

УДК 551.581(045)

*С.В. Морозова, М.А. Алимпиева, Н.В. Короткова, В.Н. Абанников***ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ЦИРКУЛЯЦИИ И ИХ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ**

В статье рассматриваются центры действия атмосферы Северного полушария – Исландский и Алеутский минимумы, Азорский и Гавайский максимумы, Арктический и зимний Азиатский антициклоны. Представлено изменение их характеристик в годовом ходе. В качестве таких характеристик взяты географические координаты каждого центра действия и давление в его центре. Отмечается, что наиболее подвижным является Арктический антициклон. Практически не изменяет свое положение от месяца к месяцу зимний Азиатский антициклон. Исландский минимум более подвижный, чем Азорский максимум. Смещения Алеутского циклона и Гавайского антициклона соизмеримы между собой. Получено, что зимний Азиатский антициклон оказывает влияние на интенсивность центров действия атмосферы Северной Атлантики и северной части Тихого океана. До появления зимнего Азиатского антициклона изменения давления в центрах атлантических и тихоокеанских ЦДА происходит согласованно. При формировании зимнего Азиатского антициклона происходит рассогласование хода давления в этих центрах действия. Изучение степени влияния зимнего Азиатского антициклона на колебания давления в центрах барических образований выполнено методом дисперсионного анализа. Данная характеристика в центрах действия атмосферы Северной Атлантики оценена в 87 %, в центрах действия атмосферы Тихого океана – в 71 %.

*Ключевые слова:* климатическая изменчивость, центры действия атмосферы, дисперсионный анализ, климатическая динамика, Северное полушарие.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-166-174

Настоящие климатические изменения, происходящие на планете, оказывают влияние на общую циркуляцию атмосферы и состояние ее структурных элементов глобального и регионального масштабов. В оценочных докладах [1; 2] мало внимания уделяется состоянию объектов циркуляции в различные периоды климатической изменчивости. В частности, во Втором Оценочном докладе об изменениях климата на территории Российской Федерации приводятся сведения о траекториях циклонов в Атлантико-Евразийском и Тихоокеанско-Американском секторах полушария и о повторяемости блокирующих антициклонов. Кроме этого, рассматриваются индексы циркуляции NAO (Nord-Atlantic Oscillation), AO (Arctic Oscillation) и некоторые другие. Подчеркивается, что с изменениями температуры на территории РФ теснее других связан индекс АО.

Однако все обозначенные тенденции определяются состоянием крупномасштабных циркуляционных объектов – центров действия атмосферы (ЦДА) [3-6]. Безусловно, эти объекты циркуляции не только определяют многие процессы в атмосфере (пульсации индексов NAO, NPO, EA, AO, SCAN и др.), траектории движения циклонов, положение основных атмосферных фронтов, но и находятся в сложных взаимодействиях друг с другом.

Цель настоящей работы – рассмотреть изменчивость характеристик центров действия атмосферы Северного полушария на фоне климатической изменчивости и дать оценку их взаимосвязи и взаимозависимости.

**Материалы и методы исследований**

В настоящей статье в качестве объекта исследования рассматриваются четыре постоянных центра действия атмосферы и один сезонный. Это Исландский и Алеутский минимумы, Азорский и Гавайский максимумы, Арктический и зимний Азиатский антициклоны. Динамика центров действия атмосферы на фоне климатической изменчивости определяется по изменению их положения и интенсивности. Положение каждого ЦДА характеризовалось географическими координатами центра, интенсивность – по значению ближайшей к центру замкнутой изобаре. Необходимые характеристики снимались с карт распределения атмосферного давления на уровне моря. Нужные карты были построены по данным реанализа NCEP/NCAR и визуализированы с помощью программного комплекса MAPINFO.

В качестве периодов климатической изменчивости взяты два естественных климатических периода состояния земной климатической системы – период стабилизации и вторая волна глобального потепления. Термин «естественный климатический период» введен С.В. Морозовой, ею же дано физическое и статистическое обоснование выделения таких периодов [7-9].

К анализу характеристик ЦДА на фоне климатической изменчивости применялся стандартный статистический прием – расчет многолетних средних характеристик.

Исследование степени взаимозависимости проводилось с применением методики дисперсионного анализа [10], суть которого состоит в следующем: рассчитываются общая ( $S_x$ ), факторная ( $S_f$ ) и случайная ( $S_z$ ) суммы квадратов и дисперсии  $\sigma_x$ ,  $\sigma_f$ ,  $\sigma_z$  - общая, факторная и случайная соответственно.  $S_x$  характеризует общую изменчивость величины  $x$ , или общую сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений от общей средней;  $S_f$  характеризует изменчивость величины под действием исследуемого фактора  $f$ , или факторную сумму квадратов отклонений групповых средних;  $S_z$  характеризует изменчивость, обусловленную влиянием случайных и неучтенных факторов, или остаточную сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений группы от своей групповой средней. Тогда получаем, что  $S_x$  характеризует рассеяние величин относительно общей средней;  $S_f$  - рассеяние между группами;  $S_z$  - рассеяние внутри группы.

Расчеты производятся по нижеприведенным формулам. По формулам (1) рассчитываются дисперсии:

$$\sigma_f^2 = \frac{S_f}{K_f}, \sigma_z^2 = \frac{S_z}{K_z}, \sigma_x^2 = \frac{S_x}{K_x}, \quad (1)$$

где  $S_f$  - взвешенная сумма квадратов отклонения частных средних при определенных градациях  $x$  от среднего;

$S_z = S_x - S_f$  - остаточная сумма квадратов отклонений;

$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  - полная (общая) сумма квадратов отклонений;

$K_f = q - 1, K_z = k_x - k_f, K_x = n - 1$  - числа степеней свободы;

$q$  - число градаций исследуемого фактора;

$n$  - общее число наблюдений.

Для анализа существенности влияния проводится сравнение вычисленного значения критерия Фишера  $F$  с его табличными значениями  $F_q$  при определенном уровне значимости  $p$ . В этом случае значение  $F$  находится из соотношения (2):

$$F = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_z^2}, \text{ если } \sigma_f > \sigma_z \text{ или } F = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_f^2}, \text{ если } \sigma_z > \sigma_f. \quad (2)$$

Если окажется что  $F > F_p$ , то влияние исследуемого фактора существенно.

## Результаты и их обсуждение

**Климатическая характеристика центров действия атмосферы.** Климатическое широтно-долготное смещение двух постоянных центров действия Северной Атлантики – Исландского минимума и Азорского максимума - представлено на рис. 1. Видно, что изменения широты положения центров действия Северной Атлантики практически не изменяется. Наиболее близко по меридиану Исландский минимум и Азорский максимум сближаются друг с другом в мае, наибольшее расхождение между этими центрами вдоль круга широты происходит в декабре. Причем наиболее подвижным является Исландский циклон. Положение центров Исландского минимума и Азорского максимума зимой и весной располагаются на одной долготе. Летом же (июль) центр Исландского циклона резко смещается на запад, приближаясь к Гренландии. Осенью центр Исландского ЦДА располагается восточнее центра Азорского максимума, а в ноябре их центры уже снова находятся на одной долготе. Опять же наиболее сильное смещение отмечается у Исландского циклона.

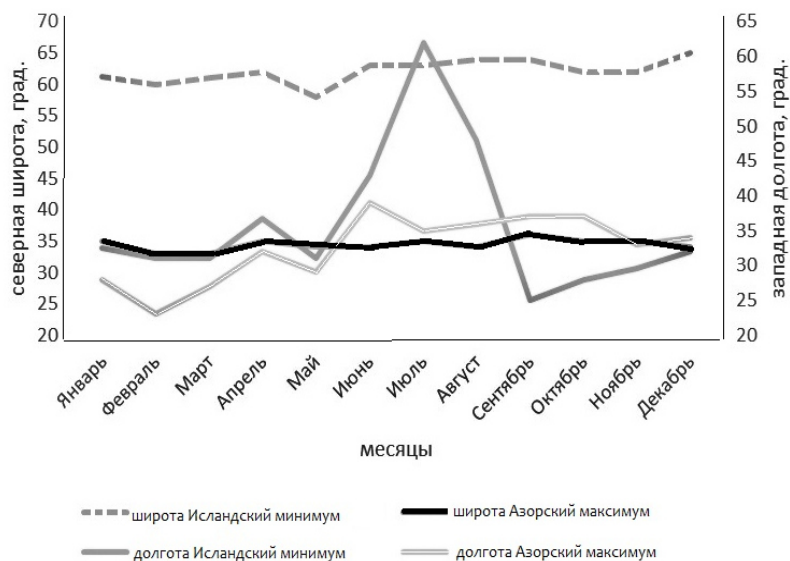


Рис. 1. Сезонные изменения широты и долготы Северо-Атлантических центров действия

На рис. 2 представлено изменение географического положения Алеутского минимума и Гавайского максимума. В отличие от Северо-Атлантических ЦДА, широта Северо-Тихоокеанских центров действия изменяется синхронно. Причем изменения по меридиану обнаруживают оба центра. Также, в отличие от Северо-Атлантических ЦДА, довольно сильное смещение вдоль круга широты обнаруживают и Алеутский минимум, и Гавайский максимум. Наиболее близко вдоль круга широты они подходят друг к другу в теплый период года – с апреля по октябрь. В осенне-зимний период эти центры максимально отходят друг от друга. При этом Алеутский циклон смещается к западу, а Гавайский антициклон – к востоку. В отличие от Северо-Атлантических ЦДА, у Северо-Тихоокеанских изменение долготы у антициклонического центра больше, чем у циклонического. Смещение вдоль параллели Гавайского максимума около  $25\text{--}30^\circ$ , в то время как Алеутского циклона всего  $10\text{--}15^\circ$ .

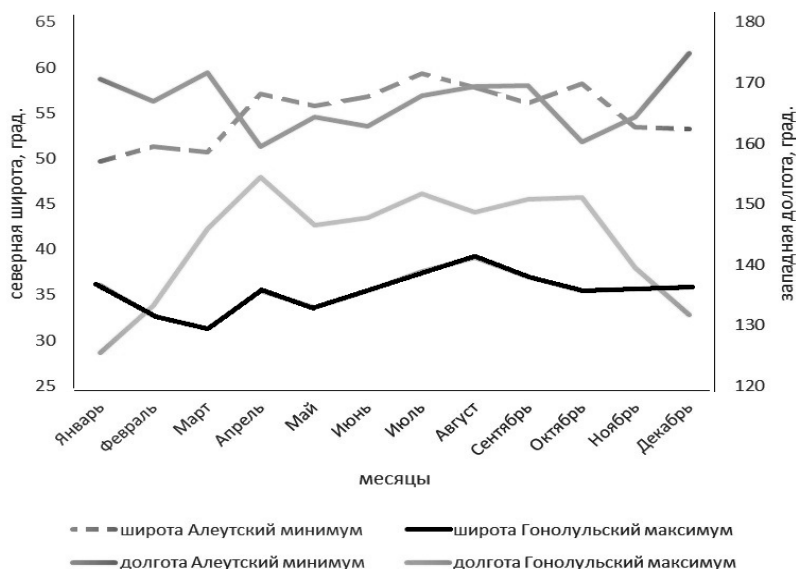
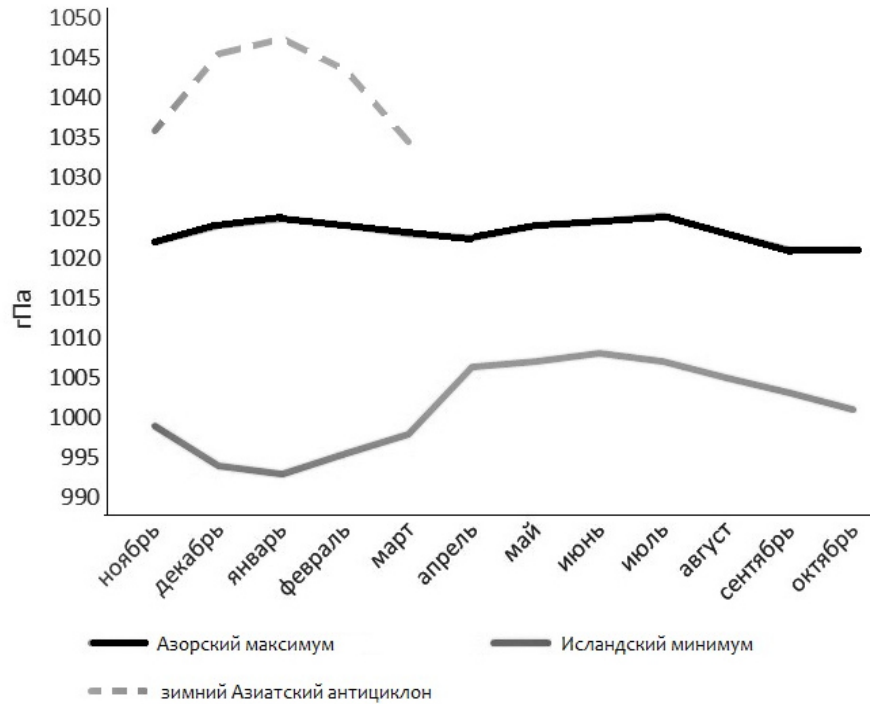


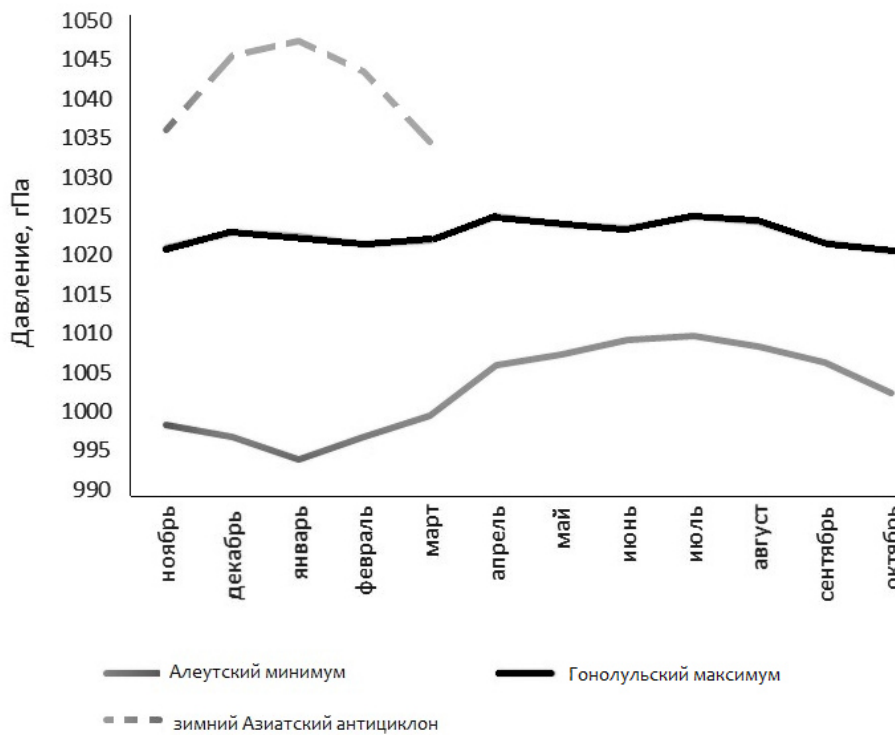
Рис. 2. Сезонные изменения широты и долготы Северо-Тихоокеанских центров действия

Таким образом, изменения положения центров действия Северной Атлантики и Северной части Тихого океана в годовом ходе не идентично. Своеобразие изменений весьма интересно и требует дальнейших исследований.

Наиболее сильные широтно-долготные смещения показывает Арктический антициклон. В течение года он перемещается то в западное, то в восточное полушарие. Изменение долготы Арктического антициклона происходит на 70–90°, когда он перемещается из Канадского в Российский Восточный сектор Арктики. Широта этого центра действия изменяется от наибольшей в апреле-мае (80° с. ш.) до наименьшей в феврале (72° с. ш.).



а



б

Рис. 3. Средние сезонные изменения давления в центрах: Азорского максимума, Исландского минимума и Сибирского максимума (а) и Гавайского максимума, Алеутского минимума и Сибирского максимума (б)

Помимо постоянных центров действия большое значение в циркуляционных процессах имеет формирование зимой Сибирского максимума (зимнего Азиатского антициклона). Отметим, что этот центр действия оказывается самым малоподвижным из всех исследуемых. Миграции его центра в годовом ходе не превышают двух градусов и по меридиану, и вдоль широтного круга, однако изменение его интенсивности оказывает влияние на изменение давления в Северо-Атлантических и Северо-Тихоокеанских ЦДА. На рис. 3 приведены графики изменения интенсивности зимнего Азиатского антициклона и смежных с ним циркуляционных систем Северной Атлантики (рис. 3а) и северной части Тихого океана (рис. 3б).

На рис. 3 хорошо проявилась особенность изменения давления в центрах действия атмосферы Северной Атлантики и Северной части Тихого океана. В весенне-летний период, когда зимний Азиатский антициклон разрушается или не существует, изменения давления в ЦДА Северной Атлантики и ЦДА Северной части Тихого океана происходят согласованно. С началом формирования Сибирского максимума наблюдается рассогласованность хода давления в Атлантических и Тихоокеанских центрах действия.

Степень влияния Сибирского максимума на изменения давления в центрах действия атмосферы Северной Атлантики и Северной части Тихого океана оценивали методом дисперсионного анализа. Отметим, для такой оценки выбрали не средние годовые значения, а значения характеристик интенсивности исследуемых центров действия в январе. Именно в этом месяце зимний Азиатский антициклон достигает максимальной мощности.

В табл. 1 представлены статистические характеристики зависимости интенсивности Северо-Атлантических ЦДА от интенсивности зимнего Азиатского антициклона.

Таблица 1

**Зависимость интенсивности Северо-Атлантических ЦДА от интенсивности зимнего Азиатского антициклона (январь)**

Статистические характеристики	Градации интенсивности Сибирского максимума							
	1030,0 – 1033,9	1033,9 – 1037,9	1037,9 – 1041,8	1041,8 – 1045,8	1045,8 – 1049,7	1049,7 – 1053,6	1053,6 – 1057,8	1057,8 – 1061,5
$m_i$	6	6	17	10	4	8	6	1
$S_f$	502,83	509,33	2152,94	435,61	27,0	493,50	506,01	0,00

Расчеты общих, факторных и остаточных дисперсий и сумм квадратов позволили заключить, что степень влияния Сибирского антициклона на интенсивность Северо-Атлантических центров действия составляет 87 %. Сравнение дисперсий с помощью критерия Фишера показало значимость этого влияния  $F_{\text{факт}} = 7,81$ ,  $F_{\text{крит}} = 4,18$  ( $F_{\text{факт}} > F_{\text{крит}}$ ) на пятипроцентном уровне значимости. Обратное влияние Северо-Атлантических ЦДА на интенсивность зимнего Азиатского антициклона оценено в 14 % и не показало статистической значимости.

Аналогичная оценка проведена для зимнего Азиатского Антициклона и Северо-Тихоокеанской колебательной системы. Расчеты позволили заключить, что степень влияния зимнего Азиатского антициклона на изменение интенсивности центров действия атмосферы северной части Тихого океана составляет 71 %, что существенно ниже, чем степень его влияния на Северо-Атлантическую колебательную систему. Оценка обратного влияния Северо-Тихоокеанской колебательной системы не показала статистической значимости (9 %).

Оказывается интересным сравнить колебания интенсивности центров действия атмосферы Северной Атлантики и Севера Тихого океана. Для этого вычислим разность между индексами колебаний данных циркуляционных систем и назовём ее индексом сопряженности (табл. 2). Согласно табл. 2 индекс сопряженности обращается в нуль в мае и ноябре, во все остальные месяцы он изменяется в небольших пределах, плавно уменьшаясь в течение осени. На основании исследования интенсивностей можно отметить, что состояние Северо-Тихоокеанской циркуляционной системы более стабильно, чем Северо-Атлантической. Активность ЦДА над севером Тихого океана приближается к Атлантической осенью, а в апреле оказывается даже несколько выше, что, по-видимому, косвенно отражает смену зимнего муссона на летний. На основании анализа рис. 4 также можно предполо-

жить, что смена муссонной циркуляции с зимней на летнюю происходит более резко, чем с летней на зимнюю.

Таблица 2

**Годовой ход индекса сопряжённости колебаний североатлантических и северотихоокеанских центров действия (гПа)**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
3	3	2	-1	0	2	2	2	2	1	0	4

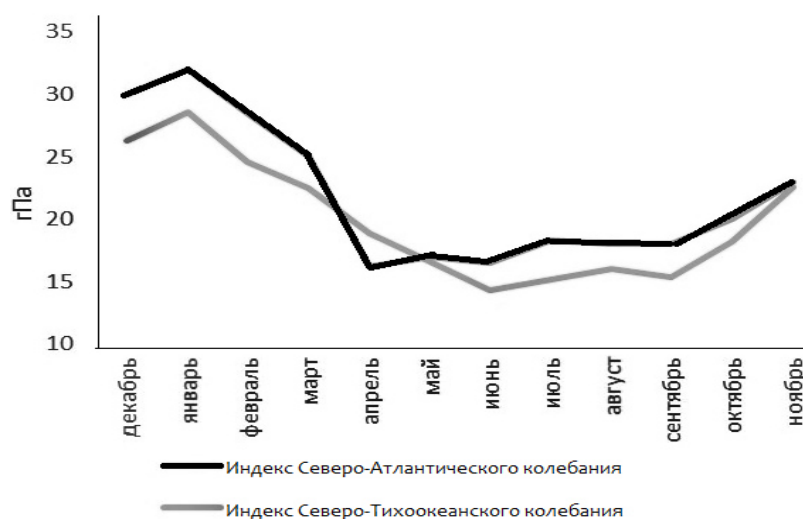


Рис. 4. Годовой ход индексов Северо-Атлантического и Северо-Тихоокеанского колебаний

**Климатическая изменчивость центров действия атмосферы.** В табл. 3 приведены средние многолетние характеристики исследуемых центров действия атмосферы в период стабилизации (1949–1974 гг.) и во вторую волну глобального потепления (1975–2018 гг.).

Таблица 3

**Характеристики центров действия атмосферы в различные естественные климатические периоды состояния ЗКС**

Периоды гг.	Исландский минимум	Азорский максимум	Алеутский минимум	Гавайский максимум	Арктический антициклон	Сибирский максимум
Интенсивность, гПа						
1949-1974	1002	1023	1004	1022	1019	1027
1975-2018	1001	1023	1003	1022	1021	1030
Широта, град.						
1949-1974	61	36	55	34	80	50
1975-2018	61	35	53	35	77	51
Долгота, з.д. град.						
1949-1974	28	29	181	143	200	90 в.д.
1975-2018	30	30	167	144	195	90 в.д.

Изменение координат центров действия атмосферы от одного периода к другому свидетельствует о сближении Тихоокеанских центров, смещении к западу Исландского минимума и движении в юго-восточном направлении Арктического антициклона. На один градус к северу и на один градус к западу сместился центр Азорского максимума. Устойчивое положение на 90° восточной долготы занимал Зимний Азиатский антициклон, однако по меридиану его центр сместился к северу на 1°.

Углубление циклонических центров действия во вторую волну глобального потепления способствует усилению западного переноса в Атлантическом и Восточно-Тихоокеанском секторах полушария. Об усилении западного переноса в Восточно-Тихоокеанском секторе упоминается в работе М.Ю. Бардина [11]. Кроме того, во вторую волну замечено расхождение Северо-Атлантических и Северо-Тихоокеанских ЦДА, что предполагает расширение зоны влияния Зимнего Азиатского антициклона. При наблюдаемом смещении к югу Арктического антициклона вполне возможно соединение этих двух антициклонических центров действия путём образования полосы высокого давления над северо-востоком Евразии, что может быть причиной отсутствия потепления в Восточном секторе Арктики.

## Выводы

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Исследование постоянных и сезонных центров действия Северного полушария позволило установить, что самым подвижным является Арктический антициклон, наиболее стационарным – зимний Азиатский антициклон.
2. У центров действия атмосферы Северной Атлантики широтно-долготное смещение Исландского минимума намного сильнее, чем Азорского максимума. У Тихоокеанских ЦДА смещение центра Алеутского минимума по величине соизмеримо со смещением центра Гавайского антициклона.
3. Формирование зимнего Азиатского антициклона вызывает рассогласованность хода давления в центрах действия атмосферы Северной Атлантики и севера Тихого океана. Влияние Сибирского максимума на Атлантические ЦДА и Тихоокеанские ЦДА оценивается в 87 % и 71 % соответственно.
4. Выявлены изменения положения и интенсивности центров действия атмосферы в различные естественные климатические периоды состояния земной климатической системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2013: The physical science basis. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.
2. Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Изд-во «Росгидромет», 2014. – 60 с.
3. Смирнов, Н.П. Северо-Атлантическое колебание и климат / Н.П. Смирнов, В.Н. Воробьев, С.Ю. Кочанов. – СПб: Изд-во РГГМУ, 1998. – 121 с.
4. Смирнов, Н.П. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана / Н.П. Смирнов, В.Н. Воробьев. – СПб: Изд-во РГГМУ, 2002. – 121 с.
5. Воробьев, В.Н. Арктический антициклон и динамика климата северной полярной области / В.Н. Воробьев, Н.П. Смирнов. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2003. – 82 с.
6. Угрюмов, А.И. Современные изменения климата Санкт-Петербурга и колебания циркуляции атмосферы / А.И. Угрюмов, Н.В. Харьков // Метеорология и гидрология. – 2008. – №1. – С. 24–30.
7. Морозова, С.В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах / С.В. Морозова. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2019. – 130 с.
8. Лапина, С.Н. К вопросу о роли циркуляции атмосферы в глобальных климатических процессах / С.Н. Лапина // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2015. – № 577. – С. 169–178.
9. Морозова, С.В. О режиме планетарной высотной фронтальной зоны на фоне настоящих климатических тенденций / С.В. Морозова // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. 2015. – № 180. – С. 67–75.
10. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Изд-во Высшая школа, 2003. – 480 с.
11. Бардин, М.Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария / М.Ю. Бардин // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 11. – С. 24–37.

Поступила в редакцию 27.05.2022

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук,  
доцент кафедры метеорологии и климатологии  
E-mail: swetwl@yandex.ru

Алимбиева Мария Александровна, ассистент кафедры метеорологии и климатологии  
E-mail: alimpiewa@rambler.ru

Короткова Надежда Владимировна кандидат географических наук,  
доцент кафедры метеорологии и климатологии  
E-mail: fonadia@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского»  
410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

Абанников Виктор Николаевич, кандидат географических наук,  
доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы  
ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»  
192007, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, 79  
E-mail: abvik@mail.ru

*S.V. Morozova, M.A. Alimpieva, N.V. Korotkova, V.N. Abannikov*

### **INTERACTION OF CIRCULATION OBJECTS AND THEIR CLIMATE DYNAMICS BY THE EXAMPLE OF ATMOSPHERIC ACTION CENTERS IN THE NORTHERN HEMISPHERE**

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-166-174

The article deals with the centers of action of the atmosphere of the Northern Hemisphere – the Icelandic and Aleutian lows, the Azores and Hawaiian highs, the Arctic and winter Asian anticyclones. The change in their characteristics in the annual course is considered. As such characteristics, the geographical coordinates of each center of action and the pressure in its center are taken. It is noted that the most mobile is the Arctic anticyclone. The winter Asian anticyclone practically does not change its position from month to month. The Icelandic Low is more mobile than the Azores High. The displacements of the Aleutian cyclone and the Hawaiian anticyclone are commensurate with each other. The winter Asian anticyclone affects the intensity of the centers of action of the atmosphere in the North Atlantic and the North Pacific. Before the appearance of the Asian winter anticyclone, pressure changes in the centers of the Atlantic and Pacific AAC occur in concert. During the formation of the winter Asian anticyclone, a mismatch occurs in the course of pressure in these centers of action. The degree of influence of the winter Asian anticyclone on pressure fluctuations in the centers of baric formations was made by the method of dispersion analysis. The degree of influence of the winter Asian anticyclone on the course of pressure in the centers of action of the North Atlantic atmosphere is estimated at 87%, in the centers of action of the Pacific Ocean – at 71 %.

*Keywords:* climatic variability, centers of action of the atmosphere, analysis of variance, climate dynamics, Northern Hemisphere.

#### REFERENCES

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013, 1535 p.
2. *Vtoroy Otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Second Assessment Report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation], Moscow: Rosgidromet Publ., 2014, 60 p. (in Russ.).
3. Smirnov N.P., Vorob'ev V.N., Kochanov S.Yu. *Severo-Atlanticheskoe kolebanie i klimat* [North Atlantic Oscillation and Climate], St. Petersburg: RGGMU Publ., 1998, 121 p. (in Russ.).
4. Smirnov N.P., Vorob'ev V.N. *Severo-Tikhookeanskoe kolebanie i dinamika klimata v severnoy chasti Tikhogo okeana* [North Pacific Oscillation and climate dynamics in the northern part of the Pacific Ocean], St. Petersburg: RGGMU Publ., 2002, 121 p. (in Russ.).
5. Vorob'ev V.N., Smirnov N.P. *Arkticheskiy antitsiklon i dinamika klimata severnoy polyarnoy oblasti* [Arctic anticyclone and climate dynamics of the northern polar region], St. Petersburg: RGGMU Publ., 2003, 82 p. (in Russ.).
6. Ugryumov A.I., Khar'kova N.V. [Modern changes in St. Petersburg climate and atmospheric circulation variations], in *Meteorologiya i gidrologiya*, 2008, no. 1, pp. 24-30 (in Russ.).
7. Morozova S.V. *Rol' planetarnykh ob'ektov tsirkulyatsii v global'nykh klimaticheskikh protsessakh* [The role of planetary circulation objects in global climatic processes], Saratov: Saratov. Gos. Univ., 2019, 130 p. (in Russ.).
8. Lapina S.N., Morozova S.V. [As for the role of atmospheric circulation in global climate processes], in *Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova*, 2015, no. 577, pp. 169-178 (in Russ.).
9. Morozova S.V. *O rezhime planetarnoy vysoynoy frontal'noy zony na fone nastoyashchikh klimaticheskikh tendentsiy* [On the regime of the planetary high-altitude frontal zone against the background of real climatic trends], in *Trudy*



- Vseross. nauch.-issled. Instituta gidrometeorologicheskoy informatsii – Mirovogo tsentra dannykh*, 2015, no. 180, pp. 67-75 (in Russ.).
10. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Probability theory and mathematical statistics], Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2003, 480 p. (in Russ.).
11. Bardin M.Yu. *Izmenchivost' kharakteristik tsiklonichnosti v sredney troposfere umerennykh shirot Severnogo polushariya* [Variability of cyclonicity characteristics in the middle troposphere of temperate latitudes of the Northern Hemisphere], in *Meteorologiya i gidrologiya*, 1995, no. 11, pp. 24-37 (in Russ.).

Received 27.05.2022

Morozova S.V., Candidate of Geography,  
Associate Professor at Department of Meteorology and Climatology  
E-mail: swetwl@yandex.ru

Alimpieva M.A., Assistant at Department of Meteorology and Climatology  
E-mail: alimpieva@rambler.ru

Korotkova N.V., Candidate of Geography,  
Associate Professor at Department of Meteorology and Climatology  
E-mail: fonadia@yandex.ru

Saratov State University  
Astrakhanskaya st., 83, Saratov, Russia, 410012

Abannikov V.N., Candidate of Geography, Associate Professor  
at Department of Meteorology, climatology and atmospheric protection  
Russian State Hydrometeorological University  
Voronezhskaya st., 79, St. Petersburg, Russia, 192007  
E-mail: abvik@mail.ru