

УДК 551.524.3:551.509.314(470)

М.С. Курманова<sup>1</sup>**ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ  
АТМОСФЕРЫ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПАВЛОДАРСКОЙ,  
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ И АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ В  
ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА**

**Ключевые слова:** индексы циркуляции атмосферы, температура воздуха, корреляционный анализ, географическое положение

*Проведен анализ влияния некоторых центров действия атмосферы, таких как – Сибирский антициклон, Арктическая осцилляция, Южное колебание, Северо-Атлантическое колебание, Индоокеанский диполь на режим температуры в холодный период в исследуемых регионах Казахстана. Выявлены регионы, где это влияние является существенным. Изучен характер изменений интенсивности и местоположения некоторых центров действия атмосферы в условиях меняющегося климата исследуемого региона.*

**Введение.** Климатические условия средних широт Евразийского континента во многом формирует динамика циркуляционной системы Северного полушария, в которую включают несколько центров действия атмосферы (ЦДА). Казахстан находится в центре Евразийского континента, и не все ЦДА имеют одинаковое воздействие на погодные и климатические условия на его территории. Задача настоящей работы состояла в выявлении наиболее значимых в первом приближении объектов циркуляции для формирования температурного режима в северо- и юго-восточных регионах Казахстана.

В работе исследованы зависимость температуры воздуха от интенсивности следующих ЦДА.

Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) является наиболее ярким примером короткопериодной межгодовой изменчивости климата на значительной части земного шара. Впервые попытался объяснить механизм этого явления Якоб Бьеркнес в 1966 году [12]. Он обнаружил, что аномальное потепление океана ассоциировано с Южным колебанием, которое

---

<sup>1</sup>РГП "Казгидромет", г. Алматы, Казахстан

первым описал английский ученый сэра Гилберта Уокера в своих работах в 1924 году [19]. Уокер обратил внимание на существование корреляции между атмосферным давлением в двух барических системах над Тихим океаном. Одновременно с повышением давления в центре области высокого давления в районе острова Пасхи наблюдается снижение давления в системе низкого давления над Индонезией и Северной Австралией, и наоборот.

Погодные условия северной Атлантики в значительной степени связаны с изменениями давления в таких центрах действия атмосферы как Исландский минимум и Азорский максимум, формирующие Северо-Атлантическое колебание (САК) или NAO (North Atlantic Oscillation).

Индоокеанский диполь (DMI или IOD, Dipole Mode Index) – это объединённый феномен океана и атмосферы, характеризующийся аномально холодными температурами поверхностных вод в юго-восточной экваториальной части Индийского океана и аномально тёплыми поверхностными водами в западной экваториальной области при положительных значениях индекса, и наоборот.

Сибирский антициклон (SH, Siberian High) характеризует региональные особенности атмосферной циркуляции в зимнее время. SH, как правило, начинает формироваться в виде двух ядер высокого давления: одного в районе Среднеколымска и Зырянки и другого в районе Кызыла. В октябре продолжается перестройка давления на зимний режим. Формируются два ядра высокого давления сибирского антициклона, центры которых смещены на юго-запад, по сравнению с их положением в сентябре. Отрог основного ядра сибирского антициклона, центр которого находится на севере-западе Монголии, распространяется на Среднюю Азию, Казахстан, юго-восток Европейской территории России и Северный Кавказ. В районе Оймякона находится второй центр повышенного давления. В ноябре заканчивается формирование сибирского антициклона с основным центром на северо-западе Монголии и в Тувинской автономной республике (Кызыл) и вторым центром в Якутии (Оймякон). Отрог основного ядра антициклона захватывает юг Сибири, Среднюю Азию, Казахстан, юг Урала, Среднее и Нижнее Поволжье, Кавказ, юг Украины и Молдавию. В декабре происходит дальнейшее развитие и углубление сибирского антициклона. Основным процессом, определяющим погоду января и февраля, является развитие области высокого давления (SH). Основные черты барического поля, свойственные зимнему сезону, сохраняются и в марте,

хотя сибирский антициклон несколько ослабевает. Циркуляционные условия и распределения давления в апреле еще имеют сходство с зимними, но сибирский антициклон продолжает ослабевать. В мае происходит перестройка полей давления и ветра на летний режим. Сибирский антициклон в мае почти исчезает, его отрог над Якутией размывается, усиливается западный перенос воздуха [4]. В исследовании [18] изучено не только влияние интенсивности давления Сибирского антициклона на региональную зимнюю температуру, а также показано, что SH, в отличие от других крупномасштабных барических образований, является доминирующим центром действия атмосферы в холодный период над северной частью южной Азии (рис.1).

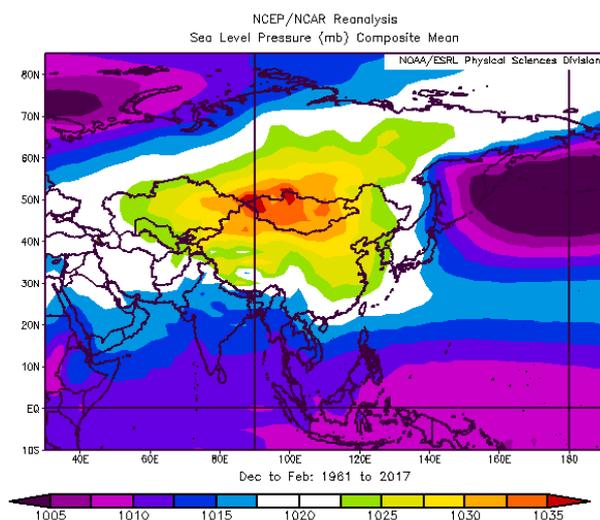


Рис. 1. Распределение среднего атмосферного давления над территорией Азии в зимние месяцы (по данным реанализа NCEP/NCAR).

Арктическое колебание (осцилляция, АО) в значительной мере регулирует глобальные особенности атмосферной циркуляции, интенсивность циклонической и антициклонической деятельности и, следовательно, адвекции различных воздушных масс севернее  $20^\circ$  с. ш. АО имеет отрицательную фазу, когда давление в полярной области относительно высокое, а в средних широтах (между  $37^\circ$  и  $45^\circ$  с. ш.) низкое, и положительную фазу, во время которой соотношение давлений обратное [13]. В случае положительной (отрицательной) фазы индекса на большей части территории Европы, Сибири и Якутии, а также на юге Дальнего Востока в период с марта по ноябрь наблюдаются положительные (отрицательные) аномалии температуры воздуха. При этом, наиболее значительные анома-

лии (до 4 градусов) прослеживаются на севере Европы и в центральных районах Сибири. Это проиллюстрировано на рис. 2.

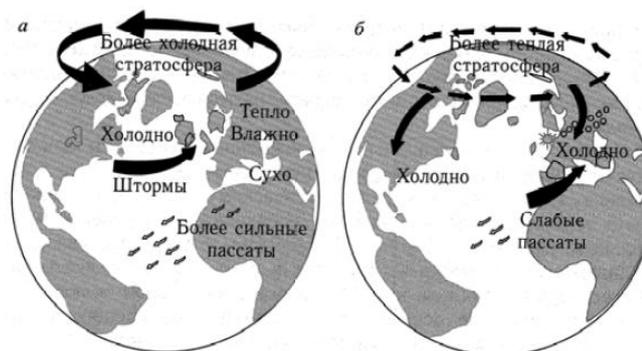


Рис. 2. Положительная (а) и отрицательная (б) фаза Арктической осцилляции [7].

В начале XX в. положительная и отрицательная фазы Арктической осцилляции поочередно сменяли друг друга. Однако начиная с 1970-х гг. АО имеет тенденцию больше оставаться в положительной фазе, т.е. в арктическом регионе давление ниже обычного, а температура на большей части США и северной Евразии выше обычной. Результаты работы [15] показали, что основные черты изменений климата Северного полушария в течение нескольких последних десятилетий тесно связаны с вариациями циркуляции стратосферы Арктики, причем начиная с конца 1960-х годов индекс АО и степень изолированности полярного вихря Арктики сильно изменились.

**Данные и методы исследования.** Наиболее распространенным методом выделения крупномасштабных структур циркуляции является спектральный анализ, позволяющий идентифицировать моды атмосферной изменчивости, как функции частоты и зонального волнового числа. Другой подход основывается на анализе дальних связей, или так называемой телеконнекции. Заметим, что в разных исследованиях дальние связи определяются по-разному. В работе [3] дальние связи находятся с помощью метода главных компонент с вращением. В качестве исходной информации используются средние месячные поля геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, взятые в 358 точках, более или менее равномерно расположенных в пределах 20...90 с.ш. за период 1950...2000 гг. Результаты расчетов, полученных таким образом индексов с суточным разрешением, регулярно публикуются на сайте CPC/NOAA (Climate Prediction Centre). Сходные результаты получены также с помощью других

статистических процедур, например, на основе анализа длительных аномалий [9, 17] циркуляции, повернутых естественных ортогональных функций (ПЕОФ) [8], ЕОФ, типов главных колебаний и типов главных колебаний по ограниченному времени [10], комбинации методов главных компонент с вращением, сингулярного спектрального анализа, а также метода фазовых портретов [16]. Несмотря на разнообразие подходов к идентификации основных мод атмосферной изменчивости, индексы дальних связей, полученные с помощью различных статистических процедур (синхронная корреляция между точками полей, естественные ортогональные функции, использование различных вариантов вращения), хорошо коррелируют друг с другом и отражают сходные эквивалентно-баротропные структуры.

Обычно интенсивность циркуляционных систем характеризуется различными индексами. Для того чтобы количественно описать феномен аномального потепления океана, ассоциированного с Южным колебанием, Уокер ввел индекс Южного колебания – ИЮК (в англоязычной литературе Southern Oscillation Index, SOI). ИЮК представляет собой аномалию разности приземного давления между областью высокого давления на востоке Тихого океана (Таити) и областью низкого давления на западе Тихого океана (Дарвин). Аномалии рассчитываются по среднемесячным данным о приземном давлении относительно среднего ИЮК за весь период наблюдений [[https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos\\_wgsp/Timeseries/SOI/](https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/SOI/)].

Разность величин атмосферного давления между двумя ЦДА – Исландским минимумом и Азорским максимумом, представляет собой индекс Северо-Атлантического колебания (САК), или NAO (North Atlantic Oscillation). Среднемесячные значения САК публикуются на сайте: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>.

Интенсивность Индоокеанского диполя представлена на сайте: [https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos\\_wgsp/Timeseries/DMI/](https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/DMI/).

Среднее месячное давление в центре Сибирского антициклона на уровне моря по данным реанализа NCEP/NCAR [14, 11] были взяты из источника <https://you.stonybrook.edu/coaindices/siberian-high/>, которое затем было стандартизовано следующим образом:

$$I_{SH} = \frac{P_i - \overline{P_i}}{\sigma P_i}, \quad (1)$$

где  $P_i$  – атмосферное давление  $i$ -месяца;  $\overline{P_i}$  – осредненное атмосферное давление за период 1950...2015 гг.  $i$ -месяца;  $\sigma P_i$  – среднеквадратическое отклонение за период 1950...2015 гг.  $i$ -месяца.

Среднемесячные стандартизованные значения индекса АО были  
взяты из архива  
[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/ao.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.shtml).

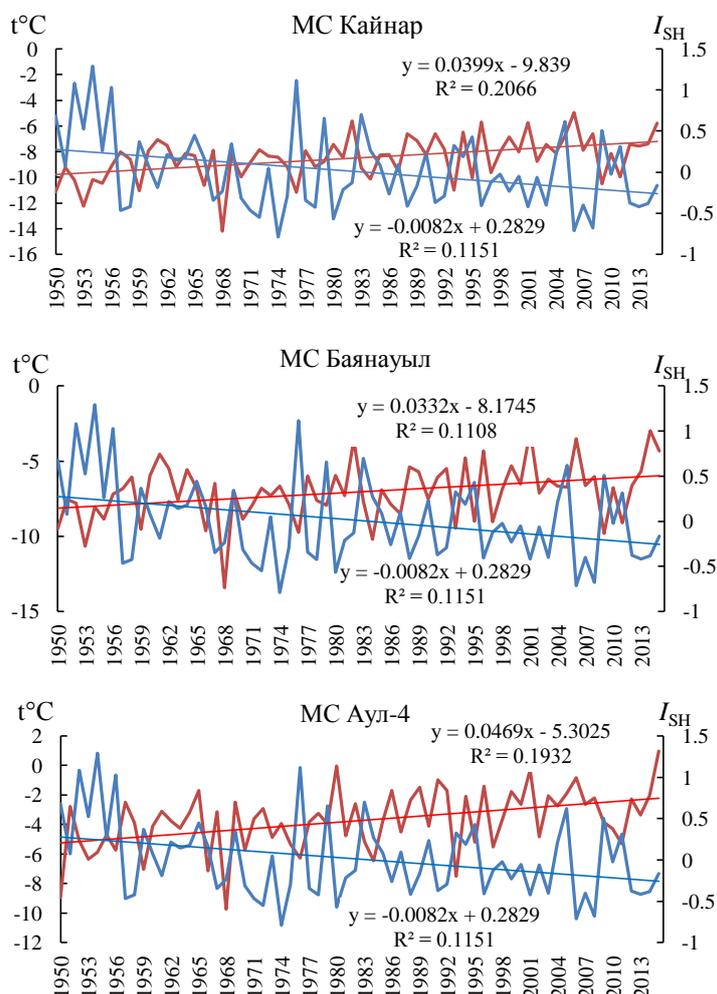
Рассчитаны коэффициенты корреляции между среднемесячными значениями индексов ЦДА (ИЮК, САК, IOD, SH, АО) и температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) по данным метеостанций (МС) Восточно-Казахстанской (28 МС), Павлодарской (15 МС), Алматинской (34 МС) областей за холодный период года в период наблюдений 1950...2015 гг.

Также были определены тенденции изменения средних за холодный период (ноябрь-апрель) и средних за зимние месяцы температур воздуха и характеристик некоторых индексов циркуляции атмосферы, таких как SH и АО.

**Результаты.** В расчетах по данным индекса Южного колебания и среднемесячным температурам воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) значимые отрицательные коэффициенты корреляций ( $0,24 \div 0,80$ ) наблюдались в январе (южная часть республики) и в июле (северо-западная часть республики). Значимые коэффициенты корреляции среднемесячной температуры воздуха и индекса САК получены только для ноября на западе республики ( $-0,24 \div -0,60$ ). Значимая корреляционная взаимосвязь ( $-0,24 \div -0,80$ ) между ИЮК и температурой воздуха наблюдается в январе в южных регионах Казахстана. По полученным результатам зависимость между IOD и приземной температурой воздуха за холодный период не выявлена.

Расчеты коэффициента корреляции стандартизованного индекса Сибирского антициклона (SH) и температуры приземного воздуха, осредненных за холодный период года, подтверждают влияние SH на температурный фон в исследуемых регионах. Значения коэффициентов корреляции во всех трех областях были значимы. По критерию Стьюдента при длине ряда 67 лет коэффициент корреляции считается значимым при значениях  $\geq \pm 0,24$ . Выявленная связь является обратной.

В исследуемых регионах росту температуры воздуха соответствует отрицательный тренд стандартизованного индекса Сибирского антициклона со скоростью  $0,1/10$  лет, то есть, уменьшение интенсивности Сибирского антициклона (рис. 3).



*Рис.3. Временной ход, линейный тренд и уравнение линейного тренда значений температуры воздуха (красные линии) и стандартизованного индекса Сибирского антициклона (синий линии), осредненных за ноябрь-апрель за 1950...2015 гг. на станциях Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Алматинской областей.*

Положительный тренд средней за холодный период температуры воздуха на метеостанциях ВКО составляет от 0,3 до 0,6 °C/10 лет; на метеостанциях Павлодарской области – от 0,3 до 0,5 °C/10 лет; и на метеостанциях Алматинской области – от 0,3 до 0,5 °C/10 лет.

По приведенным в [6, 2] данным за 1976...2018 гг., на юге Сибири – северо-востоке Казахстана выделяется область понижения температуры воздуха в зимний сезон со скоростью похолодания в центре этой области

около  $0,4^{\circ}\text{C}/10$  лет. В связи с этим был проведен анализ динамики местоположения центра Сибирского антициклона на стадии его максимального развития (январь, февраль) за период 1948...2018 гг. (рис. 4).

Наблюдается смещение центра Сибирского антициклона в сторону запада со скоростью  $0,1^{\circ}\text{в.д.}/10$  лет в январе и  $0,6^{\circ}\text{в.д.}/10$  лет в феврале. В феврале центр антициклона смещается также в южном направлении на  $0,4^{\circ}\text{с.ш.}/10$  лет. По предварительному выводу, область похолодания на юге Сибири и северо-востоке Казахстана в зимний сезон связана с миграцией на запад центра Сибирского антициклона.

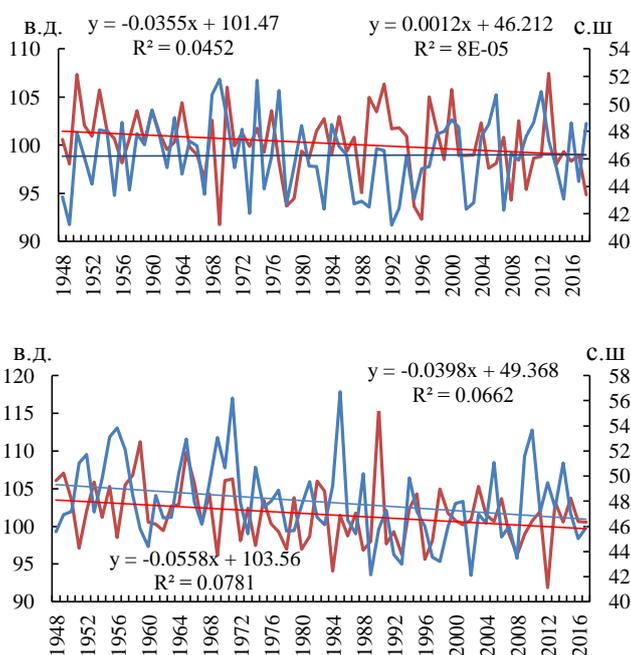


Рис.4. Географическое положение, линейный тренд и уравнение линейного тренда широты (синие линии), долготы (красные линии) центра Сибирского антициклона за январь и февраль (1948...2018 гг.).

Значения коэффициентов корреляции температуры и индекса АО были значимы в зимние месяцы на всех метеостанциях данного региона.

По критерию Стьюдента коэффициент корреляции считается значимым при его значениях  $\geq \pm 0,24$  при длине ряда 67 лет. Связь является положительной, то есть прямой (рис. 5). При отрицательной фазе АО в средних широтах преобладает меридиональный тип циркуляции, а при положительной фазе – зональная циркуляция [5]. При западной форме циркуляции в приземном слое наблюдается зональное смещение бариче-

ских образований с запада на восток, в частности циклонов в умеренной широте. Меридиональной циркуляции характерна максимальная активность развития Сибирского антициклона [1]. Положительный тренд индекса АО указывает на рост повторяемости его положительной фазы (теплой фазы), которая ассоциируется с более теплыми климатическими условиями. Зимой при положительной фазе АО в исследуемых регионах наблюдаются небольшие похолодания, значительно менее интенсивные, чем при отрицательной фазе АО.

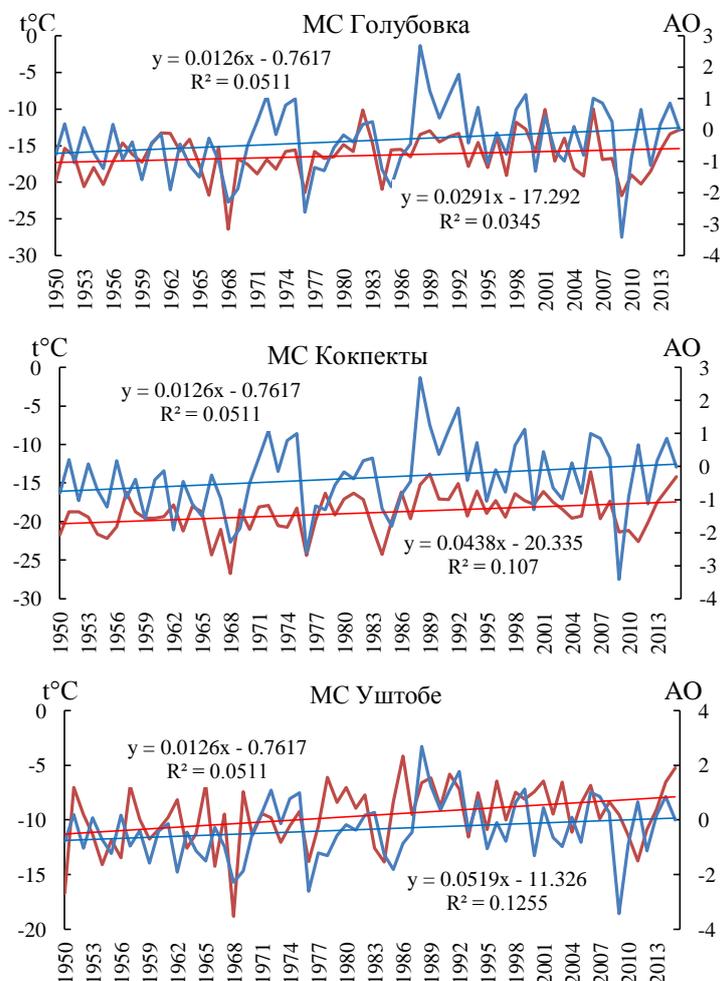


Рис.5. Временной ход, линейный тренд и уравнение линейного тренда значений температуры (красные линии) и Арктической осцилляции (синие линии), осредненных за зимние месяцы за 1950...2015 гг. на станциях Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Алматинской областей.

**Заключение.** Проведенный анализ показал, что северная и юго-восточная территория Казахстана в холодный период находится под значительным воздействием Сибирского антициклона и Арктической осцилляции. Образование Сибирского антициклона и его географическое положение играет важную роль в формировании погодных и климатических условий Казахстана в холодный период года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Поляков Д.В. Классификация форм атмосферной циркуляции. – Томск: Издательство Томского университета, 2015. – С. 15-20.
2. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2018 год. – Астана, 2019. – 53 с.
3. Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть I. Статистический анализ и гидродинамическое моделирование // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 3. – С. 5-22.
4. Конюкова Л.Г., Орлова В.В., Швер Ц.А. Климатические характеристики СССР по месяцам. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 144 с.
5. Крыжов В.Н. Байесовый подход к вероятностному прогнозу зимней фазы Арктической осцилляции // Труды Гидрометцентра России. – 2017. – Вып. 366. – С. 51-56.
6. Сводное ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территориях государств-участников СНГ за 2018 год, – Москва, 2019. – 57 с.
7. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Переведенцев Мохов Ю.П., Елисеев И.И., Елисеев А.В. и др.; науч. ред. Наумов Э.П. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 224 с.
8. Barnston A.G. and Livezey R.E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. – *Mon. Wea. Rev.*, 1987, vol. 115. – Pp. 1083–1126.
9. Dole R.M., Gordon N.D. Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: Geographical distribution and regional persistence characteristics. – *Mon. Wea. Rev.*, 1983, vol. 111. – Pp. 1567–1586.
10. Frederiksen J.S. and Branstator G. Seasonal variability of teleconnection patterns. – *J. Atmos. Sci.*, 2005, vol. 62. – Pp. 1346–1365.
11. Hameed S., and Piontkovski S. The Dominant Influences of the Icelandic Low on the Position of the Gulf Stream Northwall. *Geo. Res. Lett.*, 31, 1-4. – 2004.

12. J. Bjerknes. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature, Manuscript received January 18, – 1966.
13. John N., Scott S., Suim T., Wittoya K. North Atlantic Oscillation (NAO) / Arctic Oscillation (AO). Department of Meteorology SJSU. [Электрон. ресурс]. – 2008. – URL: <http://www.met.sjsu.edu> (Дата обращения 21.04.2019 г.)
14. Kalnay E. et al., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471. [Электрон. ресурс]. – [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRPP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRPP>2.0.CO;2)
15. Kunihiko Kodera, Yuhji Kuroda, Steven Powson. Stratospheric sudden warming and slowly propagating zonal-mean zonal wind anomalies // J. Geophys. res. – 2000. – №105. – Pp. 12351 – 12359.
16. Lau K.M., Sheu P.J., and Kang I.S. Multiscale low-frequency circulation modes in the global atmosphere. – J. Atmos. Sci., 1994, vol. 51. Pp. 1169–1193.
17. Lau N.C. A diagnostic study of recurrent meteorological anomalies appearing in a 15-year simulation with a GFDL GCM. – Mon. Wea. Rev., 1981, vol. 109. Pp. 2287– 2311.
18. Syed Muhammad Fahad Riaz, Muhammad Jawed Iqbal, Mirza Jawwad Baig. Influence of Siberian High on temperature variability over northern areas of South Asia // Article in Meteorology and Atmospheric Physics, May 2017. – Pp. 17
19. WALKER, G. T. (1924). Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather. Memoirs of the Indian Meteorological Department 24 (Part 9). –Pp. 275–332.

Поступила 05.02.2020

М.С. Құрманова

**ЖЫЛДЫҢ СУЫҚ КЕЗЕҢІНДЕ ПАВЛОДАР, ШЫҒЫС  
ҚАЗАҚСТАН ЖӘНЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСТАРЫНЫҢ  
ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМІНЕ КЕЙБІР АТМОСФЕРАЛЫҚ  
ӘСЕР ЕТУ ОРТАЛЫҚТАРЫНЫҢ ЫҚПАЛЫН БАҒАЛАУ**

**Түйін сөздер:** атмосфералық циркуляция индекстері, ауа температурасы, корреляциялық талдау, географиялық орналасуы

*Сібір антициклоны, Арктикалық тербеліс, Оңтүстік тербеліс, Солтүстік-Атлантикалық тербеліс және Үнді мұхитының диполі сияқты атмосфералық әсер ету орталықтарының Қазақстанның зерттеліп жатқан аймақтарындағы суық кезеңдегі температура режиміне әсері талданады. Бұл әсердің маңызы зор аймақтары анықталды.*

*Зерттеуге алынған аймақтың өзгермелі климаты жағдайында атмосфераның кейбір әсер ету орталықтарының қарқындылығы мен орналасқан жерінің өзгеру сипаты зерттелді.*

M.S. Kurmanova

**ON THE ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOME CENTERS OF ATMOSPHERIC ACTION ON THE TEMPERATURE REGIME OF PAVLODAR, EAST KAZAKHSTAN AND ALMATY REGIONS DURING THE COLD PERIOD OF THE YEAR**

**Keywords:** atmospheric circulation indices, air temperature, correlation analysis, geographical location

*The influence of some atmospheric action centers, such as the Siberian Anticyclone, Arctic Oscillation, South Oscillation, North Atlantic Oscillation, and the Indian Ocean Dipole on the temperature regime during the cold period in the studied regions of Kazakhstan, is analyzed. The regions where this influence is significant are identified. The nature of changes in the intensity and location of some atmospheric action centers in the changing climate of the studied region is studied.*