунктов.

Как следует из рисунка 1, расположение пунктов, рассматриваемых как репрезентативные, не совпадает с расположением метеостанций, действующих на территории Крымского полуострова. Поэтому для каждого из этих пунктов значения среднемесячных и максимальных среднесуточных скоростей ветра оценивались по имеющимся результатам фактических наблюдений. Для повышения достоверности результатов учитывались также данные, полученные при наблюдениях за изменениями характеристик ветра на метеостанциях Восточной Европы, показанных на рисунке 2, полученные из [10].

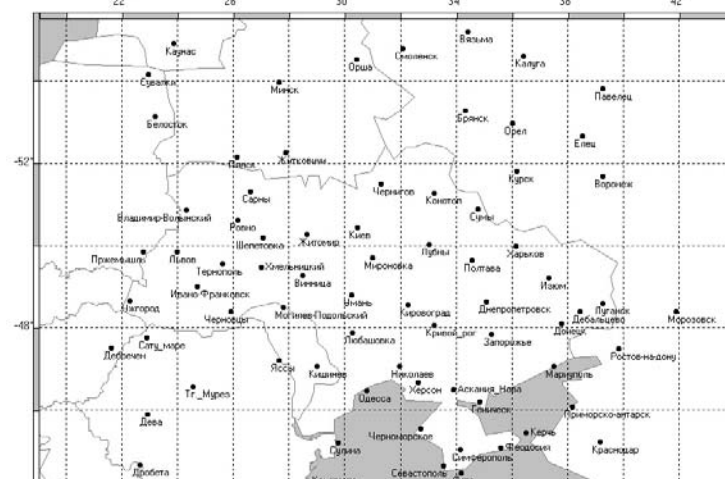


Рис. 2. Расположение учитываемых метеостанций на территории Восточной Европы.

**СВЯЗИ ИЗМЕНЧИВОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НАД КРЫМСКИМ ПОЛУОСТРОВОМ, А ТАКЖЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОТОКА ТЕПЛА, ДОСТАВЛЯЕМОГО В СЕВЕРНУЮ АТЛАНТИКУ ВОДАМИ ЮЖНО-ПАССАТНОГО ТЕЧЕНИЯ**

Как видно из рисунка 2, при оценке значений рассматриваемых характеристик ветрового режима в репрезентативных пунктах учитывались далеко не все метеостанции Украины. Данные, полученные на прочих ее метеостанциях, использовались при оценке погрешностей интерполяции.

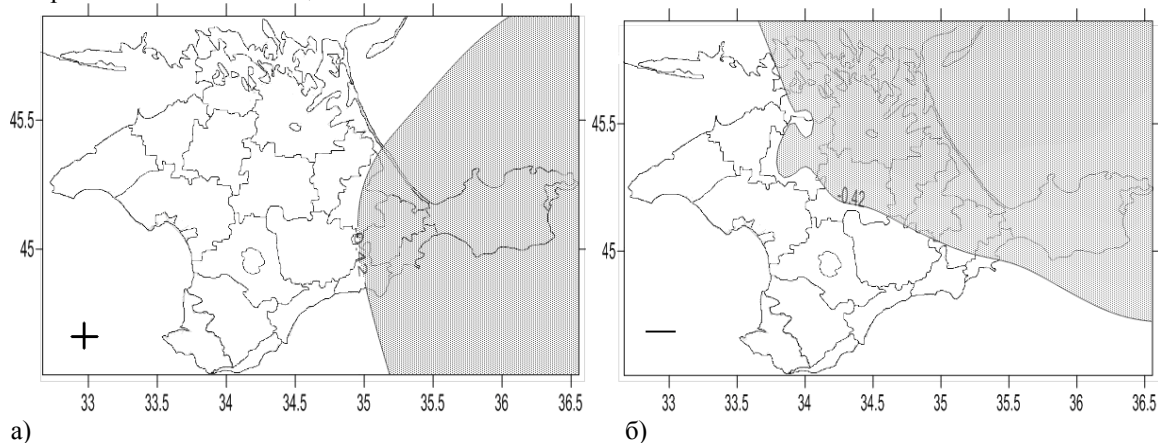
Установлено, что значения абсолютных погрешностей интерполяции изучаемых характеристик на всей территории Крымского полуострова не превышают 7% от их максимальных значений, что свидетельствует о применимости ее результатов в решаемой задаче. Интерполяция осуществлялась с использованием метода триангуляции Делоне [11].

В ходе решения второй задачи был применен метод корреляционного анализа. Связи между временными рядами межгодовых изменений TSA, NAO, NINO-1, CAR, а также максимальных среднесуточных скоростей ветра над территорией Крыма, при сдвигах по времени между ними от 0 до 60 месяцев.

При принятии решения о значимости связи между изучаемыми процессами применялся критерий Стьюдента [12]. Пороговый уровень корреляции рассчитывался исходя из значений достоверности подобного статистического вывода 95% и числа степеней свободы соответствующих временных рядов.

**Полученные результаты и их анализ.**

В соответствии с изложенной методикой сопоставлены значения коэффициентов корреляции рассматриваемых фрагментов временных рядов максимальных среднесуточных скоростей ветра в различных пунктах на территории Крымского полуострова, а также опережающих их рядов ГКИ. В качестве примера, на рисунке 3 представлены области значимой корреляции соответствующих временных рядов максимальных среднесуточных скоростей ветра в июне с 1989 по 2010 гг. и с 1973 по 1994 гг. TSA при опережении 58 и 52 месяца соответственно.



**Рис. 3.** Распределение по территории Крымского полуострова области значимой корреляции максимальных среднесуточных скоростей ветра в июне в период с 1989 по 2010 гг., а также TSA при опережении 58 месяцев (а) и в период с 1973 по 1994 гг., а также TSA при опережении 52 месяца (- - отрицательная корреляция, + - положительная корреляция).

Из рисунка 3 а видно, что в июне за период с 1989 по 2010 гг. на территории Керченского полуострова при сдвиге 58 месяцев имела место значимая положительная корреляция, аналогичные тенденции наблюдались и при сдвиге 59 месяцев, также значимая положительная корреляция имело место в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе при сдвиге 54 месяца; значимая отрицательная статистическая связь наблюдалась при сдвиге 11 месяцев на всей территории Крымского полуострова и при сдвиге 33-35 месяцев на северо-восточной части Крымского полуострова.

Из рисунка 3 б очевидно, в июне за период с 1973 по 1994 гг. наблюдалась значимая отрицательная корреляция в северо-восточной части Крымского полуострова.

Аналогичный анализ связей между изучаемыми процессами в прочие месяцы позволил установить следующее. В январе за период с 1973 по 1994 гг. практически на всей территории Крымского полуострова наблюдалась значимая статистическая связь между исследуемыми характеристиками при сдвигах 53-60 месяцев. Аналогичная тенденция имела места и в период с 1989 по 2010 гг. при сдвиге 31-32 месяца.

Значительная положительная статистическая связь за период с 1989 по 2010 гг. между изменениями максимальных среднесуточных скоростей ветра в феврале, а также TSA, соответствующего опережениям 45-46 месяцев, имела место практически по всей территории Крымского полуострова, а значительная отрицательная – наблюдалась на юго-восточной части Крымского полуострова при сдвигах 25-27 месяцев.

В период с 1973 по 1994 гг., между рассматриваемыми процессами присутствовала лишь значимая отрицательная корреляция при сдвигах 1 и 9-11 месяцев в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе.

За период с 1973 по 1994 гг. в марте имела место существенная отрицательная статистическая связь на территории Керченского полуострова при сдвигах 54-58 месяцев. За оба временных промежутка, между

рассматриваемыми процессами выявлена значимая отрицательная корреляция для территории Крымского степного края при сдвигах 31 – 34 месяцев.

В мае в период с 1989 по 2010 гг. значимая положительная корреляция имело место на северо-западе Крымского полуострова при сдвигах 33, 34 и 52 месяца, а значимая отрицательная корреляция наблюдалась в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе при сдвигах 38-41 месяцев.

В период с 1973 по 1994 гг., выявлена лишь значимая отрицательная корреляция при сдвигах 4-9 месяцев и 23-25 месяцев в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе.

Значимая положительная корреляция за периоды с 1989 по 2010 гг. и с 1973 по 1994 гг. в июль имела место в Севастопольском районе при сдвигах 0-10 месяцев. Существенная отрицательная статистическая связь за оба временных промежутка наблюдалась на территории Керченского полуострова при сдвигах 7-11 месяцев для периода с 1989 по 2010 гг. и 14-17 месяцев для периода с 1973 по 1994 гг.

В августе за оба временных промежутка, между рассматриваемыми процессами выявлена лишь значимая отрицательная корреляция для территории Крымского степного края при сдвигах 50-54 месяца для периода с 1989 по 2010 гг. и 14 – 16 месяцев для периода с 1973 по 1994 гг.

В сентябре за период с 1989 по 2010 гг., наблюдалась значимая положительная корреляция при сдвигах 55-58 месяцев в Севастопольском районе, а значимая отрицательная корреляция - при сдвигах 2-4 месяца в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе. В сентябре существенная статистическая связь между изучаемыми характеристиками для периода с 1973 по 1994 гг. не выявлена.

За период с 1989 по 2010 гг. в октябре выявлена лишь значимая отрицательная статистическая связь при сдвигах 42-46 месяцев на всей территории Крымского полуострова.

В том же месяце для периода с 1973 по 1994 гг. имела место существенная положительная корреляция при сдвигах 9-12 месяцев в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе и при сдвигах 4-13 месяцев на территории Крымского степного края.

За период с 1989 по 2010 гг. в ноябре имела место только положительная статистическая связь на территории всего Крымского полуострова при сдвигах 30 и 17 месяцев. В период с 1973 по 1994 гг. присутствовала значимая положительная статистическая связь в Евпаторийском, Первомайском и Черноморском районе при сдвигах 44-60 месяцев.

В декабре на протяжении обоих временных промежутков наблюдалась существенная отрицательная корреляция в Севастопольском, Симферопольском и Черноморском районе для периода с 1989 по 2010 гг. при сдвигах 39-41 и 50-53 месяцев и со сдвигом 5-9 и 21-22 месяцев для периода с 1973 по 1994 гг.

Статистическая связь между изучаемыми характеристиками не выявлена для апреля.

#### **Выводы.**

1. Влияние ГКИ TSA на изменения максимальных среднесуточных скоростей ветра над территорией Крымского полуострова за период с 1973 по 2010 гг. заметно усилилось. Причем данное влияние в период с 1989 по 2010 гг. существенно усилилось по сравнению с периодом 1973-1994 гг., только для января, марта и октября наблюдалась противоположная тенденция. Значимая корреляция между изучаемыми характеристиками не выявлена для апреля.

2. Устойчивость усиления выявленных связей между рассматриваемыми процессами, проявившаяся в период с 1973 по 2010 гг., позволяет предполагать, что в ближайшем будущем наиболее вероятно их дальнейшее усиление, вследствие чего учет подобных связей при моделировании и прогнозировании метеоусловий в Крыму целесообразен.

#### **Источники и литература:**

1. Школьный С. П. Фізика атмосфери. – Одеса, 1997. – 698с.
2. Клімат України / Під ред. Ліпінського В. М., Дячука В. А., Бабіченко В. М. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
3. Полякова Л. С., Кашарин Д. В. Метеорология и климатология. – Новочеркасск : НГМА, 2004. – 458 с.
4. Бучинский И. Е. Клімат України в прошлом, настоящем, будущем. – К : Госсельхозиздат, 1963. – 308 с
5. Булатов Р. П., Бартош М. С. Атлантический океан. – Л. : Наука, 1982. – 480 с.
6. Martin P. H., Kumar A. Robustness of the nonlinear climate response to ENSO's extreme phases// Journal of Climate. – 2001. – V.14, № 6. – P. 1277-1293.
7. <http://www.noaa.gov>
8. Руденко Л. Г. Національний атлас України. – Київ : ГНПП "Картографія", 2008. – 440 с.
9. Алексеев Б. А. Ветроэнергетика Украины : перспектива развития // тез. док. Межд. конф. по ветроэнергетики. – Киев, 1999. – С. 10-36.
10. <http://www.tutiempo.net/en/Climate>.
11. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.
12. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М. : Физматлит, 2006. – 816 с.