

УДК 551.513 и 551.583

Макроциркуляционные процессы, влияющие на температурный режим восточной части региона Балтийского моря

Гечайте Индре., gecaite.indre@gmail.com

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

Large-scale atmosphere circulation and temperature regime in the eastern part of the Baltic Sea region

Gecaite I., gecaite.indre@gmail.com

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Key words: large-scale atmosphere circulation, B.L. Dzerdzeevskii classification, Arctic oscillation, air temperature change

Abstract

Variations of the large-scale circulation according B.L. Dzerdzeevsky classification during the coldest winter months of the eastern part of the Baltic Sea region are analyzed and low frequency fluctuations identified. The statistical relationship between different atmosphere circulation groups and dominant Northern hemisphere mode - Arctic oscillation is established. The results obtained allowed to estimate the influence of these variations to temperature change during the past 60 years in the analyzed region.

Типизация синоптических процессов на всем Северном полушарии, разработанная Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой, является информативным материалом для изучения изменения температуры воздуха в любом регионе Северного полушария, независимо от его размера. В типизации выделены 4 основные группы циркуляции: зональная (З), нарушения зональности (НЗ), меридиональная северная (МС) и меридиональная южная (МЮ), которые делятся еще на 13 типов и 41 элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), более подробно они описаны в работах [2, 4, 5]. В данной статье особое внимание уделяется группам меридионального характера, которые за анализируемый период времени (1951–2014 гг.), наблюдались более часто и имеют большие различия между собой, что в свою очередь отражает характер термобарического поля Северного полушария. Важно отметить, что устойчивый рост повторяемости типов МС в XXI в. [5] совпадает с снижением темпов потепления климата в восточной части Балтийского региона.

Различные группы циркуляции хорошо отражают динамический аспект барических образований на Северном полушарии, а также, преобладающий характер воздухообмена между высокими и низкими широтами. Как пример представлены типичные динамические схемы ЭЦМ меридиональной северной группы циркуляции (ЭЦМ 12вз) (рис. 1а) и меридиональной южной (ЭЦМ 13з) (рис. 1б). Для ЭЦМ 12вз характерен мощный антициклон в Арктике и три блокирующих процесса, которые могут сопровождаться существенным похолоданием зимой. При ЭЦМ 13з блокирующих процессов не наблюдается, а над Арктикой относительно низкое атмосферное давление, которое связано с большой циклонической активностью над Северо-Атлантическим и Тихим океаном.

Арктическое колебание (АК) является первой ЭОФ распределения давления на уровне моря в Северном полушарии (20–90° с.ш.). Таким образом, индекс АК отражает

аномалии давления и количественно описывается как положительная или отрицательная фаза АК. При отрицательной фазе (АК-) над Арктикой наблюдается относительно высокое давление, а над умеренными широтами (примерно над 45° северной широтой) низкое. Во время АК над Арктикой формируется устойчивая область высокого давления, которая связана с ослаблением западного переноса и преобладанием меридиональных форм атмосферной циркуляции. Эта ситуация позволяет холодному воздуху проникнуть в более южные широты Европы, Азии и Северной Америки [1, 12]. Данная ситуация напоминает характер атмосферной циркуляции, описываемый как МС. При положительной фазе (АК+) распределение давления противоположное. В это время над Арктикой наблюдается более низкое давление, что совпадает с распределением барических образований типов группы циркуляции МЮ.

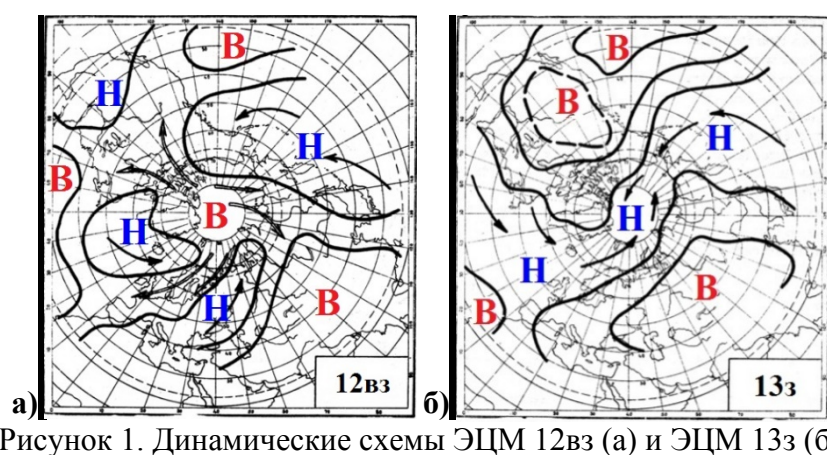


Рисунок 1. Динамические схемы ЭЦМ 12вз (а) и ЭЦМ 13з (б)

Важно отметить, что знак индекса приземного АК имеет связь с изменением термодинамического режима в стратосфере зимой. Исследования показывают, что сигнал со средней атмосферы в нижнюю передается в среднем от 10 до 60 дней [8]. Но при этом процессы в тропосфере также могут влиять на положение и интенсивность циркумполярного вихря в стратосфере [11]. Предполагается, что данная взаимосвязь может иметь существенное значение для распределения аномалий барического поля и изменчивости приземной температуры воздуха зимой в Северном полушарии.

Распределение коэффициентов корреляции между приземной температурой воздуха в восточной части региона Балтийского моря (территория охватывает 53,5°-61,5° с.ш. и 19,5°-32,5° в.д.) и индексом АК колеблется от 0,59 на юго-востоке до 0,75 в северо-западной части (99% статистическая значимость). Это указывает на то, что существует очень тесная связь между показателем фазы АК и температурой воздуха в данном регионе за счет перестройки атмосферной циркуляции [1]. В этой работе изучаются связи между разными группами атмосферной циркуляции на основе ЭЦМ и Арктическим колебанием, и, как следствие, изменениями температуры воздуха в восточной части региона Балтийского моря в январе-феврале 1951-2014 гг.

Установлено, что существует прямая связь между повторяемостью МЮ циркуляции и АК ($r=0,48$ (99% статистическая значимость)) и обратная связь с повторяемостью МС циркуляцией ($r=-0,41$ (99% статистическая значимость)). Максимальное количество дней с МС циркуляцией зафиксировано в 1954, 1970 и 2013 годах, которые характеризуются АК- и аномалиями холода. Минимальное число дней с МС циркуляцией (9 дней) зафиксировано в 1989 г. (январь-февраль), который является одним из самых теплых за последние 60 лет не только в восточном Балтийском регионе, но и во всей Европе [10]. Зимой этого года среднее значение АК превышает

3,0, что указывает на усиление полярного вихря. Над Арктикой наблюдается давление ниже климатической нормы.

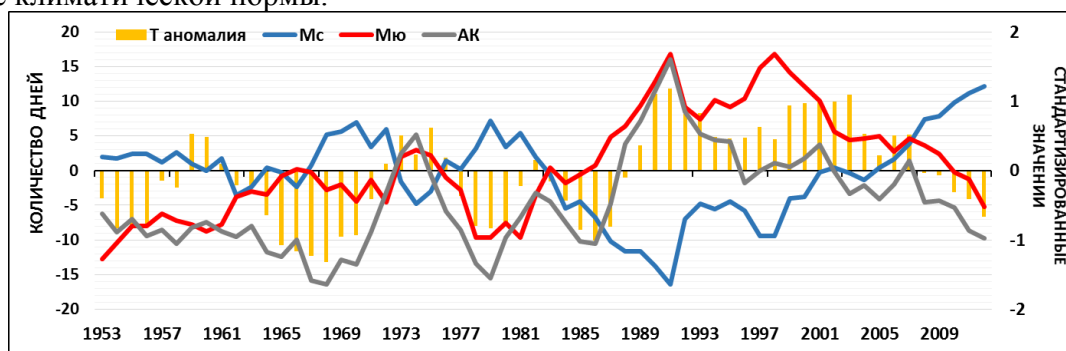


Рисунок 2. Вариации аномалий северной (МС) и южной (МЮ) меридиональной циркуляции, индекса Арктического колебания и доминирующих аномалий температуры воздуха в восточном Балтийском регионе в 1951-2014 гг. (5-летний скользящий средний)

На рисунке 2 можно заметить, что аномалии количества дней с группами атмосферной циркуляции МС и МЮ состоят в противофазе, а вариации индекса АК весьма напоминают распределение во времени повторяемости МЮ. Таким образом, АК- отражает устойчивый баланс воздухообмена между высокими и низкими широтами, как в то же время АК+ связано с благоприятными условиями для частого и продолжительного выноса теплого воздуха на север. При частой повторяемости МЮ наблюдается интенсивная деятельность циклонов, направленных на север, над Северным Атлантическим и Тихим океаном, что приводит к понижению давления над Арктикой (ЭЦМ 13з, 13л [5]). Противоположная ситуация возникает при частой повторяемости МС, когда антициклон над Арктикой усиливается и часто наблюдается вторжение холодного и сухого арктического воздуха в умеренные широты Северного полушария. Колонки на графике (рис.2) показывают осредненные аномалии приземной температуры воздуха выше/ниже $\pm 1^\circ$. Хорошо заметно, что отрицательные аномалии температуры совпадают с повышенной повторяемостью группы циркуляции МС и АК-, в то время как положительные (во второй половине исследуемого периода примерно до 2006 г.) совпадают с резким ростом повторяемости МЮ и АК+.

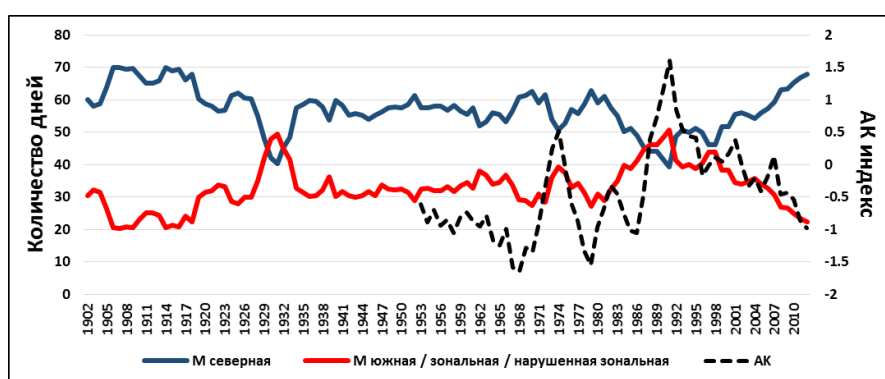


Рисунок 3. Пятилетние скользящие средние отклонения суммарной продолжительности групп циркуляции меридиональной южной, зональной и нарушенной зональной и отдельно меридиональной северной за 1900 2014 гг. (январь-февраль) от их средних за тот же период; и вариации значения индекса АК за 1951-2014 гг.

На рисунке 3 представлены хронологические ряды повторяемости различных групп атмосферной циркуляции и индекса АК. МС представляет хорошо выраженный

баланс между высокими и низкими широтами, когда вынос теплого воздуха на север и холодного на юг происходит в несколько екторов Северного полушария (в зависимости от ЭЦМ, от 2 до 4 [5]). Осредненные данные ЭЦМ, принадлежащих группам циркуляции МЮ, 3 и НЗ, отражают ослабленный обмен воздушных масс или повышенный вынос тепла в сторону северного полюса. Хорошо видно, что резкое повышение значений индекса АК, примерно в 1989 г., совпадает с превышением количества дней с МЮ/З/НЗ циркуляцией над повторяемостью МС, что означает, что потоки холодного воздуха, направленные в сторону экватора, встречались реже, чем теплые, направленные на полюс. Такая ситуация способствовала многим изменениям в атмосфере, океане и криосфере Северного полушария [9], что требует более подробного анализа произошедшей ситуации. В работе [6] указывается, что за последнее столетие мы имели два случая глобального потепления: первое в 1930-е гг. и второе с конца 1980-х гг., что хорошо совпадает с периодами, когда количество дней с МЮ/З/НЗ циркуляцией было больше, чем повторяемость МС. Между этими двумя пиками, промежуток времени примерно 60 лет. На 60-летний цикл колебания климата указывают и другие авторы [3, 7].

Длительные (десятилетие и больше) периоды преобладания ЭЦМ, которые относятся к одной группе циркуляции, называются циркуляционными эпохами. Предполагается, что именно доминирование конкретной эпохи может иметь значительный вклад в колебание температуры как восточной части Балтийского региона, так и всего Северного полушария.

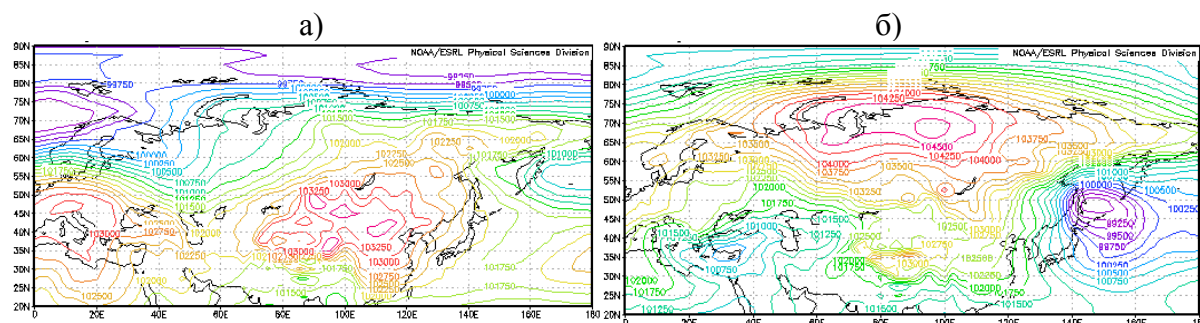


Рисунок 4. ЭЦМ 13з а) в 10-21 января 1989 г., АК и ДТ (положительные) и б) в 5-9 февраля 1956 г., АК и ДТ(отрицательные)

Большой интерес вызвало обнаруженное отличие повторяемости ЭЦМ 13з во время эпох МС и МЮ в зимнее время. ЭЦМ 13з очень часто наблюдается в случае anomalно теплых месяцев и немного реже, но также часто в случае anomalно холодных месяцев. В дальнейшем подробно исследовались карты приземного давления, которые позволили сделать следующие выводы. Во время циркуляционной эпохи МС (в основном первая половина анализируемого периода) Сибирский антициклон усиливается (развивается в меридиональном и широтном направлении) из-за притока холодного арктического воздуха над Азией, и его гребень намного чаще распространяется на запад. Такая ситуация благоприятна притоку холодных воздушных массы в исследуемый регион. В это время наблюдается АК-. Во время циркуляционной эпохи МЮ усиливается интенсивность Исландской депрессии, а над восточной части Балтийского региона преобладает западный перенос воздушных масс. В это время Сибирский антициклон более сдвинут на восток или юго-восток, иногда его гребень распространяется только на юго-восточную Европу, а по северной его периферии проходят атлантические циклоны. Данная ситуация характерна для АК+. Распределение давления на уровне моря в разные описанные случаи ЭЦМ 13з представлено на рис.4 (а, б).

В результате исследований получены связи между АК, меридиональными группами атмосферной циркуляции и колебанием приземной температуры воздуха в восточной части Балтийского региона в 1951-2014 гг. Установлено, что наиболее значительным фактором, влияющим на температурный режим в восточной части Балтийского региона, является смена циркуляционных эпох, которые хорошо описываются изменчивостью АК. Обнаружены тесные связи между АК и температурой воздуха в восточной части Балтийского региона (средний коэффициент корреляции по всей территории за 1951–2014 гг. (январь-февраль) $r=0,71$). Эти связи объясняются изменениями характеристик центров действия атмосферы, влияющих на погодные условия исследуемого региона. Классификация Б.Л. Дзердзеевского успешно может применяться при анализе изменений температурного режима зимой, поскольку характеризует перестройки атмосферной циркуляции как в синоптическом, так и в климатическом масштабах.

Литература

1. Гечайте И., Погорельцев А.И., Угрюмов А.И. Влияние Арктического колебания на температурный режим восточной части Балтийского региона // Солнечно-земная физика, 2016. Т. 2, No 1. с. 64-70.
2. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. – М.: Издательство «Наука», Москва, 1975. – 288 с.
3. Дмитриев А. А., Беязо В. А., Гудошников Ю. П. Ритмические колебания земных природных процессов и их гравитационная обусловленность. – М.: Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург, 2011. – 232 с.
4. Кононова Н. К. Особенности циркуляции атмосферы северного полушария в конце XX – начале XXI века и их отражение в климате // Сложные системы. – 2014. – №2. – Т.11. – С. 1-33
5. Кононова Н. К. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX – начале XXI века. // Институт географии РАН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atmospheric-circulation.ru/> (дата обращения 05.11.2015)
6. Мартазинова В. Ф., Тимофеев В. Е. Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в северном и южном полушарии и региональные климатические особенности в Атлантико-Европейском секторе и районе Антарктического полуострова // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2008. – №3(80). – С. 17-37.
17. Фролов И. Е., Гудкович В. П., Карклин З. М., Ковалев Е. Г., Смоляницкий В. М. Климатические изменения ледовых условий в арктических морях евразийского шельфа // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2007. – №75. – С. 149-160.
8. Baldwin, M. P., Dunkerton T. J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes // Science. – 2001. – N.294. – P.581-584.
9. Fealy R., Sweeney J. Detection of a possible change point in atmospheric variability in the North Atlantic and its effect on Scandinavian glacier mass balance // International Journal of Climatology. – 2005. – N.25. – P.1819-1833.
10. Hirschi J. J.-M. Unusual North Atlantic temperature dipole during the winter of 2006/2007 // Weather. – 2008. – Vol. 63. – N.1. – P.4-11.
11. Hoerling M. P., Hurrell J. W. Dynamical forcing of the annular mode and its recent upward trend // AGU. American Geophysical Union, Fall Meeting 2001, abstract. – 2001. – 82(47). #A31A-09.
12. Hosansky D. The Arctic Oscillation: a Key to this winter's cold – and a warmer planet // NCAR News Release. [Электронный ресурс]. URL: www.ucar.edu (дата обращения: 08.04.2012).