

МЕЖГОДОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА И КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРАЗИИ

Н.Н. Безуглова, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

К.Ю. Суковатов, канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник

Институт водных и экологических проблем СО РАН

(Россия, г. Барнаул)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-6-4-95-98

Аннотация. В работе выполнен анализ совместных колебаний временных рядов летних осадков и телеконнекционного индекса циркуляции EA/WR (East Atlantic/West Russia) для территории в дальневосточном регионе (координатная область $48-55^\circ$ с.ш., $125-140^\circ$ в.д.). Рассчитаны спектры вейвлет-когерентности для анализируемых параметров. Определены области с высоким значением коэффициента когерентности. Установлено наличие совместных колебаний анализируемых параметров с периодами 2-4, 6-8 лет. Определены разности фаз колебаний и временные интервалы их локализации. Представлены закономерности временной изменчивости анализируемых параметров для диапазона межгодовых колебаний. Сделаны предположения о происхождении исследуемых колебаний и установлено соответствие с результатами других авторов.

Ключевые слова: когерентность, межгодовые колебания, атмосферные осадки, атмосферная циркуляция.

Режим увлажнения определенной территории в значительной степени определяется атмосферной циркуляцией. Временная изменчивость гидрометеорологических параметров и характеристик атмосферной циркуляции происходит в широком диапазоне временных масштабов. Квазипериодические составляющие атмосферной циркуляцией оказывают существенное и сложно прогнозируемое воздействие на временную изменчивость характеристик увлажнения определенной территории в силу непостоянства своего воздействия и различных механизмов генерации и распространения.

Телеконнекционный индекс EA/WR (East Atlantic/West Russia) определяется четырьмя центрами действия атмосферы и характеризует различные режимы распространения волн Россби и их взаимодействие с локальными циклонами и антициклонами [1]. Меридиональные процессы, соответствующие разным фазам индекса циркуляции EA/WR, в значительной степени определяют временную изменчивость влагосодержания атмосферы и атмосферных осадков на определенной территории в диапазоне межгодовой изменчиво-

сти. Выявление закономерностей блокирования западно-восточного переноса и, наоборот, переноса обильного количества атмосферных осадков из районов Северной Атлантики, а также других особенностей временной изменчивости характеристик увлажнения территории в их взаимосвязи с циркуляционными параметрами по-прежнему представляет существенный научный интерес [2].

Постановка задачи

Работа посвящена выявлению закономерностей временной изменчивости атмосферных осадков под воздействием квазипериодической составляющей атмосферной циркуляции, характеризующей индексом EA/WR в диапазоне межгодовых колебаний. Анализируемыми характеристиками являются временные ряды количества атмосферных осадков и телеконнекционного индекса EA/WR для летнего сезона.

Методы и данные

В работе использованы данные об индексе атмосферной циркуляции EA/WR, который был получен в результате разложения массива геопотенциала в северном полушарии с помощью метода главных

компонент. Временной ряд доступен для скачивания с сайта центра климатических исследований [3]. Данные об атмосферных осадках для исследуемой территории взяты из сеточного массива данных GPCC. Это композитные выборки, состоящие из данных, полученных из разных источников, но преимущественно с метеорологических станций [4]. Подобные сеточные массивы данных используются для территорий, характеризующихся дефицитом гидрометеорологической информации. Первичный файл данных в формате netCDF требует обработки и выделения координатных и временных областей для построения временного ряда, который может быть использован в дальнейшем анализе. Указанная обработка первичных данных осуществлялась с помощью скриптовых сценариев на языке программирования Python, разработанных авторами самостоятельно.

Для характеристики взаимосвязи между анализируемыми параметрами использовался коэффициент когерентности, определяемый с помощью метода анализа вейвлет-когерентности. Программная реализация метода на языке R в виде библиотеки *biwavelet* находится в свободном доступе [5].

$$R_n^2(s) = \frac{|S(s^{-1}W_n^{XY}(s))|^2}{S(s^{-1}|W_n^X(s)|^2) \cdot S(s^{-1}|W_n^Y(s)|^2)} \quad (1)$$

В работе используются среднемесячные значения анализируемых параметров для летнего сезона (июнь-август). Исследуемая область дальневосточного региона ограничена координатной областью 48-55 с.ш., 125-140 в.д.

С помощью метода вейвлет-когерентности рассчитаны спектры, на которых области когерентности выделены жирными черными линиями, а разности фаз колебаний анализируемых параметров представлены в виде стрелочек. Справа от спектра находится цветовая панель со значениями коэффициента когерентности. На

нижней оси спектра отложены годы, на левой оси значения периодов колебаний. Белая линия обозначает границы конуса доверия, за пределами которого результаты расчетов не значимы. Последнее связано с ограниченностью временного ряда и невозможностью определять достоверно периоды колебаний, сопоставимыми по своей величине с продолжительностью временного ряда.

Полученные результаты

Результаты расчетов колебаний анализируемых параметров (атмосферных осадков и индекса циркуляции) представлены на рисунке 1. Всего установлено наличие семи областей когерентности, две из них лежат вне “конуса доверия” поэтому сразу исключаются из рассмотрения. Из оставшихся пяти областей исключаем самую маленькую, т.к. для этого случая не удастся рассчитать разность фаз колебаний и величина периода колебаний сопоставима с длиной временного интервала, на котором данное колебание локализовано. Оставшиеся четыре области будем рассматривать далее.

Три области когерентности характеризуются высоким значением коэффициента когерентности (>0.75) расположены в области периодов, соответствующих квазидвухлетней и квазичетырехлетней цикличности. Этим областям соответствует статистически значимые колебания. Самая большая область когерентности соответствует колебаниям с периодом 2-4 года, происходят преимущественно в противофазе и наблюдаются на интервале с начала 60-х до середины 80-х годов. Другое аналогичное колебание наблюдается с конца нулевых до середины десятых годов, происходят в противофазе. Еще одно колебание наблюдается во временной области от середины 90-х до начала нулевых годов. Здесь наблюдаемые колебания происходят в фазе. Четвертая область когерентности соответствует колебаниям с периодом 6-8 лет. Эти колебания также статистически значимы, наблюдается на интервале от начала 80-х до начала нулевых годов, происходили в противофазе.

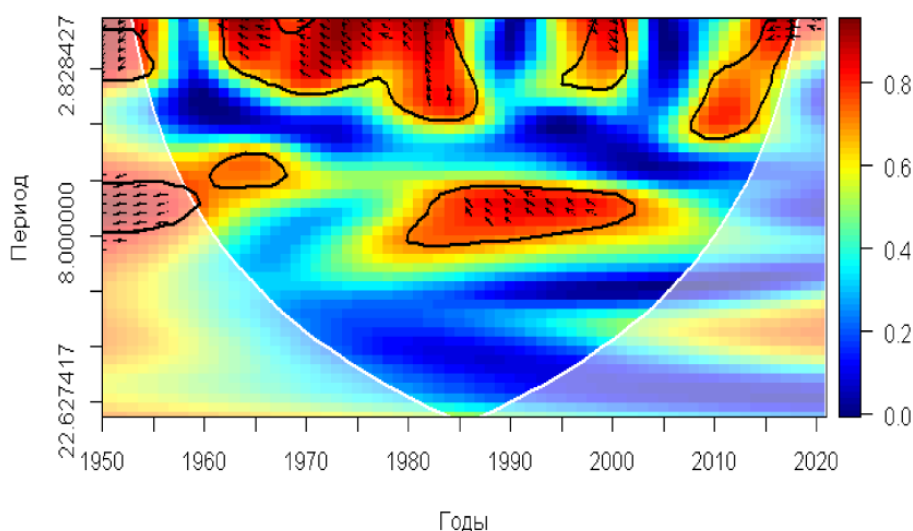


Рисунок. Спектр вейвлет-когерентности количества атмосферных осадков и индекса EA/WR для летнего сезона.

Три вида когерентных колебаний атмосферных осадков летнего сезона и индекса EA/WR связаны с квазивухлетней и квазичетырехлетней циклическими. Эти процессы связаны с периодической изменчивостью скорости ветра в экваториальной стратосфере, которая с задержкой в несколько месяцев передается из области экваториальных в средние широты [6]. Анализ разности фаз этих колебаний показал, что они могут, как усиливать увлажнение территории, увеличивая количество атмосферных осадков (колебания в фазе), так и ослаблять его, уменьшая количество осадков (колебания в противофазе). Четвертый тип совместных колебаний осадков летнего сезона и индекса EA/WR имеет периодичность 6-8 лет и связан с естественными вариациями температуры поверхности в северной Атлантике [2, 6]. Эти колебания распространяются вместе с западно-восточным переносом и модулируют временную изменчивость количества атмосферных осадков над исследуемой территорией.

Выводы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Временная изменчивость количества атмосферных осадков летнего сезона на исследуемой территории в диапазоне межгодовых колебаний обусловлена естественными вариациями скорости ветра в экваториальной

стратосфере, а также природными колебаниями температуры поверхности в северной Атлантике. Колебания скорости ветра в экваториальной стратосфере распространяются из области тропических широт с задержкой в несколько месяцев в область средних широт и в зависимости от знака фазы индекса циркуляции EA/WR могут приводить как к увеличению количества атмосферных осадков на исследуемой территории, так и уменьшению. Другое колебание атлантического происхождения с периодом колебаний 6-8 лет также модулирует временную изменчивость количества атмосферных осадков на исследуемой территории. Обе фазы индекса EA/WR соответствуют преобладанию меридиональных циркуляционных процессов на исследуемой территории, которые в свою очередь могут блокировать западно-восточный перенос и тем самым уменьшать поступление атмосферных осадков. Этим объясняется отрицательная разность фаз между атмосферными осадками и индексом EA/WR в том числе и для длинного колебания атлантического происхождения (период 6-8 лет). Таким образом, получены дополнительные результаты, говорящие в пользу гипотезы о существовании механизма распространения короткого колебания связанного с квазидвухлетней циклическостью из экваториальной области в область средних широт.

Библиографический список

1. Young-Kwon Lim The East Atlantic/West Russia (EA/WR) teleconnection in the North Atlantic: climate impact and relation to Rossby wave propagation // *Climate Dynamic*. – 2015. – V. 44. – P. 3211-3222.
2. Krohin V.V., Luxemburg W.M.J. Temperature and precipitation totals over the Russian Far East and Eastern Siberia: long-term variability and its links to teleconnection indices // *Hydrology and Earth System Sciences*. – 2007. – V. 11. – P. 1831-1841.
3. Climate Prediction Center. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 04.04.2023).
4. GPCC. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.gpcc.html> (дата обращения: 05.04.2023).
5. Gouhier TC, Grinsted A, Simko V (2021). *R package biwavelet: Conduct Univariate and Bivariate Wavelet Analyses*. (Version 0.20.21). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tgouhier/biwavelet>.
6. Jevrejeva S., Moore J. C., Grinsted A. Influence of the Arctic Oscillation and El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on ice conditions in the Baltic Sea: The wavelet approach // *J. Geophys. Res.* 108(D21), 4677, doi:10.1029/2003JD003417, 2003.

INTERANNUAL FLUCTUATIONS IN SUMMER SEASON PRECIPITATION AND THE QUASIPERIODIC COMPONENT OF ATMOSPHERIC CIRCULATION FOR NORTHEASTEN EURASIA

N.N. Bezuglova, *Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher*

K.Yu. Sukovatov, *Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher*

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS

(Russia, Barnaul)

Abstract. *This paper analyzes the joint variations in the amount of summer precipitation and the EA/WR (East Atlantic/West Russia) teleconnection circulation index for the studied area in the Far East region. We calculated the wavelet coherence spectra for the analyzed parameters. Regions with high values of the coherence coefficient were determined. The presence of joint oscillations of the analyzed parameters with periods of 2-4, 6-8 years was established. Phase differences of oscillations and time intervals of their localization have been determined. Patterns of temporal variability of analyzed parameters for the range of interannual fluctuations are presented. Assumptions are made about the origin of the studied oscillations and consistency with the results of other authors is established.*

Keywords: *coherence, interannual fluctuations, atmospheric precipitation, atmospheric circulation.*