

Региональные особенности циркуляционных факторов и их влияние на количество атмосферных осадков летнего сезона на юге Западной Сибири

Н. Н. Безуглова , К. Ю. Суковатов

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Российская Федерация
(656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1)*

Аннотация: Цель работы – исследование особенностей барических полей на территории Сибири, определяющих изменчивость летних осадков в зависимости от фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP).

Материалы и методы. Исследуемая область представляет собой равнинную территорию Алтайского края, ограниченную координатной областью (52–54° с.ш., 81–85° в.д.). Для выделенной координатной области выполнен статистический анализ временных рядов среднемесячных значений летних осадков, полученных на метеостанциях, а также построенных по данным сеточных массивов и реанализа на временных интервалах 1966–2023 и 1979–2023 годы. Построены композитные карты (схемы) пространственного распределения индекса меридиональности, геопотенциала и линий тока поля скоростей на уровне 850 гПа.

Результаты и обсуждение. Установлена статистически значимая связь между количеством осадков летнего сезона на исследуемой равнинной территории Алтайского края и фазой Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). Показано, что при положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) на равнинной части Алтайского края в летнем сезоне активизируются меридиональные процессы.

Заключение. Установлено, что для исследуемой территории существуют различия в конфигурации барических полей для случаев сильной положительной и отрицательной фаз Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). На основе статистического анализа данных метеостанций, сеточных массивов и реанализа показано, что для исследуемой территории в условиях положительной фазы индекса циркуляции EPNP количество летних осадков больше, чем в условиях отрицательной фазы этого индекса.

Ключевые слова: региональные климатические изменения, летние осадки, меридиональные процессы, Северо-Восточный Тихоокеанский индекс, Юг Западной Сибири.

Источник финансирования: Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства образования и науки РФ «Оценка сезонных особенностей атмосферного поступления и последующего распределения загрязняющих веществ на водосборной площади ключевых участков бассейна Оби в зависимости от природно-климатических условий».

Для цитирования: Безуглова Н. Н., Суковатов К. Ю. Региональные особенности циркуляционных факторов и их влияние на количество атмосферных осадков летнего сезона на юге Западной Сибири // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 4, с. 125–133. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/125-133>

ВВЕДЕНИЕ

Исследования показали, что характер аномалий летних осадков, как в тропиках, так и в средних и высоких широтах Евразии в существенной степени зависит от событий Эль-Ниньо–Южное колебание (ЭНКО). Авторами ряда работ предложены несколько гипотетических механизмов, описывающих передачу возмущения из тропической области в область средних широт [12, 16–20].

События изменения температуры поверхности океана и давления атмосферного воздуха в северной части Тихого океана модулируют региональные климатические изменения не только в тропической зоне, но и в средних широтах [8, 12, 17, 19].

В работе [5] установлено, что аномалии осадков на внутриконтинентальной территории Восточной Сибири, как и повторяемость процессов фронтогенеза, зависят от взаимодействия воздушных масс умеренных широт и летнего муссона Восточной Азии.

В работе [12] установлена связь между количеством атмосферных осадков осеннего сезона для прибрежной территории Юго-Восточной Азии и Северо-Восточного Тихоокеанского индекса в межгодовом и междекадном диапазонах временной изменчивости.

Телеконнекционный Северо-Восточный Тихоокеанский индекс (East Pacific-North Pacific, EPNP) представляет собой один из режимов в системе крупномас-

штабной циркуляции ЭНСО, является потенциальным механизмом, связывающим внетропическую атмосферную изменчивость с колебаниями температуры поверхности северной части Тихого океана

При положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) в средней тропосфере наблюдаются положительные аномалии геопотенциала над территорией Аляска/Западная Канада и отрицательные аномалии над центральными районами северной части Тихого океана и восточными районами Северной Америки. При этом струйное течение, направленное из восточных районов Евразии на север Тихого океана, усиливается и смещается к югу.

Отрицательная фаза индекса связана с аномалиями геопотенциала противоположного знака в этих районах.

По данным Центра прогнозирования климата Национальной службы погоды США пространственная корреляция между индексом EPNP и отклонениями летних осадков за период 1950-2000 годы на территории Западной Сибири была наиболее существенной (коэффициент корреляции составил 0,3-0,4) [11].

Цель данной работы – установить, существуют ли особенности барических полей на территории Сибири, определяющие увеличение или уменьшение количества атмосферных осадков летнего сезона в зависимости от фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемая область представляет собой равнинную территорию Алтайского края, ограниченную координатной областью (52-54° с.ш., 81-85° в.д.).

Северо-Восточный Тихоокеанский индекс (EPNP) рассчитывается на основе ежемесячных стандартизированных аномалий геопотенциала для поверхности 500 гПа в районе 20-90° с.ш. северного полушария [10]. Данные об индексах циркуляции доступны на сайте Центра прогнозирования климата Национальной службы погоды США [11].

В работе выполнен анализ данных шести метеостанций (Барнаул, Бийск, Алейское, Камень-на-Оби, Тальменка, Ребриха) о количестве атмосферных осадков. Нижняя граница рассматриваемого временного интервала выбрана не ранее 1966 года, чтобы обрабатывать как можно более однородные временные ряды [6]. Дополнительно использовались сеточные массивы данных об атмосферных осадках, представляющие собой, комбинированные выборки данных метеорологических станций, дополненные спутниковой информацией. Для большей достоверности полученных результатов в процессе статистического анализа использовались различные сеточные массивы данных об атмосферных осадках: GPCC, GPCP, GHCN, CRU TS4, CMAP (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/index.html>), содержащие информацию об их интенсивности и аномалиях. Также использовались данные реанализов ERA5 и NCEP/NCAR [1] о количестве атмосферных осадков, скорости ветра и геопотенциале. Сеточные массивы данных и данные реанализа представлены в виде файлов в формате NetCDF. Обработка данных и статистический ана-

лиз осуществлялись с помощью программных сценариев, разработанных авторами на языке программирования Python, которые использовали возможности библиотеки CDO (Climate Data Operators) [4].

Сеточные массивы данных и данные реанализа целесообразно использовать для оценки средних по площади характеристик гидрометеорологических параметров. Для выделенной координатной области построены временные ряды среднемесячных значений летних осадков на временных интервалах 1966-2023 и 1979-2023 годы по данным сеточных массивов и реанализа. Для проверки гипотезы о сравнении средних значений двух выборок использовали критерий Стьюдента, а также непараметрические критерии Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса.

С целью установления закономерностей барических полей и поля ветра, определяющих возможные связи изменчивости количества осадков летнего сезона на исследуемой территории в зависимости от фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) построены пространственные распределения индекса меридиональности (MCI), геопотенциала и линий тока поля скоростей на уровне 850 гПа.

В качестве количественной характеристики, определяющей преобладание меридиональных процессов над широтными, используется индекс меридиональности MCI, предложенный в работе [15]:

$$MCI = \frac{v * |v|}{v^2 + u^2}, \text{ где } v \text{ и } u - \text{ зональная и меридиональная компоненты скорости потока в средней тропосфере. Величина индекса MCI изменяется в диапазоне от } -1 \text{ до } 1 \text{ для северного и южного направлений ветров соответственно для чисто меридиональных процессов и имеет промежуточные значения при наличии зональной составляющей.}$$

В настоящей работе расчет индекса меридиональности MCI выполнен с использованием среднемесячных данных реанализа ERA5 о зональной и меридиональной компонентах скорости ветра на уровне 850 гПа, осредненных для анализируемой территории (координатная область 52-55° с.ш., 81-85° в.д.) за период 1966-2023 годы ERA5 [1]. Положительным считаем направление с запада на восток для зональных и с юга на север для меридиональных потоков.

Для расчетов и построения пространственных распределений, анализируемых параметров, использовались разработанные авторами программные сценарии на языке программирования Python, которые использовали возможности библиотеки Basemap [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проверены статистические гипотезы о неравенстве средних значений для временных рядов количества осадков летнего сезона по данным шести метеостанций, расположенных в пределах рассматриваемой координатной области. Категориальной переменной является знак фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). Результаты проверки статистических гипотез с использованием трех критериев приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты проверки статистических гипотез о неравенстве средних значений двух выборок
для летних осадков (мм/день) по данным метеостанций
[Table 1. Results of testing statistical hypotheses about the inequality of the average values of two samples
for summer precipitation (mm/day) according to weather stations data]

Метеостанция / Weather station	Алейск / Aleysk	Барнаул / Barnaul	Бийск / Biysk	Камень-на-Оби / Kamen-na-Obi	Тальменка* / Talmenka*	Ребриха / Rebrikha
Осадки-EPNPпол.	3,10	1,96	1,94	1,67	2,00	1,91
Осадки-EPNPотр.	2,63	1,98	1,58	1,37	2,04	1,51
Критерий Стьюдента / Student's t-test						
t	0,49	-0,05	1,77	1,68	-0,09	2,05
prob	0,63	0,96	0,09	0,10	0,93	0,05
Критерий Манна-Уитни / Mann-Whitney test						
U	57,0	47,0	43,5	58,0	31,0	56,0
prob	0,23	0,09	0,06	0,03	0,30	0,03
Критерий Краскела-Уоллеса / Kruskal-Wallis test						
H	0,58	1,81	2,4	3,38	0,32	3,72
pval	0,45	0,18	0,10	0,07	0,57	0,05

*самый короткий ряд 1966-1996 годы.

[*shortest series 1966-1996]

Для трех метеостанций (Бийск, Камень-на-Оби, Ребриха) количество летних осадков для положительной фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса больше, чем в случае отрицательной фазы, полученные результаты статистически значимы (уровень значимости не ниже 0,90). Аналогичная ситуация для станции Алейск, но результаты статистически не значимы. Для двух метеостанций (Барнаул и Тальменка) нет зависимости количества летних осадков от знака фазы индекса и результаты также статистически незначимы.

Далее статистические гипотезы были проверены для временных рядов летних осадков, усредненных по рассматриваемой координатной области. Временные ряды построены на основе сеточных массивов данных GPCC, GPCP, GHCN, CRU TS4 (количество осадков, мм/день), ICMAPM (аномалии осадков, мм/день). Разбивка временных рядов на выборки проведена в зависимости от знака фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). Результаты проверки статистических гипотез с использованием трех критериев приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты проверки статистических гипотез о неравенстве средних значений двух выборок
для летних осадков по данным сеточных массивов
[Table 2. Results of testing statistical hypotheses about the inequality of the average values of two samples
for summer precipitation according to grid array data]

Сеточный массив / Grid array	GPCP	GPCC	ICRU TS4	IPRCA	ICMAPM
Осадки-EPNPпол.	2,3	1,9	1,9	0,25	2,0
Осадки-EPNPотр.	1,8	1,5	1,6	-0,16	1,5
Критерий Стьюдента / Student's t-test					
t	2,7	2,8	2,4	2,3	3,6
p-уровень	0,018	0,01	0,02	0,03	0,002
Критерий Манна-Уитни / Mann-Whitney test					
U	10,5	17,0	26,0	45,0	10,0
p-уровень	0,008	0,009	0,01	0,02	0,003
Критерий Краскела-Уоллеса / Kruskal-Wallis test					
H	6,03	5,7	5,4	4,1	7,9
p-уровень	0,014	0,02	0,02	0,04	0,005

Для каждого из анализируемых массивов данных полученные результаты статистически значимы (уровень значимости не ниже 0,95), среднее количество

осадков при положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса EPNP больше, чем при отрицательной фазе (см. табл. 1).

В таблице 3 представлены результаты проверки гипотез о сравнении средних двух выборок для средних по

координатной области значения количества атмосферных осадков по данным реанализов ERA5 и NCEP/NCAR [1, 2].

Таблица 3

Результаты проверки статистических гипотез о неравенстве средних значений двух выборок для летних осадков (мм/день) по данным реанализа (ERA5, NCEP/NCAR).
[Table 3. Results of testing statistical hypotheses about the inequality of the average values of two samples for summer precipitation (mm/day) according to reanalysis data]

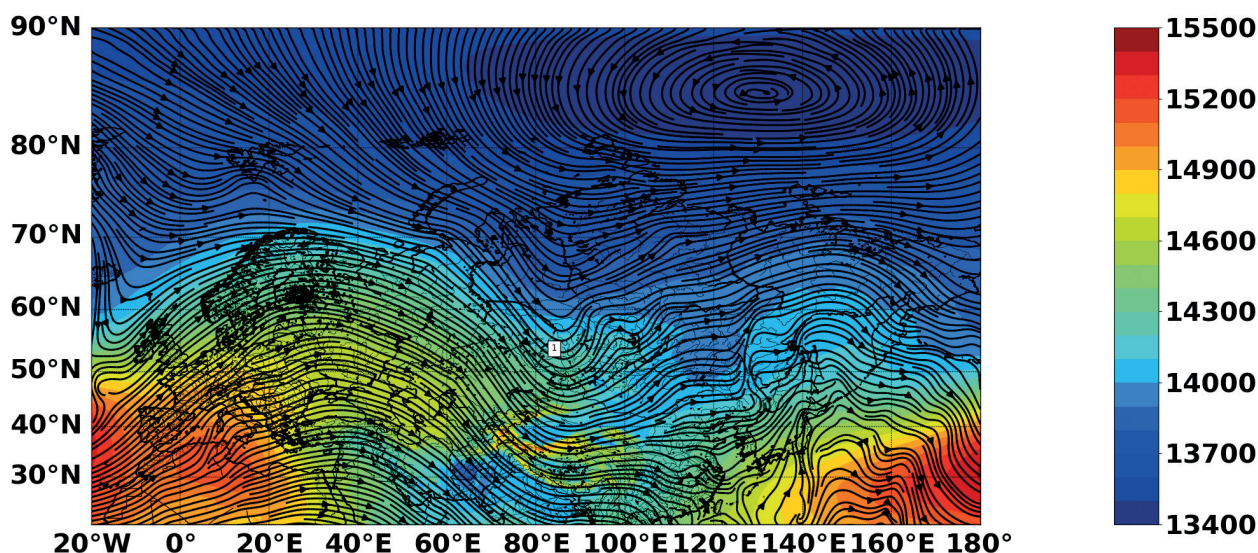
Массив данных / Data array	ERA5	NCEP/NCAR
Осадки-EPNPпол.	2,14	5,48
Осадки -EPNPотр.	1,74	4,74
Критерий Стьюдента / Student's t-test		
t	2,68	1,83
p-уровень	0,013	0,082
Критерий Манна-Уитни / Mann-Whitney test		
U	58,0	39,0
p-уровень	0,006	0,037
Критерий Краскела-Уоллеса / Kruskal-Wallis test		
H	6,32	3,29
p-уровень	0,012	0,069

Для положительной фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса количество осадков летнего сезона больше, чем для отрицательной фазы. Результаты статистически значимы для обоих массивов данных с уровнем значимости не ниже 0,90.

В целом результаты проверки статистических гипотез для рядов летних осадков по данным метеостанций, сеточных массивов и реанализов можно считать удовлетворительными.

Для анализа особенностей полей геопотенциала и скорости ветра атмосферного воздуха (поверхность 850 гПа) для исследуемой территории в зависимости от знака фазы

Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) были построены пространственные распределения анализируемых параметров для лет соответствующих сильно выраженной положительной и отрицательной фазам телеконнекционного индекса EPNP. Выбраны годы со значениями индекса циркуляции не менее 0,6 по абсолютной величине. Для положительной фазы индекса EPNP это годы: 1967, 1969, 1971, 1978, 1985, 1986, 1992, 1993, 2004. Для отрицательной фазы годы: 1973, 1983, 1997, 2008, 2011, 2020, 2021, 2022, 2023. Полученные пространственные распределения геопотенциала и линий тока поля скоростей на уровне 850 гПа представлены на рисунках 1, 2.



Цветовая шкала соответствует значениям геопотенциала ($\text{м}^2/\text{с}^2$) на уровне 850 гПа: все оттенки синего – минимальные значения, голубой-зеленый – средние значения, желтый-красный – максимальные значения.

Рис. 1. Пространственное распределение геопотенциала и линии тока поля скоростей для отрицательной фазы индекса EPNP.
[Fig. 1. Spatial distribution of geopotential and velocity field streamlines for the negative phase of the EPNP index]

При преобладании сильной отрицательной фазы индекса EPNP область минимальных значений геопотенциала находится в высоких широтах, к северу от параллели 70° с. ш. Конфигурация линий тока свидетельствует об активном полярном вихре с центром около 85° с.ш., 135° в.д. Струйное течение, ограничивающее полярный вихрь, располагается в широтном направлении.

В средних широтах наблюдается чередование слабо выраженных гребней (над Европой и районами Восточной Сибири и Дальнего Востока) и ложбины между ними над территорией Западной Сибири. Анализируемая территория находится на южной периферии ложбины полярного вихря в области средних значений геопотенциала.

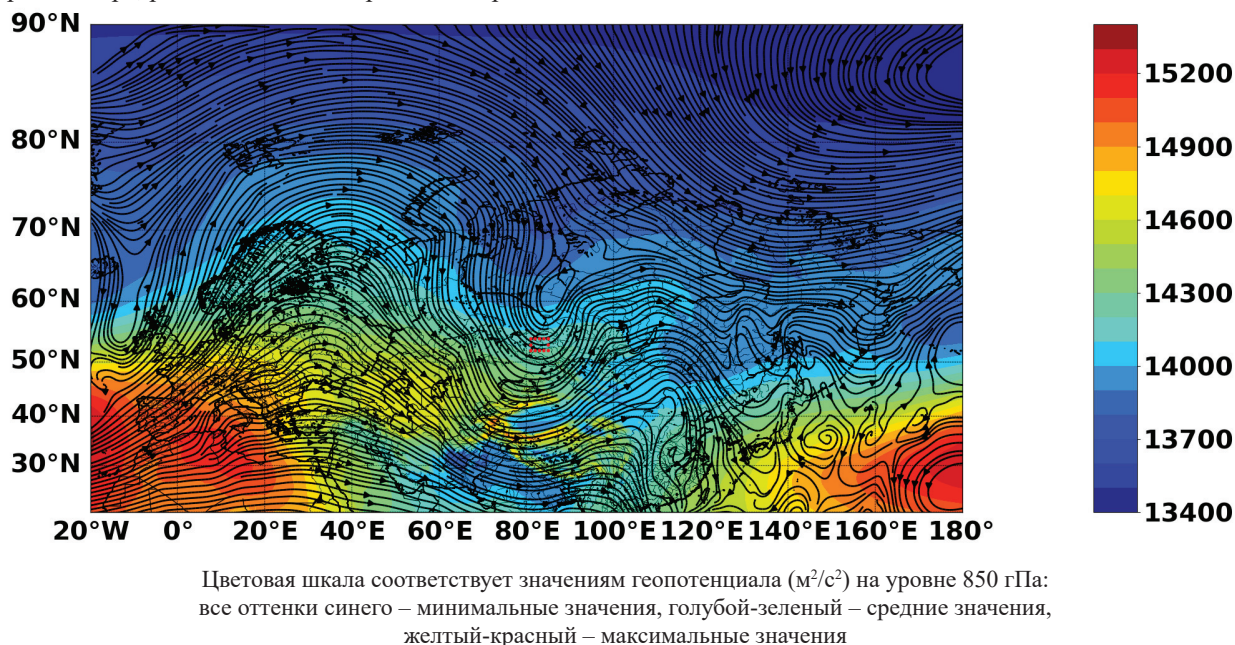


Рис. 2. Пространственное распределение геопотенциала и линии тока поля скоростей для положительной фазы индекса EPNP

[Fig. 2. Spatial distribution of geopotential and velocity field streamlines for the positive phase of the EPNP index]

В случае сильной положительной фазы Северо-Восточного Тихоокеанского индекса полярный вихрь смещен на восток (вне границ области построения), и в высоких, и в средних широтах явно выражена меридиональность атмосферной циркуляции. Гребень над Европой существенно более активен, чем при отрицательной фазе индекса EPNP, струйное течение, ограничивающее полярный вихрь, смещено к северу не менее чем на 10 градусов. Над Западной Сибирью образовался замкнутый циклонический центр, над Восточной Сибирью усилился гребень, который играет роль блока для западно-сибирского циклона. Таким образом, барическое поле на территории Евразии существенно различается в случаях отрицательной и положительной фаз индекса EPNP.

Анализируемая территория находится практически на оси ложбины циклона, вблизи его центра.

При сильной отрицательной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) атлантические циклоны вынуждены огибать европейский гребень и смещаться в восточном направлении по северной траектории. Анализируемая территория при этом находится под влиянием южной периферии атлантических циклонов, где осадков выпадает меньше, чем в зоне циклона, расположенной ближе к его центру.

При сильной положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) атлантические

циклоны, огибая мощный европейский гребень, попадают на территорию Западной Сибири по северо-западной траектории. Благодаря блокирующему гребню над Восточной Сибирью и затоку более холодных воздушных масс с северо-запада создаются условия для активизации и стационарирования циклона и, соответственно, для увеличения количества осадков.

Полученные результаты согласуются с данными ежемесячных обзоров особенностей атмосферной циркуляции в Северном полушарии Гидрометцентра РФ. Так, в августе 2015 года, (сильная положительная фаза EPNP) отмечалось усиление меридиональности в средних и высоких широтах: положение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) значительно отличалось от климатического, отклонения к северу наблюдались над Скандинавией (до 14 градусов) и Беринговым морем (до 10 градусов), над центром Западной Сибири отмечалась активная тропосферная ложбина. У земли на большей части территории Сибири в августе господствовали циклоны. В летнем сезоне 2020 года (отрицательная фаза) положение ПВФЗ было близким к климатическому, над Западной Сибирью отклонения к югу были невелики [7]

Вопрос об усилении меридиональности атмосферных процессов, особенно в высоких и средних широтах, активно обсуждается в ряде исследований. С использованием данных реанализа (Era, NCEP/

NCAR, MERRA) о геопотенциале, зональной составляющей ветра на уровне 500 гПа и меридиональной составляющей ветра на уровне 850 гПа, 250 гПа, в работах выполнена оценка изменения амплитуды волн и их фазовой скорости. Установлено, что в Северном полушарии в последние десятилетия степень меридиональности увеличилась, но неравномерно в пространстве и неодинаково в различные сезоны. Увеличение амплитуды крупномасштабных волн (планетарных волн) наиболее явно проявляется в Азиатском регионе [9, 13, 14].

Далее были проанализированы данные об индексе меридиональности (MCI), рассчитанном авторами на основе данных реанализа ERA5 по зональной и меридиональной компонентам скорости ветра для поверхности 850 гПа для исследуемой территории. Коэффициент пространственной корреляции для осадков летнего сезона и индекса меридиональности составляет 0.71 с уровнем значимости 0,95.

На рисунках 3, 4 представлено пространственное распределение индекса меридиональности (MCI) для положительной и отрицательной фаз Северо-Восточного Тихоокеанского индекса.

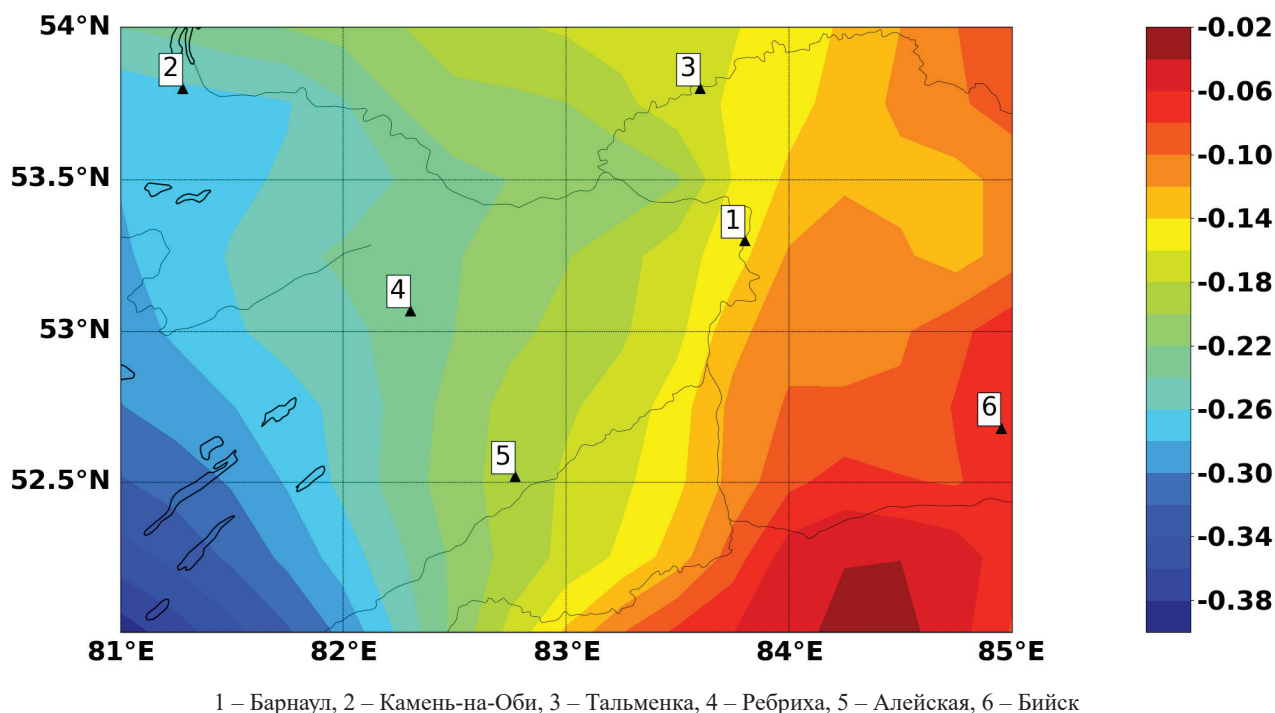


Рис.3. Пространственное распределение индекса меридиональности MCI для отрицательной фазы индекса EPNP.
[Fig. 3. Spatial distribution of the MCI meridional index for the negative phase of the EPNP index]

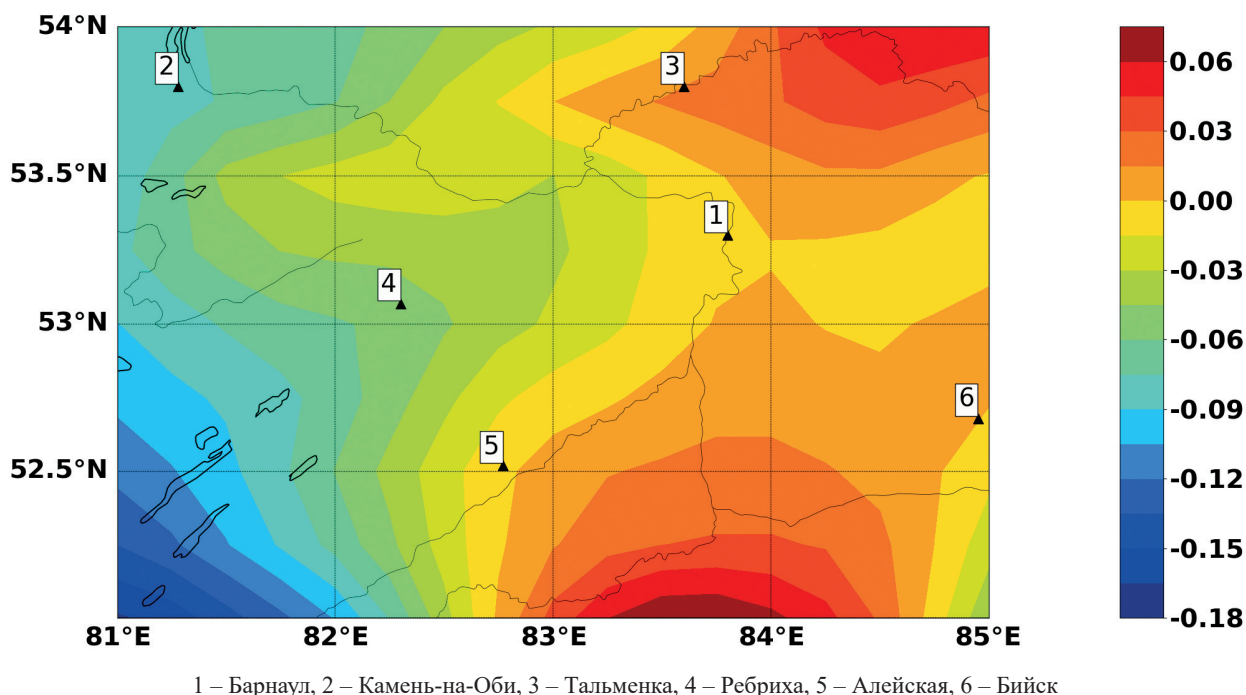
В случае отрицательной фазы EPNP индекс меридиональности меньше нуля на всей анализируемой территории. Таким образом, преобладающей является северная составляющая воздушного потока. Чем больше значение индекса меридиональности по абсолютной величине, тем больше северная составляющая. В данном случае наиболее существенные по абсолютной величине значения индекса меридиональности наблюдаются в юго-западной части анализируемой территории, заметно уменьшаясь в восточном направлении, в результате на большей части территории поток скорее широтный.

Пространственное распределение индекса меридиональности при положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса существенно отличается. В западной части преобладает северная составляющая потоков, в восточной части исследуемой области индекс меридиональности имеет положительные значения. Подобная конфигурация соответствует циклонической кривизне изогипс на уровне 850 гПа, причем,

смена направления потока означает прохождение оси высотной ложбины по исследуемой территории. Несмотря на то, что абсолютные значения южных (положительных) потоков относительно невелики, смена знака индекса меридиональности свидетельствует об усилении меридиональности процесса. Таким образом, подтверждается предположение о том, что при положительной фазе телеконнекционного индекса EPNP на равнинной части Алтайского края в летнем сезоне активизируются меридиональные процессы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственное распределение геопотенциала и линий тока поля скоростей на уровне 850 гПа показывает, что для исследуемой территории существуют различия в конфигурации барических полей для случаев сильной положительной и отрицательной фаз Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). При положительной фазе в высоких и средних широтах явно выражена меридиональность атмосферных



1 – Барнаул, 2 – Камень-на-Оби, 3 – Тальменка, 4 – Ребриха, 5 – Алейская, 6 – Бийск

Рис. 4. Пространственное распределение индекса меридиональности МСИ для положительной фазы индекса EPNP
[Fig. 4. Spatial distribution of the MCI meridional index for the positive phase of the EPNP index]

процессов, тогда как в случаях отрицательной фазы характер процессов скорее широтный.

Анализ пространственного распределения индекса меридиональности подтверждает вывод о том, что при положительной фазе Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP) на равнинной части Алтайского края в летнем сезоне активизируются меридиональные процессы.

Установлено, что существует статистически значимая связь между количеством осадков летнего сезона на исследуемой равнинной территории Алтайского края и фазой Северо-Восточного Тихоокеанского индекса (EPNP). На основе статистического анализа данных метеостанций, сеточных массивов и реанализа показано, что в условиях положительной фазы индекса циркуляции EPNP количество летних осадков больше, чем в условиях отрицательной фазы этого индекса для исследуемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. База данных ERA. – URL: <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>. (дата обращения: 15.12.2023). – Текст: электронный.
2. База данных NCEP/NCAR. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html> (дата обращения: 22.04.2024). – Текст: электронный.
3. Библиотека Basemap. – URL: <https://matplotlib.org/basemap/stable/> (дата обращения: 07.12.2023). – Текст: электронный.
4. Библиотека Climate Data Operators (CDO). – URL: <https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo> (дата обращения: 15.12.2023). – Текст: электронный.
5. Динамические процессы в атмосфере, обуславливающие аномалии осадков в Восточной Сибири и Монголии в летний период / О.Ю. Антохина, П.Н. Антохин, Е.В. Девятова,

В.И. Мордвинов // *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2018, т. 1, с. 10-27.

6. Золина О.Г., Бульгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2016, т. 1, с. 84-103.

7. *Обзоры Гидрометцентра РФ*. – URL: <https://meteoinfo.ru/circulation-review> (дата обращения: 12.11.2023). – Текст: электронный.

8. Петросянц М.А., Гущина Д.Ю. Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья // *Метеорология и гидрология*, 2002, № 8, с. 24-35

9. Barnes E.A. Revisiting the evidence linking Arctic amplification to extreme weather in midlatitudes // *Geophysical research letters*, 2013, vol. 40, pp. 4728-4733.

10. Barnston A.G. and Livezey R.E. Classifications, Seasonality, and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns // *Monthly Weather Review*, 1987, vol. 115, pp. 1083-1126.

11. *Climate Prediction Center*. – URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (accessed 04.12.2023). – Text: electronic.

12. Decadal oscillation of autumn precipitation in Central Vietnam modulated by the East Pacific-North Pacific (EPNP) teleconnection / R. Li, S-Y. Wang, R.R. Gillies et al. // *Environ Res Lett.*, 2015, 10:024008.

13. Francis J.A., Vavrus S.J. Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes // *Geophys. Res. Lett.*, 2012, 320129L06801.

14. Francis J., Skific N. Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns // *Phil. Trans. R. Soc.* 2015, A 373: 20140170.

15. Francis J.A., Vavrus S.J. Evidence for wavier jet stream in response to rapid Arctic warming // *Environmental Research Letters*, 2015.

16. Fukutomi Y., Masuda K., Yasunari T. Cyclone activity associated with the interannual seesaw oscillation of summer pre-

precipitation over northern Eurasia // *Global and Planetary Change*, 2007, vol. 56, pp. 387-398.

17. Global Precipitation: Means, Variations and Trends / R. Adler, G. Gu, M. Sapiro et al. // *Surveys in Geophysics*, 2017, vol. 38, pp. 679-699.

18. On the relationship between the winter Eurasian teleconnection pattern and the following summer precipitation over China / J. Zhao, L. Yang, B. Gu et al. // *Advances in Atmospheric Sciences*, 2016, vol. 33, is. 6, pp. 743-752.

19. Recent interdecadal changes in the interannual variability of precipitation and atmospheric circulation over northern Eur-

asia / T. Hiyama, H. Fujinami, H. Kanamori et al. // *Environment Research Letters*, 2016.

20. Zhou B., Xia D. Interdecadal change of the connection between winter North Pacific Oscillation and summer precipitation in the Huaihe River valley // *Science China Earth Science*, 2012, vol. 57(9), pp. 2148-2155.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 17.01.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

ATMOSPHERIC AND CLIMATE SCIENCES

UDC 515.582, 515.583, 515.587

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/125-133>

Regional Peculiarities of Circulation Factors and Their Influence on the Amount of Summer Precipitation in the South of the Western Siberia

N. N. Bezuglova ✉, K. Y. Sukovatov

*Institute for Water and Environmental Problems, the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation
(656038, Altai region, Barnaul, Molodezhnaya str., 1)*

Abstract. The purpose of the work is to study the characteristics of pressure fields in Siberia, which determine the variability of summer precipitation depending on the phase of the North-East Pacific index (ENPN).

Materials and methods. The study area is a flat territory of the Altai Territory, limited by the coordinate area (52-54° N, 81-85° E). For the selected coordinate region, a statistical analysis of time series of average monthly values of summer precipitation obtained at weather stations, as well as those constructed from grid arrays and reanalysis data on time intervals of 1966-2023, was performed. and 1979-2023. Composite maps (schemes) of the spatial distribution of the meridionality index, geopotential and streamlines of the velocity field at the level of 850 hPa were constructed.

Results and discussion. A statistically significant relationship has been established between the amount of precipitation in the summer season on the study plain territory of the Altai Territory and the phase of the North-East Pacific Index (ENPN). It is shown that during the positive phase of the Northeast Pacific Index (ENPN) in the flat part of the Altai Territory in the summer season, meridional processes become more active.

Conclusion. It has been established that for the study area there are differences in the configuration of pressure fields for cases of strong positive and negative phases of the Northeast Pacific ENPN index. Based on statistical analysis of data from weather stations, grid arrays and reanalysis, it is shown that for the study area, under the conditions of the positive phase of the ENPN circulation index, the amount of summer precipitation is greater than under the conditions of the negative phase of this index.

Key words: regional climate changes, summer precipitation, meridional processes, North-East Pacific index, South Western Siberia.

Funding: The study was carried out with the financial support of the project of the Ministry of Education and Science RF «Assessment of seasonal characteristics of atmospheric input and subsequent distribution of pollutants in the catchment area of key areas of the Ob basin depending on natural and climatic conditions».

For citation: Bezuglova N. N., Sukovatov K. Y. Regional Peculiarities of Circulation Factors and Their Influence on the Amount of Summer Precipitation in the South of the Western Siberia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 4, pp. 125-133 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/125-133>

REFERENCES

1. Database ERA. – URL: <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>. (accessed 15.12.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

2. Database NCEP/NCAR. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html> (accessed 22.04.2024). – Text: electronic. (In Russ.)

© Bezuglova N. N., Sukovatov K. Y., 2024

✉ Nadezhda N. Bezuglova, e-mail: bezuglova@gmail.com



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

3. *Library Basemap*. – URL: <https://matplotlib.org/basemap/stable/> (accessed 07.12.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
4. *Library Climate Data Operators (CDO)*. – URL: <https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo> (accessed 15.12.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
5. Dinamicheskie processy v atmosfere, obuslavlivajushhie anomalii osadkov v Vostochnoj Sibiri i Mongolii v letnij period [] / O. Ju. Antohina, P. N. Antohin, E. V. Devjatova, V. I. Mordvinov. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*, 2018, vol. 1, pp. 10-27. (In Russ.)
6. Zolina O. G., Bulygina O. N. Sovremennaja klimaticheskaja izmenchivost' harakteristik jekstremal'nyh osadkov v Rossii [Modern climate variability of extreme precipitation characteristics in Russia]. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*, 2016, vol. 1, pp. 84-103. (In Russ.)
7. *Обзоры Гидрометцентра РФ*. – URL: <https://meteoinfo.ru/circulation-review> (accessed 12.11.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
8. Petrosjanc M. A., Gushhina D. Ju. Ob opredelenii javlenij Jel'-Nin'o i La-Nin'ja [On the definition of El Niño and La Niña phenomena]. *Meteorologija i gidrologija*, 2002, no. 8, pp. 24-35. (In Russ.)
9. Barnes E. A. Revisiting the evidence linking Arctic amplification to extreme weather in midlatitudes. *Geophysical research letters*, 2013, vol. 40, pp. 4728-4733.
10. Barnston A. G. and Livezey R. E. Classifications, Seasonality, and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 1987, vol. 115, pp. 1083-1126.
11. *Climate Prediction Center*. – URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (accessed 04.12.2023). – Text: electronic.
12. Decadal oscillation of autumn precipitation in Central Vietnam modulated by the East Pacific-North Pacific (EPNP) teleconnection / R. Li, S.-Y. Wang, R. R. Gillies et al. *Environmental Research Letters*, 2015, 10:024008.
13. Francis J. A., Vavrus S. J. Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes. *Geophys. Res. Lett.*, 2012, 320129L06801.
14. Francis J., Skific N. Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns. *Phil. Trans. R. Soc.* 2015, A 373: 20140170.
15. Francis J. A., Vavrus S. J. Evidence for wavier jet stream in response to rapid Arctic warming. *Environmental Research Letters*, 2015.
16. Fukutomi Y., Masuda K., Yasunari T. Cyclone activity associated with the interannual seesaw oscillation of summer precipitation over northern Eurasia. *Global and Planetary Change*, 2007, vol. 56, pp. 387-398.
17. Global Precipitation: Means, Variations and Trends / R. Adler, G. Gu, M. Sapiiano et al. *Surveys in Geophysics*, 2017, vol. 38, pp. 679-699.
18. On the relationship between the winter Eurasian teleconnection pattern and the following summer precipitation over China / J. Zhao, L. Yang, B. Gu et al. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2016, vol. 33, is. 6, pp. 743-752.
19. Recent interdecadal changes in the interannual variability of precipitation and atmospheric circulation over northern Eurasia / T. Hiyama, H. Fujinami, H. Kanamori et al. *Environment Research Letters*, 2016.
20. Zhou B., Xia D. Interdecadal change of the connection between winter North Pacific Oscillation and summer precipitation in the Huaihe River valley. *Science China Earth Science*, 2012, vol. 57(9), pp. 2148-2155.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 17.01.2024

Accepted: 02.12.2024

Безуглова Надежда Николаевна

Кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории физики атмосферно-гидросферных процессов Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1985-9352, e-mail: bezuglovan@gmail.com

Суковатов Константин Юрьевич

Кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории физики атмосферно-гидросферных процессов Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-3763-6291, e-mail: skonstantiny@gmail.com

Nadezhda N. Bezuglova

Cand. Sci. (Phys. and Math.), Researcher at the Laboratory of Atmosphere-Hydrosphere Physics, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1985-9352, e-mail: bezuglovan@gmail.com

Konstantin Yu. Sukovatov

Cand. Sci. (Phys. and Math.), Researcher at the Laboratory of Atmosphere-Hydrosphere Physics, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3763-6291, e-mail: skonstantiny@gmail.com