

СВЯЗЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА С ИНДЕКСОМ ЦИРКУЛЯЦИИ EP/NP ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

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:10.24412/2500-1000-2023-6-4-91-94

Аннотация. В настоящей работе выполнен анализ статистической взаимосвязи между телеконнекционным индексом циркуляции EP/NP (East Pacific-North Pacific) и количеством атмосферных осадков летнего сезона на территории дальневосточного региона (координатная область 48-55 с.ш., 125-140 в.д.). Рассчитаны спектры вейвлет-когерентности для анализируемых параметров. Определены области с высоким значением коэффициента когерентности. Установлено наличие совместных колебаний анализируемых параметров с периодами 6-8, 8-12 лет. Определены разности фаз колебаний и временные интервалы их локализации. Сделаны предположения о происхождении колебаний и установлено соответствие с результатами других авторов.

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

Временная изменчивость атмосферных осадков и характеристик атмосферной циркуляции определяется изменениями на уровне тренда, периодических составляющих, а также стохастических компонент. Межгодовые квазипериодические колебания различной природы оказывают существенное воздействие на временную изменчивость гидрометеорологических параметров. Временная изменчивость количества атмосферных осадков на разных временных масштабах и взаимодействие с атмосферной циркуляцией является малоизученной проблемой [1, 2].

Отрицательная фаза индекса EP/NP сопровождается положительной аномалией температуры поверхности океана, что способствует интенсификации процессов конвекции и усиленному потоку влажного воздуха от моря к суше. Положительная фаза индекса EP/NP сопровождается отрицательной аномалией температуры поверхности океана, что приводит к противоположному эффекту. Эта циркуляционная компонента является составной частью более крупномасштабной циркуляционной системы, расположенной над поверхностью Тихого океана. Температура поверхности восточной и центральной тропических областей океана более низкая по

сравнению с его западной, северной и южной областями [3]. Таким образом, исследование статистической взаимосвязи между квазипериодическими компонентами летних осадков и индекса циркуляции EP/NP является актуальной задачей.

Постановка задачи

В работе выполнен анализ статистической взаимосвязи между квазипериодической компонентой атмосферной циркуляции над Тихим океаном, характеризующейся индексом циркуляции EP/NP, и количеством летних осадков на территории дальневосточного региона (координатная область 48-55 с.ш., 125-140 в.д.).

Методы и данные

В работе использовались данные из открытых источников. Сеточные массивы данных об атмосферных осадках представляют собой комбинированные выборки данных, поступающих с метеорологических станций в рамках международного обмена, дополненные спутниковыми данными. Регионы Дальнего востока характеризуются дефицитом гидрометеорологической информации, поэтому использование подобных информационно-аналитических продуктов вполне оправдано, а в ряде случаев является безальтернативным вариантом.

Центры действия атмосферы количественно могут быть охарактеризованы с использованием телеконнекционных индексов [2]. Данные об индексах циркуляции собраны и обработаны в центре климатологических исследований и доступны для исследователей по всему миру.

В работе использовались сеточный массив данных об атмосферных осадках [4] и данные об индексе EP/NP [5]. Выборки сеточного массива обработаны с использованием скриптовых сценариев, разработанных авторами на языке Python. Для выделенной координатной области (48-55 с.ш., 125-140 в.д.) построены времен-

ные ряды среднемесячных значений летних осадков на временном интервале 1950-2020 гг. Данные об индексе циркуляции EPNP изначально представлены в виде временного ряда.

Для оценки статистической связи между квазипериодическими процессами использовался метод анализа вейвлет-когерентности, который позволяет рассчитать периоды совместных колебаний и разность фаз между ними, а также локализовать временной интервал, на котором наблюдаются колебания. Вейвлет-когерентность двух временных рядов определяется следующим образом [6]:

$$R_n^2(s) = \left| S \left(s^{-1} W_n^{xy}(s) \right) \right|^2 / \left(S \left(s^{-1} |W_n^x(s)|^2 \right) \cdot S \left(s^{-1} |W_n^y(s)|^2 \right) \right). \quad (1)$$

Здесь в числителе – кросс-вейвлет спектра сигналов, который является мерой общей мощности спектра. В знаменателе произведение вейвлет-спектров мощности каждого из них. S – усредняющий оператор [6].

Для расчета спектров вейвлет-когерентности использовалось программное обеспечение, разработанное в центре климатических исследований, реализовано на языке R в виде библиотеки *biwavelet* и находится в открытом доступе [6].

Полученные результаты

Рассчитаны спектры вейвлет-когерентности для анализируемых параметров. Результаты расчетов представлены на рисунке 1. Установлено наличие четырех областей когерентности на спектре. Две малых области когерентности соответствуют высоким значениям коэффициента когерентности (>0.75) и расположены в области периодов, соответствующих ква-

зидвухлетней и квазичетырехлетней циклическостям, но длина интервала времени для этих колебаний примерно соответствует периоду колебаний, к тому же для одной из областей не удастся определить статистически значимое значение разности фаз колебаний. Поэтому эти области когерентности мы исключаем из рассмотрения.

Две других протяженных области когерентности также соответствуют высоким значениям коэффициента когерентности (>0.75), значительная часть этих областей когерентности полностью находится внутри конуса доверия, ограниченного белой линией, интервал времени, на котором наблюдаются указанные колебания, существенно превосходит величину периода колебаний, т.е. это колебание может много раз произойти на рассматриваемом временном интервале. Учитывая сказанное, именно эти области когерентности мы будем рассматривать далее.

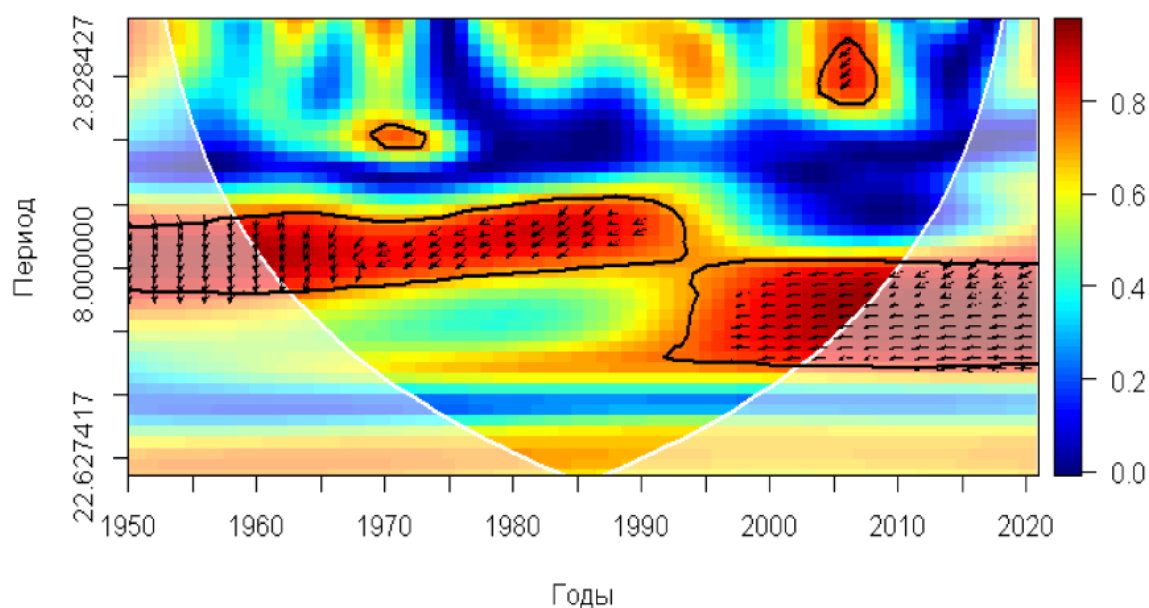


Рисунок. Спектр вейвлет-когерентности атмосферных осадков и индекса EP/NP для летнего сезона

Установлено наличие совместных колебаний анализируемых параметров с периодами 6-8, 8-12 лет. Первое колебание с периодом 6-8 лет может быть связано с естественной вариацией температуры поверхности Тихого океана, это колебание статистически значимо и наблюдается на временном интервале с конца 50-х до начала 90-х годов. Колебания атмосферных осадков и индекса циркуляции EP/NP происходят скорее в противофазе.

Другое колебание с периодом 8-11 лет статистически значимо, колебания происходят строго в противофазе. Область когерентности внутри конуса доверия расположена на временном интервале от середины 90-х до конца нулевых годов. Длинное колебание связано с воздействием экваториальных волн распространяющихся в Северном полушарии из тропической области в область средних широт. Аналогичные результаты были получены другими авторами, изучавшими взаимодействие атмосферной циркуляции на режим увлажнения над юго-восточными районами Китая и территорией Вьетнама.

Выводы

Анализ спектров вейвлет-когерентности показал, что наблюдаемые колебания анализируемых параметров происходят преимущественно в противофазе (на исследуемой территории меньшим значениям индекса EP/NP соответствуют большие значения летних осадков). Отрицательной фазе индекса EP/NP соответствует увеличение количества летних осадков.

Временная изменчивость квазипериодической составляющей атмосферных осадков летнего сезона обусловлена естественными вариациями температуры поверхности северной части Тихого океана и воздействием колебаний температуры поверхности океана экваториального происхождения, распространяющихся из тропической области в область средних широт. Таким образом, получено дополнительное подтверждение гипотезы о существовании двух механизмов распространения колебаний температуры поверхности океана и атмосферной циркуляции. Указанные квазипериодические процессы модулируют временную изменчивость осадков летнего сезона в диапазоне межгодовых колебаний.

Библиографический список

1. Torrence C., Webster P. Interdecadal Changes in the ENSO Monsoon System // J. Clim. – 1999. – V. 12. – P. 2679-2690
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. R Li, S-Y Wang, R.R. Gillies, B.M. Buckley, L.H. Troung, C. Cho Decadal oscillation of autumn precipitation in Central Vietnam modulated by the East Pacific-North Pacific (EP-NP) teleconnection // Environmental Research Letters. – 2015. – V. 10. doi:10.1088/1748-9326/10/2/024008
4. GPCP. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.gpcp.html> (дата обращения: 05.04.2023).
5. Climate Prediction Center. – URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 04.04.2023).
6. 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>.

RELATIONSHIP BETWEEN ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN SUMMER SEASON AND THE CIRCULATION INDEX EP/NP FOR THE TERRITORY OF FAR EAST REGION

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. *The paper analyzes the statistical relationship between the teleconnection circulation index EP/NP (East Pacific-North Pacific) and the amount of summer precipitation in the Far East region (coordinate area 48-55 N, 125-140 E). Wavelet coherence spectra are calculated for the analyzed parameters. Regions with a high value of the coherence coefficient are determined. The presence of joint fluctuations of the analyzed parameters with periods of 6-8, 8-12 years has been established. Phase differences of oscillations and time intervals of their localization are determined. Assumptions are made about the origin of oscillations and a correspondence with the results of other authors is established.*

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