



УДК 551.583 : 551.524.3

<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.60>

Тенденции изменений температурного режима на территории Республики Башкортостан в холодный период

Р. Г. Камалова*

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

Р. Ш. Фатхутдинова, Л. А. Курбанова, А. О. Фирстов

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования изменений термического режима в холодном периоде на территории Республики Башкортостан. Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что наблюдаемые климатические изменения могут иметь различную интенсивность в пределах Башкирского Предуралья, Южного Урала и Башкирского Зауралья. Оценка региональных изменений термического режима холодного периода проведена на основе методов статистического анализа данных многолетних наблюдений, традиционно применяемых в исследованиях подобного плана. Для анализа использованы данные наблюдений на 30 метеорологических станциях республики в период 1961–2020 гг. Установлено, что средние месячные температуры воздуха имеют тенденцию к росту, статистически значимым увеличением температуры характеризуются январь, февраль и март; существеннее температура воздуха растет в Предуралье, наименьший рост отмечается в Зауралье. Более половины случаев аномалий температуры (51,7 %) относится к критериям «теплого сезона» и «очень теплого сезона». Выявлено сокращение продолжительности холодного периода в республике за счет смещения даты его начала на более поздние сроки, а окончания – на более ранние. В ходе корреляционного анализа выяснено, что рост температур воздуха в холодном периоде связан с уменьшением блокирующих процессов Скандинавского колебания и усилением зональной циркуляции, создаваемой Арктической и Североатлантической осцилляциями.

Ключевые слова: температура воздуха, изменение климата, климатическая норма, тренд-анализ, Предуралье, Южный Урал, Зауралье.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан НОЦ-РМГ-2022 «Создание методологических основ оценки баланса парниковых газов и определения потенциала депонирования углерода в экосистемах».

Для цитирования: Тенденции изменений температурного режима на территории Республики Башкортостан в холодный период / Р. Г. Камалова, Р. Ш. Фатхутдинова, Л. А. Курбанова, А. О. Фирстов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2023. Т. 44. С. 60–73. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.60>

Trends of Temperature Regime Changes on the Territory of the Republic of Bashkortostan during the Cold Period

R. G. Kamalova*

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

R. Sh. Fatkhutdinova L. A. Kurbanova A. O. Firstov

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

Abstract. The results of the study of changes in the thermal regime in the cold period on the territory of the Republic of Bashkortostan are presented. The relevance of this study is due to the fact that the observed climatic changes may have different intensity within the Bashkir Pre-Urals, the Southern Urals and the Bashkir Trans-Urals. The assessment of regional changes in the thermal regime of the cold period was carried out on the basis of methods of statistical analysis of data from long-term observations, traditionally used in studies of this kind. The statistical significance of the values was estimated at a 95% confidence level. The data of observations at 30 meteorological stations of the republic in the period 1961-2020 were used for the analysis. It was found that the average monthly air temperatures tend to increase, statistically significant temperature increases are characterized by January ($0.64^{\circ}\text{C}/10$ years), February ($0.57^{\circ}\text{C}/10$ years) and March ($0.47^{\circ}\text{C}/10$ years). The air temperature increases more significantly in the Pre-Urals ($0.16\text{-}0.70^{\circ}\text{C}/10$ years), the smallest increase is observed in the Trans-Urals ($0.13\text{-}0.40^{\circ}\text{C}/10$ years). In the considered 60-year period, more than half of the cases of temperature anomalies relate to the criteria of “warm season” (24 cases – 40.0%) and “very warm season” (7 cases – 11.7%). A reduction in the duration of the cold period in the republic was revealed due to the shift of its start date to a later date (1.8 days/10 years), and the end – to an earlier date (-1.0 days/10 years). During the correlation analysis, it was found out that the increase in air temperatures in the cold period is associated with a decrease in the blocking processes of the Scandinavian oscillation and an increase in zonal circulation created by the Arctic and North Atlantic oscillations.

Keywords: air temperature, climate change, climate norm, trend analysis, Pre-Urals, Southern Urals, Trans-Urals.

For citation: Kamalova R.G., Fatkhutdinova R.Sh., Kurbanova L.A., Firstov A.O. Trends of Temperature Regime Changes on the Territory of the Republic of Bashkortostan during the Cold Period. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2023, vol. 44, pp. 60-73. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.60> (in Russian)

Введение

Отклики современного глобального потепления на протяжении последних нескольких десятилетий проявляются во всех регионах нашей планеты [Causes of irregularities ... , 2018; Hashim, Hassan, 2022; Novikova, Ozerski, 2022; Sixth Assessment Report, 2022; Mwangi, 2023]. Известно, что климатические изменения наблюдаются как в целом в Российской Федерации [Доклад о климатических рисках ... , 2017; Третий оценочный доклад ... , 2022; Climatic changes ... , 2022], так и в Республике Башкортостан [Динамика тропосферы ... , 2017; Галимова, 2020; Камалова, Переведенцев, 2022].

В [Sixth Assessment Report ... , 2022] отражено, что глобальное потепление влияет на сезонные изменения термического режима регионов. Данные климатические отклики имеют большое прикладное значение, особенно для некоторых территорий. Так, Республика Башкортостан (РБ), располагаясь на стыке Восточно-Европейской равнины и Уральских гор, имеет сложное оро-

графическое устройство территории. Это, в свою очередь, приводит к формированию сильных различий в физико-географическом и природно-климатическом отношении на ее территории. В пределах сравнительно небольшой по площади республики сформированы следующие природные зоны: в равнинном Башкирском Предуралье – лесная, лесостепная и степная зоны Восточно-Европейской равнины; на Южном Урале – горно-лесная и горно-лесостепная области; в холмисто-увалистом Башкирском Зауралье – лесостепная и степная зоны Западно-Сибирской равнины.

Целью настоящего исследования является анализ изменений термического режима холодного периода на территории Республики Башкортостан и ее регионов в период 1961–2020 гг.

Материалы и методы исследования

В ходе настоящего исследования были проанализированы данные многолетних наблюдений за температурным режимом холодного периода (ХП) на 30 метеорологических станциях, входящих в сеть Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (БашУГМС). Базой данных послужил архив Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных¹, фондовые материалы БашУГМС, а также портал «Архив погоды с 1929 года»².

Для анализа статистики и временной изменчивости изучаемой метеорологической величины были рассчитаны ее характеристики за основной исследуемый период (1961–2020 гг.) и базовые периоды, рекомендованные Всемирной метеорологической организацией (ВМО) (1961–1990, 1981–2010, 1991–2020 гг.) по 30 метеорологическим станциям (МС): среднее значение (климатическая норма), среднеквадратическое отклонение (СКО); выявлены максимальные значения. Для расчета аномалий температуры воздуха (ΔT) использованы критерии ВМО, которые представлены в Руководящих указаниях³ и используются в УГМС Росгидромета. В качестве климатической нормы принят период 1961–1990 гг., который традиционно используется при оценке изменений температурного режима. Согласно критериям период относится к «очень холодному» при аномалии $-3,0$ °С и ниже, к «холодному», если аномалия варьировалась в диапазоне от $-0,7$ до $-3,0$ °С; период относится к «очень теплому» при аномалии $+3,0$ °С и выше, к «теплому», если аномалия была в пределах $+0,7...+3,0$ °С от климатической нормы.

Оценка региональных изменений климата получена с применением тренд-анализа и корреляционного анализа. С помощью углового коэффициента наклона линии тренда (КНЛТ) характеризовалась скорость изменения величины, ее рост (повышение) или снижение (уменьшение). Величиной коэффициента детерминации R^2 оценивался вклад линейного тренда в общую

¹ Специализированные массивы: Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 15.11.2022).

² Архив погоды с 1929 года. URL: http://pogoda-service.ru/archive_gsod.php (дата обращения: 15.11.2022).

³ WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. URL: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20130#_Y_s4E7VByUI (дата обращения: 15.12.2022).

изменчивость показателя. Достоверность результатов определялась с помощью критериев Фишера.

При оценке влияния макроциркуляционных процессов на изменения температуры воздуха XII в РБ были использованы данные NCEP/NCAR реанализа Центра прогноза климата NOAA⁴ об индексах циркуляции атмосферы Североатлантического колебания (NAO), Арктической осцилляции (АО), Скандинавской осцилляции (SCAND) и Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО).

Карты строились в программе ArcGIS Arcmap. Для корректности картирования были также использованы данные 11 метеостанций, находящихся в смежных с Республикой Башкортостан субъектах.

Результаты

Термический режим на территории РБ формируется в условиях совокупного взаимодействия солнечной радиации, циркуляции воздушных масс и влияния подстилающей поверхности. Благодаря наличию горного барьера в XII изотермы имеют практически меридиональное простираение, которое меняется на широтное с наступлением тепла и исчезновением Азиатского антициклона. В силу этого широтная закономерность распределения температуры воздуха сохраняется, но сильно трансформируется под влиянием гор Южного Урала. На рис. 1, А в качестве примера показано распределение январской температуры воздуха на территории республики.

На рассматриваемой территории температура воздуха становится отрицательной в ноябре, в котором среднее значение составляет $-4,7$ °С (табл. 1). Далее она опускается до наименьших значений в январе ($-13,7$ °С). Практически с первой декады марта температура начинает интенсивно нарастать, оставаясь в пределах отрицательных значений ($-5,8$ °С). На рис. 1, Б проиллюстрирован сезонный ход средней месячной температуры воздуха в РБ.

Таблица 1

Средние месячные температуры воздуха и их КНЛТ в Республике Башкортостан

Регион	Период, годы	XI	XII	I	II	III
Средние месячные температуры воздуха (°С)						
РБ	1961–2020	-4,7	-11,0	-13,7	-12,6	-5,8
Предуралье		-4,7	-10,7	-13,4	-12,3	-5,6
Южный Урал		-6,2	-12,4	-14,6	-13,1	-6,3
Зауралье		-5,4	-11,7	-14,4	-13,4	-7,0
РБ	1961–1990	-5,0	-11,2	-14,9	-13,4	-6,5
Предуралье		-4,6	-10,7	-14,6	-13,2	-6,3
Южный Урал		-6,4	-12,6	-15,6	-13,9	-7,0
Зауралье		-5,7	-11,8	-15,1	-14,0	-7,5
РБ	1981–2010	-5,0	-11,0	-12,6	-12,0	-5,8
Предуралье		-4,7	-10,7	-12,4	-11,8	-5,5

⁴ National Oceanic & Atmospheric Administration, NOAA, Earth System Research Laboratory, ESRL. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/> (дата обращения: 10.10.2022).

Окончание табл. 1

Регион	Период, годы	XI	XII	I	II	III
Южный Урал	1991–2020	-6,4	-12,3	-13,4	-12,5	-6,2
Зауралье		-5,7	-11,4	-13,2	-12,8	-7,1
РБ		-4,4	-10,9	-12,5	-11,8	-5,2
Предуралье		-4,0	-10,5	-12,2	-11,5	-4,9
Южный Урал		-5,9	-12,2	-13,5	-12,3	-5,7
Зауралье		-5,1	-11,6	-13,7	-12,9	-6,5
Коэффициенты наклона линейного тренда (°С/10 лет)						
РБ	1961–2020	0,16	0,16	0,64	0,57	0,47
Предуралье		0,17	0,16	0,70	0,59	0,49
Южный Урал		0,13	0,19	0,57	0,56	0,48
Зауралье		0,16	0,13	0,34	0,40	0,39
РБ	1961–1990	-0,77	0,20	0,63	0,70	0,17
Предуралье		-0,77	0,15	0,62	0,73	0,21
Южный Урал		-0,84	0,25	0,61	0,56	0,23
Зауралье		-0,82	0,31	0,64	0,65	0,02
РБ	1981–2010	1,21	0,05	-0,20	0,19	1,17
Предуралье		1,19	0,01	-0,15	0,17	1,22
Южный Урал		1,22	0,24	-0,22	0,42	1,02
Зауралье		1,40	0,11	-0,39	0,03	0,84
РБ	1991–2020	0,97	0,63	-0,10	0,66	1,02
Предуралье		1,00	0,71	0,05	0,73	1,00
Южный Урал		0,79	0,47	-0,31	0,65	0,97
Зауралье		0,92	0,18	-0,81	0,21	0,94

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые КНЛТ (на уровне достоверности 95 %).

Благодаря сильной орографической неоднородности территории проявляются существенные различия в температурном поле. Так, Башкирское Предуралье характеризуется наибольшими значениями, в то время как Южный Урал и Башкирское Зауралье наименьшими. Анализ сезонного распределения температур показал, что в первой половине XII наиболее низкие температуры воздуха отмечаются на метеостанциях горной части республики, во второй – метеостанциях Зауралья, климат которого тяготеет к более континентальным условиям Сибири.

Наибольшей временной изменчивостью отличается январь (СКО = 3,9 °С). Наибольшие значения СКО температуры января фиксируются на метеостанциях, расположенных на западных предгорьях (4,4–4,6 °С) и в западной части Предуралья (4,3–4,4 °С). Наименьшей временной изменчивостью отличается ноябрь (СКО = 2,7 °С), в котором наибольшие значения вариации свойственны метеостанциям Южного Урала и северной части Предуралья. Следовательно, максимально временная изменчивость температуры воздуха проявляется в более холодных регионах республики.

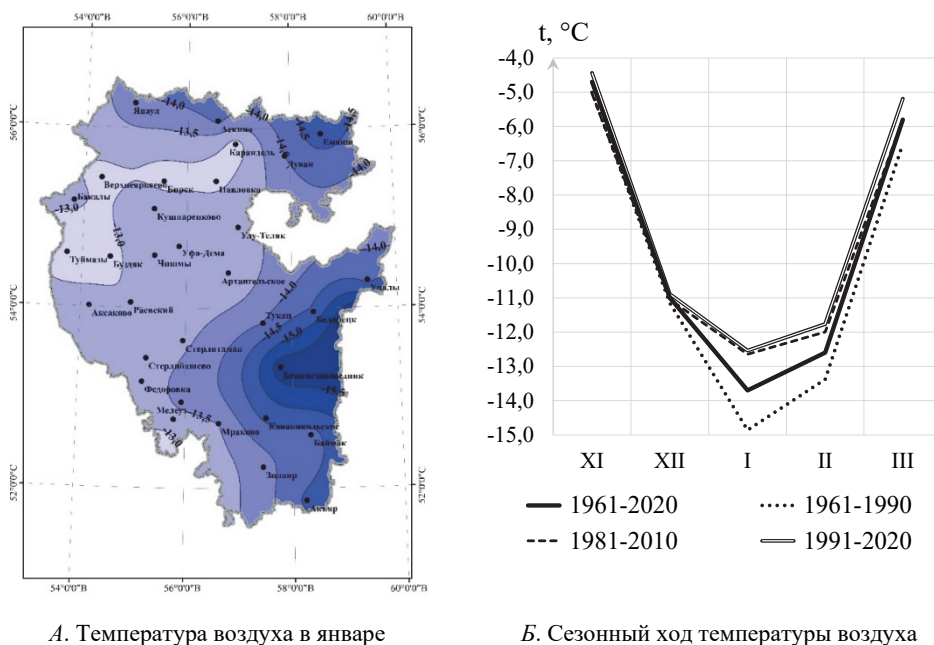


Рис. 1. Пространственное и сезонное распределение температуры воздуха в Республике Башкортостан (1961–2020 гг.)

Абсолютные минимумы температуры воздуха по сравнению с максимумами на территории республики имеют гораздо больший размах по своим значениям [Галимова, 2020]. В зимние месяцы в Башкортостане практически повсеместно фиксировалась температура воздуха ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, за исключением метеостанций Бакалы, Аксаково, Белорецк, Кушнаренково, Баймак, Зилаир и Акъяр, где ее значения колебались в пределах $-37...-39\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самым экстремально холодным месяцем является январь. В данном месяце осредненная абсолютная минимальная температура воздуха в РБ составляет $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$. Экстремум отмечился в 1979 г. на МС Аскино ($-53,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). В эти же сроки наблюдений были зафиксированы рекорды абсолютной минимальной температуры воздуха в северной части республики – на метеостанциях Емаша ($-52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), Караидель ($-52,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), Улу-Теляк ($-51,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) и Янаул ($-50,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Сильные морозы на территории РБ формируются главным образом при преобладании меридиональных форм циркуляции. В [Пьянков, Шихов, 2014] отмечено, что основными процессами являются ультраполярные вторжения низкого холодного антициклона или гребня с Карского моря, Таймыра или севера Западной Сибири; северные и северо-западные вторжения низкого холодного антициклона с Баренцева моря или Новой Земли на фоне глубокого высотного циклона с центром в районе Полярного Урала; длительное стационарирование высокого холодного циклона над Поволжьем или Уралом; стационарирование блокирующего высокого антициклона, обычно сибирского происхождения, который может усиливать морозы до опасных значений ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже) после вхождения в его систему новых ядер арктического происхождения.

В ходе тренд-анализа выявлено, что в 1961–2020 гг. во всех месяцах ХП температура воздуха имеет тенденцию к росту (см. табл. 1). Наибольшая скорость роста обнаружена в январе ($0,64\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) (рис. 2), феврале ($0,57\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) и марте ($0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), в которых тренды статистически значимы. Самые максимальные значения КНЛТ средней месячной температуры фиксировались в январе на метеостанциях Улу-Теляк ($0,88\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), Архангельское ($0,84\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), Буздяк и Стерлитамак ($0,80\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$).

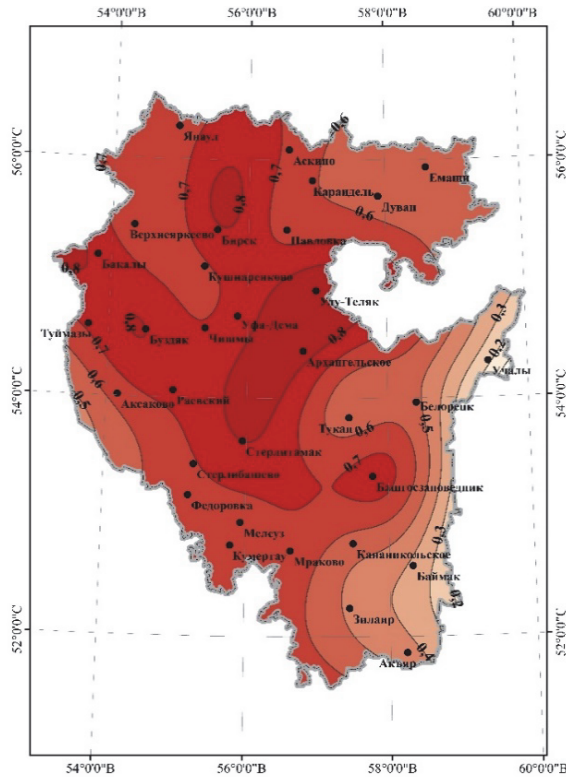


Рис. 2. Пространственное распределение КНЛТ температуры воздуха в январе в Республике Башкортостан (1961–2020 гг.)

При сравнении базовых периодов, рекомендованных ВМО, видно, что в отдельные месяцы некоторых тридцатилетий проявляются несущественные отрицательные тенденции, которые в любом случае компенсируются более высокими положительными значениями КНЛТ в остальных месяцах ХП (см. табл. 1). Кроме этого, при анализе карт (рис. 2) установлено, что интенсивнее температура воздуха растет в Предуралье, ее наименьший рост отмечается в Зауралье.

Распределение аномалий температуры воздуха (ΔT) также является показателем, характеризующим перестройку климатического режима. На рис. 3 показаны межгодовые изменения аномалий температуры ХП в РБ.

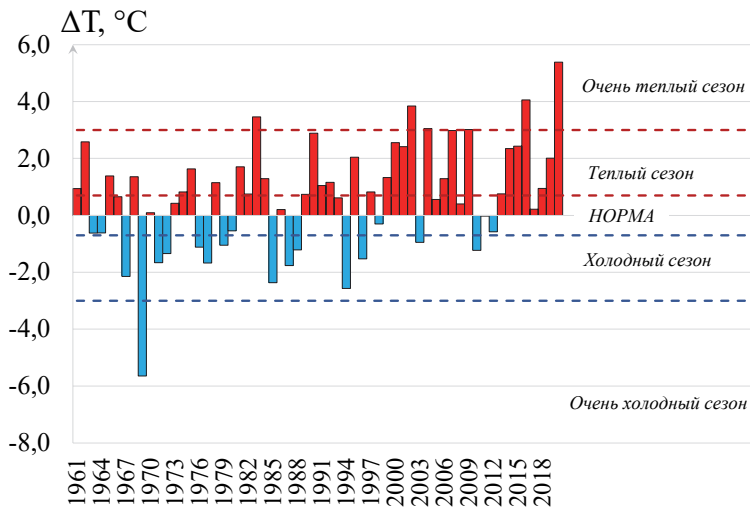


Рис. 3. Межгодовые изменения аномалии температуры воздуха холодного периода в Республике Башкортостан (1961–2020 гг.)

Самым аномально холодным сезоном стал 1969 г. ($-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) и единственным в критерии «очень холодного сезона» (1,7 % от всех случаев). На критерий «холодного сезона» приходится 21,7 % от всех случаев. При этом больше половины случаев относятся к критериям «теплого сезона» (40,0 %) и «очень теплого сезона» (11,7 %). Самым аномально теплым сезоном был 2020 г. ($5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). По рис. 3 также можно отметить, что положительные аномалии после 1990-х гг. не только учащаются, но и усиливается их интенсивность.

В целом на территории Башкортостана выявлен рост температур как в холодном, так и в теплом периоде [Галимова, 2020]. При этом скорость ее роста в ХП существеннее. Данный процесс характерен и для РБ, и для смежных с ней субъектов [Динамика тропосферы ... , 2017; Галимова, 2020; Камалова, Переведенцев, 2022; Сивохип, Павлейчик, 2022]. По прогнозным климатическим моделям CMIP5, разработанным научной группой ГГО им. А. И. Воейкова⁵, на территории республики наибольшим приростом температур также будут характеризоваться зимние периоды. Так, к концу этого столетия по сценарию RCP 2.6 она увеличится на $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а по сценарию RCP 8.5 – на $7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как летние значения определено ниже ($1,8$ и $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно).

Изменениям в термическом режиме подвержены не только температурные показатели, но и сроки наступления и окончания ХП. Так, его началом осенью считается дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ниже), окончанием весной – аналогичный переход (выше). Средней датой начала ХП в Башкортостане считается 30 октября. Самая ранняя дата начала ХП характерна для северо-восточной и горной частей РБ

⁵ Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей CMIP5. Климатический центр Росгидромета. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke> (дата обращения: 27.01.2023).

(26 октября на метеостанциях Дуван и Белорецк), поздние – для центральной и южной частей Предуралья (2 ноября). При анализе расчетов обнаружено, что начало ХП смещается на более поздние даты ноября со скоростью 1,8 сут/10 лет (тренд статистически значим). Наибольшее смещение дат начала ХП выявлено в Предуралье (1,9 сут/10 лет), наименьшее – на Южном Урале (1,3 сут/10 лет). Окончание ХП приходится на период с 1 по 5 апреля. Самая ранняя средняя дата отмечается на МС Раевский (30 марта), самая поздняя – на МС Белорецк (6 апреля). Установлено, что смещение даты окончания ХП происходит на более ранние сроки ($-1,0$ сут/10 лет). Средняя продолжительность ХП в республике составляет 155 дней, наименьшая продолжительность приходится на Предуралье (153 дня), наибольшая – на Южный Урал (161 день).

Формирование устойчивых температур воздуха или аномальных условий, согласно [Угрюмов, 2006], происходит под влиянием перестроек атмосферной циркуляции. В ряде публикаций [Нестеров, 2013; Теория общей циркуляции ... , 2013; Малинин, Гордеева, 2014; Динамика тропосферы ... , 2017; Thompson, Wallace, 1998; Deser, 2000; Recent radical shifts ... , 2008; Alexander, Kilbourne, Nye, 2014; Causes of irregularities ... , 2018; Seasonal prediction ... , 2020] отмечено, что на климат европейской части России, включая Башкортостан, в ХП оказывают существенное влияние циркуляционные процессы Северной Атлантики и Арктики. Наиболее существенно проявляются связи между температурой ХП и индексами атмосферной циркуляции NAO, AO, AMO и SCAND.

В ходе исследования проведен корреляционный анализ между индексами циркуляции и среднемесячными температурами воздуха ХП в РБ. Наиболее тесные связи обнаружены между индексом SCAND и температурой в январе ($r = -0,70$) и феврале ($r = -0,69$), в которых установлены самые высокие значения КНЛТ температуры (см. табл. 1). Кроме этого, значимые связи между температурой в РБ и индексом SCAND проявлены в марте ($r = -0,46$), ноябре ($r = -0,28$), декабре ($r = -0,34$). Во все месяцы корреляционные связи имеют отрицательный характер, значимые связи выявлены во всех месяцах ХП. На рис. 4 также показан противоположный ход данного циркуляционного индекса и температуры.

Значимые положительные связи обнаружены между средними месячными температурами и индексом NAO в три зимних месяца (r от 0,35 до 0,43), индексом АО с декабря по март (r от 0,29 до 0,51). С индексом АМО значимая связь обнаружена только в феврале ($r = 0,29$). Прямые связи указанных индексов проиллюстрированы также на рис. 4.

По аналогии были рассмотрены корреляционные связи между индексами циркуляции атмосферы и температурой ХП в базовые периоды ВМО. В ходе анализа расчетов (табл. 2) установлено, что теснота связи с индексом SCAND уменьшается, но все же остается статистически значимой.

Значимые корреляционные связи между температурой ХП и индексом АО сохраняются, а с индексом АМО даже усиливаются.

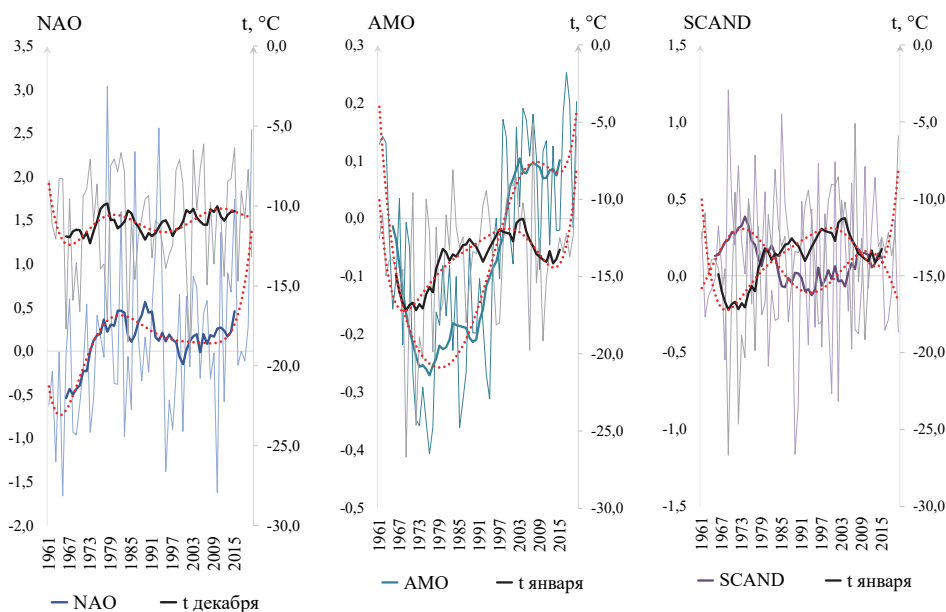


Рис. 4. Межгодовые изменения циркуляционных индексов и температуры воздуха в Республике Башкортостан (1961–2020 гг.): сплошная тонкая линия – фактические данные; толстая линия – скользящая 11-летняя средняя; пунктирная красная линия – полиномиальный тренд

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между температурами воздуха холодного периода и индексами циркуляции NAO, AO, SCAND, AMO в базовые периоды ВМО в Республике Башкортостан

Период	NAO	AO	SCAND	AMO
1961–1990 гг.	0,39	0,41	-0,66	0,02
1981–2010 гг.	0,29	0,40	-0,58	0,29
1991–2020 гг.	0,33	0,42	-0,48	0,29

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции (на уровне достоверности 95 %).

Заключение

Одним из существенных проявлений глобального потепления климата является рост температуры воздуха в разные сезоны и в отдельных регионах. В ходе настоящего исследования, посвященного анализу изменений термического режима холодного периода в Республике Башкортостан, были сделаны следующие выводы.

Установлено, что во всех месяцах холодного периода температура воздуха имеет тенденцию к росту. При этом вторая часть рассматриваемого периода (январь – март) демонстрирует большую скорость роста температуры воздуха. Наибольшие значения коэффициента наклона линейного тренда характерны для января (0,64°C/10 лет). Кроме этого, интенсивнее температура

воздуха растет в Башкирском Предуралье, ее наименьший рост отмечается в Башкирском Зауралье.

За период 1961–2020 гг. к критерию аномально холодных сезонов относятся 23,4 %, к критерию аномально теплых – 51,7 % всех случаев. Обнаружено, что положительные аномалии температуры после 1990-х гг. не только формируются чаще, но и усиливается их интенсивность.

Продолжительность холодного периода в республике сокращается за счет смещения даты его начала осенью на более поздние сроки, а окончания весной – на более ранние.

Рост средних месячных температур воздуха в холодном периоде, и особенно в зимние месяцы, связан с уменьшением блокирующих процессов Скандинавского колебания и усилением зональной циркуляции благодаря Арктической и Североатлантической осцилляциям, так как при положительных фазах последних в полярной области отмечается падение давления и общее потепление.

Список литературы

Галимова Р. Г. Анализ изменений температурно-влажностного режима на территории Республики Башкортостан в современный период // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30, № 1. С. 83–93. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93>

Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю. П. Переведенцев, В. В. Гурьянов, К. М. Шанталинский, Т. Р. Аухадеев. Казань : Казанский университет, 2017. 186 с.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова. СПб. : ФГБУ «ГГО им. А. И. Воейкова», 2017. 106 с.

Камалова Р. Г., Переведенцев Ю. П. Климат Уфы в условиях глобального потепления: монография. Уфа : РИЦ УУНиТ, 2022. 112 с.

Малинин В. Н., Гордеева С. М. Североатлантическое колебание и увлажнение Европейской территории России // Природная среда. 2014. Вып. 2. С. 191–198.

Нестеров Е. С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. М. : Триада, 2013. 144 с.

Пьянков С. В., Шихов А. Н. Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Пермь : Раритет-Пермь, 2014. 296 с.

Сивохин Ж. Т., Павлейчик В. М. Современные тенденции изменения климата в бассейне реки Урал // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2022. Т. 41. С. 106–117. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.41.106>

Теория общей циркуляции атмосферы / Ю. П. Переведенцев, И. И. Мохов, А. В. Елисеев [и др.]. Казань : Казанский университет, 2013. 224 с.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. СПб. : Научное издание, 2022. 124 с.

Угрюмов А. И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. СПб. : РГГМУ, 2006. 84 с.

Alexander M. A., Kilbourne K. H., Nye J. A. Climate variability during warm and cold phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) 1871–2008 // Journal of Marine Systems. 2014. Vol. 133. P. 14–26. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.07.017> (дата обращения: 01.02.2023).

Causes of irregularities in trends of global mean surface temperature since the late 19th century / C. K. Folland, O. Boucher, A. Colman, D. E. Parker // Science Advances. 2018. Vol. 4, Iss. 6. Eaao5297. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5297>

Climatic changes in European Russia and the Republic of Belarus in the XX-XXI centuries under the influence of atmospheric circulation / Yu. P. Perevedentsev [et al.]. // IOP Conference

Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 10. 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1023/1/012002>

Deser C. On the teleconnectivity of the “Arctic Oscillation” // *Geophysical Research Letters*. 2000. Vol. 27. P. 779–782.

Hashim A. A., Hassan A. S. Analysis of Seasonal Climate Variability of Surface Air Temperature and Response to Climate Change Effect // *Indian Journal of Ecology*. 2022. Vol. 49, Iss. 18. P. 321–328.

Mwangi L. Impact of Climate Change on Agricultural Food Production // *International Journal of Agriculture*. 2023. Vol. 8. Iss. 1, N 3. P. 21–30. <https://doi.org/10.47604/ija.1994>

Novikova L., Ozerski P. Forecast for the zone of viticulture in European Russia under climate change // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022. Vol. 26, Iss. 3. P. 264–271. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-33>

Recent radical shifts of atmospheric circulations and rapid changes in Arctic climate system / X. Zhang, A. Sorteberg, J. Zhang [et al.] // *Geophysical Research Letters*. 2008. Vol. 35. L22701. P. 1–7. <https://doi.org/10.1029/2008GL035607>

Seasonal prediction of Euro-Atlantic teleconnections from multiple systems / L. Lledo, I. Cionni, V. Torralba [et al.] // *Environmental Research Letters*. 2020. Vol. 15, N 7. 074009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab87d2>

Sixth Assessment Report IPCC. URL: <https://www.ipcc.ch> (date of access: 10.12.2022).

Thompson D. W. J., Wallace J. M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // *Geophysical Research Letters*. 1998. Vol. 25, N 9. P. 1297–1300.

References

Galimova R.G. Analiz izmenenii temperaturno-vlazhnostnogo rezhima na territorii Respubliki Bashkortostan v sovremennyyi period [Analysis of changes in temperature and humidity regime in the Republic of Bashkortostan in recent period]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], 2020, vol. 30, no. 1, pp. 83-93. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93> (in Russian)

Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiiskoi Federatsii [Report on climate risks in the territory of the Russian Federation] (ed. by V.M. Kattsov). Saint-Petersburg, Voeikov Main Geophysical Observatory Publ., 2017, 106 p. (in Russian)

Kamalova R.G., Perevedentsev Yu.P. *Klimat Ufy v usloviyakh globalnogo potepleniya: monografiya* [Ufa climate in conditions of global warming: monograph], Ufa, Ufa University of Science and Technology Publ., 2022, 112 p. (in Russian)

Malinin V.N., Gordeeva S.M. Severoatlanticheskoe kolebanie i uvlazhnenie Evropeiskoi territorii Rossii [North Atlantic oscillation and humidification of the European territory of Russia]. *Prirodnaya sreda* [Natural Environment], 2014, iss. 2, pp. 191-198. (in Russian)

Nesterov E.S. *Severoatlanticheskoe kolebanie: atmosfera i okean* [North Atlantic oscillation: atmosphere and ocean]. Moscow, Triad Publ., 2013, 144 p. (in Russian)

Perevedentsev Yu.P., Guryanov V.V., Shantalinsky K.M., Aukhadееv T.R. *Dinamika troposfery i stratosfery v umerennykh shirotyakh Severnogo polushariya i sovremennye izmeneniya klimata v Privolzhskom federalnom okruge* [Dynamics of the troposphere and stratosphere in the temperate latitudes of the Northern Hemisphere and modern climate changes in the Volga Federal District]. Kazan, Kazan University Publ., 2017, 186 p. (in Russian)

Perevedentsev Yu.P., Mokhov I.I., Eliseev A.V. [et al.]. *Teoriya obshchei tsirkulyatsii atmosfery* [Theory of General Atmospheric Circulation]. Kazan, Kazan University Publ., 2013, 224 p. (in Russian)

Pyankov S.V., Shikhov A.N. *Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya: rezhim, monitoring, prognoz* [The hazardous hydrometeorological phenomena: regime, monitoring and forecasting]. Perm, Rarity-Perm Publ., 2014, 296 p. (in Russian)

Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M. Current Climate Change Trends in the Ural River Basin. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle* [The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences], 2022, vol. 41, pp. 106-117. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.41.106> (in Russian)

Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii [Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]. Saint Petersburg, Science-intensive technologies Publ., 2022, 124 p. (in Russian)

Ugryumov A.I. *Dolgosrochnye meteorologicheskie prognozy* [Long-term meteorological forecasts]. Saint-Petersburg, Russian State Hydrometeorological University Publ., 2006, 84 p. (in Russian)

Alexander M.A., Kilbourne K.H., Nye J.A. Climate variability during warm and cold phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) 1871-2008. *Journal of Marine Systems*, 2014, vol. 133, pp. 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.07.017>

Folland C.K., Boucher O., Colman A., Parker D.E. Causes of irregularities in trends of global mean surface temperature since the late 19th century. *Science Advances*, 2018, vol. 4, iss. 6, eaa05297. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5297>

Perevedentsev Yu.P. et al. Climatic changes in European Russia and the Republic of Belarus in the XX-XXI centuries under the influence of atmospheric circulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 10, p. 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1023/1/012002>

Deser C. On the teleconnectivity of the “Arctic Oscillation”. *Geophysical Research Letters*, 2000, vol. 27, pp. 779-782.

Hashim A.A., Hassan A.S. Analysis of Seasonal Climate Variability of Surface Air Temperature and Response to Climate Change Effect. *Indian Journal of Ecology*, 2022, vol. 49, iss. 18, pp. 321-328.

Mwangi L. Impact of Climate Change on Agricultural Food Production. *International Journal of Agriculture*, 2023, vol. 8, iss. 1, no. 3, pp. 21-30. <https://doi.org/10.47604/ija.1994>

Novikova L., Ozerski P. Forecast for the zone of viticulture in European Russia under climate change. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2022, vol. 26, iss. 3, pp. 264-271. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-33>

Zhang X. et al. Recent radical shifts of atmospheric circulations and rapid changes in Arctic climate system. *Geophysical Research Letters*, 2008, vol. 35, L22701, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1029/2008GL035607>

Lledo L. et al. Seasonal prediction of Euro-Atlantic teleconnections from multiple systems. *Environmental Research Letters*, 2020, vol. 15, no. 7, p. 074009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab87d2>

Sixth Assessment Report [Portal IPCC]. Available at: <https://www.ipcc.ch> (date of access: 10.12.2022).

Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 1998, vol. 25, no. 9, pp. 1297-1300.

Сведения об авторах

Камалова Рита Галимьяновна
старший преподаватель, кафедра геологии,
гидрометеорологии и геоэкологии
Уфимский университет науки и технологий
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32
старший научный сотрудник, лаборатория
мониторинга климатических изменений и
углеродного баланса экосистем
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: galim-rita@yandex.ru

Information about the authors

Kamalova Rita Galimyanovna
Senior Lecturer of the Department of Geology,
Hydrometeorology and Geoecology,
Ufa University of Science and Technology;
32, Z. Validi st., Ufa, 450076, Russian
Federation
Researcher at the Laboratory for Monitoring
Climate Change and Ecosystem Carbon
Balance,
Ufa State Petroleum Technological University
1, Cosmonauts st., Ufa, 450064, Russian
Federation
e-mail: galim-rita@yandex.ru

Фатхутдинова Регина Шамилевна
старший преподаватель кафедры геологии,
гидрометеорологии и геоэкологии
Уфимский университет науки и технологий
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32
e-mail: regishka1503@yandex.ru

Курбанова Лилия Ахтямовна
старший преподаватель кафедры геологии,
гидрометеорологии и геоэкологии
Уфимский университет науки и технологий
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32
e-mail: lava-love@mail.ru

Фирстов Алексей Олегович
магистрант, кафедра гидрометеорологии и
геоэкологии
Уфимский университет науки и технологий
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32
e-mail: alexfirstov777@gmail.com

Fatkhutdinova Regina Shamilevna
Senior Lecturer of the Department of Geology,
Hydrometeorology and Geoecology
Ufa University of Science and Technology
32, Z. Validi st., Ufa, 450076,
Russian Fed-eration
e-mail: regishka1503@yandex.ru

Kurbanova Lilia Akhtyamovna
Senior Lecturer of the Department of Geology,
Hydrometeorology and Geoecology
Ufa University of Science and Technology;
32, Z. Validi st., Ufa, 450076, Russian
Federation
e-mail: lava-love@mail.ru

Firstov Alexey Olegovich
Undergraduate, Department of Geology,
Hydrometeorology and Geoecology
Ufa University of Science and Technology
32, Z. Validi st., Ufa, 450076, Russian
Federation
e-mail: alexfirstov777@gmail.com