

УДК 551.583.1

*Р.Г. Галимова, Р.Р. Рахимов***АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА
В ГОРОДЕ УФА**

Представлен анализ климатических характеристик отопительного периода в городе Уфа: продолжительность, даты его начала и окончания, средняя температура за период, сумма среднесуточных температур за период. В качестве прикладной характеристики рассматривается индекс потребления топлива.

Для анализа были использованы данные среднесуточных температур по метеорологической станции Уфа-Дема за период 1966–2015 годы. Для каждого года выявлены устойчивые переходы температуры воздуха через 8 °С (осенью и весной). За соответствующий период рассчитаны продолжительность, средние и крайние характеристики, среднеквадратическое отклонение, а также индекс потребления топлива. Для выявления тенденций построены графики многолетнего хода соответствующих характеристик, проанализированы уравнения их трендов. Рассмотрены указанные показатели по двум частям отопительного периода. В настоящее время отмечаются существенные изменения характеристик отопительного периода в городе Уфа. Выявлено сокращение отопительного периода, сдвиг дат начала и окончания периода, повышение средних температур и их сумм. Определены интенсивность изменчивости указанных показателей. Рассмотрены изменения характеристик в первой и второй частях отопительного периода. Проведен корреляционный анализ между характеристиками отопительного периода. Выявлены основные взаимосвязи. Авторами проведена попытка соотнести изменения характеристик отопительного периода с изменениями циркуляционных индексов.

Ключевые слова: отопительный период, температура воздуха, суммы температур, индекс потребления топлива, тренды, город Уфа.

Изучение климатических изменений, которые отмечаются во многих регионах нашей страны, находит отражение во многих научных исследованиях. Изменение климатических условий повлечет за собой и изменения в сферах народно-хозяйственной деятельности, зависящих от погоды и климата региона.

Практический интерес представляет собой отопительный период (далее – ОП), климатические характеристики которого определяются погодными условиями отдельных лет. Наблюдаемые изменения климатических условий Республики Башкортостан и города Уфы [1; 2; 6] повлекут за собой изменения характеристик ОП.

Отопительным периодом принято считать часть холодного сезона года, когда средняя суточная температура воздуха находится в пределах +8°С. В этот период для поддержания внутренней температуры помещений необходимо обязательное отопление. Расходы на этот процесс составляют не менее 30–40 % от общих расходов вырабатываемой тепловой энергии [3-5; 7-8].

В настоящей работе представлены результаты исследования изменений климатических характеристик ОП в городе Уфа, численность которого более миллиона жителей. По выявленным тенденциям можно будет говорить и об экономии топливных ресурсов, используемых в процессе отопления.

Материалы и методы исследований

Климатическими характеристиками ОП являются его продолжительность, даты начала и окончания ОП, средняя температура за ОП, сумма среднесуточных температур, а также индекс потребления топлива (далее – ИП), который рассчитывается по формуле $ИП = \sum |T - 20|$, где T – среднесуточная температура воздуха, °С. Значением величины константы «20» в формуле является порог комфортности температуры, которая должна составлять в помещении 20°С. Таким образом, указанная формула рассчитывает суммы абсолютных величин отклонений среднесуточных значений температуры от порога комфортности в течение ОП [3; 5; 8; 9].

В работе [5] весьма интересно разбивается отопительный период на две части: первая – с даты начала ОП до 31 декабря, вторая – с 1 января до даты окончания ОП. Авторами был использован данный способ разбивки для дополнительного анализа изменчивости структуры ОП.

Для исследования использовалась база данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) с 1966 по

2015 гг. (50 лет) по метеостанции Уфа-Дема. Авторами выявлены по совокупности данных наблюдений суточного разрешения устойчивые переходы через 8°C. При анализе тенденций изменения считались статистически значимыми, если при временной выборке в 50 лет коэффициент $R^2 > 0,08$ [5; 7].

Результаты и их обсуждение

Основные характеристики ОП города Уфа приведены в табл. 1. Средние многолетние даты начала и окончания ОП в городе – 6 октября и 29 апреля. Среднеквадратическое отклонение (далее – СКО) показывает, что наибольшее расхождение со средними многолетними датами у начала периода.

Средняя температура за ОП составляет $-5,7^\circ\text{C}$, при этом отклонения в сторону наименьших температур проявляются с большей степенью. Самая низкая средняя температура за ОП наблюдалась в 1968–1969 гг. ($-9,8^\circ\text{C}$). Данный зимний сезон характеризовался одними из самых сильных и продолжительных морозов, что ко всему прочему обусловило и самую минимальную сумму температур за ОП (2191°C). В анализируемом ряду больше сумм с пределом -2000°C не отмечалось. Зима 2008–2009 гг. оказалась самой теплой: сумма температур составила всего -637°C (при самой высокой средней температуре $-2,8^\circ\text{C}$).

Таблица 1

Основные характеристики ОП в г. Уфа (1966-2015 гг.)

Характеристики ОП	Критерии			
	Средняя дата / значение	Самая ранняя дата / Наименьшая	Самая поздняя / Наибольшая	СКО
Ниже 8 (начало периода)	6 октября	20.09.1973	30.10.1991	10,2
Выше 8 (конец периода)	29 апреля	12.04.1974	22.05.1971	8,3
Продолжительность периода	207	171 (1974–1975)	249 (1970–1971)	14,5
Средняя температура за ОП	-5,7	-9,8 (1968–1969)	-2,8 (2008–1909)	1,6
Сумма температур за ОП	-1181	-2191 (1968–1969)	-637 (2008–1909)	324,1
ИП	5318	4418 (1974–1975)	6672 (1968–1969)	452,9

Средняя продолжительность ОП в г. Уфа составляет 207 дней. Интересно отметить, что самый короткий и продолжительный ОП наблюдались в 1970-х гг. (табл. 1).

Индекс потребления топлива имеет весьма значительные колебания от 4418° до 6672° при средней величине 5318° . В первом случае ОП 1974–1975 гг. был самым наименьшим по продолжительности, во втором – в 1968–1969 гг. зима была самой суровой за весь рассматриваемый период.

Для выявления основных закономерностей в изменениях климатических характеристик ОП в городе авторами построены графики их динамики и проанализированы уравнения линейных трендов. В первую очередь, на рис. 1 обращает на себя внимание то, что отмечается сокращение продолжительности ОП в Уфе (в среднем на 2,6 дня за десятилетие). Средняя продолжительность у начала линии тренда составляла 213 дней, в то время как средняя многолетняя (1966-2015 гг.) – 207 дней.

Таблица 2

Характеристики изменчивости ОП в г. Уфа (1966-2015 гг.)

Характеристики ОП	Характеристики линии тренда		
	КНЛТ	b	R^2
Ниже 8 (начало периода)	2,9 дни/10 лет	27 сентября	0,149
Выше 8 (конец периода)	-1,5 дни/10 лет	3 мая	0,067
Продолжительность периода	-2,6 дни/10 лет	213 дней	0,067
Средняя температура за ОП	$0,32^\circ\text{C}/10$ лет	$-6,5^\circ\text{C}$	0,089
Сумма температур за ОП	$-85,8^\circ\text{C}/10$ лет	-1399°C	0,149
ИП	$-138^\circ/10$ лет	5668°	0,196

Основной вклад в изменение продолжительности вносит дата начала ОП, которая сдвигается на более поздние сроки в среднем на 2,9 дня за десятилетие (при этом $R^2 = 0,149$). Аналогичное уменьшение (на более ранние сроки) имеет дата конца ОП (1,5 дня за десятилетие). Рассматривая отдельные части ОП, можно отметить, что вышесказанное подтверждается и в уменьшении продолжительности первой части ОП (в среднем на 1,6 дня за десятилетие).

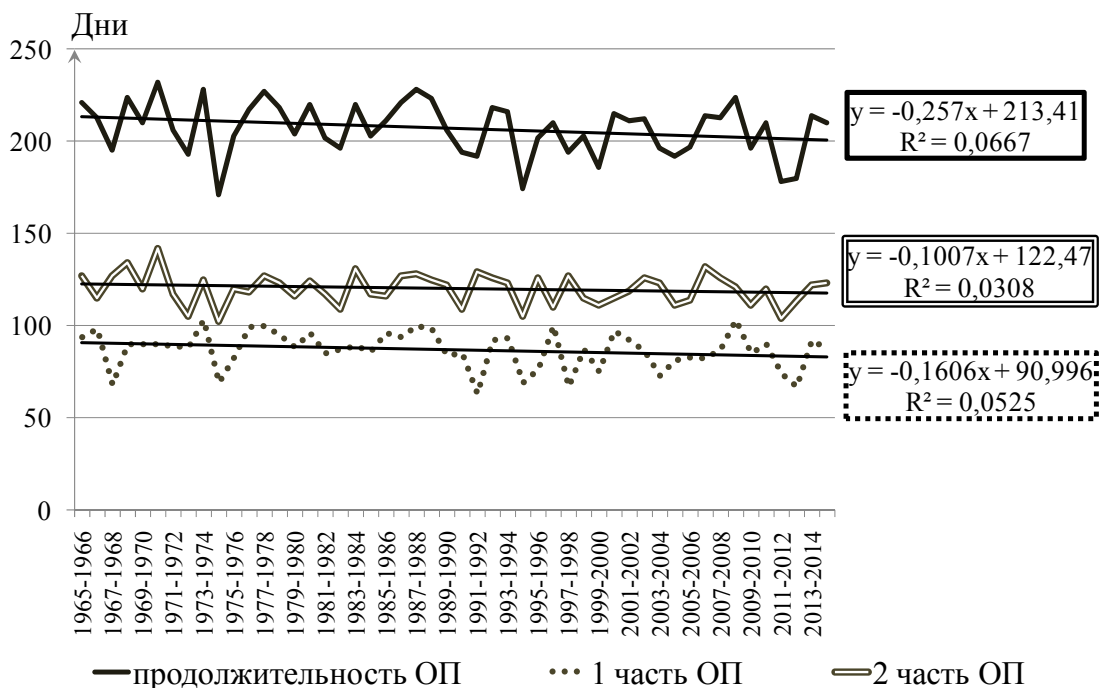


Рис. 1. Динамика продолжительности ОП в г. Уфа

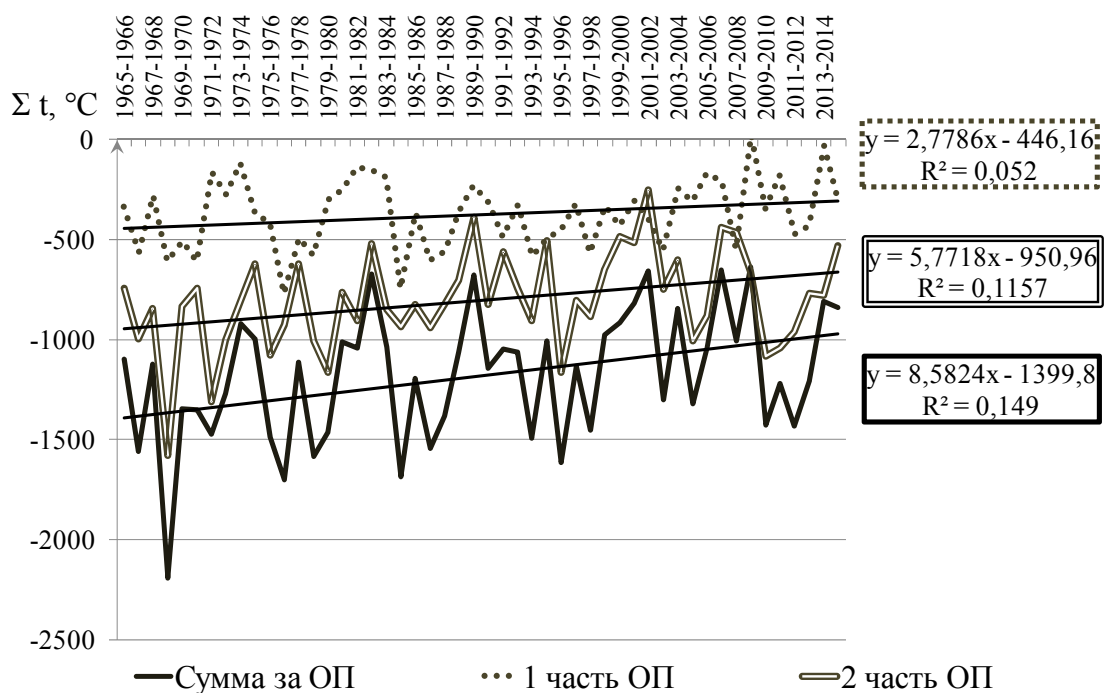


Рис. 2. Динамика сумм температур за ОП в г. Уфа

Однако, рассматривая динамику сумм среднесуточных температур за ОП, наибольший рост отмечается у второй части ОП (рис. 2). Выводы ряда работ [1; 2; 6; 7] показывают, что основной вклад в изменения температуры воздуха в Республике Башкортостан вносится изменением температуры января и февраля (по г. Уфа 1,0 и 0,6 °С/10 лет соответственно при средней годовой 0,4 °С). Проведенный взаимный корреляционный анализ показал, что наибольшая обнаруженная связь у средней температуры за ОП с температурой января ($r = 0,60$), февраля ($r = 0,54$), марта ($r = 0,53$). Суммы температур имеют аналогичную связь: с январем ($r = 0,65$), февралем и мартом ($r = 0,58$).

Рассматривая связи между характеристиками ОП (табл. 3), можно отметить, что взаимосвязи выглядят довольно логично.

Продолжительность ОП имеет хорошие связи с датами начала и окончания. При этом с датой начала она отрицательная (-0,83). Это говорит о следующем: чем раньше наступает ОП, тем дольше он длится. С датой окончания ОП прямая связь (0,74). По аналогии в случае с более ранними датами конца ОП продолжительность также становится меньше. Однако между самими датами отмечается слабая обратная связь (-0,23).

Таблица 3

Матрица взаимных корреляций характеристик ОП в г. Уфа

Характеристики	Дата начала	Дата конца	Продолжительность	Средняя температура	Сумма температур
Дата начала		-0,23	-0,83	-0,18	0,04
Дата конца			0,74	0,11	-0,10
Продолжительность				0,18	-0,09
Средняя температура					0,96
Сумма температур					

Очень тесная связь приходится на среднюю температуру и сумму температур, что весьма очевидно. Чем суровее зима, тем значительнее будет сумма накопленных отрицательных температур за рассматриваемый период.

Интересно отметить, что в начале последней пятилетки суммы отрицательных температур составляли 1200–1400 °С. В работе [5] объясняется это тем, что в данный отрезок усиливались блокирующие антициклоны, которые приводили к усилению суровости второй половины зимнего периода. Тем не менее общая тенденция говорит о сокращении отопительного периода как в Республике Башкортостан, так и в сопредельных субъектах и в целом на европейской территории России [4-8].

В целом причины изменений возможны в циркуляционных факторах. Наибольшее влияние для европейской территории России обнаруживается у североатлантического и арктического колебаний (САК и АО соответственно). Основная доля расчетов показала довольно слабые связи с индексами данных колебаний (0,20 и менее).

Наибольшие значения коэффициента корреляции обнаружилось с температурными показателями – средняя температура воздуха и суммы температур за ОП (табл. 4). Наибольшие значения r приходится на январь, при этом у индекса АО коэффициенты больше. При сравнении двух показателей коэффициенты корреляции больше у суммы температур за ОП.

Таблица 4

Корреляционные связи между температурными характеристиками ОП в г. Уфа и индексами САК и АО

Характеристика	Месяц				
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
	Индекс САК				
Средняя температура	0,15	0,42	0,32	0,29	-0,001
Сумма температур	0,20	0,48	0,34	0,30	-0,03
	Индекс АО				
Средняя температура	0,19	0,56	0,29	0,21	0,12
Сумма температур	0,24	0,59	0,33	0,22	0,10

ИП является важной экономической составляющей ОП, непосредственно зависящей от метеорологических факторов. В г. Уфа средний ИП составляет более 5300°. Внутрисезонное распределение имеет достаточно закономерный ход, несмотря на погодно-синоптические условия конкретных лет (рис. 3): наибольшее значение характерно для января. В осенние месяцы (октябрь, ноябрь) значения ИП обычно ниже, чем в весенние (март, апрель). На это влияют более низкие весенние температуры воздуха.

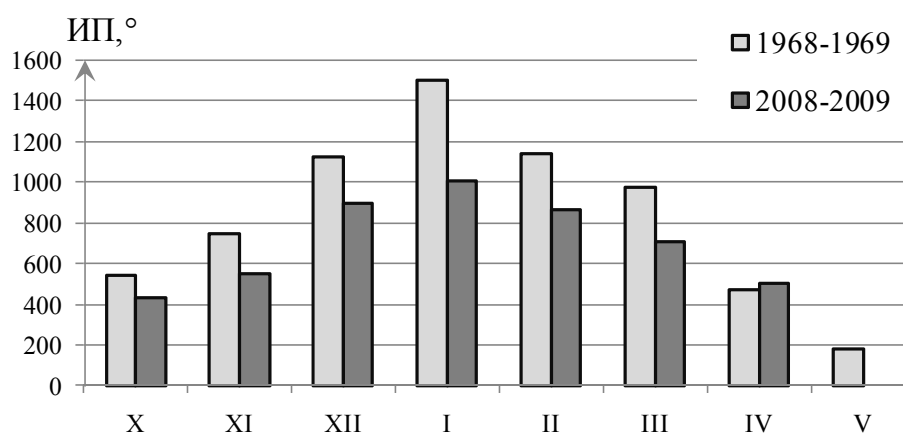


Рис. 3. Внутрисезонный ход индекса потребления топлива ОП в г. Уфа в 1968–1969 и 2008–2009 гг.

Указанные выше изменения характеристик ОП обуславливают и сокращение индекса потребления топлива. На рис. 4 показано, что как за общий ОП, так и за его первую и вторую части значения R^2 остаются статистически значимыми. Таким образом, наблюдается устойчивая тенденция уменьшения ИП – за каждое десятилетие в среднем на 138°. Во вторую часть ОП по сравнению с первой индекс имеет несколько больший рост (77° и 60° на десятилетие соответственно).

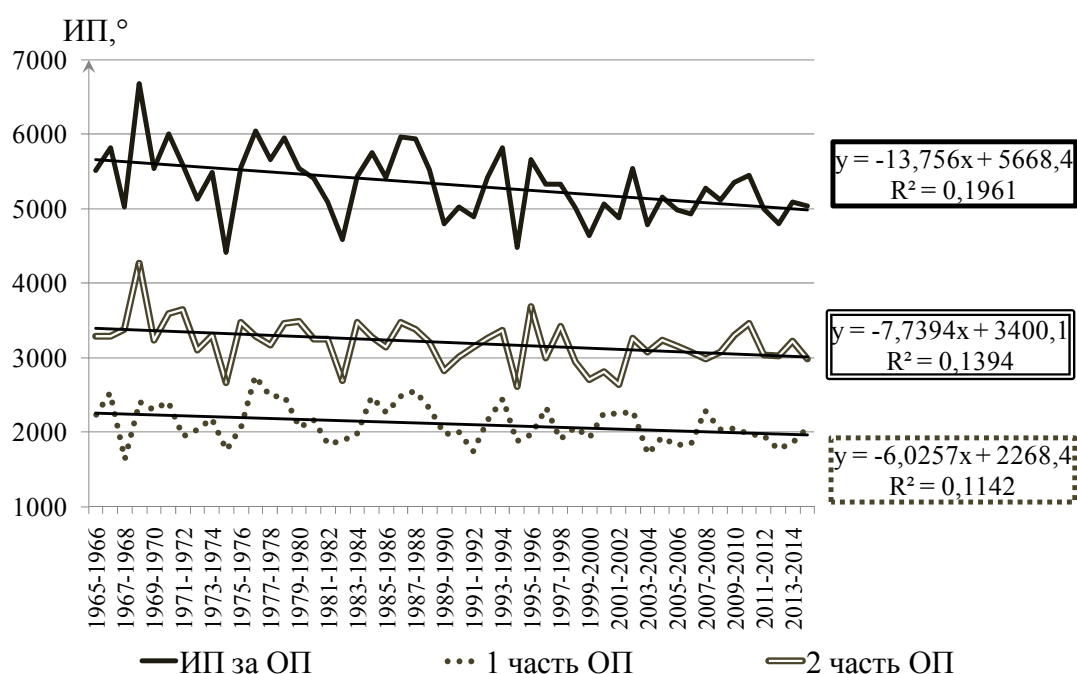


Рис. 4. Динамика индекса потребления топлива ОП в г. Уфа

Заключение

Согласно выявленным трендам характеристик отопительного периода, будет отмечаться сокращение топлива на обогрев помещений в городе. Это может привести к его существенной экономии.

Анализ климатических характеристик отопительного периода в городе Уфа показывает то, что у них происходят значительные временные изменения: уменьшились продолжительность, сумма температур и индекс потребления топлива. Главным образом, это происходит за счет более позднего наступления отопительного периода, а также потепления зимних сезонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галеева Э.М., Галимова Р.Г., Рахимов Р.Р. Многолетняя динамика изменения величин промерзаемости почвенного покрова как одно из условий устойчивого функционирования пойменных ландшафтов (на примере Республики Башкортостан) // Астраханский вестник экологического образования, 2018. № 1 (43). С. 124-133.
2. Галимова Р.Г. Климат Республики Башкортостан: учеб. пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. 96 с.
3. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 456 с.
4. Кобышева Н.В., Клюева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н. Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 46-52.
5. Переведенцев Ю.П., Гимранова А.Б., Шарипова М.М., Аухадеев Т.Р. Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в Казани // Уч. зап. Казанского ун-та. Серия: Естественные науки, 2014. Т. 156. № 4. С. 123-130.
6. Переведенцев Ю.П., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шарипова Р.Б. Изменения климата Приволжского Федерального округа в последние десятилетия // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2012. № 2 (54). С. 4-10.
7. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия: монография. Казань: Казан. гос.ун-т, 2009. 212 с.
8. Сергейчева С.В., Меркулова С.В., Меркулов П.И. Анализ климатических характеристик отопительного периода Республики Мордовия // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 1-6. URL: <https://srjournal.ru/wp-content/uploads/2016/10/ID13.pdf>. (дата обращения 27.03.2018)
9. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Министерство регионального развития, 2012. 184 с.

Поступила в редакцию 06.11.2018

Галимова Рита Галимьяновна, старший преподаватель кафедры гидрометеорологии и геоэкологии

E-mail: galim-rita@yandex.ru

Рахимов Руслан Раилевич, магистр

E-mail: raximoff.ruslan2010@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32

R.G. Galimova, R.R. Rakhimov

ANALYSIS OF THE CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE HEATING PERIOD IN UFA

The article presents an analysis of the climatic characteristics of the heating period in the city of Ufa: duration, start and end dates, average temperature, and sum of daily average temperatures during the period. The fuel consumption index is considered as an applied characteristic. For the analysis, we used the data of average daily temperatures according to the meteorological station Ufa-Dema for the period 1966–2015. For each year, stable transitions of air temperature through 8 °C (autumn and spring) were revealed. For the corresponding period, the duration, average and extreme characteristics, standard deviation, as well as the consumption index of the flow were calculated. To identify trends, graphs of climate characteristics of the heating period were built, the equations of their trends were analyzed. These indicators were considered in two parts of the heating period. Currently, there are significant changes in the characteristics of the heating period in the city of Ufa. A reduction in the heating period is identified, the dates of start and end of the period are shifted, average temperatures and their sums are increased. The intensity of the variability of these indicators is revealed. The changes of characteristics in the first and second parts of the heating period are considered. The authors conducted a correlation analysis between the characteristics of the heating period. The main reciprocal links are revealed. The authors attempted to associate changes with changes in circulation indices.

Keywords: heating period, air temperature, sum of temperatures, fuel consumption index, trends, city Ufa.

REFERENCES

1. Galeeva E.M., Galimova R.G., Rakhimov R.R. [Long-term changes in the values of freezing soil cover as one of the conditions for sustainability the floodplain landscapes (on the example of Bashkortostan Republic)], in *Astrakhansky vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 2018, no. 1 (43), pp. 124-133 (in Russ.).
2. Galimova R.G. *Klimat Respubliki Bashkortostan: uchebnoe posobie* [Climate of Bashkortostan Republic: tutorial], Ufa: RINC Bashkir Gos. Univ., 2017, 96 p. (in Russ.).
3. Isaev A.A. *Ekologicheskaya klimatologiya* [Environmental climatology], M.: Nauchnii mir., 2001, 456 p. (in Russ.).
4. Kobisheva N.V., Klyeva M.V., Aleksandrova A.A., Buligina O.N. [Climatic characteristics of the heating period in the subjects of the Russian Federation in the present and future], in *Meteorologiya i gidrologiya*, 2004, no. 8, pp. 46-52. (in Russ.).
5. Perevedencev Y.P., Gimranova A.B., Sharipova M.M., Aukhadeev T.R. [Current changes in the climatic characteristics of the heating period in Kazan], in *Uchenie zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2014, no. 4, 123-130. (in Russ.).
6. Perevedencev Y.P., Vajnova N.A., Naumov E.P., Shantalinsky K.M., Sharipova R.B. [Climate change in the Volga Federal District in recent decades], in *Jurnal ekologii i promishlennoi bezopasnosti*, 2012, no. 2 (54), pp. 4-10 (in Russ.).
7. Perevedencev Y.P., Naumov E.P., Shantalinsky K.M. *Klimaticheskie usloviya i resursy Respubliki Udmurtiya: monografiya* [Climatic conditions and resources of the Republic of Udmurtia: monograph], Kazan: Kazan. Gos. Univ., 2009, 212 p. (in Russ.).
8. Sergeicheva S.V., Merkulova S.V., Merkulov P.I. [Analysis of the climatic characteristics of the heating period of the Republic of Mordovia] in *Scientific Review*, 2016, available at <https://srjournal.ru/wp-content/uploads/2016/10/ID13.pdf> (accessed 27.03.2018) (in Russ.).
9. SP 131.13330.2012. [Construction climatology]. M.: Ministry of regional development, 2012, 184 p. (in Russ.).

Received 06.11.2018

Galimova R.G., Senior Lecturer, Department of Hydrometeorology and Geoecology

E-mail: galim-rita@yandex.ru

Rakhimov R.R., student at Department of Hydrometeorology and Geoecology

E-mail: raximoff.ruslan2010@yandex.ru

Bashkir State University

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