

## ОСОБЕННОСТИ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ ФРОНТЕ НА ФОНЕ РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПОТЕПЛЕНИЯ

*С.В.Морозова, Е.А.Полянская, М.А.Алимпиева*  
*Саратовский государственный университет*  
*г. Саратов, Россия, e-mail:swetwl@yandex.ru*

В статье рассматриваются особенности циклонической деятельности на полярном фронте в два естественных климатических периода состояния земной климатической системы – в фазу относительного похолодания и во вторую волну глобального потепления. Выявлено, что зимой во вторую волну глобального потепления полярнофронтовые циклоны развиваются на более высоком температурном фоне, чем в фазу относительного похолодания. Летом температурный режим полярнофронтовых циклонов в два климатических интервала не изменился. При этом замечено увеличение количества зимних осадков и уменьшение летних во вторую волну глобального потепления по сравнению с предыдущим периодом. Во вторую волну глобального потепления уменьшается число случаев гололеда, изморози, метелей, гроз по сравнению с фазой относительного похолодания.

*Ключевые слова:* вторая волна глобального потепления; фаза относительного похолодания; полярный фронт; циклоническая деятельность; неблагоприятные явления погоды.

## FEATURES OF CYCLONIC ACTIVITY ON THE POLAR FRONT AT THE BACKGROUND OF DEVELOPING WARMING

*S.V.Morozova, E.A.Polyanskaya, M.A.Alimpieva*  
*<sup>1</sup>Saratov State University*  
*Saratov, Russia, e-mail:swetwl@yandex.ru*

The article examines the features of cyclonic activity on the polar front in two natural climatic periods of the state of the earth's climate system - in the phase of relative cooling and in the second wave of global warming. It was revealed that in winter, during the second wave of global warming, polar-front cyclones develop at a higher temperature background than during the phase of relative cooling. In summer, the temperature regime of polar-front cyclones did not change in the two climatic intervals. At the same time, an increase in the amount of winter precipitation and a decrease in summer precipitation was observed compared to the previous period. During the second phase of global warming, the number of cases of ice, frost, blizzards, and thunderstorms decreases compared to the phase of relative cooling.

*Keywords:* second wave of global warming; phase of relative cooling; polar front; cyclonic activity; adverse weather events.

Современное развивающееся потепление не однородно по своей структуре. На фоне продолжающегося роста температур выделяются временные промежутки, в которые в ходе приземной температуры воздуха обнаруживаются интервалы с однонаправленной тенденцией ее изменения. С конца XIX века, когда в распоряжении специалистов –климатологов имеется достаточно надежный архив данных инструментальных наблюдений за температурой воздуха, выделяются различающиеся по продолжительности промежутки, в которые средние полушарные температуры либо практически не изменялись, либо даже падали. Причем, что промежутки выделяются и глобально [1], и на уровне регионов [2]. Промежутки было предложено называть естественными климатическими периодами состояния земной климатической системы (ЗКС) [3].

Однако датировка этих интервалов у разных исследователей различна. Так Г.В.Груза и Э.Я. Ранькова [4], Б.Г.Шерстюков [5] окончанием первой волны глобального потепления считают середину 40-х годов XX века. В.Н.Малинин придерживается несколько иной датировки [6] однородных климатических интервалов.

Безусловно, наблюдаемые климатические изменения затрагивают многие звенья земной климатической системы – криосферу (таяние морских льдов) [7], гидросферу (количество водяного пара в атмосфере) [8, 9], биосферу (зафиксированное в умеренных широтах естественное увеличение площади зеленой биоты [10], расширение/сужение ареалов обитания некоторых живых организмов [11]).

Кроме того, изменяются и характеристики атмосферы – содержание термодинамически активных примесей (углекислый газ, метан, оксиды азота и др.), изменяются температура и влагосодержание атмосферы [1, 2]. Фиксируемые изменения состава и характеристик атмосферы не могут не повлиять на атмосферную циркуляцию. Об особенностях характера циркуляции в различные климатические периоды можно прочесть в многочисленных публикациях, например, в [3, 12 - 16].

В большинстве публикаций рассматривается изменение состояния структурных элементов общей циркуляции атмосферы (ОЦА) [13], изменение интегральных характеристик атмосферы (индексов циркуляции) [14], режимов ветров [15]. Таким синоптическим объектам, как атмосферные фронты, уделяется намного меньше внимания в современных исследованиях. В качестве примера исследования, посвященного атмосферным фронтам, можно привести работу О.А.Разореновой по климатологии высотных фронтальных зон Северного полушария [16].

Объектом настоящего исследования является полярный фронт, а именно участок его Атлантико-Европейской ветви, локализующейся над

Поволжье. По этой ветви полярного фронта на Поволжье выходят Средиземноморские и Черноморские циклоны. Обычно эти циклоны хорошо увлажняют территорию Поволжья и приносят обильные осадки зимой.

На фоне наблюдающихся климатических изменений оказывается интересным рассмотреть активность этой ветви полярного фронта над Нижним Поволжьем, чему и посвящена настоящая статья. Ввиду «плавающих» границ естественных климатических периодов циклоническая деятельность на полярном фронте (ПФ) рассматривалась в два интервала. Первый интервал лежит внутри периода относительного похолодания – 1949 – 1969 гг., второй – внутри периода развития второй волны глобального потепления – 1998 – 2014 гг. По синоптическим картам за 00ч Гринвичского времени в трех пунктах Нижнего Поволжья – Саратове, Волгограде и Астрахани выбирались случаи воздействия полярнофронтальных циклонов (ПФЦ). По картам погоды и с привлечением срочных наблюдений определялись характеристики погоды в различных частях циклона – передней части, в теплом секторе и за холодным фронтом (тыловая часть циклона). Выделение полярнофронтальных циклонов проводилось согласно региональной типизации атмосферных процессов В.Л.Архангельского [17] и Е.А.Полянской [18].

В табл. 1 и 2 представлены значения температуры воздуха в различных частях полярнофронтального циклона в фазу относительного похолодания и в период развития второй волны глобального потепления в январе и июле соответственно.

Таблица 1

**Температура воздуха (° С) при прохождении полярнофронтального циклона (январь)**

Пункт	Фаза относительного похолодания			Вторая волна глобального потепления		
	Перед ТФ	ТС	За ХФ	Перед ТФ	ТС	За ХФ
Саратов	-5,0	-3,7	-7,3	-1,8	-0,2	=0,3
Волгоград	-2,9	-1,7	-4,6	-0,2	1,9	-0,7
Астрахань	0,3	0,1	-1,7	3,0	2,6	1,3
Среднее	-3,2	-1,7	-4,5	0,3	1,4	0,1

Примечание: в таблице и ниже по тексту приняты следующие обозначения: ТФ – теплый фронт; ТС – теплый сектор; ХФ – холодный фронт

Как видно из табл. 1, в январе в фазу относительного похолодания температуры воздуха у земли при прохождении полярнофронтальных циклонов были отрицательными, на фоне второй волны глобального потепления при прохождении полярнофронтальных циклонов возникали оттепели. Увеличе-

ние количества оттепелей повышает риски сельскохозяйственного производства в этом зерносеющем регионе, к которому относится Поволжье. Также стоит отметить, что зимой контраст температур при прохождении теплого фронта полярнофронтового циклона в фазу относительного похолодания составлял  $1,5^{\circ}\text{C}$ , а во вторую волну потепления стал меньше –  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Тоже самое отмечается и при прохождении холодного фронта полярнофронтового циклона. Контраст температур в первый и второй естественные климатические периоды в зоне холодного фронта  $2,8^{\circ}\text{C}$  и  $1,3^{\circ}\text{C}$  соответственно.

В табл. 2 приведены температуры воздуха при прохождении разных частей ПФ в лето (июль).

*Таблица 2*  
*Температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) при прохождении полярнофронтового циклона (июль)*

Пункт	Фаза относительного похолодания			Вторая волна глобального потепления		
	Перед ТФ	ТС	За ХФ	Перед ТФ	ТС	За ХФ
Саратов	23,2	24,9	20,3	25,0	26,3	22,4
Волгоград	25,3	25,9	23,0	27,1	27,4	23,1
Астрахань	25,9	27,1	26,2	27,1	25,9	24,5
Среднее	24,8	26,0	23,2	26,4	26,5	23,3

По табл. 2 можно заключить, что летом при прохождении циклонов, развитых на полярном фронте, температуры воздуха у земли в различных частях циклона в два естественных климатических периода практически не изменились. Однако, контраст температур при прохождении теплого фронта ПФЦ в фазу относительного похолодания был больше, чем во вторую волну глобального потепления. Контраст температур при прохождении холодного фронта ПФЦ во второй естественный климатический период оказался больше, чем в первый.

Рассмотрим, как выявленные особенности отражаются на режиме осадков, связанных с полярнофронтовыми циклонами (табл. 3).

Как видно из табл. 3, количество осадков при прохождении полярнофронтовых циклонов увеличивается зимой (январь) и уменьшается летом (июль), что также повышает сельскохозяйственные риски в растениеводстве и в животноводстве в регионе. Увеличение зимних осадков, по-видимому, можно объяснить более высокими температурами воздушных масс при формировании полярного фронта. Уменьшение количества летних осадков, возможно, объясняется выявленным уменьшением температурных контрастов во фронтальной зоне при прохождении теплого фронта.

Увеличение контрастов в зоне холодного фронта, по-видимому не способствуют увеличению количества осадков, хотя число случаев выпадения ливневых осадков в Нижнем Поволжье возрастает [19].

Таблица 3

**Количество осадков (мм) при прохождении полярнофронтального циклона в различные естественные климатические периоды**

Пункт	Фаза относительного похолодания		Вторая волна глобального потепления	
	январь	июль	январь	июль
Саратов	9,2	24,7	23,9	14,2
Волгоград	12,2	17,6	16,5	15,8
Астрахань	4,8	10,0	6,3	11,4
Среднее	8,7	17,4	15,6	13,8

Известно, что при прохождении циклона и его фронтальных разделов часто возникают опасные и неблагоприятные погодные явления – шквалистые усиления ветра, ливни, туманы, гололед, заморозки и т.п. В табл. 4 приведена повторяемость (число случаев) возникновения некоторых явлений погоды, наблюдающихся при прохождении циклонов, развитых на полярном фронте, в два естественных климатических периода состояния земной климатической системы.

Таблица 4

**Повторяемость (ч. сл.) некоторых явлений погоды в различные естественные климатические периоды**

Явления погоды	Фаза относительного похолодания				Вторая волна глобального потепления			
	Саратов	Волгоград	Астрахань	Всего	Саратов	Волгоград	Астрахань	Всего
Гололед	4,7	3,0	2,1	9,1	0,9	0,7	0,2	1,8
Изморозь	3,4	2,0	2,0	7,4	0,9	0,5	0,2	1,6
Туман	11,7	12,4	14,2	38,3	17,3	3,6	3,2	24,1
Метель	3,6	3,1	0,6	7,3	0,3	0,1	-	0,4
Гроза	11,5	9,6	5,0	26,1	0,7	0,8	0,7	2,2

Как видно из табл. 4, количество выбранных явлений погоды, связанных с прохождением полярного фронта в Нижнем Поволжье во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом относительного похолодания, существенно уменьшилось. Это связано с изменением температуры воздушных масс, формирующих полярный фронт, а также может быть отражением процесса ослабления влияния полярного фронта на Ниж-

нее Поволжье. На уменьшение числа случаев воздействия полярнофронтальных циклонов на Нижнее Поволжье указывается в публикациях [20, 21], Отметим также, что во вторую волну глобального потепления по сравнению с предыдущим климатическим периодом возросло число случаев туманов в Саратове.

Таким образом, в результате проведенного исследования в Нижнем Поволжье выявлены различия в проявлении циклонической деятельности на полярном фронте в два естественных климатических периода состояния земной климатической системы. Во вторую волну глобального потепления полярнофронтальные циклоны зимой развиваются на более высоком температурном фоне. Летом различия температурного фона, на котором формируются полярнофронтальные циклоны, в фазу относительного похолодания и во вторую волну глобального потепления не выявлены. Замечено уменьшение числа таких явлений погоды как гололед, изморозь, метели, грозы во вторую волну глобального потепления по сравнению с предыдущим на участке Восточно-Европейской ветви полярного фронта, локализуемой в Нижнем Поволжье.

### **Библиографические ссылки**

1. IPCC 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press. 2022. 3056 p. doi: 10.1017/9781009325844.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва. Росгидромет. 2022. 676 с.
3. Морозова С.В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов. Изд-во СГУ. 2019. 132 с.
4. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
5. Шерстюков Б. Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: Изд-во ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 246 с.
6. Малинин В.Н., Гордеева С.М. О современных изменениях глобальной температуры воздуха // Общество. Среда. Развитие. 2011. № 2. С. 215–221
7. Иванов В. В. Современные изменения гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, связанные с сокращением морского ледяного покрова // Гидрометеорология и экология. 2021. № 64. С. 407—434. doi: 10.33933/2713-3001-2021-64-407-434.
8. Малинин В.Н., Гордеева С.М., Наумов Л.М. Влагосодержание атмосферы как климатообразующий фактор // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т.15. № 3. С. 243—351.
9. Логинов В.Ф.. Тренды, скачки, паузы в изменении климата земного шара и их возможные причины. Гидрометеорология и образование. 2022. №2. С. 6-27.

10. Клименко В.В. Мониторинг динамики глобальных климатических процессов /Математические и физические методы в экологии и мониторинге природной среды: Тр. Междунар. конф. М.: МГУЛ, 2001. С. 43-53.
11. Переведенцев Ю.П., Рахимов И.И., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М. Влияние современных климатических изменений на фенологию и поведение птиц. Гидрометеорология и образование. 2021. №2. С.28-46.
12. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань. Изд-во КГУ. 2009. 504 с.
13. Попова В.В. Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариации крупномасштабной атмосферной циркуляции. Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. № 1. С. 84-112.
14. Боков В.Н., Воробьев В.Н. Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата. Ученые записки РГГМУ. 2010. №13. С. 83-88.
15. Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н. О некоторых особенностях динамики общей циркуляции атмосферы в условиях глобального изменения климата. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 3. С.346-357.
16. Разоренова О.А. Климатология высотных фронтальных зон Северного полушария в зимний период. Метеорология и гидрология. 2016. №1. С. 5-16.
17. Архангельский В.Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья. Саратов. Изд-в СГУ. 1968. 208 с.
18. Полянская Е.А. Синоптические процессы и явления погоды в Нижнем Поволжье. Саратов. Изд-во СГУ. 1986. 208 с.
19. Морозова С.В., Полянская Е.А., Пужлякова Г.А., Фетисова Л.М. Статистическая структура суточных сумм осадков тёплого периода в Саратове. Материалы Всероссийской конференции «Современные глобальные и региональные изменения геосистем». Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2005. С.355-356.
20. Морозова С.В., Полянская Е.А., Алимпиева М.А. Исследование синоптических процессов на юго-востоке Русской равнины в различные климатические периоды. Гидрометеорология и образование. 2021. № 2. С. 47-55. 1
21. Морозова С.В., Полянская Е.А., Алимпиева М.А. Особенности проявления глобальных климатических тенденций на юго-востоке Русской равнины. Гидрометеорология и образование. 2021. № 4. С. 20-30.