

# Науки о Земле

УДК 551.515.1(571.5)  
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-4-11

## ДИНАМИКА АЗИАТСКОГО АНТИЦИКЛОНА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТ И ЭКОЛОГИЮ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

### DYNAMICS OF THE ASIAN ANTI-CYCLE AND ITS INFLUENCE ON CLIMATE AND ECOLOGY OF THE BAIKAL REGION



*С. Ж. Вологжина,  
Иркутский  
государственный  
университет,  
г. Иркутск  
svologzhina@gmail.com*

*S. Vologzhina,  
Irkutsk State University,  
Irkutsk*



*И. В. Латышева,  
Иркутский  
государственный  
университет,  
г. Иркутск  
ababab1967@mail.ru)*

*I. Latysheva,  
Irkutsk State University,  
Irkutsk*

Исследованы характеристики и динамика Азиатского антициклона — зимнего континентального центра действия атмосферы, который, паряду с выходами циклонов, в значительной степени определяет погодные, климатические и экологические условия на территории Прибайкалья и Забайкалья в холодный период года. По данным Реанализа NCEP/NCAR проведен сравнительный статистический анализ характеристик Азиатского антициклона с зимним континентальным центром действия атмосферы, расположенным на территории Канады. Выявлена тенденция ослабления Азиатского и Канадского антициклонов на фоне глобального и регионального роста средних температур. Впервые получены новые метеорологические параметры в области Азиатского антициклона по выходным данным модели GFS, которые указывают на превалирующее влияние метеорологических факторов загрязнения атмосферного воздуха. Проанализированы циркуляционные факторы ослабления Азиатского антициклона в начале XXI в. по сравнению с многолетними данными за 1948–1999 гг. Как индикаторы крупномасштабных изменений циркуляционных процессов рассматривались преобладающие ветровые потоки на высоте изобарической поверхности 500 гПа (5 км), в направлении которых осуществляется адвекция восходящих теплых воздушных масс вдоль передних частей высотных ложбин и исходящих потоков холодного воздуха, ориентированных вдоль тыловых частей макроложбин. Выявлено, что ослабление Азиатского антициклона в последние десятилетия связано с увеличением вклада адвекции теплых воздушных масс, вовлекающихся в антициклон с юга, что, возможно, связано со смещением осей ложбин и гребней крупномасштабных волн в средней и верхней тропосфере. Ослабление Азиатского антициклона сопровождается увеличением повторяемости положительных аномалий зимних температур на территории Прибайкалья и Забайкалья, которые в 2000–2016 гг. достигали рекордных значений за весь период инструментальных метеорологических наблюдений.

**Ключевые слова:** центры действия атмосферы; Азиатский антициклон; Канадский антициклон; Байкальский регион; климат; экология; циркуляция; аномалии температуры; динамика антициклона; климатические индексы

The article is devoted to the study of the characteristics and dynamics of the Asian anticyclone, the winter continental center of the atmosphere, which, along with the cyclone yields, largely determines the weather, climatic and environmental conditions in the Baikal region and Transbaikalia during the cold season. According to the NCEP / NCAR Analysis, a comparative statistical analysis of the characteristics of the Asian anticyclone with the winter continental center of the atmosphere operating in Canada is carried out. The tendency of weakening of the Asian and Canadian anticyclones against the background of global and regional average temperatures growth is revealed. New meteorological parameters for the Asian anticyclone were obtained for the first time from the output data of the GFS model, which indicate the prevailing influence of meteorological factors of atmospheric air pollution. Circulation factors of the Asian anticyclone weakening at the beginning of the XXI century are analyzed in comparison with the long-term data for 1948–1999. As indicators of large-scale changes in the circulation pro-

cesses, the prevailing wind currents at the height of the isobaric surface of 500 hPa (5 km) were considered, in the direction of which advection of ascending warm air masses along the front parts of high-altitude troughs and downflows of cold air oriented along the rear parts of the macro-walls is carried out. It is revealed that the weakening of the Asian anticyclone in recent decades is associated with an increase in the contribution of advection of warm air masses, involved in the anticyclone from the south, which in turn is possibly due to the displacement of the trough axes and crests of large-scale waves in the middle and upper troposphere. The weakening of the Asian anticyclone is accompanied by an increase in the frequency of positive anomalies in winter temperatures in the Baikal and Transbaikal areas, which in 2000–2016 reached record values for the entire period of instrumental meteorological observations

**Key words:** centers of action of the atmosphere; Asian anticyclone; Canadian anticyclone; Baikal region; climate; ecology; circulation; temperature anomalies; anticyclone dynamics; climatic indices

**Введение.** Погодные, климатические и экологические условия в холодный период года на территории Прибайкалья и Забайкалья тесно связаны с изменениями интенсивности Азиатского антициклона – обширной области повышенного атмосферного давления с центром над Монголией, реже – Якутией, Восточной и Западной Сибирью [4].

Изучением природы Азиатского антициклона занимались многие исследователи, но статистические характеристики и динамика антициклона до сих пор изучены слабо [1–3]. Считается, что Азиатский антициклон развивается вследствие сочетания термодинамических и динамических факторов. Наглядно это продемонстрировали Y. Ding, T. N. Krishnamurti [6], которые проанализировали тепловой бюджет Азиатского максимума и заключили, что заснеженная подстилающая поверхность приводит к быстрому усилению радиационного выхолаживания. По мнению J. Cohen, D. D. Entekhabi [5], образование интенсивного антициклона зависит от сочетания благоприятных термодинамических условий, но динамические факторы имеют решающее значение для развития этих погодных систем. K. Takaya, H. Nakamura [8] выявили конкретный физический механизм. Согласно данному механизму, внутрисезонное усиление Азиатского максимума происходит в сочетании с волнами Россби, которые распространяются от Атлантического бассейна к Азиатскому континенту. Формирование этих блокирующих процессов в тропосфере имеет очевидные

динамические последствия синоптического масштаба и, как следствие, приводит к росту давления в антициклоне у земной поверхности.

В работе J. E. Jones, J. Conen [7] определены существенные различия между Аляскинским и Азиатским антициклонами. Аляскинский центр иллюстрирует значительный динамический фактор в слое 500...700 гПа и сильную дивергенцию в регионе, расположенному к юго-востоку от центра антициклона, тогда как в Азиатском антициклоне, напротив, развит динамический фактор оседания.

Таким образом, радиационные и динамические факторы играют значительную роль в формировании Азиатского антициклона. Радиационное воздействие приводит к медленному, но устойчивому увеличению атмосферного давления, поскольку воздушная масса охлаждается в течение нескольких дней или недель. Динамические факторы связаны с переходными синоптическими периодами и могут сопровождаться значительным увеличением приземного давления на более коротких временных интервалах, как правило, начиная от одного дня и до нескольких дней. Наряду с термодинамическими факторами в формировании и эволюции Азиатского антициклона значительная роль принадлежит орографии.

В связи с тем, что Азиатский антициклон в течение продолжительного времени (сентябрь–апрель) определяет погодные и климатические аномалии, а также влияет на уровень загрязнения приземного слоя атмосферы над территорией Прибайкалья

и Забайкалья, возникла необходимость в исследовании современных тенденций изменения интенсивности Азиатского антициклона и его возможного влияния на климат и экологию Байкальского региона.

*Результаты проведенных исследований.* В работе рассчитывались статистические характеристики центра Азиатского антициклона по данным Реанализа NCEP/NCAR за 1948–2017 гг. Определялись значение геопотенциала в центре антициклона на уровне изобарической поверхности 1000 гПа, координаты центра (широта и долгота). Использование изобарической поверхности 1000 гПа позволило провести

сравнительный анализ характеристик Азиатского антициклона с Канадским антициклоном без учета влияния рельефа.

Выявлено, что по значениям асимметрии и эксцесса изменения давления в центрах Азиатского и Канадского антициклонов соответствуют критериям однородности временных рядов (табл. 1, 2). Интенсивность Азиатского антициклона оказалась больше, чем Канадского во все месяцы холодного периода года с наибольшими различиями в декабре и январе, в период максимального развития зимних континентальных центров действия атмосферы.

Таблица 1 / Table 1

*Статистические характеристики геопотенциала в центре Азиатского антициклона на изобарической поверхности 1000 гПа в период 1948–2017 гг. / Statistical characteristics of geopotential in the center of the Asian anticyclone on the isobaric surface of 1000 hPa for the period 1948–2017*

<b>Характеристика / Characteristic</b>	<b>Месяцы / Months</b>					
	X	XI	XII	I	II	III
Среднее / Mean	209,9	245,3	287,3	288,9	263,9	226,0
Станд. отклонение / Standard deviation	18,0	29,0	28,1	30,9	30,5	23,0
Минимум / Min	170,0	170,0	240,0	220,0	200,0	170,0
Максимум / Max	250,0	300,0	360,0	360,0	360,0	280,0
Асимметрия / Asymmetry	0,0	-0,6	0,2	0,4	0,7	0,2
Эксцесс / Excess	-0,1	0,1	-1,0	-0,6	0,8	0,1

Аналогично проанализированы статистические характеристики широты и долготы центров антициклонов. Выявлено, что средние значения координат центра Ази-

атского антициклона изменились от 46 до 50° с. ш. и от 87 до 97° в. д., соответственно у Канадского антициклона — от 55 до 62° с. ш. и от 101 до 109° з. д.

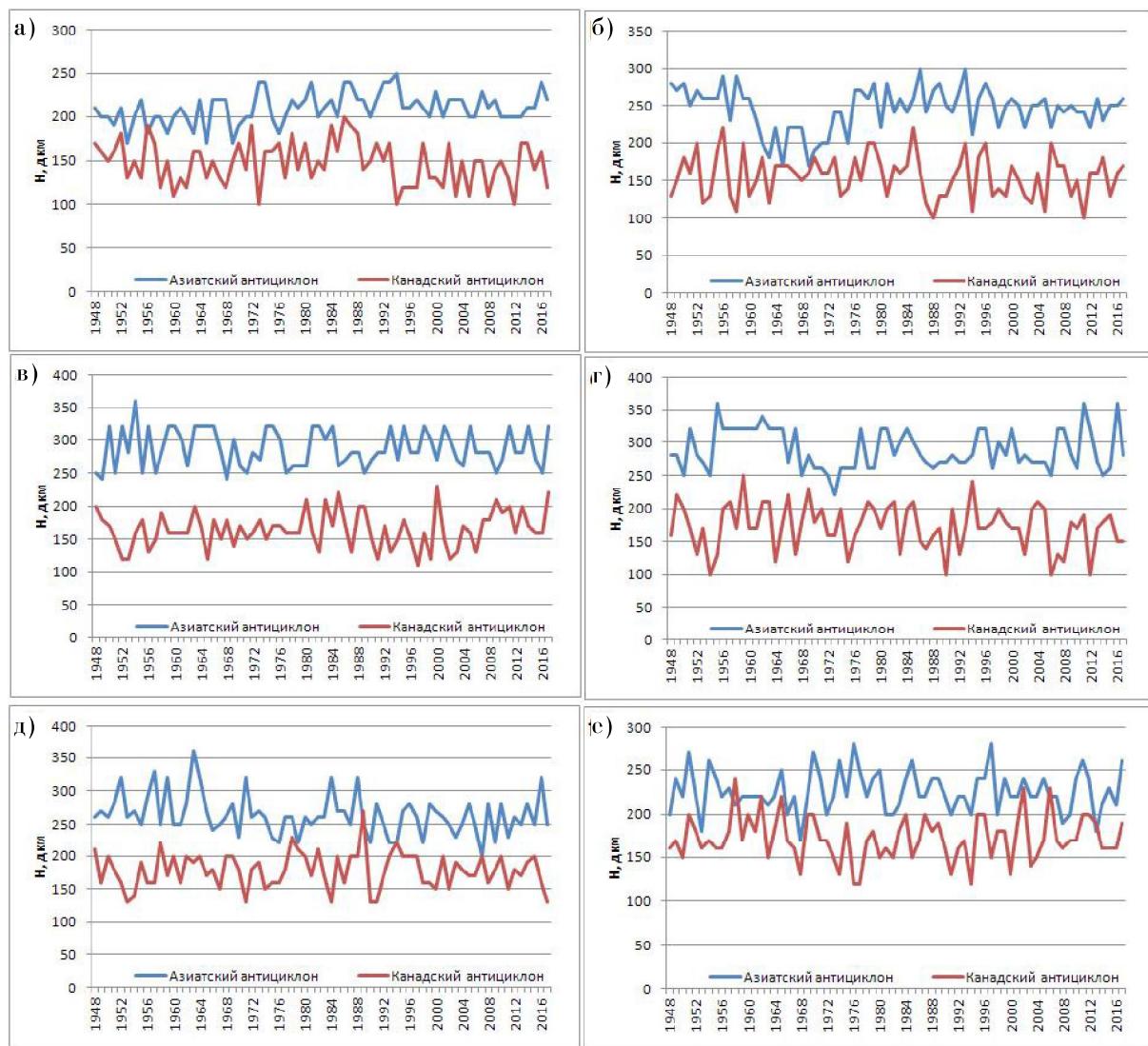
Таблица 2 / Table 2

*Статистические характеристики геопотенциала в центре Канадского антициклона на изобарической поверхности 1000 гПа в период 1948–2017 гг. / Statistical characteristics of geopotential in the center of the Canadian anticyclone on the isobaric surface of 1000 hPa for the period 1948–2017*

<b>Характеристика / Characteristic</b>	<b>Месяцы / Months</b>					
	X	XI	XII	I	II	III
Среднее / Mean	147,0	156,4	164,6	172,7	178,7	172,3
Станд. отклонение / Standard deviation	24,5	28,4	27,4	34,4	26,9	26,1
Минимум / Min	100,0	100,0	110,0	100,0	130,0	120,0
Максимум / Max	200,0	220,0	230,0	250,0	270,0	240,0
Асимметрия / Asymmetry	0,0	0,1	0,2	-0,3	0,3	0,2
Эксцесс / Excess	-0,7	-0,6	-0,3	-0,3	0,7	0,1

В многолетней динамике Азиатского антициклона с начала 1990-х гг. прослеживается слабо выраженная тенденция к ослаблению антициклона. Аналогично в центре Канадского антициклона в декабре и марте установлено незначительное усиление антициклона, в остальные месяцы

холодного периода происходит его ослабление. Таким образом, в условиях глобального и регионального повышения температур происходит ослабление зимних континентальных центров действия атмосферы – Азиатского и Канадского антициклонов (рис. 1).



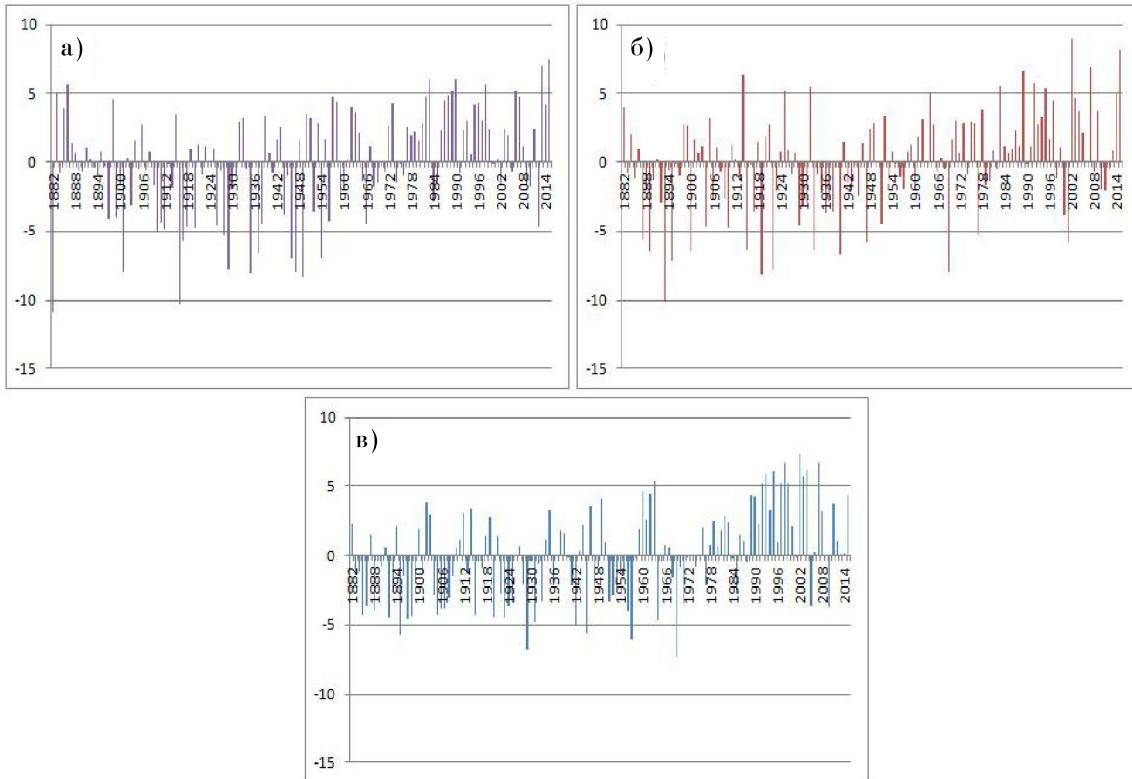
*Рис. 1. Изменение геопотенциала (дкм) в центре Азиатского и Канадского антициклонов на изобарической поверхности 1000 гПа в октябре (а), ноябре (б), декабре (в), январе (г), феврале (д), марте (е) 1948–2017 гг. / Fig. 1. Change in geopotential (dcm) in the center of the Asian and the Canadian anticyclone on an isobaric surface of 1000 hPa in October (a), November (b), December (c), January (d), February (e) and March (f) 1948–2017*

Именно в зимние месяцы 2000–2016 гг. на фоне ослабления Азиатского антициклона положительные аномалии средних месячных температур на территории При-

байкалья и Забайкалья достигают рекордно высоких значений. Наглядно это видно по данным метеорологической станции Иркутск, где, начиная с 1882 г., в 2000–2016 гг.

аномалии средних месячных температур достигают рекордно высоких значений и составляют в январе 2002 г. 9,0 °С, в фев-

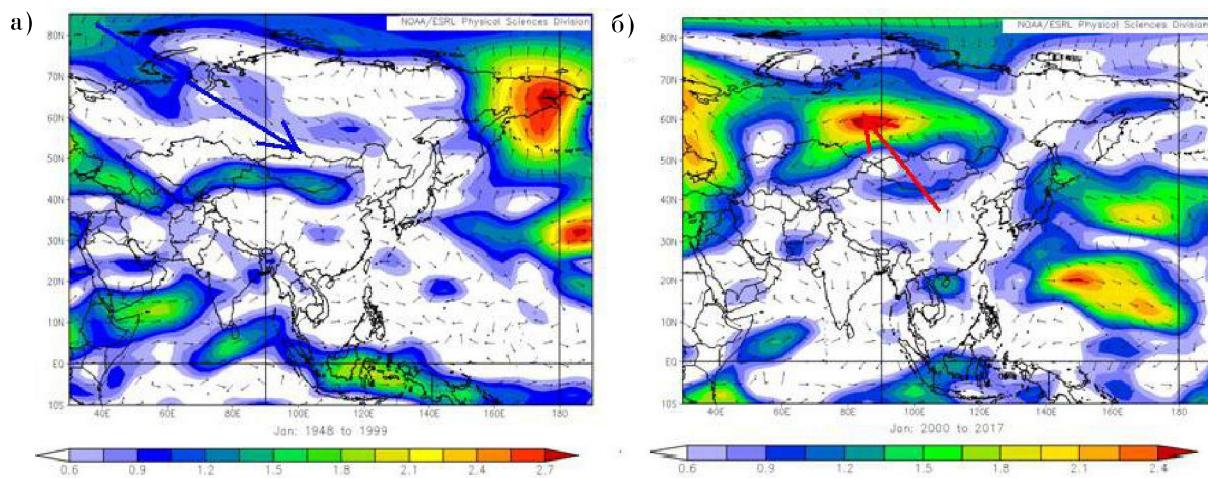
рале 2002 г. – 7,4 °С и в декабре 2015 г. – 7,5 °С (рис. 2).



*Рис. 2. Аномалии средних месячных температур на метеорологической станции Иркутск в декабре (а), январе (б) и феврале (в) по отношению к средним значениям за 1882–2016 гг. / Fig. 2. Anomalies of mean monthly temperatures at the meteorological station Irkutsk in December (a), January (b) and February (c), relative to the average values for 1882–2016*

Для исследования причин ослабления Азиатского антициклона в зимние месяцы 2000–2016 гг. сформулирована гипотеза, согласно которой в условиях глобальных изменений климата меняются циркуляционные факторы формирования Азиатского антициклона. Учитывалось, что интенсивность Азиатского антициклона определяется двумя составляющими: исходящими потоками холодного воздуха, поступающего из средней и верхней тропосферы, и радиационным выхолаживанием у поверхности Земли. Поэтому для оценки типа воздушных масс, формирующих Азиатский анти-

циклон, рассчитывались аномалии характеристик ветра и температуры воздуха на уровне АТ–500 гПа (средняя тропосфера). Выявлено, что в январе 1948–1999 г. динамика Азиатского антициклона определялась господствующим влиянием холодных арктических воздушных масс с северо-западной составляющей (рис. 3а). Современная динамика антициклона (2000–2016) определяется влиянием более тёплых воздушных масс с юга (рис. 3б). В результате как в северную, так и южную периферию Азиатского антициклона вовлекается более тёплый воздух.



**Рис. 3. Господствующие потоки и аномалии температуры воздуха на АТ-500 гПа (5 км) в январе 1948–1999 гг. (а) и 2000–2017 гг. (б) (по отношению к средним значениям 1948–2016 гг.) /  
Fig. 3. Prevailing currents and anomalies of air temperature at AT-500 hPa (5 km) in January 1948–1999 (a) and 2000–2017 (b) (with respect to the average values of 1948–2016)**

Корреляционный анализ изменения давления в центре Азиатского антициклона и климатических индексов (АО – арктическое колебание; NPI – северо-тихоокеанский; SOI – индекс южного колебания) показал, что в 2001–2017 гг. по сравнению с более ранними периодами существенно снизился уровень корреляционной связи полей давления в Азиатском антициклоне с циркуляционными процессами в высоких и низких широтах, включая крупномасштабные процессы, протекающие в тропической зоне Тихого океана. Возможно, в последние десятилетия происходит перестройка крупномасштабных форм циркуляции на фоне усиления неустойчивости атмосферы либо в динамике Азиатского антициклона выделилась роль других, не изученных ранее факторов.

Для исследования влияния Азиатского антициклона на климат и экологию территории Прибайкалья и Забайкалья определялись метеорологические характеристики в области Азиатского антициклона по ежедневным выходным данным модели GFS в холодный период (Х–III) 2016 и 2017 гг. Установлена значительная изменчивость давления в центре Азиатского антициклона, от 1000 до 1065 гПа при средних значениях 1037 гПа. Чаще всего центр Ази-

атского антициклона находился в районе 53° с. ш. и 85° в. д., т. е. оказывал влияние на исследуемые регионы. Средние значения скорости ветра составляли 1,4 м/с, в 54 % случаев в зоне влияния Азиатского антициклона наблюдались штили, что определяет неблагоприятные условия для очищения атмосферы от примесей. Между вариациями температуры воздуха и давления в центре Азиатского антициклона прослеживается устойчивая отрицательная корреляционная связь ( $r=-0,32$ ), что еще раз указывает на важность учета радиационного фактора в формировании и эволюции Азиатского антициклона. Влагосодержание атмосферы в антициклоне в среднем составляло 0,014 кг/м<sup>2</sup>, максимальные значения достигали 0,301 кг/м<sup>3</sup>. По рассчитанным значениям вертикальных сдвигов направления ветра в слое Земля – 3 км выявлена преобладающая адвекция тепла в слое при правом повороте ветра с высотой, на долю которой приходится 86 % случаев, что еще раз подтверждает вклад южной составляющей ветра в современной динамике Азиатского антициклона.

**Выводы.** Современные тенденции Азиатского антициклона характеризуются его ослаблением в зимние месяцы на фоне превалирующей адвекции тепла при усилении

вклада потоков южной составляющей в нижней и средней тропосфере. Наблюдаемые тенденции тесно согласуются с ослаблением Канадского антициклона, т. е. носят крупномасштабный характер на фоне наблюдаемого потепления в высоких и умеренных широтах Северного полушария.

Ослабление Азиатского антициклона сопровождается более слабым радиационным выхолаживанием подстилающей поверхности и способствует формированию крупных положительных аномалий зимних

температур на территории Прибайкалья и Забайкалья.

Метеорологические условия в зоне влияния Азиатского антициклона на исследуемой территории характеризуются преобладающим влиянием штилей (54 %) и слабого ветра, значительной изменчивостью атмосферного давления и сравнительно низким влагосодержанием атмосферы, что способствует длительному сохранению повышенных уровней загрязнения атмосферного воздуха.

### Список литературы

---

1. Архангельский В. Л. Пути и скорости перемещения циклонов и антициклонов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Труды ДВНИГМИ. 1956. Вып. 1. С. 14–23.
2. Безуглова Н. Н., Зинченко Г. Н. Региональные климатические проявления глобальной циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 83–87.
3. Дзерзевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука, 1975. 285 с.
4. Лошенко К. А., Латышева И. В., Шахаева Е. В. Исследование динамики Азиатского антициклона и холодных циркуляционных периодов на территории Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. 2011. № 2. С. 161–171.
5. Cohen J., Entekhabi D. D. Eurasian snow cover variability and Northern Hemisphere climate predictability // Geophys. Res. Lett. 1999. Vol. 26. P. 345–348.
6. Ding Y., Krishnamurti T. N. Heat budget of the Siberian high and the winter monsoon // Mon. Wea. 1987. Vol. 115. P. 2428–2449.
7. Jones J. E., Conen J. Diagnostic Comparison of Alaskan and Siberian Strong Anticyclones // Journal Climat. 2011. P. 2599–2611.
8. Takaya K., Nakamura H. Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold Siberian high // Journal Atmos. Sci. 2005. Vol. 62. P. 4423–4440.

### References

---

1. Arkhangelsk V. L. *Trudy DVNIGMI* (Trudy FESIMI), 956, issue. 1, pp. 14–23.
2. Bezuglova N. N., Zinchenko G. N. *Geografiya i prirodyne resursy* (Geography and natural resources), 2009, no. 3, pp. 83–87.
3. Dzerzhevsky B. L. *Obshchaya tsirkulyatsiya atmosfery i klimat* (The general circulation of the atmosphere and climate). Moscow: Science, 1975. 285 p.
4. Loschenko K. A., Latysheva I. V., Shakhacova E. V. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta* (News of the Irkutsk State University), 2011, no. 2, pp. 161–171.
5. Cohen J., Entekhabi D. D. *Geophys. Res. Lett* (Geophys. Res. Lett). 1999, vol. 26, pp. 345–348.
6. Ding Y., Krishnamurti T. N. *Mon. Wea* (Mon. Wea), 1987, vol. 115, pp. 2428–2449.
7. Jones J. E., Conen J. *Journal Climat* (Journal Climat), 2011, pp. 2599–2611.
8. Takaya K., Nakamura H. *Journal Atmos. Sci* (Journal Atmos. Sci), 2005, vol. 62, pp. 4423–4440.

### Коротко об авторах

---

**Вологжина Саяна Жамсаароновна**, канд. геогр. наук, декан географического факультета, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: загрязнение атмосферного воздуха, потенциал самоочищения атмосферы, Байкальский регион, экологический туризм, особо охраняемые природные территории svologzhina@gmail.com

**Латышева Инна Валентиновна**, канд. геогр. наук, и. о. зав. кафедрой метеорологии и охраны атмосферы, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: климат, атмосферная циркуляция, годовые аномалии, самоочищение атмосферы, Байкальский регион ababab1967@mail.ru

**Briefly about the authors**

---

**Sayana Vologzhina**, candidate of geographical sciences, dean of Geographical faculty, Irkutsk State University, Russia. Sphere of scientific interests: air pollution, potential of air self-purification, modeling, Baikal region, ecological tourism, especially protected natural territory

**Inna Latysheva**, candidate of geographical sciences, acting head of Meteorology and Atmospheric Protection department, Irkutsk State University, Russia. Sphere of scientific interests: climate, atmospheric circulation, weather anomalies, self-cleaning of the atmosphere, Baikal region

**Образец цитирования**

---

Вологжина С. Ж., Латышева И. В. Динамика азиатского антициклона и его влияние на климат и экологию Байкальского региона // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2019. Т. 25. № 3. С. 4–11. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-4-11.

Vologzhina S., Latysheva I. The dynamics of the Asian anti-cycle and its influence on climate and ecology of the Baikal region // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 3, pp. 4–11. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-4-11.

Статья поступила в редакцию: 20.08.2018 г.

Статья принята к публикации: 18.02.2019 г.

