

УДК 551.583(075.8)  
DOI 10.17513/use.38253

## ПРОЯВЛЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

<sup>1</sup>Исмагилов К.Р., <sup>2</sup>Исмагилов Р.Р., <sup>2</sup>Русаков И.А.

<sup>1</sup>*Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
обособленное структурное подразделение Уфимского научно-исследовательского центра  
Российской академии наук, Уфа, e-mail: ismagilovk@mail.ru;*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа,  
e-mail: ismagilovr\_bsau@mail.ru*

**Аннотация.** Цель исследования состояла в количественной оценке пространственно-временных изменений основных параметров агроклиматических условий на территории Республики Башкортостан. Проведен анализ временных рядов основных параметров агроклиматических ресурсов (тепло и влага) на территории республики. Для исследования использованы данные среднемесячной температуры и суммы осадков четырех государственных метеостанций, расположенных на разных географических пунктах. Исходя из среднемесячной температуры и осадков определены сумма положительных температур и сумма осадков за вегетационный период растений (май-сентябрь). Установлено, что на территории республики, как и в целом на планете, происходит повышение температуры воздуха и увеличение атмосферных осадков в основном в осенне-зимний период. В расчете на 100 лет произошло наибольшее потепление в марте (на 5,59 °С), и наименьшее – в июне (на 0,62 °С). Потепление климата на территории республики произошло неравномерно. Наиболее сильно повысилась среднегодовая температура воздуха в юго-восточной части и значительно меньше в центральной части республики. Сумма температур за период активной вегетации полевых культур «май-сентябрь» повысилась сравнительно на небольшую величину на всей территории республики. Сумма осадков в целом за год в целом на территории республики повысилась на 72,3 мм, но в разных частях республики – в разной степени. На северо-западе в расчете на 100 лет сумма осадков за год повысилась на 170,0 мм, а в зауральской степи, наоборот, уменьшилась на 28,2 мм. Увеличение количества атмосферных осадков произошло за счет осенне-весеннего периода. Происходит значительное усиление засушливости климата в степной части Зауралья.

**Ключевые слова:** изменение климата, агроклиматические ресурсы, температура, осадки, Башкортостан

*Исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).*

## MANIFESTATION OF GLOBAL CHANGE OF AGROCLIMATIC RESOURCES ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

<sup>1</sup>Ismagilov K.R., <sup>2</sup>Ismagilov R.R., <sup>2</sup>Rusakov I.A.

<sup>1</sup>*Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture, Ufa Research Center  
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: ismagilovk@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: ismagilovr\_bsau@mail.ru*

**Annotation.** The purpose of the study was to quantify the spatial-temporal changes in the main parameters of agroclimatic conditions in the Republic of Bashkortostan. An analysis of the time series of the main parameters of agroclimatic resources (heat and moisture) on the territory of the republic is carried out. For the study, data on the average monthly temperature and the amount of precipitation from four state weather stations located in different geographical locations were used. Based on the average monthly temperature and precipitation, the sum of positive temperatures and the sum of precipitation for the vegetation period of plants (May-September) were determined. It has been established that on the territory of the republic, as well as on the planet as a whole, there is an increase in air temperature and an increase in atmospheric precipitation mainly in the autumn-winter period. Over 100 years, the highest warming occurred in March (by 5.59 °C), and the least in June (by 0.62 °C). The warming of the climate on the territory of the republic was uneven. The average annual air temperature has increased most strongly in the south-eastern part and much less in the central part of the republic. The sum of temperatures during the period of active vegetation of field crops “May-September” increased by a relatively small amount throughout the country. The total amount of precipitation for the year as a whole in the territory of the republic increased by 72.3 mm, but in different parts of the republic to different degrees. In the north-west, the amount of precipitation per 100 years increased by 170.0 mm, and in the Trans-Ural steppe, on the contrary, it decreased by 28.2 mm. There is a significant increase in the aridity of the climate in the steppe part of the Trans-Urals.

**Keywords:** climate change, agroclimatic resources, temperature, precipitation, Bashkortostan

*The research was carried out within the framework of the program of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation “PRIORITY 2030” (National project “Science and University”).*

Изменение климата стало одной из наиболее важных проблем, с которыми человечество сталкивается в наше время. За 140 лет температура повысилась на 1 °С. Глобальное потепление вызвано повышением концентрации парниковых газов в результате интенсивного развития промышленности, транспорта, сельского хозяйства и других отраслей экономики. Парниковые газы задерживают инфракрасный спектр солнечной радиации у поверхности планеты, в результате чего происходит ее нагревание [1]. В различных частях земного шара температура меняется по-разному. На территории России среднегодовая температура растёт быстрее в 2,5-2,8 раза, чем в среднем на планете. Наиболее быстро «нагревается» территория Крайнего Севера, в частности полуостров Таймыр [2]. За 110-летний период температура в Среднем Заволжье повысилась на 1,787 °С (с 3,858 до 5,645 °С), что в 1,6 раза выше, чем в целом по Северному полушарию [3].

Изменение температуры также неравномерно в разные месяцы года. Так, в Беларуси установлено смещение максимального роста температуры в текущем столетии на вторую половину года, и особенно на июль-сентябрь, то есть потепление в последнее двадцатилетие приобретает черты летнего потепления [4]. В Среднем Заволжье повышение температуры происходило в 10 из 12 месяцев (январь-май, август-декабрь), но главным образом за счёт потепления климата во вневегетационный период. Наибольший прирост установлен в зимние месяцы – на 2,976 °С (с 12,70 °С до 9,73 °С), что в 1,67 раза больше, чем в целом за сельскохозяйственный год [3].

В последние 15-20 лет увеличиваются осадки на большей части территории страны, и особенно в ее северо-восточной части; на юго-западе отмечалось уменьшение количества осадков. В целом отмечаются незначительные изменения количества выпадающих осадков за период современного потепления [4]. В отличие от изменений температуры воздуха, тенденция роста количества осадков была незначительной в Среднем Заволжье – с 414,32 до 454,90 мм, на 40,58 мм (9,8%). Увеличение осадков произошло за счёт зимнего периода [3].

Повышение температуры воздуха зимой, уменьшение зимних осадков и частые оттепели повлекли за собой уменьшение снежного покрова. Повсеместно повысилась повторяемость аномально теплых зим [5]. В связи с повышением температуры

воздуха и снижением количества осадков, в последние 22 года наблюдений, выявлено усиление засушливости климата [3].

Изменение климата влияет на все отрасли экономики, но особенно на состояние сельского хозяйства, и особенно растениеводства [6; 7]. Так, в Самарской области на долю климатического фактора в формировании урожайности зерна приходится до 60% [8]. Одним из наиболее значимых факторов влияния изменения климата на растениеводство является изменение сезонности и интенсивности осадков. Недостаток или избыток осадков может серьезно повлиять на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур. В связи с увеличением теплообеспеченности и засушливости территории может возрасти численность опасных вредителей, снижаться урожайность сельскохозяйственных культур [9]. Выявлен положительный тренд увеличения продолжительности вегетационных периодов в XX в. в Пермском крае. В последние десятилетия увеличение продолжительности периода вегетации происходит наиболее интенсивно [10]. В то же время в северных странах, в первую очередь в России и Канаде, расширится зона, благоприятная для сельского хозяйства и жизни людей. По одному из прогнозов, в результате глобального потепления к 2080 году прирост земель, пригодных для сельского хозяйства, составит 4,2 млн км<sup>2</sup> (в настоящее время – 3,8 млн км<sup>2</sup> сельскохозяйственной земли) [11]. Положительные тренды изменения температуры воздуха и осадков мая-июня свидетельствуют об улучшении условий возделывания в Пермском крае яровых зерновых культур [10]. Также из-за снижения вероятности заморозков и увеличения влажности атмосферы земли за счёт увеличенного испарения потепления океана снизятся риски неурожая. Однако в целом положительные эффекты глобального потепления далеко не компенсируют его негативных последствий.

Важно заранее предвидеть тенденции изменения климата, исследовать и прогнозировать отклик агросферы на них, разработать эффективные пути ее адаптации к новым условиям, независимо от конкретных причин, обуславливающих эти изменения [12; 13].

Цель исследования состояла в количественной оценке пространственно-временных изменений основных параметров агроклиматических условий на территории Республики Башкортостан.

**Материал и методы исследования**

Проведен анализ временных рядов основных параметров агроклиматических ресурсов (тепло и влага) на территории Республики Башкортостан, расположенной на западных склонах Южного Урала и в Предуралье. Климат умеренно континентальный с холодной продолжительной зимой и тёплым летом со средним увлажнением. Для исследования нами использованы данные среднемесячной температуры и суммы осадков четырех государственных метеостанций, расположенных на разных географических пунктах Республики Башкортостан: Акъяр (широта 51.87, долгота 58.18, высота над уровнем моря 341 м); Уфа (широта 54.71, долгота 55.83, высота над уровнем моря 104 м); Дуван (широта 55.70, долгота 57.90, высота над уровнем моря 338 м); Янаул (широта 56.27, долгота 54.90, высота над уровнем моря 102 м) [14]. Исходя из среднемесячной температуры и осадков определены сумма положительных температур и сумма осадков за вегетационный период растений (май-сентябрь). Гидротермический коэффициент ГТК рассчитан по Селянинову. Статистический анализ проведен с использованием компьютерной программы Excel.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Одним из важнейших агроклиматических ресурсов является температурный режим. Исследования показали наличие тенденции повышения средней температуры воздуха на территории Республики Башкортостан (ГМС Уфа). Результаты анализа вре-

менных рядов показывают, что за 136 лет (1888-2023 годы) средняя годовая температура воздуха повысилась с 2,18 до 4,11 °С, то есть на 1,93 °С. Особенно ускоренное повышение произошло в последние 50-60 лет. С 1936 по 2023 г. температура повысилась на 2,80 °С, что, вероятно, связано с интенсивным использованием углеводородного топлива в промышленности и транспорте. Как известно, основным фактором потепления климата является повышение концентрации парниковых газов [15]. Повышение среднегодовой температуры воздуха в основном произошло в результате повышения ее в осенне-весенний период (рис. 1). По средним данным, в целом на территории республики в расчете на 100 лет произошло наибольшее потепление в марте на 5,59 °С, в то же время в июне – на 0,62 °С. Небольшое исключение в степной части Зауралья (Акъяр), где повышение температуры наблюдается и в августе.

Потепление климата произошло на всей территории республики, но неравномерно. Наибольшее повышение среднегодовой температуры воздуха в расчете на 100 лет (на 3,26 °С) произошло в степной части Зауралья (Акъяр), а минимальное (2,48 °С) – в центральной части республики (Уфа). На северо-востоке (Дуван) температура повысилась на 2,94 °С и на северо-западе (Янаул) – на 2,51 °С. На рисунке 2 представлены тренды изменения температуры воздуха в 1936-2023 годах в разных географических пунктах республики. Из данного рисунка наглядно видно ускоренное повышение температуры воздуха в пункте Акъяр и сравнительно медленное – в пункте Уфа.

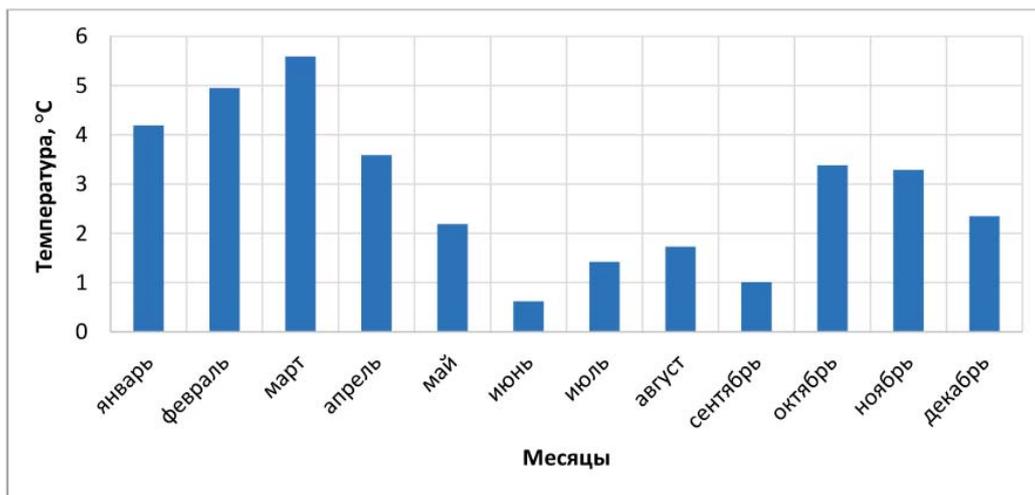


Рис. 1. Изменение температуры воздуха по месяцам в расчете на 100 лет на территории Республики Башкортостан

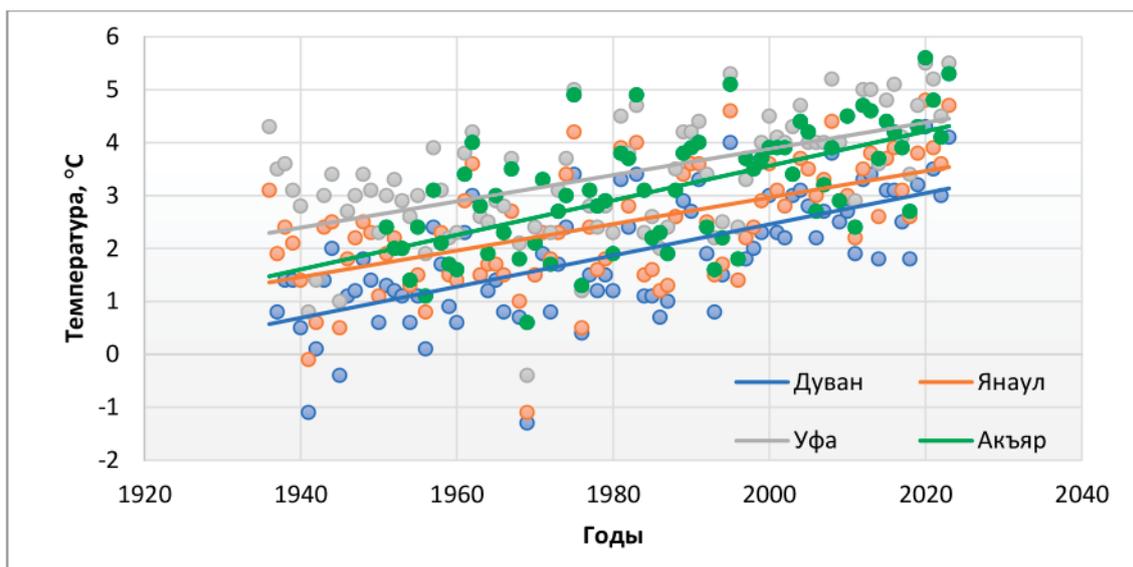


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры воздуха в разных географических пунктах Республики Башкортостан за 1936-2023 годы

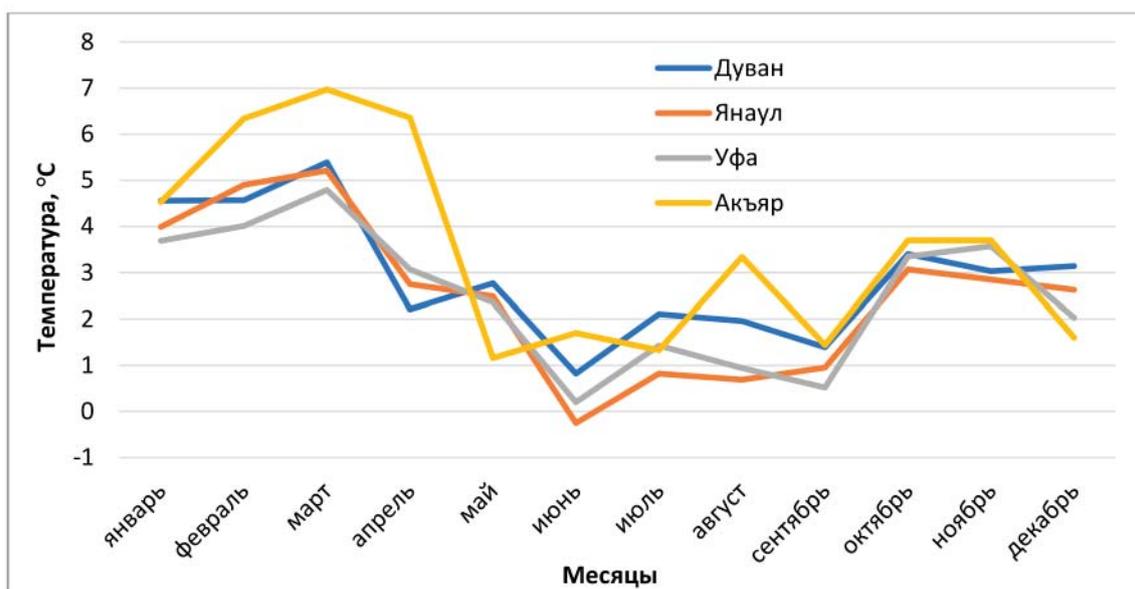


Рис. 3. Изменение температуры воздуха по месяцам в разных географических пунктах Республики Башкортостан

Значительное повышение температуры происходило в осенне-весенний период на всех частях республики (рис. 3). Так, в марте температура в расчете на 100 лет повысилась в пункте Уфа на  $4,79^{\circ}\text{C}$ , в пункте Янаул – на  $5,21^{\circ}\text{C}$ , в пункте Дуван – на  $5,39^{\circ}\text{C}$  и в пункте Акъяр –  $6,97^{\circ}\text{C}$ . Минимальное изменение температуры наблюдалась в июне, в Янауле произошло даже снижение температуры на  $0,25^{\circ}\text{C}$ . В пункте Уфа температура повысилась в июне на  $0,20^{\circ}\text{C}$ ,

в пункте Дуван – на  $0,82^{\circ}\text{C}$  и в пункте Акъяр – на  $1,16^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что наблюдается более сильное повышение температуры в августе в степной части (Акъяр) в отличие от остальной части республики (рис. 3).

Для растениеводства информативным показателем является сумма температур в период вегетации растений. Как показывают исследования, сумма температур за период активной вегетации полевых культур

«май-сентябрь» повысилась сравнительно на небольшую величину и в разных пунктах республики практически одинакова. Так, сумма температур в северной части республики (Дуван) повысилась за 87 лет (1936-2023 гг.) с 65,42 до 73,21 °С, или в расчете на 100 лет – на 9,05 °С, в степной части Зауралья (Акъяр) за 73 года (1951-2023 гг.) с 79,35 до 85,73 °С, или в расчете на 100 лет – на 8,97 °С.

Важным агроклиматическим ресурсом является влага, которая в богарном зем-

леделии в основном зависит от атмосферных осадков. Количество и распределение осадков в течение года оказывают влияние на влагообеспеченность почвы, доступность воды для растений и формирование урожая, а недостаток осадков может привести к засухе и снижению урожайности. Исследования показали, что сумма осадков в целом за год на территории республики повысилась на 72,3 мм. Изменение суммы осадков в разных частях республики произошло в разной степени (рис. 4).

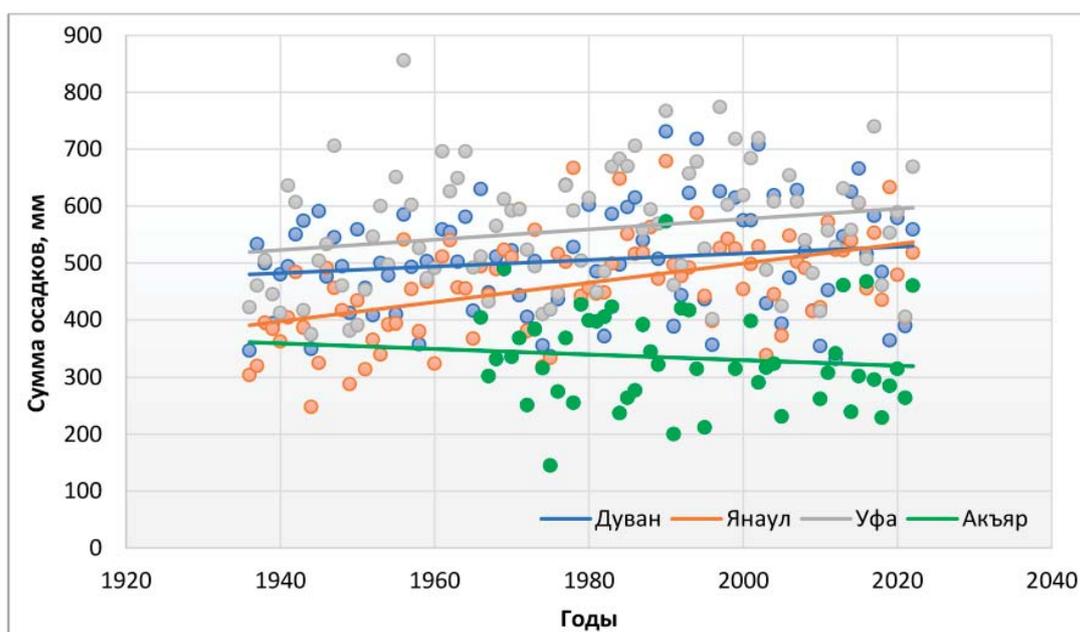


Рис. 4. Динамика суммы осадков за год в разных географических пунктах Республики Башкортостан за 1936-2023 годы

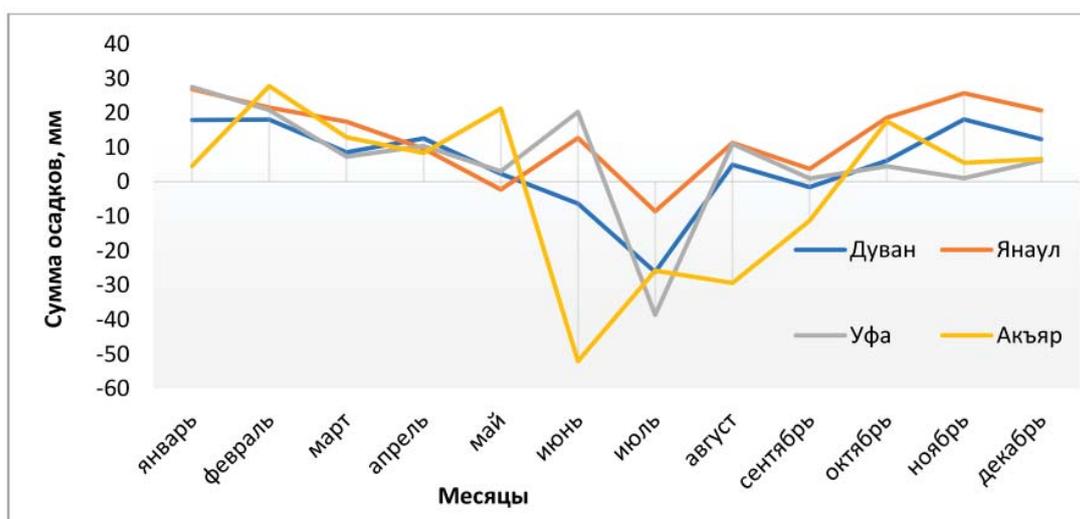


Рис. 5. Изменение суммы осадков по месяцам в разных географических пунктах Республики Башкортостан

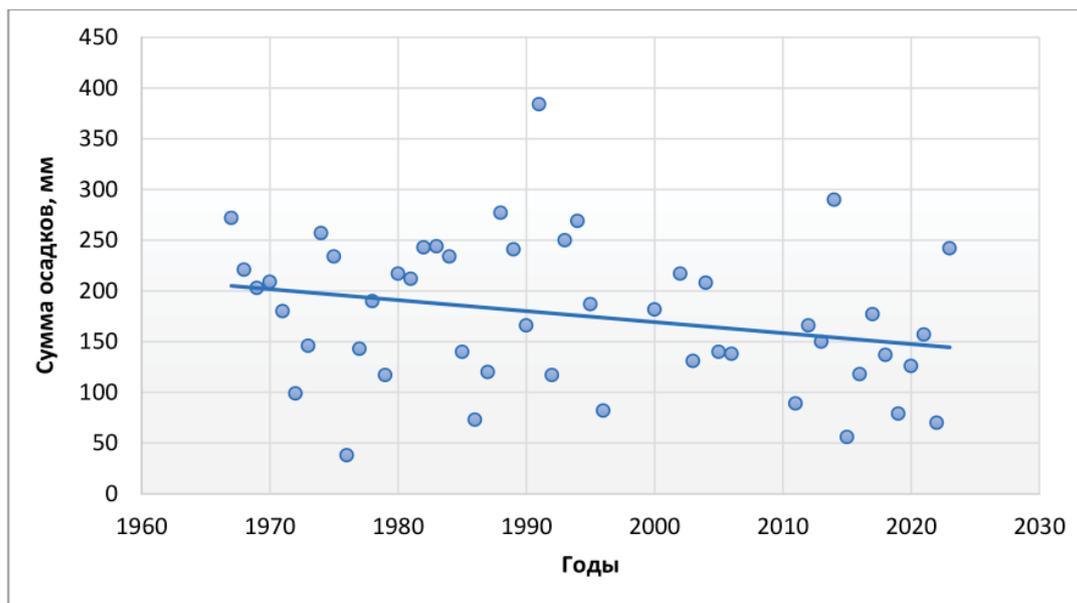


Рис. 6. Динамика суммы осадков в вегетационный период в пункте Акъяр

Если на северо-западе (Янаул) в расчете на 100 лет сумма осадков повысилась на 170,0 мм, то в зауральской степи (Акъяр), наоборот, уменьшилась на 28,2 мм. На северо-востоке (Дуван) сумма осадков повысилась на 57,0 мм, а в центральной части (Уфа) республики – на 90,5 мм.

Количество атмосферных осадков изменялось по месяцам года разнонаправленно и в разной степени. Если в летние месяцы сумма осадков уменьшилась, особенно в зауральской степи республики, то в остальные времена года повышалась (рис. 5). Так, в феврале сумма осадков в расчете на 100 лет в Акъяре увеличилась на 27,72 мм, в Янауле – на 21,49 мм, в Уфе – на 20,74 мм, в Дуване – на 18,0 мм. В июле в Акъяре уменьшилась на 25,80 мм, в Янауле – на 8,60 мм, в Уфе – на 38,64 мм и в Дуване – на 26,20 мм. Значительное уменьшение осадков в июне (52,10 мм) наблюдается, в отличие от других пунктов, в Акъяре.

Сумма осадков за вегетационный период значительно уменьшилась (на 56,70 мм) в зауральской степи (Акъяр) и на северо-востоке (Дуван) республики (на 32,8 мм). На северо-западе (Янаул) увеличилась на 16,8 мм, а в центральной части (Уфа) республики практически не изменилась (–3,5 мм). Расчет гидротермического коэффициента по параметрам временного тренда температуры воздуха и суммы осадков показывает значительное усиление засушливости климата в степной

части Зауралья. Если гидротермический коэффициент в пункте Акъяр в 1966 году составил 0,83, то в 2023 г. он уменьшился до 0,56. Согласно общепринятой классификации по гидротермическому коэффициенту, зауральская степь от зоны засушливого (0,7-1,0) перешла в зону сухого земледелия (0,5-07).

### Заключение

На территории Республики Башкортостан, как в целом на планете, происходит повышение температуры воздуха и увеличение атмосферных осадков, особенно в последние 50-60 лет. С 1936 по 2023 г. температура, по средним данным четырех гидрометеостанций, повысилась на 2,80 °С. Повышение среднегодовой температуры воздуха в основном произошло в результате повышения ее в осенне-зимний период. Потепление климата на территории республики произошло неравномерно. Наиболее сильно повысилась среднегодовая температура воздуха в юго-восточной части и значительно меньше в центральной части республики. Сумма температур за период активной вегетации полевых культур «май-сентябрь» повысилась сравнительно на небольшую величину на всей территории республики.

Сумма осадков в целом за год на территории республики повысилась, но в разных частях республики в разной степени. На северо-западе сумма осадков за год в расчете на 100 лет повысилась на 170,0 мм,

а в зауральской степи, наоборот, уменьшилась на 28,2 мм. Увеличение количества атмосферных осадков произошло за счет осенне-весеннего периода. В летний период сумма осадков уменьшалась, особенно в зауральской степи республики. Значительно усилилась засушливость климата в степной части.

### Список литературы

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
2. Бардин М.Ю., Егоров В.И., Громов С.А., Козлова С.А., Платова Т.В., Ранькова Э.Я., Самохина О.Ф., Алексеев Г.В., Александров Е.И., Иванов Н.Е., Радионов В.Ф., Смоляницкий В.М., Дементьева Т.В., Давлетшин С.Г., Коршунова Н.Н., Клещенко Л.К., Лавров А.С., Стерин А.М., Хохлова А.В., Шерстюков А.Б. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Государственный гидрологический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации, 2021. 104 с.
3. Горянин О.И. Тенденции изменения климата в Поволжье и их влияние на окружающую среду // Экологические проблемы бассейнов крупных рек : Материалы международной конференции, приуроченной к 35-летию Института экологии Волжского бассейна РАН и 65-летию Куйбышевской биостанции, Тольятти, 15–19 октября 2018 года / Отв. ред.: Г.С. Розенберг, С.В. Саксонов. Тольятти: Анна, 2018. С. 85-87. DOI: 10.24411/9999-002А-2018-10030.
4. Логинов В.Ф. Современные изменения климата Беларуси // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8, № 1. С. 51-74. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-1-51-74.
5. Поварницына А.В., Савин М.И. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 152-157. DOI: 10.18411/trnio-04-2022-39.
6. Исмагилов К.Р. Оценка агроклиматических условий возделывания кукурузы на территории Республики Башкортостан // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2(30). С. 39-46. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10020.
7. Тарасова О.С. К вопросу адаптации отраслей народного хозяйства к климатическим изменениям // Успехи современного естествознания. 2023. № 10. С. 64-70. DOI: 10.17513/use.38115.
8. Маркин Б.К. Влияние природных условий и факторов интенсификации на формирование урожайности зерновых культур в Поволжье // Зерновое хозяйство. 2004. № 1. С. 2-4.
9. Лемешко Н.А., Николаев М.В, Усков И.Б. Адаптация земледелия к изменению климата. СПб.: ЛЕМА, 2009. 32 с.
10. Шкляев В.А. Долговременные изменения характеристик вегетационных периодов в Предуралье в связи с изменениями климата // Метеорология и гидрология. 2023. № 10. С. 47-56. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-10-47-56.
11. Hannah L., Roehrdanz P.R., Donatti C.I., Krishna Bahadur K.C., Berg A., Fraser E.D.G., Saenz L., Wright T.M., Hijmans R.J., Mulligan M., van Soesbergen A. The environmental consequences of climate-driven agricultural frontiers // PLoS ONE. 2020. Vol. 15. No. 2. P. e0228305. DOI: 10.1371/journal.pone.0228305.
12. Булавинова М.П. Концептуальные подходы в исследованиях адаптации к изменениям климата // Научные исследования. 2023. № 2. С. 132-154. DOI: 10.31249/scis/2023.02.08.
13. Ашабоков Б.А., Ашабокова М.Б., Темиргалиева Х.М. Задачи плана адаптации АПК к изменению климата: информационное обеспечение и методы решения // Успехи современного естествознания. 2022. № 9. С. 99-107. DOI: 10.17513/use.37899.
14. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?ysclid=lnh83iq7fh19> (дата обращения: 05.02.2024).
15. Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. Углеродный баланс России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2014. Т. 5, № 2. С. 50-70.