

УДК 551.577.2

**СВЯЗЬ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ И СРЕДНЕЙ  
МЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КАЗАХСТАНЕ**

О.С. Игнатенко

*В статье рассмотрено влияние Северо-Атлантического колебания на среднюю месячную температуру воздуха в Казахстане. Для этого были рассчитаны синхронные коэффициенты корреляции между средней месячной температурой воздуха на 19 метеорологических станциях Казахстана и индексом Северо-Атлантического колебания.*

В последние годы многие исследования посвящены изучению дальних связей циркуляции атмосферы, так называемых teleconnection pattern, и их влиянию на региональные особенности погоды, например, среднюю месячную, сезонную или годовую температуру воздуха, сумму осадков за месяц [1-3, 6-8], повторяемость тех или иных синоптических процессов [5, 6] и т.д. Такие крупномасштабные системы объединяют в себе несколько центров действия атмосферы. С их вариациями связано проявление большей зональности или меридиональности циркуляции атмосферы, степени циклоничности или антициклоничности атмосферных режимов. Эти системы отражают изменения в атмосферных волнах, струйных течениях и влияют на температуру, выпадение осадков, движение штормов, положения и интенсивности струйных течений на огромных территориях.

Синхронные связи температуры приземного воздуха на северо-западе Евразии и циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой широко отражены в климатической литературе. В качестве характеристики аномалии циркуляции над Северной Атлантикой чаще используют Северо-Атлантическое колебание (NAO) и колебание Полярная область – Евразия (POL). Это два из 14 индексов дальних связей циркуляции атмосферы, расчет которых ведется в Национальном управлении по исследованию океана и атмосферы США (НУОА).

Основное внимание в большинстве исследований уделяется зимним условиям, так как синхронные связи наиболее выражены именно в это время. Что касается остальных сезонов, констатируется, что при значительном увеличении роли радиационного фактора и свойств подстилающей поверхности синхронные связи температуры и циркуляции ослаблены [1]. В дан-

ной работе рассмотрено влияние только Северо-Атлантического колебания на среднюю месячную температуру воздуха в Казахстане. В дальнейшем предполагается исследовать влияние и других известных индексов.

Северо-Атлантическое колебание (САК), связано с динамикой двух центров действия атмосферы (ЦДА) в Северной Атлантике – субполярного Исландского минимума и субтропического Азорского максимума. Индекс Северо-Атлантического колебания определяется как разность между нормализованным давлением на уровне моря между Азорским максимумом и Исландским минимумом. Различают положительную и отрицательную фазы NAO. Во время положительной фазы усиливается разность между давлением в Исландском минимуме и Азорском максимуме, и, соответственно, усиливается западно-восточный перенос над Северной Атлантикой и Западной Европой. Также NAO характеризует интенсивность циклонической деятельности на арктическом фронте.

В соответствии с [1, 2] в зимний сезон, когда и проявляется наиболее интенсивно NAO, усиленный западный ветер переносит больше теплого и влажного морского воздуха с Атлантики в Северную и Западную Европу, вызывая там более теплые и влажные зимы. В отрицательную фазу САК более влажный воздух переносится в район Средиземного моря и более холодный – в Северную Европу. NAO оказывает влияние и на среднюю месячную температуру воздуха в Гренландии и северной Канаде [3 – 5]. Выявлено, что в положительную фазу NAO усиливается приток холодного сухого арктического воздуха в северо-западные районы Атлантики, что приводит к более холодным и резким зимам в Гренландии и на севере Канады. А в отрицательную фазу – в Гренландии и на севере Канады господствуют более мягкие зимы. Большая разность давлений между центрами действия атмосферы в положительную фазу также проявляется в большем количестве и интенсивности штормов, пересекающих Атлантический океан в более северном направлении. В отрицательную фазу NAO разность давлений между центрами действия атмосферы ослабевает, приводя к ослаблению и меньшей повторяемости зимних штормов, пересекающих океан в более зональном направлении.

Были обнаружены синхронные и асинхронные корреляционные связи средней месячной температуры воздуха с индексом NAO в январе и феврале для северо-запада России [1, 2, 6, 7]. Значимыми оказались положительные синхронные коэффициенты корреляции в январе и феврале. Также хорошо выражены связи между аномалиями зимней циркуляции и температурой воз-

духа в период с марта до полного разрушения устойчивого снежного покрова на побережье и ледяного покрова на прибрежных акваториях. Объясняется это сильным воздействием аномалии зональной циркуляции и циклонической активности на зимние условия формирования снежного и ледового покрова и последующим влиянием последних на температуру воздуха.

Для выявления связи средней месячной температуры воздуха в Казахстане с Северно-Атлантическим колебания использовался коэффициент корреляции. Были рассчитаны синхронные коэффициенты корреляции. Использовались данные средней месячной температуре воздуха на 19 метеостанциях, расположенных приблизительно равномерно по территории Казахстана. Индексы Северного атлантического колебания приводятся на сайте НУОА ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)). Использовался ряд лет с 1960 по 2000 год, длина ряда составила 41 год. Синхронные коэффициенты корреляции были рассчитаны для всех месяцев года, так как NAO существует в течение всего года, в отличие, например от POL, которое проявляется только в зимние месяцы (декабрь – февраль). Результаты расчетов синхронных коэффициентов корреляции ( $r$ ) представлены в таблице.

При длине ряда 41 год и принятом уровне значимости 5 %, критический коэффициент корреляции равен 0,31. Таким образом все значения равные или больше 0,31 являются статистически значимыми. В таблице видно, что на отдельных станциях в некоторых месяцах корреляционные связи между средней месячной температурой воздуха и индексом NAO оказались статистически значимыми.

Так **в январе** на всех станциях отмечаются положительные коэффициенты корреляции ( $r$ ), при этом на 8 из рассмотренных 19 станций, они статистически значимые и изменяются в пределах от 0,33 в Астане до 0,42 в Уральске. Пространственное распределение  $r$  представлено на рис. 1. Как видно происходит уменьшение  $r$  с запада на восток, а статистически значимыми оказались связи на станциях западного и северного Казахстана.

**В феврале** также на всех станциях отмечаются положительные коэффициенты корреляции. Но значимыми они оказались только на четырех станциях: Атырау – 0,33, Уральск – 0,42, Актюбинск – 0,34 и Петропавловск – 0,32. **В марте** отмечаются как положительные, так и отрицательные связи, но при этом нет ни одного значимого коэффициента корреляции.



Синхронные коэффициенты корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха

| Станция          | Месяц       |             |       |              |              |              |       |       |       |       |              |       |
|------------------|-------------|-------------|-------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|
|                  | 1           | 2           | 3     | 4            | 5            | 6            | 7     | 8     | 9     | 10    | 11           | 12    |
| Алматы           | 0,15        | 0,12        | -0,24 | -0,26        | -0,04        | -0,08        | -0,25 | 0,18  | -0,12 | -0,18 | -0,28        | -0,17 |
| Тараз            | 0,20        | 0,05        | -0,20 | -0,25        | -0,08        | -0,06        | -0,17 | 0,16  | -0,08 | -0,11 | <b>-0,31</b> | -0,12 |
| Талдыкорган      | 0,15        | 0,06        | -0,09 | -0,27        | -0,05        | -0,18        | -0,13 | 0,07  | -0,14 | -0,10 | <b>-0,32</b> | -0,16 |
| Шымкент          | 0,14        | 0,02        | -0,29 | <b>-0,40</b> | -0,10        | -0,13        | -0,26 | 0,30  | -0,14 | -0,15 | <b>-0,37</b> | -0,13 |
| Кызылорда        | 0,26        | 0,23        | -0,17 | <b>-0,42</b> | -0,20        | <b>-0,32</b> | -0,09 | 0,29  | -0,13 | -0,19 | -0,25        | -0,08 |
| Ак-Кудук         | <b>0,38</b> | 0,15        | -0,13 | <b>-0,41</b> | <b>-0,42</b> | <b>-0,46</b> | -0,09 | 0,15  | -0,16 | -0,20 | <b>-0,35</b> | 0,03  |
| Актау            | <b>0,38</b> | 0,15        | -0,12 | <b>-0,41</b> | <b>-0,41</b> | <b>-0,48</b> | -0,15 | 0,21  | -0,13 | -0,20 | <b>-0,38</b> | 0,00  |
| Атырау           | <b>0,39</b> | <b>0,33</b> | -0,10 | <b>-0,45</b> | <b>-0,33</b> | <b>-0,45</b> | -0,10 | 0,09  | -0,09 | -0,25 | -0,28        | 0,12  |
| Уральск          | <b>0,42</b> | <b>0,42</b> | 0,04  | <b>-0,33</b> | -0,23        | <b>-0,50</b> | -0,13 | -0,04 | 0,16  | -0,08 | -0,13        | 0,22  |
| Актюбинск        | <b>0,40</b> | <b>0,34</b> | 0,01  | <b>-0,37</b> | -0,25        | <b>-0,46</b> | -0,20 | 0,03  | 0,02  | -0,12 | -0,24        | 0,19  |
| Кустанай         | <b>0,36</b> | 0,26        | 0,00  | <b>-0,31</b> | -0,15        | <b>-0,41</b> | -0,11 | 0,25  | 0,11  | -0,12 | -0,12        | 0,15  |
| Петропавловск    | <b>0,40</b> | <b>0,32</b> | 0,09  | -0,27        | 0,00         | -0,21        | -0,08 | 0,13  | 0,14  | -0,14 | -0,02        | 0,09  |
| Астана           | <b>0,33</b> | 0,17        | 0,03  | -0,29        | -0,08        | -0,22        | -0,06 | 0,10  | 0,00  | -0,15 | -0,11        | -0,03 |
| Павлодар         | 0,30        | 0,21        | 0,22  | -0,28        | -0,02        | 0,07         | 0,12  | 0,05  | -0,09 | -0,01 | -0,09        | -0,11 |
| Караганда        | 0,25        | 0,08        | 0,04  | <b>-0,33</b> | -0,14        | -0,16        | -0,05 | 0,13  | -0,13 | -0,16 | -0,12        | -0,03 |
| Жезказган        | 0,29        | 0,11        | -0,14 | <b>-0,39</b> | -0,24        | <b>-0,35</b> | -0,14 | 0,20  | -0,03 | -0,18 | -0,17        | 0,04  |
| Балхаш           | 0,13        | 0,16        | -0,11 | -0,28        | -0,04        | -0,18        | -0,01 | 0,09  | -0,10 | -0,10 | -0,14        | 0,03  |
| Семипалатинск    | 0,25        | 0,21        | 0,16  | -0,21        | -0,06        | 0,03         | 0,06  | -0,06 | -0,08 | 0,07  | -0,15        | -0,14 |
| Усть-Каменогорск | 0,12        | 0,11        | 0,16  | -0,15        | -0,07        | 0,18         | 0,12  | -0,04 | -0,13 | 0,15  | -0,20        | -0,23 |

Примечание: Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.



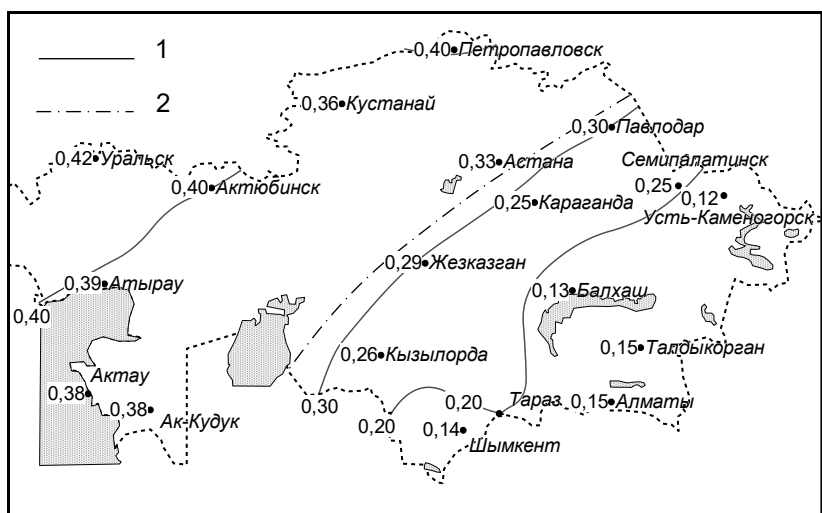


Рис. 1. Пространственное распределение синхронных коэффициентов корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха в январе: 1 – линии равных значений коэффициентов корреляции; 2 – критическое значение коэффициента корреляции.

**В апреле** на всех станциях коэффициенты корреляции оказались отрицательными. При анализе пространственного распределения (рис. 2) можно увидеть, что также как и в зимние месяцы отмечается уменьшение значений коэффициента корреляции с запада на восток, от минус 0,45 в Атырау до минус 0,15 в Усть-Каменогорске. Статистически значимые коэффициенты располагаются в западной половине республики.

**В мае, июне и июле** на большинстве станций отмечаются отрицательные коэффициенты корреляции. В мае – значимые коэффициенты корреляции больше критического только в Ак-Кудуке, где  $r$  равен минус 0,42, в Актау – минус 0,41 и в Атырау – минус 0,33. В июне на 8 станциях отрицательные корреляционные связи оказались статистически значимыми, их распределение подобно распределению в апреле, но на востоке Казахстана отмечаются положительные коэффициенты. Коэффициенты корреляции изменяются от минус 0,50 в Уральске до 0,18 в Усть-Каменогорске. В июле связи статистически не значимы для всех станций.

**В августе и сентябре** отмечаются как положительные, так и отрицательные коэффициенты корреляции, но все они статистически не значимы. **В октябре и ноябре** отмечается преобладание отрицательных корреляционных связей. Критическое значение превысили коэффициенты корреляции в ноябре Таразе, Талдыкоргане, Шымкенте, Ак-Кудуке и Ак-

тау (0,31...0,38). В декабре на станциях западного и северного Казахстана отмечаются положительные коэффициенты, на остальной территории – отрицательные, при этом нет ни одного статистически значимого коэффициента корреляции.

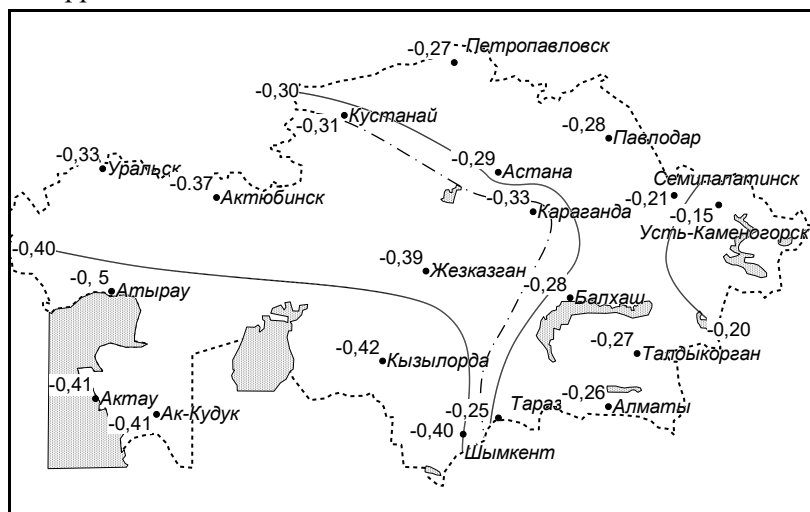


Рис. 2. Пространственное распределение синхронных коэффициентов корреляции между индексом NAO и средней месячной температурой воздуха в апреле. Обозначение линий аналогично рис. 1.

Таким образом, можно сказать, что в январе и феврале средняя месячная температура воздуха в западной половине Казахстана имеет положительную синхронную корреляционную связь с индексом NAO, что согласуется с выводами полученными для Европы и северо-запада России. При усилении Северо-Атлантического колебания усиливается западный перенос воздушных масс, и теплый воздух с Атлантики проникает вглубь евразийского континента, оказывая свое влияние на формирование температурного режима в январе и феврале на западной половине Казахстана. Продвигаясь дальше на восток эти воздушные массы, вероятно, сильно выхолаживаются, взаимодействуя с подстилающей поверхностью, покрытой снегом. Этим объясняется уменьшение коэффициентов корреляции с запада на восток. Во время отрицательной фазы NAO, как было указано ранее, более теплые и влажные воздушные массы перемещаются в район Средиземного моря, а в Европу проникают более холодные воздушные массы с Арктики [1], по-видимому, они достигают и западных районов Казахстана мало трансформируясь.

Из данных таблицы видно, что в период с апреля по июнь наблюдаются значимые отрицательные коэффициенты корреляции – от минус



0,33 до минус 0,50. Тогда как многие авторы, как было отмечено ранее, исследовали лишь зимние синхронные связи NAO с температурой воздуха, утверждая, что в остальные сезоны при значительном увеличении роли радиационного фактора и свойств подстилающей поверхности синхронные связи температуры и циркуляции ослаблены.

Наличие отрицательных корреляционных связей средней месячной температуры воздуха на метеостанциях расположенных в западной половине Казахстана, с индексами NAO в период с апреля по июнь можно, по видимому, объяснить следующим образом: в теплое время года океан оказывается более холодным по сравнению с сушей, которая в это время интенсивно прогревается, соответственно воздушные массы, формирующиеся над океаном, оказываются относительно холодными и насыщенными влагой, а усиленный западный перенос во время положительной фазы NAO переносит эти воздушные массы на континент, вызывая формирование отрицательных аномалий температуры воздуха.

В период с июля по октябрь, а также в декабре статистически значимых коэффициентов корреляции обнаружено не было. Наверное, именно в этот период усиливается роль радиационного обмена и роли свойств подстилающей поверхности, что ослабляет связь температуры воздуха с циркуляционными факторами. Также можно отметить наличие отрицательной корреляционной зависимости между средней месячной температурой воздуха и индексом NAO в ноябре. Но объяснить физический механизм существования такой зависимости пока не удалось.

В заключение можно сказать, что полученные результаты показали наличие статистически значимых синхронных линейных связей средних месячных температур воздуха с индексом Северо-Атлантического колебания в отдельные месяцы, однако даже значимые коэффициенты корреляции в целом невелики. Полученные статистические зависимости требуют более детального физического обоснования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крыжов В.Н. Связь средних месячной, сезонной и годовой температур воздуха на севере России с индексом зональной циркуляции зимой. // Метеорология и гидрология. –2003. – № 2. – С.15-28.
2. Крыжов В.Н. Связь средней годовой температуры воздуха в Северо-западной Евразии с арктическим колебанием. // Метеорология и гидрология. –2004. – №1. – С. 5-14.
3. Jason E. Box. Survey of Greenland instrumental temperature records: 1873–2001. // International journal of climatology. –2002. – № 22. – P. 1829–1847.

4. Schoof J.T, Pryor S.C. An evaluation of two GCMs: North American teleconnections and synoptic phenomena. // International journal of climatology. – 2004. – № 24. – P. 271–283.
5. Scott C. Sheridan. North American weather-type frequency and teleconnection indices. // International journal of climatology. – 2003. – № 23. – P. 27–45.
6. Vladimir N. Kryjov. The influence the winter arctic oscillation on the northern Russia spring temperature. // International journal of climatology. – 2002. – №22. – P. 746-754.
7. Vladimir N. Kryjov Searching for circulation patterns affecting North Europe annual temperature. // Atmospheric Science Letters. – 2004. – № 5. – P. 23–34.
8. Zhi-Yong Yin. Winter temperature anomalies of the North China Plain and macroscale extratropical circulation patterns // International journal of climatology. –1999. – №19. – P. 291-308.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **СОЛТҮСТІК-АТЛАНТИКАЛЫҚ АУПІҚУ МЕН ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АУНЫҢ ОРТАША АЙЛЫҚ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ БАЙЛАНЫСЫ**

О.С. Игнатенко

*Мақалада Солтүстік-Атлантикалық аупіқудің Қазақстан орташа айлық температурасына әсені қарастырылған. Ол үшін Қазақстанның 19 метеорологиялық станцияларындағы ауаның орташа айлық температурасы мен Солтүстік-Атлантикалық аупіқу индексі арасындағы корреляцияның синхронды коэффициенттері есептелген.*