

Физико-географические исследования

УДК 551.583(470.51)(045)

Д.А. Адаховский

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (НА ПРИМЕРЕ г. ИЖЕВСКА)

Приводятся результаты оценки динамики климатических и фенологических показателей с точки зрения процессов современного потепления климата на территории г. Ижевска (Удмуртская Республика). Установлено, что выраженная тенденция потепления проявляется с 1988 г., принимая однозначный характер с 2000-х гг. Относительно базового периода 1961–1990 г. среднегодовая температура воздуха по г. Ижевску возросла с 2,5 °С до 3,3 °С за климатический отрезок 1991–2020 г. Основной рост температур прослеживается в холодное время года, в зимние месяцы, в начале календарной весны и во второй половине осени. Согласно представленным данным, продолжительность периодов с температурами 0, 5 и 10° С изменилась в сторону увеличения на 12, 12 и 6 дней соответственно. Средняя многолетняя сумма активных температур выше 10°С за период 1991–2020 г. составила 2160,9°С, соответствуя значениям показателя биологической эффективности климата области экологического оптимума функционирования зональных ландшафтов умеренного пояса. При сравнении современных сроков наступления фенологических явлений по г. Ижевску с периодом 50–70-х гг. XX в. установлено их опережение на 4–10 дней для весеннего и летнего сезонов и запаздывание на 9–10 дней в осенне-зимних условиях. Это сказалось на изменении продолжительности сезонов года с продолжительностью весны, лета и осени на 1, 10 и 6 дней соответственно и укорочением зимы на 17 суток.

Ключевые слова: потепление климата, г. Ижевск, Удмуртская Республика, среднегодовая температура, фенологические явления, продолжительность сезонов года, вегетационный период, сумма активных температур.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-57-64

Основной характеристикой современного климата является выраженная тенденция потепления, прослеживаемая на глобальном и региональных уровнях с 70-х гг. XX в. В рамках форм изменчивости климатической системы она может быть отнесена к разряду внутривековых колебаний, однако масштабность и разнокачественность актуальных и возможных негативных последствий требует оперативности в их оценке и установлении иерархии действующих факторов [1]. Значительный интерес представляют ландшафтно-экосистемные последствия потепления климата, важную роль в оценке которых играет фенологический мониторинг, основанный на использовании комплексной системы феноиндикаторов. Он позволяет объективно сопоставлять глобальные и региональные тенденции, оценивая биотический и ландшафтный отклик на происходящие изменения.

Важнейшими этапами изменения климата в XX в., предшествующими современному потеплению, явилось потепление 1910–1945 гг., обозначенное как «потепление Арктики», и похолодание 1946–1975 гг. [2]. Начало современного потепления соотносится с 1976 г., выбранным Всемирной метеорологической организацией в соответствии с ходом глобальной температуры. Особенности потепления климата Северного полушария и территории России в частности состоят в опережающих темпах протекающих процессов. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976 – 2018 гг. составила 0,47°С/10 лет, что в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период и более чем в 1,5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара [3].

Характеристика современных климатических условий и их тенденций на территории Удмуртской Республики и Приволжского региона приведена в целом ряде работ. По всем метеостанциям республики наблюдается рост среднегодовых температур, главным образом, в зимний период на 0,4–0,5 °С. [4]. Для Приволжского федерального округа за период 1955 – 2010 гг. установлен рост годовых температур на 1,8 °С, с переходом из области отрицательных аномалий в положительную в середине 1970-х гг. [5]. Закономерным является и рост агроклиматических ресурсов, определяемый увеличением продолжительности вегетационного периода и возрастанием сумм активных температур [6].

Материалы и методы исследований

Основными материалами работы послужили данные Ижевской метеостанции, расположенной в центральной части Удмуртии, по температуре приземного слоя воздуха и осадкам за период 1949–2020 гг. [7], охватывающий интервалы похолодания 1940-х – первой половины 1970-х гг. и современного потепления климата. На их основании для территории г. Ижевска устанавливались средние значения годовых, месячных и сезонных температур воздуха, количество осадков, даты устойчивого перехода температур через пороги 0, 5 и 10 °С с учётом методических указаний [8], а также значения сумм активных температур. Фенологические данные были получены в ходе мониторинга, осуществляемого автором с начала 1990-х гг. на стандартных площадках в г. Ижевске и его окрестностях. Для сравнения были использованы данные В.В. Сентемова из календаря природы г. Ижевска за период 50–70-х гг. XX в. [9]. Статистическая обработка включала проведение линейного регрессионного анализа методом наименьших квадратов, расчёт коэффициента корреляции Спирмена с оценкой значимости результатов и установление основных характеристик варьирования рассматриваемых переменных.

Результаты и их обсуждение

Динамика основных климатических параметров, усреднённая по 30-летним отрезкам, представлена в табл. 1. Характерным является прогрессивный рост среднегодовой температуры воздуха, приобретающий всё более однонаправленный характер, чему соответствует снижение нормы температур. Величина линейного тренда температуры воздуха за период 1951 – 2020 гг. по г. Ижевску составила + 0,27°С/10 лет, что ниже общих значений для территории европейской части и Приволжского федерального округа в частности [5; 10]. Общий рост температуры воздуха при сравнении данных базового (1961–1990 гг.) и современного (1991 – 2020 гг.) климатических отрезков составил 0,8 °С. Соответствующие показатели по северной и южной частям республики также демонстрируют рост и имеют следующие значения: г. Глазов – + 1,3°С, при изменении средней годовой температуры воздуха от +1,3 до +2,6 °С; г. Сарапул – +1,1 °С при изменении температуры от +2,7 до +3,8 °С.

Таблица 1

Изменение средней годовой температуры воздуха и сумм осадков по г. Ижевску

Периоды	Климатические параметры, среднее значение, диапазон нормы	
	температура ± 2m (°С)	осадки (мм)
1951–1980 гг.	2,3 ± 0,33	–
1961–1990 гг.	2,5 ± 0,35	539
1971–2000 гг.	2,7 ± 0,35	502
1981–2010 гг.	3,0 ± 0,32	512
1991–2020 гг.	3,3 ± 0,29	530

Примечание: 2m – ошибка среднего для 5% уровня значимости.

Для установления межгодовой интенсивности процесса потепления оценивались аномалии среднегодовых температур воздуха по г. Ижевску, относительно показателей базового периода 1961 – 1990 гг. Средняя температура воздуха в данный период составила 2,5±0,35 °С. Результаты анализа приведены на рис. 1.

Согласно представленным данным (рис. 1), наиболее выраженная тенденция потепления регионального климата устанавливается с 1988 г., принимая однозначный характер с 2000-х гг. в связи с присутствием только положительных аномалий температуры воздуха. Климатический отрезок, начинающийся с 1976 г., для которого была характерна последняя наиболее значительная отрицательная аномалия годовых температур за период современного потепления (-1,2 °С) и по 1987 г., может быть обозначен как переходный к выраженному потеплению.

Для оценки внутригодовых особенностей климатической тенденции был произведён расчёт линейной регрессии среднемесячных и сезонных температур воздуха, результаты которого представлены в табл. 2.

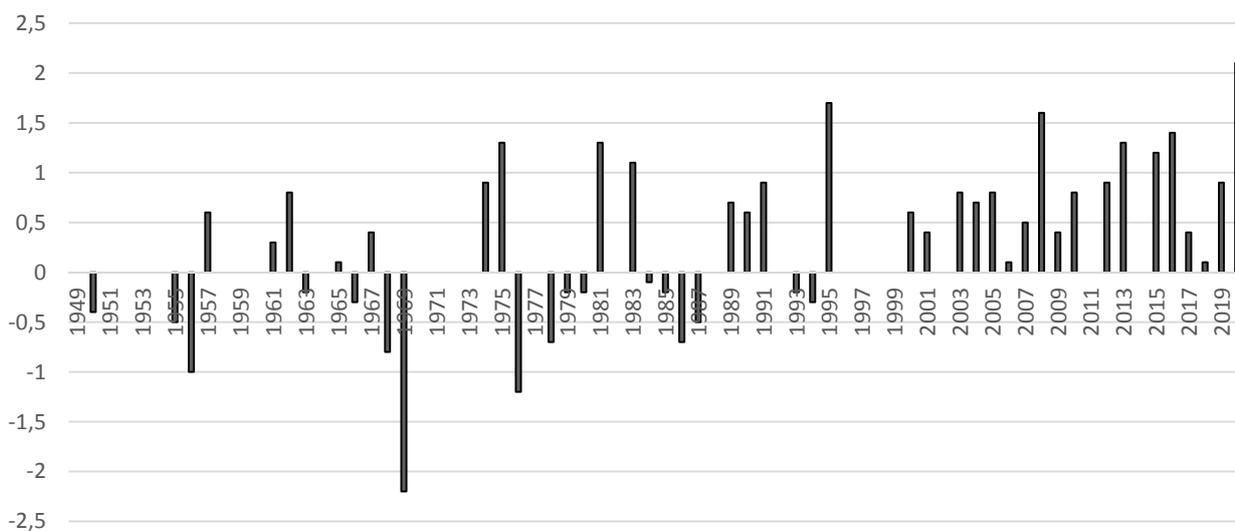


Рис. 1. Среднегодовые аномалии температуры приземного слоя воздуха (°C) по г. Ижевску

Таблица 2

Значение и значимость коэффициентов линейной корреляции (r) среднемесячных и сезонных температур воздуха по г. Ижевску за период 1951–2020 гг.

Месяцы	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
r	0,199	0,254	0,332	0,420	0,035	0,171	-0,028	0,015	0,027	0,174	0,317	0,247
Сезоны	зима			весна			лето			осень		
r	0,313			0,364			0,004			0,390		

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые тренды на 5 % уровне.

Как показывают полученные данные, тенденция потепления климата в первую очередь сказывается на росте температуры в холодное время года, возрастая от января к марту, имеет слабый и знакопеременный характер летом и вновь увеличивается со второй половины осени. Основными факторами «холодного» потепления выступают заметные отрицательные тренды атмосферного давления, прослеживаемые с 70-х гг. XX в. для широтной зоны 30–70° с.ш. и территории Приволжского федерального округа в частности. Это способствует усилению циклонической деятельности и зонального западного переноса воздушных масс при положительной фазе Североатлантического колебания (NAO) и отрицательных значениях скандинавского индекса (SCAND) [11; 12].

Таблица 3

Динамика среднемесячных и сезонных температур воздуха и значение коэффициентов регрессии (b) по г. Ижевску за период 1951 – 2020 гг.

Периоды	Месяцы, температура воздуха											
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1951–1960 гг.	-11,1	-13,4	-14,5	-7,9	3,7	11,5	17,7	18,9	17,0	9,9	2,2	-7,4
1961–1970 гг.	-12,2	-15,6	-13,1	-6,3	3,2	11,8	15,5	18,9	15,8	10,1	2,2	-4,7
1971–1980 гг.	-9,8	-15,0	-13,4	-5,3	3,9	12,3	16,1	18,2	15,6	9,8	1,1	-4,3
1981–1990 гг.	-10,6	-12,9	-11,3	-5,6	3,2	11,2	17,4	19,3	16,2	9,8	2,6	-5,8
1991–2000 гг.	-10,6	-12,6	-11,6	-5,4	4,1	11,3	17,6	18,4	15,6	9,8	3,7	-6,6
2001–2010 гг.	-10,7	-11,6	-12,0	-4,1	3,8	12,5	15,9	19,1	16,7	11,0	3,8	-2,9
2011–2020 гг.	-9,4	-12,1	-10,4	-4,4	4,1	13,2	16,7	18,9	16,9	11,0	3,4	-3,8
b °C/10 лет	0,26	0,51	0,58	0,52	0,09	0,19	-0,25	0,05	0,02	0,18	0,34	0,43
сезоны	зима			весна			лето			осень		
b °C/10 лет	0,45			0,28			0,01			0,31		

Матрица данных по динамике среднемесячных температур воздуха по территории г. Ижевска приведена в табл. 3.

Для оценки динамики ресурсно-климатических показателей в условиях современного потепления климата были установлены даты перехода средней суточной температуры воздуха через рубежные пороги 0, 5 и 10 °С, продолжительность периодов года с соответствующими температурами, а также годовые суммы температур выше 10 °С. Результаты приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Продолжительность периодов с температурами выше 0, 5 и 10 °С по г. Ижевску за 1961–2020 гг.

Периоды	Даты начала, конца / продолжительность периодов (дни)					
	Т > 0 °С		Т > 5 °С		Т > 10 °С	
1961 – 1990 гг.	04.IV – 25.X 205		21.IV – 02.X 165		08.V – 15.IX 130	
1991 – 2020 гг.	02.IV – 04.XI 217		19.IV – 12.X 177		06.V – 19.IX 136	
Лаг общий (дни)	+ 12		+ 12		+ 6	
Лаг дат начала / конца (дни)	+2	-10	+2	-10	+2	-4

Таблица 5

Динамика продолжительности календарных периодов с температурами выше 0, 5 и 10 °С и значение коэффициентов регрессии (b) по г. Ижевску за 1961–2020 гг.

Периоды	Продолжительность периодов (дни)		
	Т > 0 °С	Т > 5 °С	Т > 10 °С
1961–1970 гг.	208,5	166,6	130,6
1971–1980 гг.	201,7	164,2	133,8
1981–1990 гг.	201,6	165,0	127,8
1991–2000 гг.	207,3	177,6	129,6
2000–2010 гг.	223,2	175,4	139,8
2010–2020 гг.	219,1	178,2	138,2
b (дни/10 лет)	3,5	3,0	1,6

Согласно представленным данным (табл. 4), продолжительность оцениваемых климатических периодов в условиях современной нормы по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг. изменились в сторону увеличения на 12, 12 и 6 дней соответственно. При этом основной вклад в рост продолжительности вносит смещение на более поздние сроки дат окончания климатических периодов, связанный с заметным ростом температур осенних месяцев года (октябрь, ноябрь) по сравнению с весенними (апрель, май).

Результатом климатической тенденции является изменение сумм среднесуточных температур воздуха в пределах сезонных климатических периодов. В качестве обобщённого показателя наиболее часто рассматривается сумма активных температур выше 10 °С, выступающая основным показателем агроклиматических ресурсов вегетационного периода. Как показывают данные [13], ресурсы тепла в европейской части России за период 1966–2015 гг. существенно возросли. Наиболее интенсивный рост, с увеличением сумм активных температур на 190–250 °С и более за сравниваемые климатические отрезки, наблюдается в регионах лесостепной и степной зон. Для регионов лесной зоны рост температур не превышает 170 °С. Для территории г. Ижевска прирост активных температур современного климатического отрезка по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг. составил 106 °С с величиной линейного тренда 36 °С/10 лет. Статистически значимой является корреляция среднегодовых и активных температур, характеризующаяся коэффициентом 0,49.

В табл. 6 приведены обобщённые материалы в отношении сумм активных температур выше 10 °С за базовый и современный климатические отрезки.

Таблица 6

Агроклиматические ресурсы в отношении температур воздуха выше 10 °С по г. Ижевску за период 1961–2020 гг.

Суммы температур	Периоды, обеспеченность (% лет)	
	1961–1990 гг.	1991–2020 гг.
< 1600	100,0	–
< 1700	96,7	100,0
< 1800	83,3	96,7
< 1900	70,0	90,0
< 2000	63,3	80,0
< 2100	40,0	53,3
< 2200	30,0	43,3
< 2300	13,3	23,3
< 2400	10,0	10,0
< 2500	–	10,0
< 2600	–	6,6
Среднее значение	2054,5	2160,9
Минимальное значение	1615,2	1786,6
Максимальное значение	2489,2	2665,1

Обращает на себя внимание значительный прирост значений активных температур на 90 % уровне обеспеченности, составивший около 150 °С, что равносильно смещению изолиний сумм температур по территории Удмуртии в северном направлении на 75 км [14]. Это указывает на заметное изменение уровня агроклиматических ресурсов региона, соответствующее общей тенденции их роста на востоке европейской России [13].

Для оценки компонентно-ландшафтного отклика на процессы, связанные с изменением климата, были использованы выборки фенологических данных, касающиеся сроков наступления отдельных сезонных явлений по г. Ижевску за относительно холодный период 1952–1972 гг. и период современного потепления. Их сопоставление приведено в табл. 7.

Таблица 7

Сроки наступления фенологических явлений по г. Ижевску за период 1952–2020 гг.

Фенологические явления	Средние даты наступления феноявлений по периодам		Лаг (дни)
	1952 – 1972 гг.	1993–2020 гг.	
Весенний сезон			
Появление проталин на полях	10.IV	05.IV	-5
Жаворонок – появление	11.IV	01.IV	-10
Начало пыления ольхи серой	18.IV	13.IV	-5
Сход снега на полях	23.IV	18.IV	-5
Начало пыления вяза гладкого	06.V	27.IV	-9
Начало пыления берёзы бородавчатой	08.V	02.V	-6
Начало цветения черёмухи	16.V	10.V	-6
Начало цветения сирени	23.V	19.V	-4
Летний сезон			
Начало цветения шиповника	10.VI	03.VI	-7
Начало цветения липы	06.VII	30.VI	-6
Осенний сезон и первозимье			
Полная окраска берёз	26.IX	06.IX	+10
Установление снежного покрова	08.XI	17.XI	+9

Примечание: фенологические данные за период 1952–1972 гг. приводятся на основании данных В.В. Сентемова [9].

Приведённые данные показывают наличие заметных тенденций в изменении сроков наступления сезонных явлений, находящихся в коррелятивной связи с современным климатическим трендом. Так, по сравнению с холодным периодом 40–70-х гг. XX в., произошло достоверное смещение на более ранние сроки дат наступления весенних и летних явлений и в более поздние сроки стали наступать феноявления осени и начала зимы. Это нашло выражение и в изменении продолжительности сезонов года (табл. 8). В частности, при общем сохранении продолжительности весны, произошло удлинение летнего сезона на 10 дней, осеннего на 6 и укорочение зимы на 17 дней соответственно.

Таблица 8

Изменение продолжительности сезонов года по г. Ижевску

Сезоны года	Продолжительность сезонов по периодам (дни)		Лаг (дни)
	1952–1972 гг.	1993–2020 гг.	
Весна	61	62	+1
Лето	73	83	+10
Осень	78	84	+6
Зима	153	136	-17

Заключение

Полученные результаты подтверждают процессы продолжающегося потепления климата на территории Удмуртии, сопровождающегося прогрессивным ростом среднегодовой температуры воздуха, увеличением продолжительности теплого периода года и его ресурсно-термических характеристик. Тенденция потепления климата в первую очередь сказывается на росте температур в холодное время года: зимних месяцев, начала весны и второй половины осени.

Средняя многолетняя сумма активных температур выше 10 °С, служащая интегральным показателем термических ресурсов климата, за период 1991–2020 гг. составила 2161 °С, увеличившись по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг. на 106 °С. Это позволяет говорить, что значения показателя биологической эффективности климата [15], с учётом коэффициента увлажнения для рассматриваемой территории [14], лежат в диапазоне 21–22, приближаясь к зоне экологического оптимума функционирования зональных ландшафтов умеренного пояса [16].

Обусловленный потеплением климата отклик компонентов природных систем находит своё отражение в опережающем наступлении сроков весенних и летних феноявлений и запаздывании осенних. Общим результатом изменений является динамика продолжительности климато-фенологических сезонов года с сокращением продолжительности зимы и ростом продолжительности лета и осени. В целом можно говорить о росте оптимальности в функционировании региональных ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 60 с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД», 2012. 194 с.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с.
4. Рысин И.И. О проявлениях глобального потепления климата на территории Удмуртии // Вестн. Удм. ун-та. 2003. Т. 13, вып. 5. С. 51-60.
5. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шумихина А.В. Изменение климата на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. 2012. Т. 22, вып. 4. С. 122-135.
6. Шумихина А.В., Маратканова В.С. Агроклиматические ресурсы тепла и влаги и их изменение на территории Удмуртской Республики // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. 2019. Т. 29, вып. 4. С. 560-565.
7. Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 05.01.2021).
8. Педь Д.А. Об определении устойчивого перехода температуры воздуха через определённые значения // Метеорология и гидрология. 1951. № 10. С. 38-39.
9. Сентемов В.В. Календарь природы г. Ижевска // Сезонная жизнь природы Русской равнины. Календари природы Нечернозёмной зоны РСФСР за 1960–1972 гг. Л.: Наука, 1979. С. 152-153.

10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М.: Росгидромет, 2020. 97 с.
11. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А. Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // Метеорология и гидрология. 2014. №. 4. С. 32-48.
12. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Исмагилов Н.В., Занди Р. О влиянии макроциркуляционных систем на термобарический режим Приволжского федерального округа // Уч. зап. Казан. ун-та. Естественные науки. 2014. Т. 156, кн. 2. С. 156-169.
13. Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Берёза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Тр. Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2016. Т. 360. С. 45-78.
14. Атлас Удмуртской Республики / под ред. И.И. Рысина. М.: Феория, 2016. 282 с.
15. Иванов Н.Н. Показатель биологической эффективности климата // Изв. Всесоюзного географического общества. 1962. Т. 94, вып. 1. С. 65-70.
16. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию России. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 192 с.

Поступила в редакцию 09.02.2021

Адаховский Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)
E-mail: garda2009@rambler.ru

D.A. Adakhovskiy

CLIMATIC AND PHENOLOGICAL INDICATORS OF MODERN WARMING IN THE TERRITORY OF THE UDMURT REPUBLIC (A CASE STUDY OF IZHEVSK)

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-57-64

The article presents the results of the assessment of the dynamics of climatic and phenological indicators from the point of view of the processes of modern climate warming in the territory of Izhevsk (Udmurt Republic). It is established that the pronounced warming trend has been manifested since 1988, taking an unambiguous character since the 2000s. Relative to the base period of 1961–1990, the average annual air temperature in Izhevsk increased from 2.5 °C to 3.3 °C for the climatic period of 1991–2020. The main increase in temperatures can be traced in the cold season, in the winter months, at the beginning of the calendar spring and in the second half of autumn. According to the data presented, the duration of the periods with temperatures of 0, 5 and 10 °C changed upwards by 12, 12 and 6 days, respectively. The average long-term sum of active temperatures above 10 °C for the period 1991–2020 was 2160.9 °C, corresponding to the values of the indicator of the biological efficiency of the climate in the area of the ecological optimum of the functioning of zonal landscapes of the temperate zone. When comparing the current timing of the onset of phenological phenomena in Izhevsk with the period of the 50s–70s of the XX century, their advance by 4–10 days for the spring and summer seasons and a delay of 9–10 days in autumn-winter conditions was established. This affected the change in the length of the seasons with an increase in spring, summer and autumn by 1, 10 and 6 days, respectively, and a shortening of winter by 17 days.

Keywords: climate warming, Izhevsk, Udmurt Republic, average annual temperature, phenological phenomena, duration of seasons, vegetation period, sum of active temperatures.

REFERENCES

1. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii: obshchee rezyume* [The second assessment report of Roshydromet on climate changes in the territory and their consequences on the territory of the Russian Federation: general summary], Moscow: Rosgidromet Publ., 2014, 60 p. (in Russ.).
2. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. *Nablyudaemye i ozhidaemye izmeneniya klimata Rossii: temperatura vozdukh* [Observed and expected climate changes in Russia: air temperature], Obninsk: FGBU «VNIIGMI – MCD», 2012, 194 p. (in Russ.).
3. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2018 god* [Report on the peculiarities of the climate in the Russian Federation for 2018], Moscow: Rosgidromet, 2019, 79 p. (in Russ.).

4. Rysin I.I. [On the manifestations of global climate warming in the territory of Udmurtia], in *Vestn. Udmurt. Univ.*, 2003, vol. 13, iss. 5, pp. 51-60 (in Russ.).
5. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskiy K.M., Vazhnova N.A., Naumov E.P., Shumikhina A.V. [Changes of the climate in Privolzhsky Federal District in the recent decades and their relationship to geophysical factors], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2012, vol. 22, iss. 4, pp. 122-135 (in Russ.).
6. Shumikhina A.V., Maratkanova V.S. [Agroclimatic resources of temperature and humidity and their dynamics in the territory of the Udmurt Republic], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2019, vol. 29, iss. 4, pp. 560-565 (in Russ.).
7. *Pogoda i klimat* [Weather and climate], Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (accessed: 05.01.2021) (in Russ.).
8. Ped' D.A. [On determining the stable transition of air temperature through certain values], in *Meteorologiya i gidrologiya*, 1951, no. 10, pp. 38-39. (in Russ.).
9. Sentemov V.V. [Nature Calendar of Izhevsk], in *Sezonnaya zhizn' prirody Russkoy ravniny. Kalendari prirody Nechernozemnoy zony RSFSR za 1960 – 1972 gg.* Leningrad: Nauka Publ., 1979, pp. 152-153 (in Russ.).
10. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2019 god* [Report on the peculiarities of the climate in the Russian Federation for 2019], Moscow: Rosgidromet, 2020, 97 p. (in Russ.).
11. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskiy K.M., Vazhnova N.A. [Spatiotemporal variations of major parameters of temperature and humidity regime in the Volga Federal District], in *Meteorologiya i gidrologiya*. 2014, no. 4, pp. 32-48. (in Russ.).
12. Perevedentsev Yu.P., Shantalinskiy K.M., Aukhadeev T.R., Ismagilov N.V., Zandi R. [Effect of macrocirculation systems on the thermobaric conditions of the Volga Federal District], in *Uchenye zapiski Kazanskogo Univ. Estestvennye nauki*, 2014, vol. 156, pp. 156-169 (in Russ.).
13. Vil'fand R.M., Strashnaya A.I., Bereza O.V. [About the dynamics of the agroclimatic indicators of conditions of sowing, wintering and formation of the yield of the main grain crops], in *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii*, 2016, vol. 360, pp. 45-78 (in Russ.).
14. *Atlas Udmurtskoy Respubliki* [Atlas of the Udmurt Republic], Rysin I.I. (ed). Moscow: Feoriya Publ., 2016, 282 p. (in Russ.).
15. Ivanov N.N. [Indicator of biological efficiency of climate], in *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva*. 1962, vol. 94, iss. 1, pp. 65-70 (in Russ.).
16. Isachenko A.G. *Vvedenie v ekologicheskuyu geografuyu Rossii* [Introduction to the Ecological Geography of Russia], St. Petersburg: Sankt-Petereburg. Gos. Univ., 2003. 192 p. (in Russ.).

Received 09.02.2021

Adakhovskiy D.A., Senior lecturer at Department of ecology and nature management
Udmurt State University
Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034
E-mail: garda2009@rambler.ru