

ВЛИЯНИЕ АРКТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕГИОНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

И. Гечайте, А. И. Погорельцев, А.И. Угрюмов

INFLUENCE OF ARCTIC OSCILLATION ON THE THERMAL REGIME OF THE EASTERN PART OF BALTIC SEA REGION

I. Gechaite, A.I. Pogoreltsev, A.I. Ugryumov

В данной статье представлены статистические оценки влияния Арктического колебания на температурный режим восточной части региона Балтийского моря. Независимо от общего потепления климата все еще наблюдаются аномально низкие температуры зимой. В последние годы ученые все больше внимание уделяют процессам, происходящим в регионе Арктики не только на поверхности земли, но и в тропосфере, стратосфере. Арктическое колебание (АК) является одной из глобальных структур атмосферной циркуляции, имеющей тесные связи с изменчивостью погоды в северной Европе. К сожалению, на данном этапе исследований ученым не удастся создать достоверного прогноза будущего знака фазы АК, так как процессы, связанные с АК являются хаотичными и трудно предсказуемыми. В докладе предоставлен анализ аномалий холода, наблюдаемых в восточной части региона Балтийского моря и рассмотрены особенности циркуляции атмосферы, связанные с изменением знака фазы АК. Анализируемый временной интервал охватывает 1951–2014 гг.

This paper presents statistical estimations of Arctic oscillation influence on the air temperature regime in the eastern part of the Baltic Sea region. Despite the global warming occurred, the extreme cold winter anomalies still take place. In recent years the researchers pay more attention to Arctic region processes not only at surface level, but in troposphere and stratosphere as well. Arctic Oscillation (AO) is a large scale global mode of climate variability that substantially influences the weather in Northern Europe, especially in winter season. Unfortunately, there is no reliable prognostic model to predict the AO phase. This paper presents the analysis of extreme cold anomalies and features of atmosphere circulation in the Eastern part of Baltic Sea region during different AO phase. The time interval considered is 1951–2014.

Сибирского антициклона В восточной части региона Балтийского моря погода холодного сезона является очень переменной не только из года в год, но и внутри одного сезона. Причиной является особенное географическое положение данного региона, который находится на перекрестке различных воздушных масс. Недалеко от исследуемой территории находится бассейн Арктики, со стороны которого приходят холодные арктические воздушные массы. Также недалеко находится и Атлантический океан, от которого зимой приходят влажные и теплые воздушные массы. С востока со стороны Азиатского континента, Сибири, приходят особо холодные континентальные воздушные массы.

Главнейшими глобальными структурами атмосферной циркуляции, влияющими на климат зимы, как во всей Северной Европе, так и в рассматриваемом регионе, являются Северо-Атлантическое колебание (САК) и Арктическое колебание (АК). Их влияние хорошо заметно на изменение метеопараметров (температуру воздуха, вид осадков, снежный покров) в холодное полугодие, которые реагирует на изменение фазы осцилляции от положительной к отрицательной и наоборот. Переменчивость погоды в данном регионе больше всего зависит от особенности циркуляции атмосферы, т. е. интенсивности циклонической и антициклонической циркуляции и адвекции разных воздушных масс. Конкретный тип атмосферной циркуляции может создать экстремальные условия погоды, а так же влияет на распределение поля температуры и ее ход в холодное полугодие. При оценивании данной связи часто используются разные каталоги типов атмосферной циркуляции. Они позволяют создать более точные картины о причинах распределения метеопараметров в регионе. В общем, эти каталоги используются для того, чтобы оценить изменчивость климата, основываясь на заранее установленных типах циркуляции, которые, чаще

всего, классифицируются, учитывая положение и направление фронтов, а так же поле давления в данном регионе [Ноу и др., 2013].

Арктическое колебание является элементом системы климата, которое может быть выражено как циркуляция ветров вокруг Арктики с направлением против часовой стрелки и достигающее 55° N (это примерно над Москвой, Белфастом, Аляской). Влияние АК на климат проявляется похожим масштабом, как и влияние Эль-Ниньо в южной части Тихого океана [Thompson, Wallace, 2001].

АК это несезонные вариации давления на уровне моря в направлении севера от 20° N и характеризуются аномалиями поля приземного давления, где один центр находится над Арктикой, а другой охватывает зону между 37° и 45° N [John и др., 2008]. Арктическое колебание имеет две фазы (отрицательную и положительную), которые существуют как естественная система изменчивости давления и влияет на климат зимы в северном полушарии.

Арктическое колебание охватывает разные области давления в умеренных и высоких широтах. Осцилляция приобретает отрицательный знак фазы, когда над регионом полюса наблюдаются вихри относительно высокого давления, а над умеренными широтами (примерно над 45° N) низкого давления. При положительной фазе арктического колебания распределение давления противоположное. Во время этой фазы зона высокого давления в умеренных широтах вызывает сдвиг штормового движения океана на север, а изменение в циркуляционной системе создает приток теплого и влажного воздуха на Аляску, Северную Европу и Америку. Так же при положительной фазе АК холодный воздух зимой не распространяется так далеко от северного полюса, как при отрицательных значениях индекса АК.

Индекс АК характеризует интенсивность постоянного центра низкого давления над северным

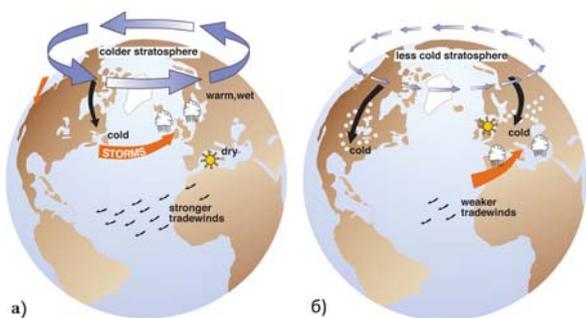


Рис. 1. Арктическое колебание в положительной фазе (а) и арктическое колебание в отрицательной фазе (б). Влияние разных фаз на погоду зимы. [http://www.nsidc.org].

полюсом. Группа ветров, которая циркулирует вокруг этого центра в верхней тропосфере, создает вихрь. Когда АК во своей положительной фазе, вихрь бывает интенсивным и ветра окружают северный полюс как лассо, таким образом блокируя холодный воздух внутри полюса. При отрицательной фазе АК, вихрь вокруг Арктики ослабляется и эта ситуация позволяет холодному воздуху проникнуть в более южные территории Европы, Азии и Северной Америки [Hosansky, 2003]. На рис. 1 отображена схема полярного вихря и его влияние на климат при разной его интенсивности [John и др. 2008].

К сожалению, процессы, влияющие на образование той или иной фазы арктического колебания, недостаточно изучены. Обсуждаются разные гипотезы, при которых также проводятся исследования последствия изменения климата (повышение эмиссии парниковых газов, уменьшение ледников в Арктике) [Stricherz, 2001], количество водяного пара в стратосфере [Solomon, 2010], изменение концентрации озона в стратосфере [Wallace, Thompson, 2001], внезапное потепление в стратосфере [Cohen, 2011] и другие теории. Установлено, что охлаждение стратосферы, наблюдаемое в последние десятилетия, привело к усилению полярного вихря зимой (на обоих полюсах), которое повлияло на поле ветров у земной поверхности [Stricherz, 2001].

Также, учеными доказано, что при отрицательной фазе АК поверхность воды Арктического океана бывает теплее и это приводит к тому, что тает большее количество льда, соответственно появляется все большая часть не покрытой льдом поверхности океана. Тепло в Арктике соответственно влияет на умеренные широты, в которых температура воздуха становится ниже, чтобы поддержать глобальный тепловой баланс атмосферы. Таким образом низкие температуры влияют на распределение поля доминирующих ветров [Roberts, 2010]. Положительная или отрицательная фаза арктического колебания создает противоположное поле температуры воздуха: когда значение индекса АК отрицательное в умеренных широтах фиксируется отрицательные аномалии температуры. При положительных значениях индекса АК усиливается западный перенос, а так же адвекция теплых и влажных воздушных масс со стороны северной Атлантики.

В XX в. значения индекса АК постоянно менялись с положительного на отрицательный и наоборот. Но с 1970 г. замечено, что осцилляция все чаще

остаётся в своей положительной фазе. Таким образом над Арктикой создается зона более низкого давления и положительные аномалии температуры в части северной Евразии, а так же и над большей частью США.

Цель данной работы является статистические оценки влияния Арктического колебания на температурный режим и изменение циркуляции атмосферы в восточной части региона Балтийского моря.

Методика

В данной работе проводится анализ холодных зим за период 1951–2014 гг. в восточной части региона Балтийского моря. Анализируемая территория охватывает зону 54–62° N. и 20–33° E. (рис. 2). Расчеты проведены для сетки координат с 0.5° интервалом. Для получения результатов использовались данные среднемесячной и суточной температуры воздуха [CPC GHCN/CAMS t2m analysis (land)] в каждой точке сетки (всего 106 точек) из базы данных European Climate Assessment and Dataset KNMI Climate Explorer [http://eca.knmi.nl]. В данной работе по среднемесячным значениям температуры воздуха в каждой точке были рассчитаны стандартизированные аномалии T2м и выделены особо холодные и особо теплые зимы за 1951–2014гг. Типы циркуляции были выделены используя среднесуточные данные давления на уровне моря из баз данных реанализа NCEP/NCAR для 16 точек над территорией 50–70° N и 10–40° E, по примеру автоматизированной схемы Jenkinson и Collison (1977). Суточные и среднемесячные значения АК получены из база данных NOAA Climate Prediction Center [http://www.cpc.ncep.noaa.gov].

Результаты

Распределение температуры воздуха в восточной части региона Балтийского моря является зональным.

Средняя температура в 1951–2014 гг. колеблется от –1.7 °C в восточной части до –8.1 °C северо-восточной части (рис. 2).

По методу стандартизированных аномалий температуры воздуха выделены особо теплые и особо холодные месяца. Установлено, что аномалии среднемесячной температуры воздуха (когда $T_i < T_{cp} - 1\sigma/2\sigma/3\sigma$) чаще всего охватывает не меньше чем 50 % всей территории. Такие аномальные условия погоды создаются при изменении крупномасштабной чаще всего охватывает не меньше чем 50 % всей территории. Такие аномальные условия погоды создаются при изменении крупномасштабной атмосферной цирку-

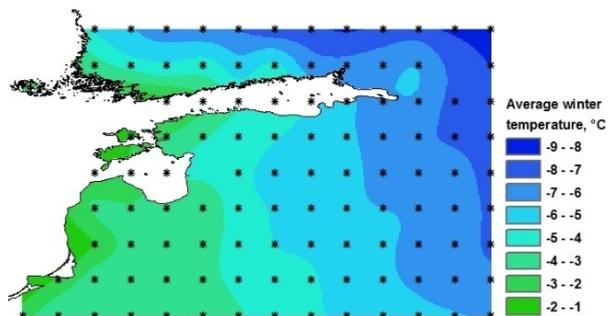


Рис. 2. Распределение температуры воздуха на рассматриваемой территории в 1951–2014 гг.

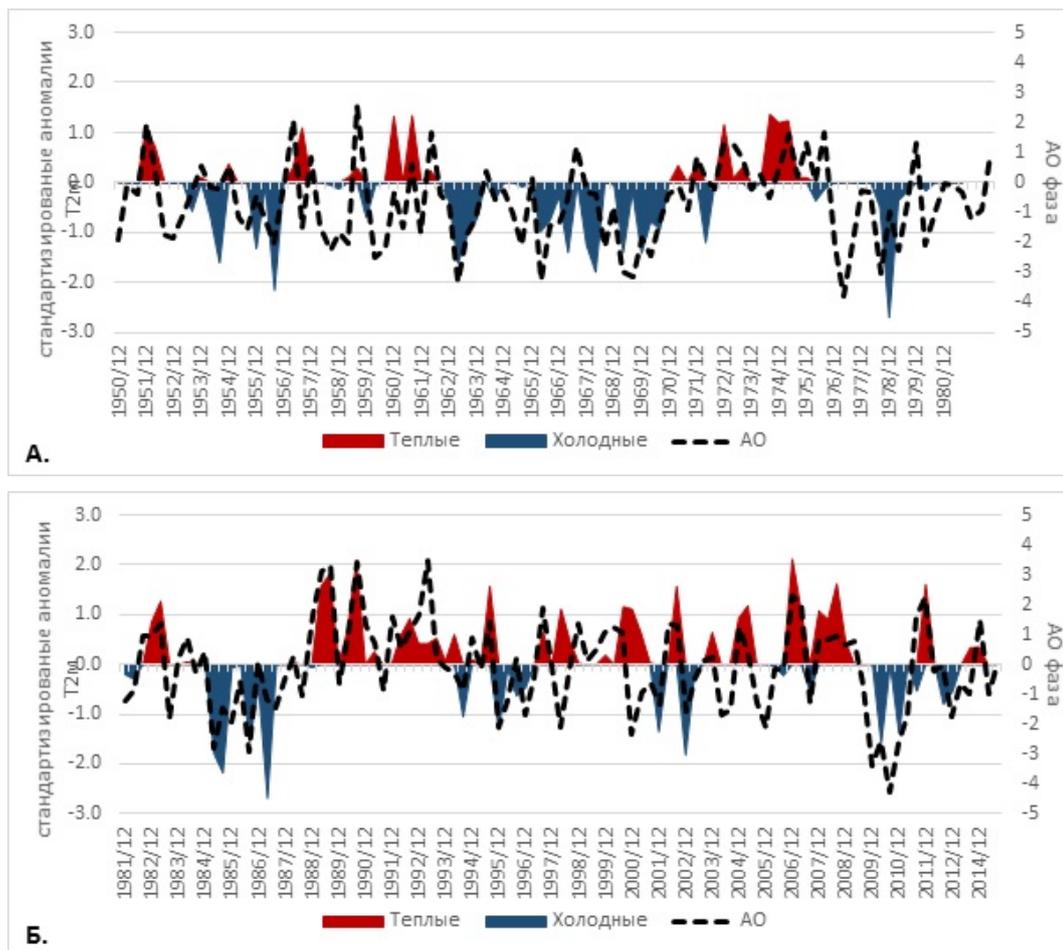


Рис. 3. Особо холодные/теплые месяца зимы и значения фазы АК в (а) 1951–1981 гг. (б) 1981–2014 гг.

лянии в северном полушарии. В особо холодных периодах в данном временном интервале зафиксировано 28, из них 15 аномально/экстремально холодных: 1954/02, 1955/12, 1956/02, 1963/01, 1967/01, 1968/01, 1969/01, 1969/12, 1978/12, 1985/01, 1986/02, 1987/01, 2002/12, 2010/01, 2010/12 (рис. 3 а, б).

Из рис. 3, а, б, можно заметить, что во второй половине анализируемого промежутка времени намного реже фиксируются аномально холодные месяца, особенно в 1988–2008 г. Это очень хорошо отражает и изменчивость индекса АК в данном временном интервале.

Корреляция между средней температурой воздуха зимы во всем регионе и индекса АК равна $r=0.71$ (99 % статистической значимости). Более тесные связи установлены на континентальной части рассматриваемой территории. Это только подтверждает большую значимость Арктического колебания для флюктуации месячной температуры воздуха в данном регионе: при отрицательной АК фазе фиксируется аномалии низкой температуры воздуха. Так же установлено что в данном регионе АК сильно влияет и на параметры снежного покрова [Rimkus и др., 2014].

При наличии того факта, что существует тесные связи между крупномасштабной циркуляцией атмосферы и вариацией температуры воздуха важно оценить как быстро температурный режим изменяется, реагируя на изменчивость фазы АК. Для

этого выбрано 15 особо холодных месяцев в 1951–2014 гг. Когда меняется знак фазы АК меняется и циркуляция атмосферы, которая имеет прямое влияние на поле температуры в регионе. Анализ суточных данных показал схожесть временного хода АК и температуры воздуха. Установлено что при сдвиге временного ряда АК от 2 до 6 сут вперед изменчивость хода значения индекса Арктического колебания и температуры воздуха является синхронным. Как пример предоставлено изменчивость значения данных параметров в декабре 1955 г. в январе 1968 г., феврале 1986 г. и в декабре 2010 г. (рис. 4, а–з). Это доказывает, что температура меняется быстро в связи с изменениями циркуляции атмосферы (от 0–6 дней) при смене фазы АК.

Оценивая особенности атмосферной циркуляции в аномально холодные месяцы зимы, как следствие отрицательной фазы АК проведен статистический анализ типов атмосферной циркуляции.

Установлено, что в эти аномально холодные месяцы зимы, господствовало антициклонная ситуация (41 % всех дней), так же часто наблюдался восточный (13 %), юго-восточный (13 %) и северо-восточный (6 %) перенос воздуха. В сумме они дают 73 % всех типов атмосферной циркуляции.

Из всех годов выделяется январь 1961 г., декабрь 1978 г. и январь 2010 г., когда отрицательные аномалии температуры определялись другими циркуляционными условиями (а именно антициклоны пришед-

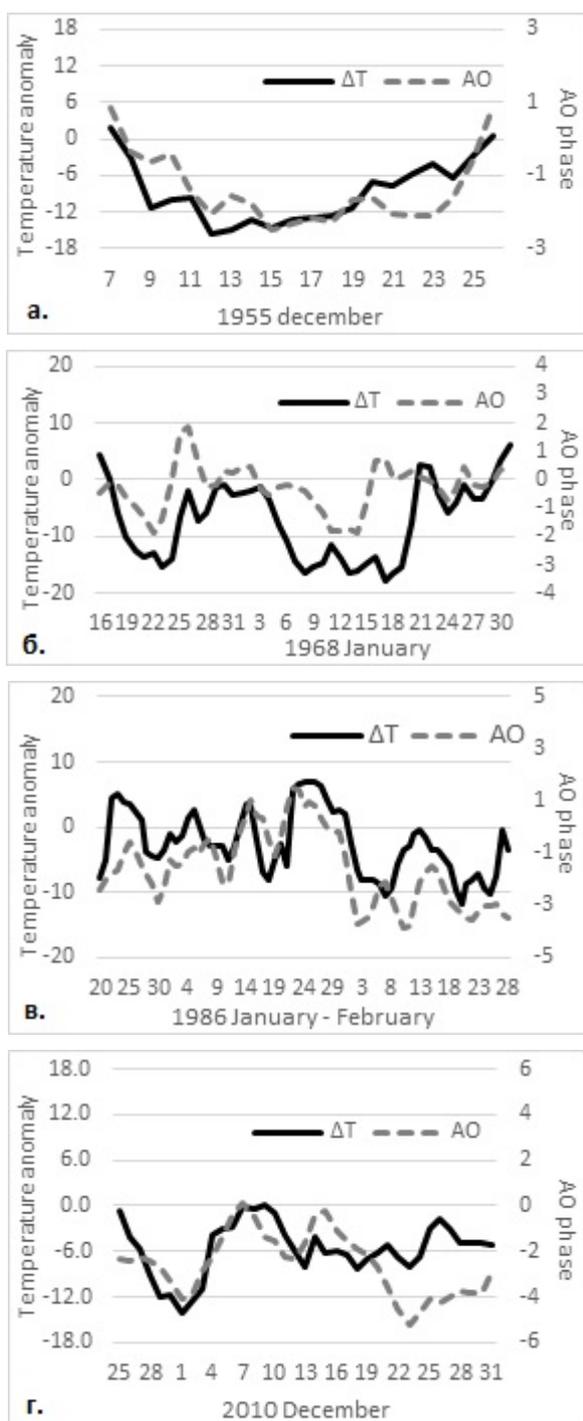


Рис. 4. Временной ход индекса Арктического колебания и температуры воздуха в восточной части региона Балтийского моря.

шие с северо запада и глубокие циклоны с запада и юго-запада). Это может быть связано с аномалиями температуры поверхности воды северного Атлантического океана и изменением знака фазы САК.

Заключение

Установлено, что существует тесная связь между знаком фазы АК и температурой воздуха в восточной части региона Балтийского моря (коэффициент корреляции ($r=0.71$)). Анализ ежедневных данных показал, что в аномально холодные месяца ход значений индекса АК и температуры воздуха является синхронным (со сдвигом ряда значения АК на 2–6 сут вперед). Изменение фазы АК сравнительно быстро влияет на температурное поле данного региона и это происходит за счет перестройки атмосферной циркуляции. Установлено, что во время холодных периодов при отрицательной фазе АК господствует антициклонная циркуляция и восточный перенос, что не характерно для данного региона. Так же замечена большая интенсивность Сибирского антициклона, который распространяется на запад. Поэтому есть предположение, что Арктическое колебание также может иметь большое влияние на динамику и интенсивность.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-17-00685).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Cohen J. Eurasian Snow Cover Variability and Links with Stratosphere-troposphere Coupling and Their Potential Use in Seasonal to Decadal Climate Predictions // Climate Test Bed Joint Seminar Series. NCEP, Camp Springs, Maryland. 2011.
- Hosansky D. The Arctic Oscillation: a Key to this winter's cold – and a warmer planet // NCAR News Release. [www.ucar.edu. 2003].
- Hoy A., Jaagus J., Sepp M., Matschullat J. Spatial response of two European atmospheric circulation classifications (data 1901–2010) // Theor. Appl. Climatol. 2013. N. 112. P. 73–88.
- Jenkinson A.F., Collison F.P. An initial climatology of gales over the North Sea // Technical report. Synoptic Climatology Branch Memorandum 62. Meteorological Office, Brecknell. 1977.
- John N., Scott S., Suim T., Wittoya K. North Atlantic Oscillation (NAO)/ Arctic Oscillation (AO) // Dept. Of Meteorology SJSU. <http://www.met.sjsu.edu>. 2008.
- Rimkus E., Kazys J., Butkute S., Gecaite I. Snow cover variability in Lithuania over the last 50 years and its relationship with large-scale atmospheric circulation // Boreal Environment research. 2014. N. 19 P. 337–351.
- Roberts J. Arctic Oscillation Fails, Chilling Europe to Florida // [http://www.celsias.com. 2010].
- Solomon S. Rosenlof K., Portmann R., et al. Contributions of Stratospheric Water Vapor to Decadal Changes in the Rate of Global Warming. // Science. 2010. V. 327, N 5970. P. 1219–1223.
- Stricherz V. UW scientists say Arctic oscillation might carry evidence of global warming // [http://www.uwnews.org. 2001].
- Thompson D., Wallace J. Arctic Oscillation has moderated northern winters of 1980s and '90s. // [http://www.washington.edu. 2001].

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

