

Физико-географические исследования

УДК 551.583

Р.Г. Камалова, А.С. Козлова, А.О. Фирстов

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗОНАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД¹

Статья посвящена изучению агроклиматических ресурсов и их изменчивости в природно-сельскохозяйственных зонах на территории Республики Башкортостан. В качестве агроклиматических показателей были рассчитаны суммы температур воздуха выше 0 и 10 °С, коэффициент увлажнения Г.Н. Высоцкого и Н.Н. Иванова, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, индекс засушливости (увлажнения) Д.А. Педя. В качестве исходных материалов использовались данные наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками за период 1966–2020 гг., содержащиеся в фондах ВНИИГМИ-МЦД и БашУГМС. Проведен анализ многолетней динамики рассчитанных показателей, выявлены пространственно-временные закономерности в их распределении в природно-сельскохозяйственных зонах Башкортостана. Установлено, что во всех рассматриваемых зонах наблюдается устойчивый рост сумм температур воздуха выше 0 и 10 °С. На этом фоне усиливается засушливость, особенно проявляющаяся в южных частях республики.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, изменение климата, суммы положительных температур, гидротермические условия, Республика Башкортостан.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-434-444

Потепление климата, которое наблюдается уже несколько десятилетий [1–3], влияет на тепло- и влагообеспеченность регионов через изменение термических условий и режима увлажнения [4; 5]. Это, в свою очередь, оказывает влияние на условия произрастания сельскохозяйственных культур и изменчивость агроклиматических ресурсов [6; 7].

Как правило, агроклиматическими ресурсами считаются климатические условия территории, которые оказывают существенное влияние на объекты и процессы сельскохозяйственного производства. К ним, главным образом, относятся температурные характеристики и условия увлажнения, непосредственно влияющие на вегетацию выращиваемых культур [8; 9].

Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан (РБ) позволили ей стать одним из лидеров сельскохозяйственного производства. Так, РБ занимает 11 место среди субъектов Российской Федерации по объему производства продукции сельского хозяйства и 3 место в Приволжском федеральном округе согласно данным Росстата на 2022 г. Республика входит в 10-ку по произведенной в стране сельскохозяйственной продукции, в том числе зерна (11 место), картофеля (5 место), молока (3 место), меда (1 место) [10].

Таким образом, целью настоящего исследования являлся анализ современных изменений агроклиматических ресурсов Республики Башкортостан в 1961–2020 гг.

Материалы и методы исследований

В настоящем исследовании проанализированы изменения таких агроклиматических характеристик, как суммы температур выше 0 и 10 °С, а также гидротермические коэффициенты в пределах природно-сельскохозяйственных зон Республики Башкортостан.

Согласно классификации [11], территория республики делится на шесть природно-сельскохозяйственных зон. Для каждой зоны были сгруппированы данные многолетних метеорологических наблюдений на 30 метеостанциях (табл. 1).

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан НОЦ-РМГ-2023 «Создание методологических основ оценки баланса парниковых газов и определения потенциала депонирования углерода в экосистемах».

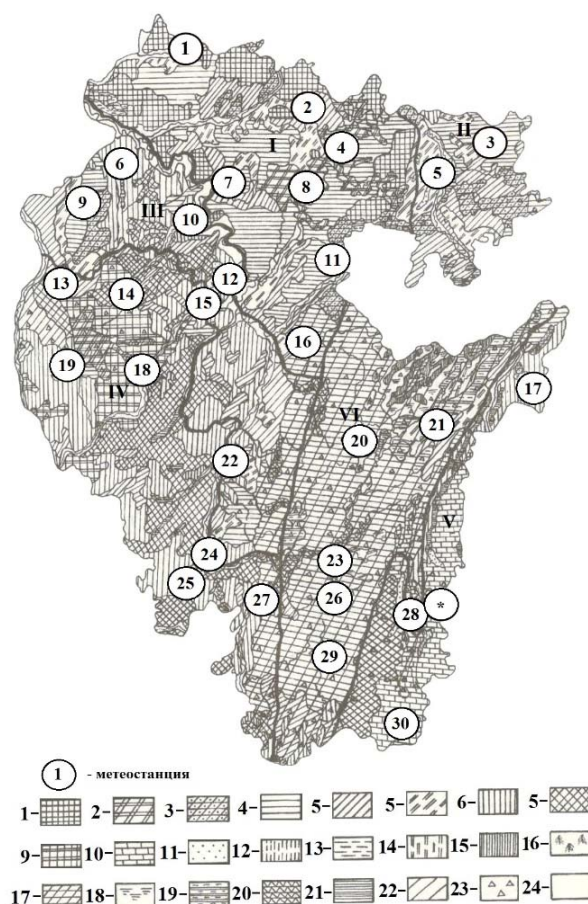
Таблица 1

**Распределение метеорологических станций по природно-сельскохозяйственным зонам
Республики Башкортостан**

Природно-сельскохозяйственные зоны	Метеорологические станции
I – Северная лесостепная	Янаул (1), Аскино (2), Караидель (4), Бирск (7), Павловка (8), Улу-Теляк (11), Архангельское (16)
II – Северо-восточная лесостепная	Емаша (3), Дуван (5)
III – Южная лесостепная	Верхнеяркеево (6), Бакалы (9), Кушнаренково (10), Уфа-Дёма (12), Стерлитамак (22)
IV – Предуральская степная	Туймазы (13), Буздяк (14), Чишмы (15), Раевский (18), Аксаково (19), Мелеуз (24), Кумертау (25), Мраково (27)
V – Зауральская	Учалы (17), Сибай (*), Баймак (28), Акъяр (30)
VI – Горно-лесная	Тукан (20), Белорецк (21), Башкирский государственный заповедник (23), Кананикольское (26), Зилаир (29)

Примечание: номер в скобках – обозначение метеостанции на картосхеме (рис. 1); * – МС Сибай использована для восстановления пропусков во временных рядах МС Баймак.

Расположение рассматриваемых метеорологических станций (МС) по природно-сельскохозяйственным зонам РБ приведено на рис. 1.



Условные обозначения: Природно-сельскохозяйственные зоны: I – Северная лесостепная, II – Северо-восточная лесостепная, III – Южная лесостепная, IV – Предуральская степная, V – Зауральская, VI – Горно-лесная; штриховкой обозначены почвы согласно [11]

Рис. 1. Расположение метеорологических станций в природно-сельскохозяйственных зонах
Республики Башкортостан

Для расчета сумм температур воздуха выше 0 и 10 °С использованы данные многолетних наблюдений в период 1961–2020 гг. (60 лет).

Для оценки условий теплообеспеченности и увлажнения территории имеется достаточно много методик. Авторами в ходе исследования использованы гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) и индекс засушливости Д.А. Педея (S). Расчеты данных показателей охватили период с 1966 по 2020 гг., поскольку однородные временные ряды атмосферных осадков имеются с 1966 г. [12].

Одним из широко распространенных показателей тепло- и влагообеспеченности территории является ГТК Селянинова, который рассчитывается по формуле [6–9]:

$$ГТК = \frac{10R}{\Sigma T}, \quad (1)$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше 10 °С, ΣT – сумма активных температур.

Кроме того, по ГТК можно выявить засушливые или переувлажненные условия. Так, период считается засушливым при ГТК меньше 1,0 и сухим при ГТК меньше 0,5 (табл. 2).

Таблица 2

Градации гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова [9]

Значение ГТК	Влагообеспеченность (степень засушливости)	Цветовое обозначение (рис. 3)
> 2,00	Переувлажненная	
2,00 – 1,51	Избыточная	
1,50 – 1,41	Повышенная	
1,40 – 1,11	Достаточная (оптимальная)	
1,10 – 0,76	Недостаточная	
0,75 – 0,61	Низкая (слабая засуха)	
0,60 – 0,41	Очень низкая (средняя засуха)	
0,40 – 0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	
< 0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	

Индекс засушливости Д.А. Педея (S) учитывает аномальные условия погоды, такие как аномалии температуры воздуха и атмосферных осадков. Для теплого периода индекс S_s рассчитывается по формуле [6–9]:

$$S_s = \frac{\Delta T_i}{\Delta \sigma_{Ti}} - \frac{\Delta R_i}{\Delta \sigma_{Ri}}, \quad (2)$$

где S_s – индекс Педея для теплого периода, ΔT – аномалия температуры воздуха, ΔR – аномалия количества осадков, σ_T и σ_R – средние квадратические отклонения T и R в пункте i.

Условия резкой засушливости характеризуются значениями $S_s \geq 2$, а при $S_s \leq -2$ наблюдается избыток влагообеспеченности (табл. 3).

Таблица 3

Градации коэффициента засушливости Д.А. Педея (S_s) для месяцев теплого периода [9]

Градации S_s	Погодно-климатические условия
$S_i \geq 3$	Сильная засуха
$3 > S_i > 2$	Средняя засуха
$1 < S_i \leq 2$	Засушливые условия (слабая засуха)
$-1 \leq S_i \leq 1$	Нормальные условия увлажнения
$-2 \leq S_i < -1$	Влажные условия (слабое избыточное увлажнение)
$-3 < S_i < -2$	Среднее избыточное увлажнение
$S_i \leq -3$	Сильное избыточное увлажнение

Для оценки многолетних изменений применялся тренд-анализ рассматриваемых показателей. Уравнение линейного тренда имеет вид $y(\tau) = a\tau + b$, где $y(\tau)$ – слаженное значение величины на момент времени τ (1, 2, 3, ..., n), a – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризующий скорость изменения величины, b – свободный член (начальное значение линии тренда). С помощью КНЛТ характеризовалась скорость роста/повышения или снижения/уменьшения агроклиматического показателя. Величиной коэффициента детерминации R^2 оценивался вклад линейного тренда в общую изменчивость показателя [9]. Достоверность результатов оценивалась с помощью критериев Фишера. В представленных таблицах статистических характеристик (табл. 4, 5) жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты (при уровне достоверности 95 %).

Результаты и их обсуждение

Для оценки агроклиматических ресурсов теплого периода важным показателем является сумма накопленных среднесуточных температур воздуха, оказывающая прямое влияние как на общее развитие растений, так и на их развитие в отдельные фазы.

Средняя сумма среднесуточных температур воздуха выше 0 °С в республике составляет 2575 °С (табл. 4). Ее величина повышается в направлении с севера на юг, значительно понижаясь в горной части. Так, наибольшие значения суммы температур наблюдаются в Предуральской степной (2756 °С) и Южной лесостепной (2732 °С) природно-сельскохозяйственных зонах республики. В Горно-лесной зоне этот показатель составляет 2253 °С. Также низкими значениями суммы температур характеризуется Северо-восточная лесостепная зона (2342 °С).

Таблица 4

Статистические характеристики и показатель изменчивости суммы среднесуточных температур воздуха выше 0 и 10 °С в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан

Станция	Среднее значение, °С	Максимальное значение, °С (год, МС)	Минимальное значение, °С (год, МС)	КНЛТ, °С/10 лет
Выше 0°С				
Северная лесостепная	2566	3477 (2012, Архангельское)	1953 (1969, Аскино)	55,9
Северо-восточная лесостепная	2342	2988 (2012, Дуван)	1935 (1969, Дуван)	46,7
Южная лесостепная	2732	3621 (2012, Стерлитамак)	2259 (1969, Кушнаренково)	60,8
Предуральская степная	2756	3554 (2012, Раевский)	2116 (1978, Аксаково)	55,9
Зауральская	2565	3601 (2012, Акъяр)	1918 (1969, Учалы)	66,3
Горно-лесная	2253	3150 (2012, Зилаир)	1794 (1969, БГЗ)	57,6
РБ	2575	3228 (2012)	2181 (1969)	57,2
Выше 10°С				
Северная лесостепная	2244	3147 (2012, Архангельское)	1605 (1969, Караидель)	51,6
Северо-восточная лесостепная	2005	2779 (2012, Дуван)	1529 (2002, Дуван)	41,5
Южная лесостепная	2400	3297 (2012, Стерлитамак)	1772 (1986, Бакалы)	55,2
Предуральская степная	2438	3268 (2012, Кумертау)	1742 (1986, Аксаково)	54,8
Зауральская	2249	3297 (2012, Акъяр)	1497 (2002, Учалы)	60,8
Горно-лесная	1917	2811 (2012, Зилаир)	1278 (1986, БГЗ)	52,6
РБ	2250	2926 (2012)	1804 (1986)	52,7

В многолетнем разрезе минимальные суммы температур приходились на 1969, 1978, 1986 и 1992 гг. В 1969 г. значения суммы были минимальны для большей части метеостанций и варьировались по природно-сельскохозяйственным зонам от 1915 до 2376 °С. Минимальное значение этого показателя зафиксировано на МС Башгосзаповедник (1794 °С).

Максимальные суммы среднесуточных температур выявлены в 2012, 2010, 1995, 1991 и 1975 гг. В 2012 г. этот показатель колебался по природно-сельскохозяйственным зонам республики от 2941 до 3389 °С. Максимальная сумма зафиксирована на МС Стерлитамак (3621 °С).

В период 1961–2020 гг. выявлена значимая тенденция роста сумм температур выше 0 °С по всем природно-сельскохозяйственным зонам (рис. 2).

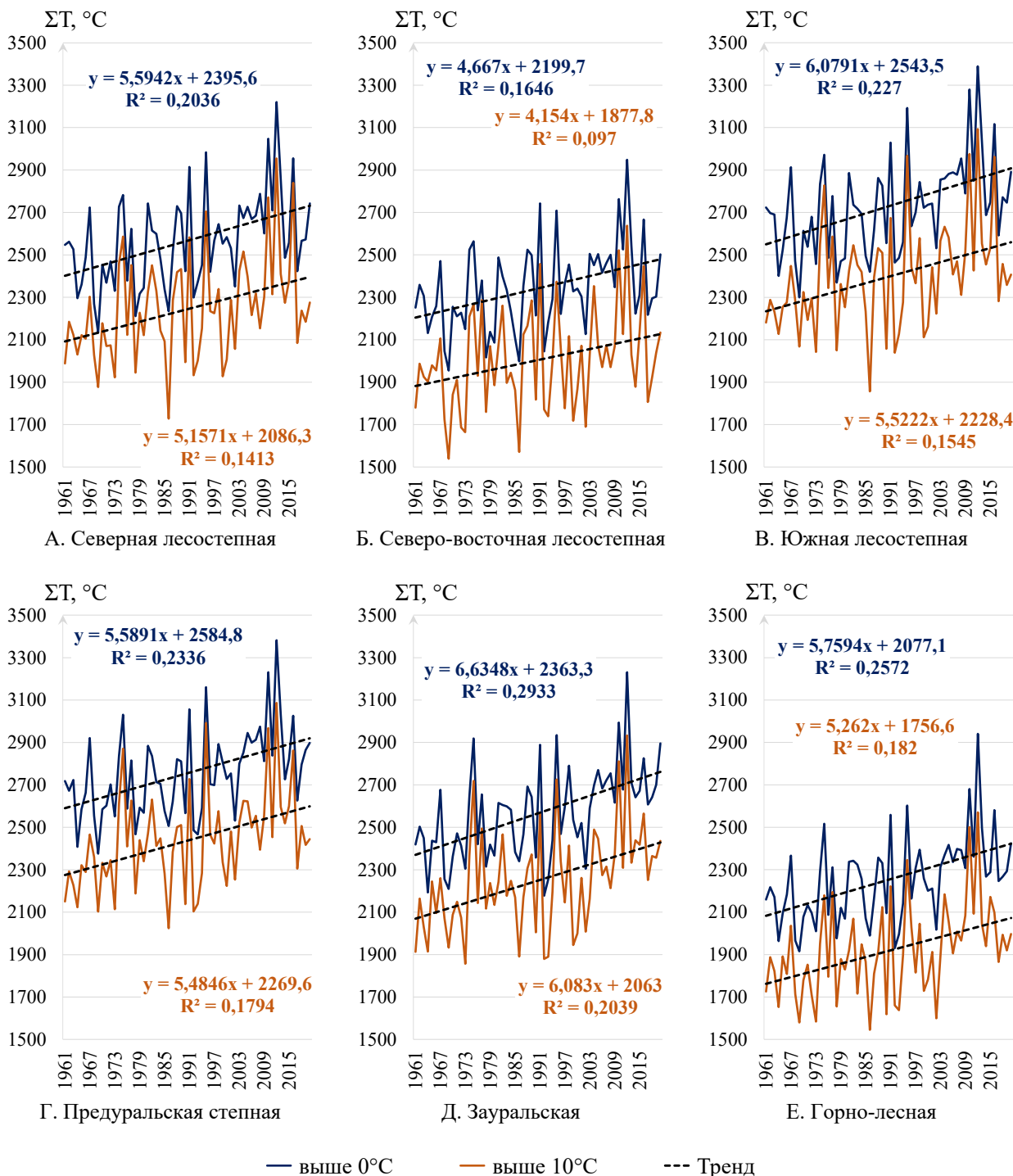


Рис. 2. Многолетняя динамика суммы среднесуточных температур воздуха (ΣT) выше 0 и 10 °С в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан

В среднем в РБ КНЛТ сумм температур выше 0°C составляет $57,2^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольшее увеличение отмечено в Зауральской зоне ($66,3^{\circ}\text{C}/10$ лет), наименьший рост – в Северо-восточной лесостепной зоне ($46,7^{\circ}\text{C}/10$ лет). Главной причиной выявленной тенденции является устойчивый рост температуры воздуха во все месяцы на территории республики, обнаруженный в ранних исследованиях авторов [9; 13; 14]. Осредненная сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C в республике составляет 2250°C (табл. 4). Наибольшие суммы температур приходятся на Предуральскую степную (2438°C) и Южную лесостепную (2400°C) природно-сельскохозяйственные зоны республики. Наименьшие значения отмечаются в Горно-лесной и Северо-восточной лесостепной зонах (1917 и 2005°C соответственно).

Распределение максимальных и минимальных сумм среднесуточных температур воздуха выше 10°C в многолетнем ходе практически идентично суммам выше 0°C .

При анализе многолетнего хода суммы температур выше 10°C (рис. 2) обнаружено, что во всех природно-сельскохозяйственных зонах происходит устойчивый рост этого показателя. Средняя скорость его роста в республике составляет $52,7^{\circ}\text{C}/10$ лет, наибольшая – $60,8^{\circ}\text{C}/10$ лет в Зауральской зоне, наименьшая – $41,5^{\circ}\text{C}/10$ лет в Северо-восточной лесостепной зоне.

Сводные данные по расчетам ГТК Селянинова, который характеризует условия тепло- и влагообеспеченности теплого периода за отдельные годы, приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Статистические характеристики и показатель изменчивости ГТК Селянинова
в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан**

Станция	Среднее значение	Максимальное значение (год)	Минимальное значение (год)	КНЛТ, ед./10 лет
Северная лесостепная	1,26	2,40 (1994)	0,39 (2010)	0,03
Северо-восточная лесостепная	1,35	2,75 (1994)	0,50 (2010)	0,04
Южная лесостепная	1,04	1,98 (1994)	0,30 (2010)	0,02
Предуральская степная	0,94	1,65 (1994)	0,27 (2010)	-0,01
Зауральская	0,93	1,71 (2013)	0,23 (1975)	-0,01
Горно-лесная	1,34	2,26 (1994)	0,50 (1975)	-0,02
РБ	1,13	2,03 (1994)	0,40 (2010)	0,01

В РБ осредненное значение ГТК составляет 1,13, что в целом относит территорию республики к условиям с достаточной влагообеспеченностью (табл. 2). Однако в силу орографических и природно-климатических особенностей территории, условия влагообеспеченности сильно различаются по природно-сельскохозяйственным зонам. Северная лесостепная, Северо-восточная лесостепная и Горно-лесная зоны относятся к условиям достаточной влагообеспеченности (ГТК = 1,26–1,35). Южная лесостепная, Предуральская степная и Зауральская зоны имеют недостаточную влагообеспеченность (ГТК = 0,93–1,04).

Кроме этого, в природно-сельскохозяйственных зонах существенно отличается повторяемость различных условий влагообеспеченности по годам, приведенная на рис. 3. В Северной лесостепной, Северо-восточной лесостепной и Горно-лесной зонах в 21,7–28,3 % случаев (лет) имеют избыточную влагообеспеченность, а также в 1,7–5,0 % случаев годы с переувлажненной влагообеспеченностью. В других зонах такого соотношения не имеется. В Южной лесостепной, Предуральской степной и Зауральской зонах максимальная повторяемость лет приходится на недостаточную влагообеспеченность (41,7–51,7 %). Для этих зон также характерна большая повторяемость лет с низкой (10,0–18,3%), очень низкой (5,0–11,7 %), исключительно низкой (1,7–5,0 %) влагообеспеченностью. Последние три градации относят условия к слабой, средней и сильной засухе.

Анализ изменений ГТК показал, что в природно-сельскохозяйственных зонах северной части РБ тренды положительны, в южной части – отрицательны (табл. 5). Разнонаправленность трендов ГТК объясняется тем, что в северной части республики сумма атмосферных осадков имеет тенденцию к увеличению, а в южной – к снижению [15]. Таким образом, в южных районах республики выявлено нарастание более засушливых условий за счет сокращения атмосферных осадков.

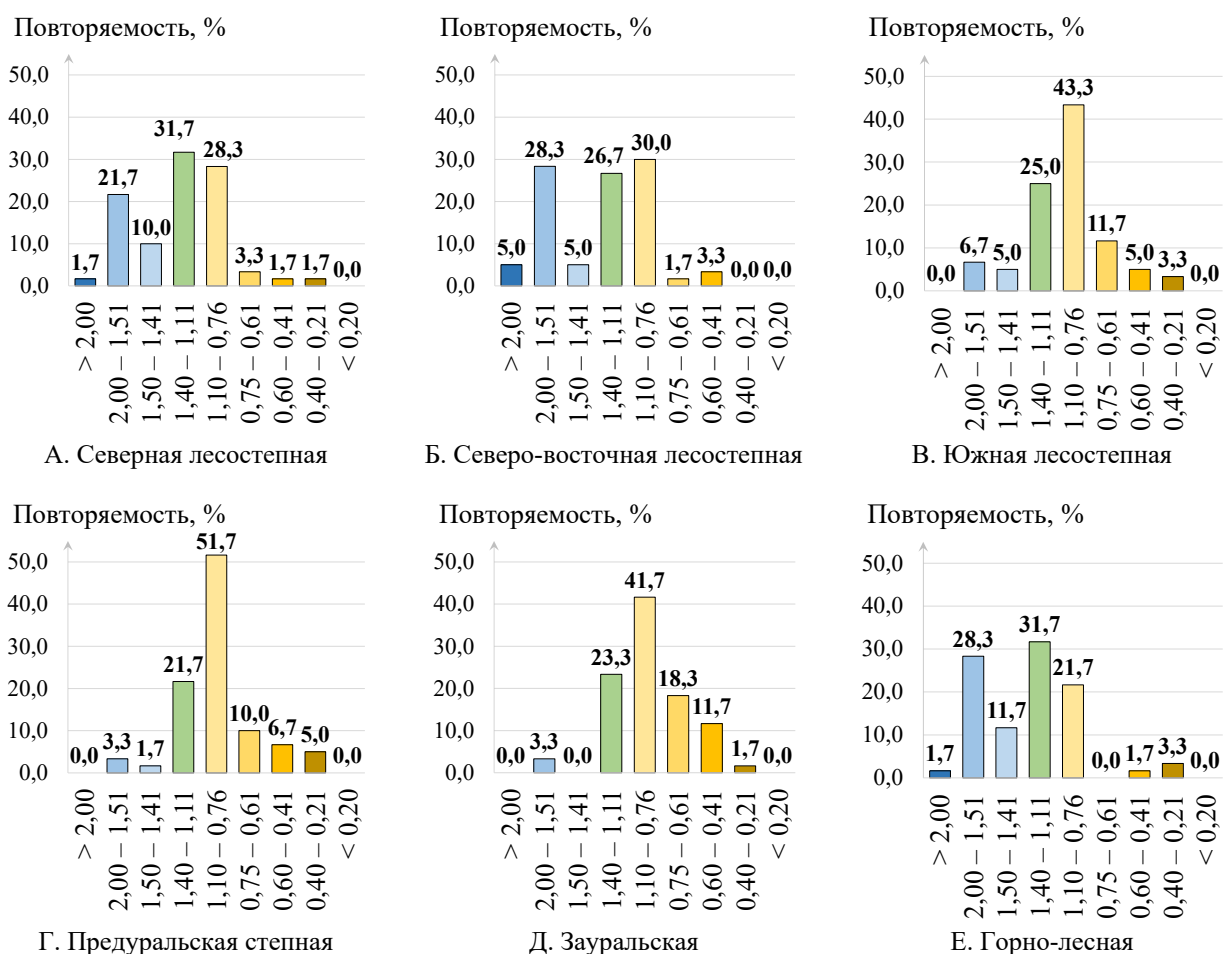


Рис. 3. Повторяемость различных условий влагообеспеченности по ГТК Селянинова в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан

Аналогичные результаты показывает анализ индекса засушливости Педя в теплый период (рис. 4). В 1966–2020 гг. этот показатель имеет устойчивую тенденцию к увеличению, тренды статистически значимые (кроме Северо-восточной лесостепной зоны). Наибольшая скорость роста индекса засушливости Педя выявлена в Горно-лесной (0,20 ед./10 лет) и Зауральской (0,18 ед./10 лет) зонах.

Индекс Педя хорошо интерпретирует засухи, засушливые и увлажненные периоды (табл. 3). Расчеты по количеству лет с разными условиями по влагообеспеченности приведены в табл. 6. Как правило, если формируются засушливые условия или слабые засухи, то они проявляются во всех зонах. Выявлено, что в Северо-восточной лесостепной, Южной лесостепной и Предуральской степной зонах в 2010 г. засуха была средней. Значения индекса Педя колебались в этих зонах от 2,01 до 2,14. В Северо-восточной лесостепной зоне средняя засуха также наблюдалась в 2012 г.

В исследуемый период установлено то, что засушливых периодов больше, чем увлажненных. Исключением выступает только Горно-лесная зона (табл. 6). Самые увлажненные теплые периоды наблюдались в 1969 г. ($S_s = -1,39$), 1986 г. ($S_s = -1,03$), 1990 г. ($S_s = -1,22$) и 1993 г. ($S_s = -1,15$). После 2000-го года не выявлено ни одного увлажненного теплого периода, а засушливые условия проявляются более часто. На Южном Урале после начала 2000-х гг. индекс имеет только положительные значения. Все это свидетельствует о нарастании засушливости на территории республики.

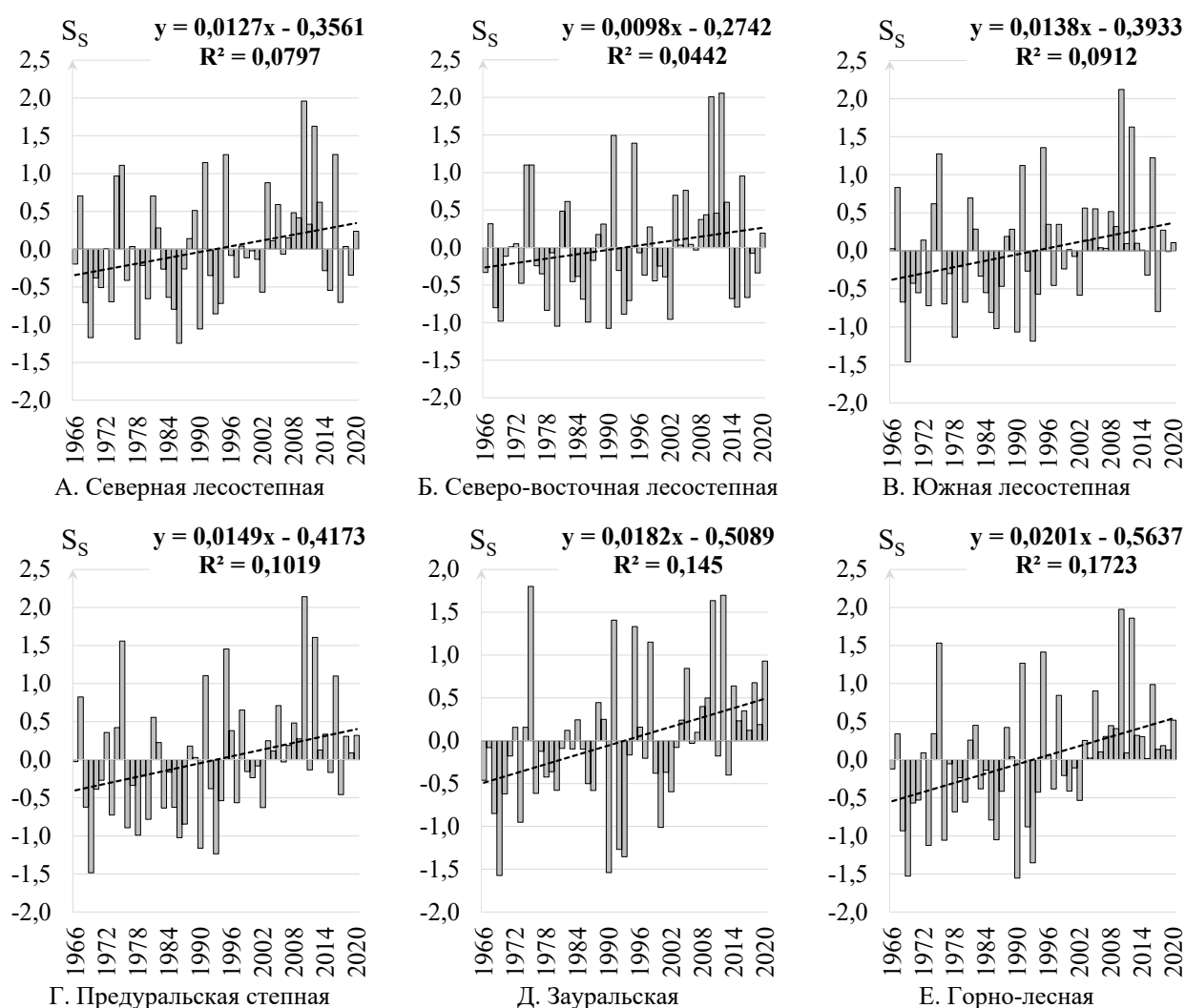


Рис. 4. Многолетняя динамика индекса засушливости Педея в теплый период (S_s) в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан

Таблица 6

Количество лет с различными условиями влагообеспеченности по индексу Педея в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан

Природно-сельскохозяйственные зоны	Северная лесостепная	Северо-восточная лесостепная	Южная лесостепная	Предуральская степная	Зауральская	Горно-лесная
Погодно-климатические условия						
Сильная засуха	–	–	–	–	–	–
Средняя засуха	–	2	1	1	–	–
Засушливые условия (слабая засуха)	6	4	5	5	6	5
Нормальные условия увлажнения	45	47	44	45	44	44
Влажные условия (слабое избыточное увлажнение)	4	2	5	4	5	6
Среднее избыточное увлажнение	–	–	–	–	–	–
Сильное избыточное увлажнение	–	–	–	–	–	–

Выводы

Согласно проведенному анализу современного состояния агроклиматических ресурсов в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан, можно сделать следующие выводы.

1. В период 1961–2020 гг. на территории Республики Башкортостан выявлено увеличение сумм положительных и активных температур воздуха. В исследуемый период скорость роста сумм среднесуточных температур воздуха теплого периода (выше 0 °С) в Республике Башкортостан составляет 57,2 °С/10 лет, сумм активных температур (выше 10°С) – 52,7 °С/10 лет. Наибольшие темпы роста данных агроклиматических показателей обнаружены в Зауральской зоне.

2. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова имеет незначительные положительные тренды в северной части республики, отрицательные – в южной. Для Южной лесостепной, Предуральской степной и Зауральской зон характерна максимальная повторяемость лет с недостаточной влагообеспеченностью (41,7–51,7 %), что наиболее часто приводит к формированию условий со слабой, средней и сильной засухами.

3. Индекс засушливости Д.А. Педея имеет устойчивую тенденцию к увеличению во всех природно-сельскохозяйственных зонах республики, кроме Северо-восточной лесостепной зоны. Наибольшей скоростью роста этого индекса отличаются Горно-лесная и Зауральская зоны.

Таким образом, на территории Республики Башкортостан наблюдается нарастание более засушливых условий, особенно в природно-сельскохозяйственных зонах южной части республики. Кроме того, условия с засухами разной интенсивности чаще формируются в этих же зонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sixth Assessment Report (AR6) / IPCC. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата обращения: 15.09.2023).
2. Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future: First Mediterranean Assessment Report / eds. W. Cramer, J. Guiot, K. Marini. Marseille, France: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, 2020. Pp. 632. URL: <https://www.medec.org/first-mediterranean-assessment-report-mar1/> (дата обращения: 15.09.2023).
3. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (дата обращения: 21.09.2023).
4. Dobrovolski S.G. World Droughts and Their Time Evolution: Agricultural, Meteorological and Hydrological Aspects // *Water Resources*. 2015. Vol. 42. N 2. P. 147–158.
5. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2020. № 2. С. 207–217.
6. Павлова В.Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке // *Труды ГГО*. 2013. № 569. С. 20–37.
7. Переведенцев Ю.П., Павлова В.Н., Парубова Е.М., Мирсаева Н.А., Николаев А.А., Шанталинский К.М. Современные тенденции изменения агроклиматических ресурсов на территории Приволжского федерального округа // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2022. Т. 8. № 4. С. 477–501.
8. Синицина Н.И. *Агроклиматология*. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 344 с.
9. Галимова Р.Г., Переведенцев Ю.П., Яманаев Г.А. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология»*. 2019. № 3. С. 29–39.
10. Место Республики Башкортостан среди субъектов Российской Федерации за 2022 год / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mesto-Respubliki-Bashkortostan-sredi-subektov-Rossiyskoy-Federacii-za-2022-god.pdf> (дата обращения: 10.08.2023).
11. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х., Хабиров И.К., Кольцова Г.А. *Почвы Башкортостана*. Т. 1. Уфа: Гилем, 1995. 385 с.
12. Швер Ц.А. *Атмосферные осадки на территории СССР*. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 304 с.
13. Галимова Р.Г. Оценка влияния современных климатических изменений в природных зонах Республики Башкортостан // *Региональные геосистемы*. 2020. Т. 44, № 2. С. 125–137.
14. Bogdan E., Volkov A., Belan L., Kamalova R., Tuktarova I. Remote Assessment of Soil Temperature on the Example of a Carbon Landfill Site of the Republic of Bashkortostan (Yangan-Tau Geopark) // *In Proceedings of the 1st International Conference on Methods, Models, Technologies for Sustainable Development - MMTGE, Grozny, 2023*. P. 215–221.
15. Галимова Р.Г. Современный климатический режим атмосферных осадков на территории Республики Башкортостан // *Географический вестник*. 2020. №2 (53). С. 111–119.

Камалова Рита Галимьяновна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии*, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного баланса экосистем**
E-mail: galim-rita@yandex.ru

Козлова Анастасия Сергеевна, бакалавр направления «Гидрометеорология»*
E-mail: nastena.vlll0@gmail.com

Фирстов Алексей Олегович, ассистент кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии*
E-mail: alexfirstov777@gmail.com

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32

**ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
450064, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

R.G. Kamalova, A.S. Kozlova, A.O. Firstov

MODERN CHANGES IN AGROCLIMATIC RESOURCES IN NATURAL AGRICULTURAL ZONES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN DURING THE WARM PERIOD

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-434-444

The article is devoted to the study of agroclimatic resources and their variability in natural agricultural zones on the territory of the Republic of Bashkortostan. As indicators the sums of air temperatures above 0 and 10°C, humidification coefficient of G.N. Vysotsky and N.N. Ivanov, hydrothermal coefficient of G.T. Selyaninov, aridity index of D.A. Pedyu are calculated. The data of air temperature and precipitation observations for the period 1966-2020 contained in the funds of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center and the Bashkir Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring were used as source materials. The multiyear dynamics of these indicators was analyzed and spatial and temporal regularities in their distribution in natural-agricultural zones were revealed. It has been established that in all the zones under consideration there is a steady increase in the sums of air temperatures above 0 and 10°C. At the same time, aridity increases, which is especially manifested in the southern parts of the republic.

Keywords: agroclimatic resources, climate change, sums of positive temperatures, hydrothermal conditions, Republic of Bashkortostan.

This research was funded by grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Bashkortostan REC-RMG-2023 «Creation of methodological foundations for evaluating of greenhouse gases balance and determining the carbon sequestration potential in ecosystems»

REFERENCES

1. Sixth Assessment Report (AR6) / Portal IPCC, Available at: <https://www.ipcc.ch> (accessed: 15.09.2023).
2. Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future: First Mediterranean Assessment Report / eds. W. Cramer, J. Guiot, K. Marini, Marseille, France: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, 2020, pp. 632, Available at: <https://www.medec.org/first-mediterranean-assessment-report-mar1/> (accessed: 15.09.2023).
3. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (accessed: 21.09.2023).
4. Dobrovolski S.G. World Droughts and Their Time Evolution: Agricultural, Meteorological, and Hydrological Aspects, in *Water Resources*, 2015, vol. 42, no. 2, pp. 147-158.
5. Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A., Titkova T.B. [Aridization of drylands in the european part of Russia: secular trends and links to droughts], in *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2020, no. 2, pp. 207-217 (in Russ.).
6. Pavlova V.N. [Agroclimatic resources and agricultural productivity of Russia with the application of new climate scenarios in the XXI century], in *Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii imeni A.I. Voyeykova [Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory]*, 2013, no.569, pp. 20-37 (in Russ.).
7. Perevedentsev Yu.P., Pavlova V.N., Parubova E.M., Mirsaeva N.A., Nikolaev A.A., Shantalinsky K.M. [Current trends in agroclimatic resources in Yolga federal district], in *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya [Fundamental and Applied Climatology]*, 2022, vol. 8, no. 4, pp. 477-501 (in Russ.).
8. Sinitsina N.I. *Agroklimatologiya [Agroclimatology]*, Leningrad: Hydrometeoizdat Publ., 1973, 344 p. (in Russ.).

9. Galimova R.G., Perevedentsev Yu.P., Yanaev G.A. [Agroclimatic resources of the Republic of Bashkortostan], in *Vestnik Voronezh. Gos. Univ., Seriya "Geografiya. Geoekologiya"* [Bulletin of the Voronezh State University. Series "Geography. Geoecology"], 2019, no. 3, pp. 29-39 (in Russ.).
10. *Mesto Respubliki Bashkortostan sredi sub"ektov Rossiyskoy Federatsii za 2022 god, Sayt Territorial'nogo organa Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Bashkortostan* [The place of the Republic of Bashkortostan among the subjects of the Russian Federation for 2022 / Website of the Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Bashkortostan], Available at: <https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mesto-Respubliki-Bashkortostan-sredi-subektov-Rossiyskoy-Federacii-za-2022-god.pdf> (accessed: 10.08.2023) (in Russ.).
11. Khaziev F.X., Mukatanov A.X., Khabirov I.K., Koltsova G.A. *Pochvy` Bashkortostana* [Soils of Bashkortostan], vol. 1, Ufa: Gilem Publ., 1995, 385 p. (in Russ.).
12. Shver Ts.A. *Atmosferny`e osadki na territorii SSSR* [Atmospheric precipitation on the territory of the USSR], Leningrad: Hydrometeoizdat Publ., 1976, 304 p. (in Russ.).
13. Galimova R.G. [Assessment of the influence of modern climate change in the natural zones of the Republic of Bashkortostan], in *Regional'nyye geosistemy* [Regional Geosystems], 2020, vol. 44, no. 2, pp. 125-137 (in Russ.).
14. Bogdan E., Volkov A., Belan L., Kamalova R., Tuktarova I. Remote Assessment of Soil Temperature on the Example of a Carbon Landfill Site of the Republic of Bashkortostan (Yangan-Tau Geopark), in *Proceedings of the 1st International Conference on Methods, Models, Technologies for Sustainable Development - MMTGE*, Grozny, 2023, pp. 215-221.
15. Galimova R.G. [Modern climatic regime of precipitation in the territory of the Republic of Bashkortostan], in *Geograficheskiy vestnik* [Geographical bulletin], 2020, no. 2(53), pp. 111-119 (in Russ.).

Received 29.09.2023

Kamalova R.G., Senior Lecturer of the Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology*
Senior Researcher at the Laboratory for Monitoring Climate Change and Ecosystem Carbon Balance**

E-mail: galim-rita@yandex.ru

Kozlova A.S., Bachelor of Hydrometeorology*

E-mail: nastena.vlll0@gmail.com

Firstov A.O., Assistant of the Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology*

E-mail: alexfirstov777@gmail.com

* Ufa University of Science and Technology

Zaki Validi st., 32, Ufa, Russia, 450076

** Ufa State Petroleum Technical University

Kosmonavtov st., 1, Ufa, Russia, 450064