

УДК 628.81(470.42-25)''2000\2020''(045)

*Е.Е. Парфенова, Ю.П. Переведенцев***ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В УЛЬЯНОВСКЕ ЗА 2000–2020 гг.<sup>1</sup>**

С использованием результатов регулярных метеорологических наблюдений на АМСГ Ульяновск в 2000–2020 гг. рассчитаны основные показатели отопительного периода (продолжительность, сумма отрицательных температур воздуха, индекс потребления топлива). Показано, что в исследуемый период произошло заметное потепление холодной части года, вследствие чего уменьшился индекс потребления топлива. Выявлено, что продолжительность отопительного периода увеличивается за счет его более позднего завершения весной.

*Ключевые слова:* отопительный период, средняя температура воздуха, индекс потребления топлива, продолжительность отопительного периода, корреляция.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-178-184

Климатические изменения в последние десятилетия ярко проявляются как в глобальном, так и в региональном масштабах. Одним из показателей этого события является повышение температуры воздуха, что приводит к значительным природным и социально-экономическим последствиям. Такие изменения сопровождаются как положительными, так и негативными последствиями. Так, в [1] обсуждаются последствия для природных и социально-экономических систем, которые могут возникнуть в мире в случае повышения средней глобальной температуры на 1,5 °С.

Отопительным периодом (ОП) принято считать часть холодного сезона года, когда средняя суточная температура воздуха устойчиво находится ниже +8°С. Датой начала/окончания ОП, согласно [2], считается момент, когда среднесуточная температура воздуха непрерывно в течение 5 дней ниже/выше +8°С. Следует отметить, что в России с ее холодным климатом затраты на отопление зданий в зимний период весьма существенны.

В настоящей работе представлены результаты проведенного исследования изменений климатических характеристик отопительного периода в городе Ульяновск.

**Материалы и методы исследований**

В качестве исходных данных использовались метеорологические наблюдения станции АМСГ Ульяновск в период с 2000 по 2020 г. Индексы атмосферной циркуляции NAO (Северо-Атлантическое колебание) и AO (Арктическое колебание) за аналогичный период брались с сайта NOAA Earth System Research Laboratory's Physical Sciences Division (PSD) (URL: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).

Параметрами отопительного периода, согласно [3], являются его продолжительность, даты начала и окончания ОП, средняя температура в ОП, сумма среднесуточных температур и индекс потребления топлива (ИП):

$$\text{ИП} = \sum |T - 20|, \quad (1)$$

где  $T$  – среднесуточная температура воздуха вне помещения, °С.

С помощью формулы (1) рассчитывается сумма абсолютных величин отклонений среднесуточных значений температуры от порога комфортности в отопительный период. Для детального изучения изменчивости продолжительности ОП, его принято делить на две неравные части: первая – с даты начала ОП осенью до 31 декабря, вторая – с 1 января до даты окончания ОП весной [3].

В результате выполненного исследования были изучены основные характеристики ОП и их изменения с 2000 по 2020 г. в г. Ульяновск.

**Результаты и их обсуждение**

В табл. 1 представлены основные характеристики ОП в г. Ульяновск, согласно которой даты начала и окончания ОП в городе в среднем за рассматриваемый период приходятся на 11 октября и

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-55-00014).

25 апреля соответственно при средней продолжительности ОП в 198 дней. Средняя температура в ОП составляет  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наиболее низкое значение данного показателя наблюдалось зимой 2009–2010 гг. ( $-7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), так как в период с декабря 2009 г. по февраль 2010 г. среднесуточная температура воздуха в течение 24 дней была ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и в отдельные периоды сопровождалась таким опасным явлением, как аномально холодная погода. В связи с этим в этот период зафиксирована экстремальная сумма отрицательных температур в ОП ( $-1480\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В анализируемом ряду подобных случаев больше не отмечалось. Наиболее теплой за рассматриваемый период стала зима 2019–2020 гг.: сумма температур ОП составила всего  $-497\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при максимальной средней температуре ОП  $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  за период с 2000 по 2020 г. В зимние месяцы в течение 63 дней среднесуточная температура воздуха не понижалась ниже отметки в  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , из них на протяжении 22 дней ее значение превышало  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что максимальная продолжительность ОП (217 дней) отмечалась именно в этот период, то есть в 2019–2020 гг. Индекс потребления топлива варьирует в пределах от  $4209\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $5272\text{ }^{\circ}\text{C}$  при среднем значении  $4664\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

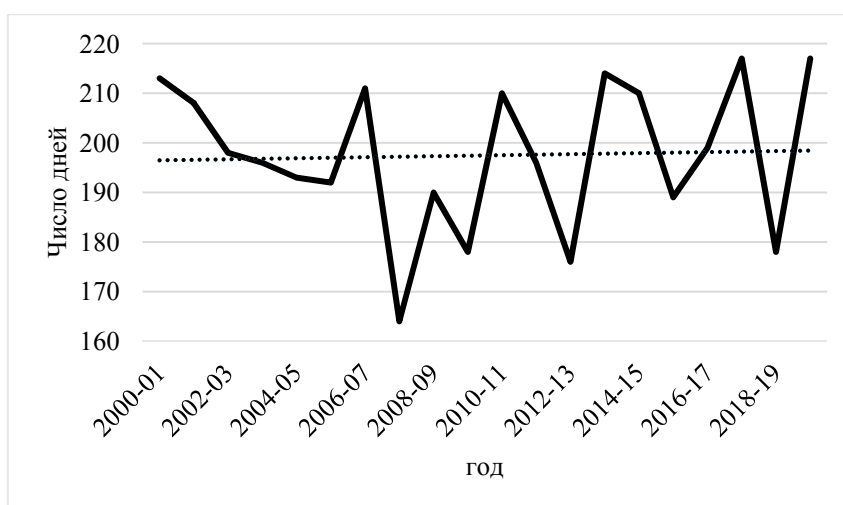
Таблица 1

**Основные характеристики ОП г. Ульяновск (2000–2020 гг.)**

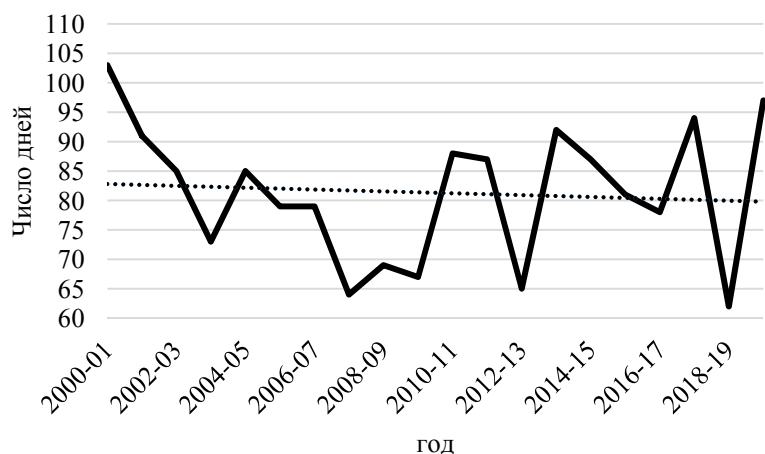
Характеристики ОП	Среднее	Самое раннее/ минимальное значение	Самое позднее/ максимальное значение
Начало ОП	11 окт.	20 сентября 2000 г.	31 октября 2018 г.
Конец ОП	25 апр.	09 апреля 2008 г.	12 мая 2007 г.
Продолжительность ОП	198 дн.	164 дня (сезон 2007–2008 гг.)	217 дней (сезоны 2017–2018, 2019–2020 гг.)
Средняя температура ОП	$-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2009–2010 гг.)	$+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2019–2020 гг.)
Сумма температур ОП	$-1045\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-1480\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2009–2010 гг.)	$-497\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2019–2020 гг.)
ИП топлива	$4664\text{ }^{\circ}\text{C}$	$4209\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2019–2020 гг.)	$5272\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сезон 2010–2011 гг.)

В целях выявления основных изменений климатических характеристик ОП в Ульяновске были построены графики их динамики в 2000–2020 гг.

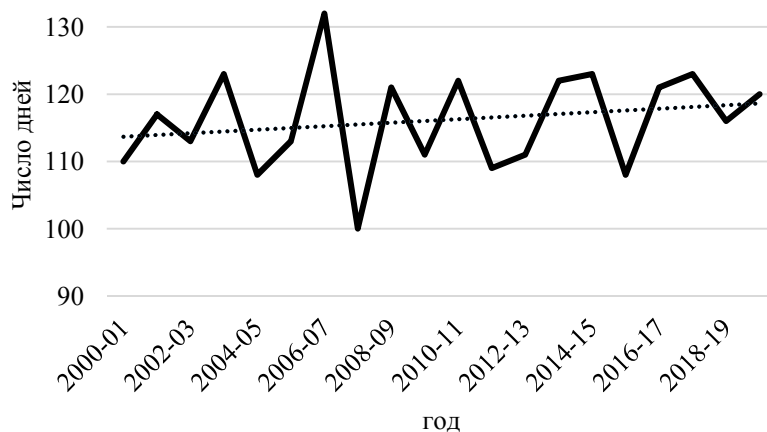
Анализ данных рис. 1 и 2 показывает, что продолжительность полного отопительного периода в рассматриваемый период имеет тенденцию к его увеличению с небольшой скоростью  $1,1\text{ день}/10\text{ лет}$ , что обусловлено наличием холодных зим в начале XXI в. (так называемая пауза в потеплении климата).

Рис. 1. Продолжительность отопительного периода в 2000–2020 гг.,  $R^2=0,02$ 

*Примечание.* Здесь и в последующих рисунках  $R^2$  – коэффициент детерминации линейного тренда



а)



б)

Рис. 2. Продолжительность ОП: а) первая часть ОП,  $R^2=0,01$ ; б) вторая часть ОП,  $R^2=0,4$

Основной вклад в выявленную тенденцию увеличения продолжительности ОП вносит его вторая часть, согласно которой он завершается в более поздние сроки весной с задержанием в 2,6 дня/10 лет. Дата начала ОП в свою очередь сдвигается на более поздний срок осенью со скоростью -1,6 день/10 лет, что приводит к сокращению продолжительности первой части ОП и увеличению продолжительности второй. Полученный результат не согласуется с выводами работы [2], в которой прогнозируется будущее сокращение продолжительности отопительного периода в центральной части Европейской территории России. Следует отметить, что в указанной работе рассматривается более значительный промежуток времени в XXI в.

Как следует из рис. 3, среднесуточная температура воздуха всего ОП за изучаемый период увеличивается на  $+0,5$  °C/10 лет. Согласно линейному тренду в осенне-зимний (первая часть ОП) и зимне-весенний сезон (вторая часть ОП) среднесуточная температура воздуха увеличивается на  $+0,3$  °C/10 лет и на  $+0,4$  °C/10 лет соответственно.

В связи с современным потеплением климата в Среднем Поволжье [4-6] на фоне увеличения среднесуточной температуры воздуха также уменьшается сумма отрицательных температур на  $60,1$ °C/10 лет, что видно из рис. 4.

Важной характеристикой отопительного периода является индекс потребления топлива (рис. 5). Расчет показал, что происходит заметное сокращение затрат на обогрев зданий на  $78$  °C/10 лет, что обусловлено повышением температуры воздуха в рассматриваемый период.

Корреляционный анализ между отдельными показателями ОП (табл. 2) выявил тесную зависимость между общей продолжительностью ОП и датой начала ОП ( $r = -0,9$ ), общей продолжительностью ОП и датой окончания ( $r = 0,6$ ). В первом случае полученный результат говорит о том, что чем раньше начинается отопительный сезон, тем продолжительнее будет ОП (связь отрицательная). Во

втором случае связь положительная, то есть чем раньше наступит окончание ОП, тем меньше будет продолжительность ОП. Следует отметить слабую отрицательную связь между датами начала и окончания ОП ( $r = -0,2$ ).

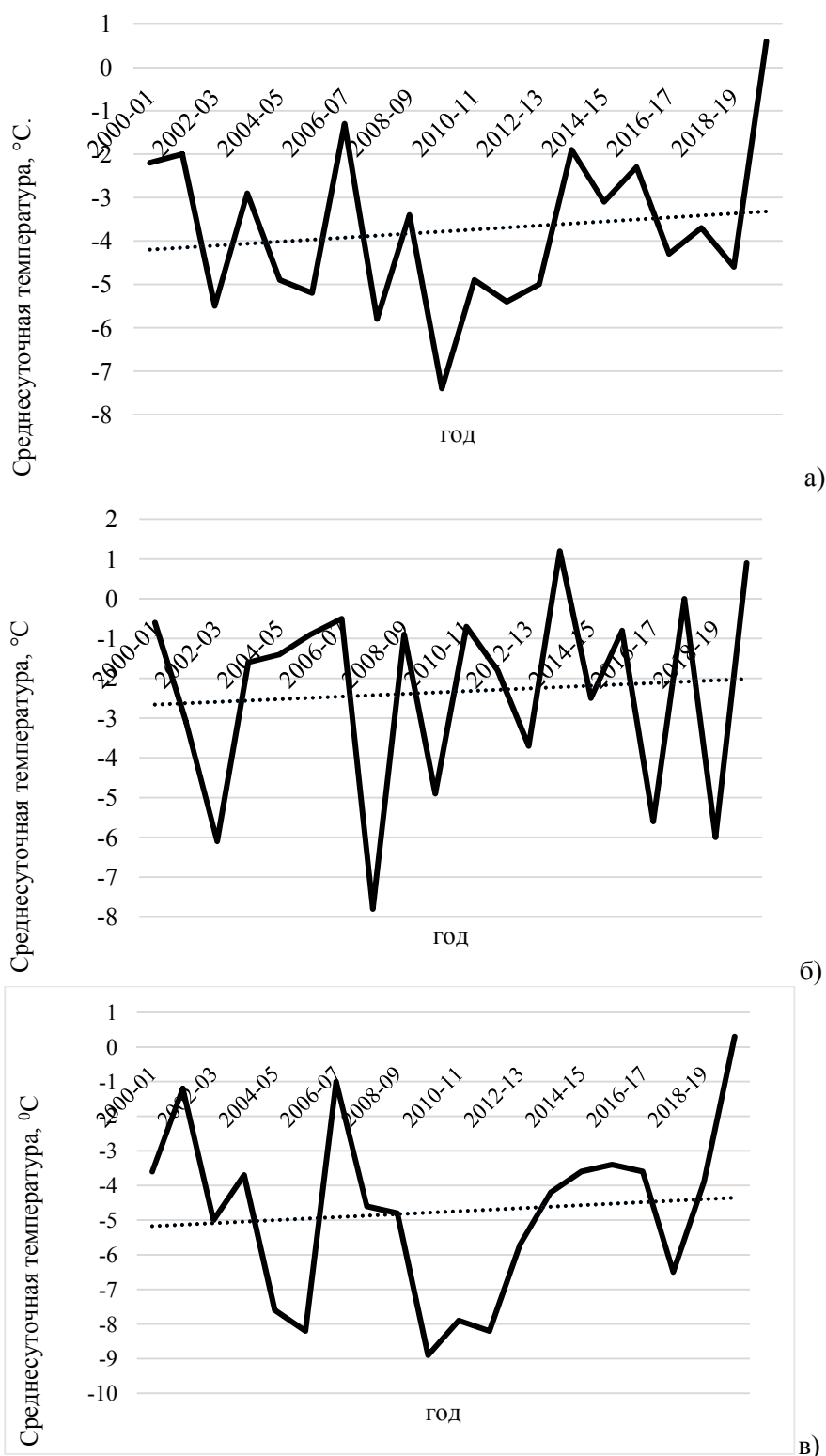


Рис. 3. Ход среднесуточной температуры воздуха за ОП: а) за весь ОП,  $R^2=0,02$ ; б) первая часть ОП,  $R^2=0,01$ ; в) вторая часть ОП,  $R^2=0,01$

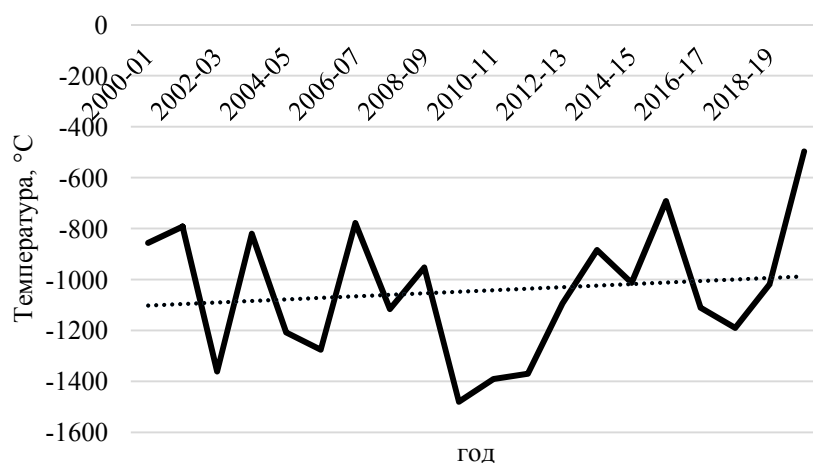
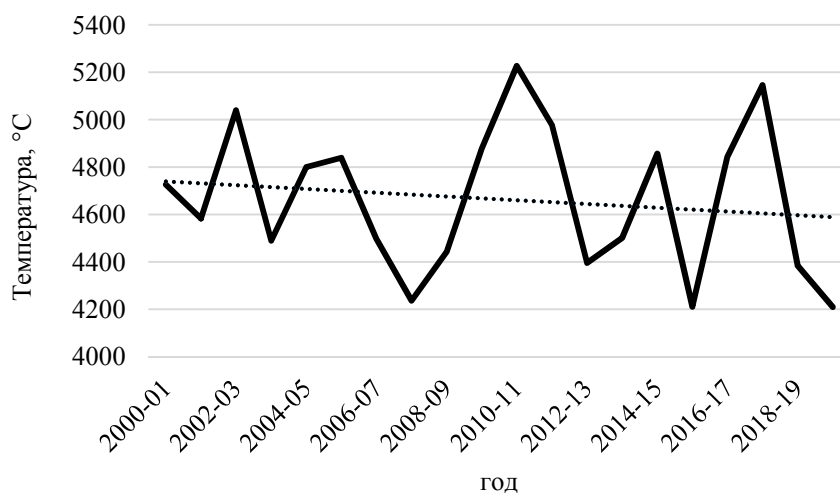
Рис. 4. Суммы отрицательных температур за ОП,  $R^2=0,2$ Рис. 5. Индекс потребления топлива за ОП,  $R^2=0,2$ 

Таблица 2

**Матрица взаимных корреляций основных характеристик ОП за 2000-2020 гг.**

	1	2	3	4	5	6
Дата начала ОП (1)	1	-0,2	-1,0	-0,2	-0,9	-0,5
Дата окончания ОП (2)		1	0,2	1,0	0,6	0,5
Продолжительность 1 части ОП (3)			1	0,2	0,9	0,5
Продолжительность 2 части ОП (4)				1	0,7	0,5
Общая продолжительность ОП (5)					1	0,7
Средняя температура ОП (6)						1

При расчете корреляционной зависимости между средней температурой ОП и значениями индексов североатлантического (NAO) и арктического колебания (АО) были выявлены слабые связи между рассматриваемыми показателями,  $r = -0,1$  и  $r = 0,2$  соответственно, что свидетельствует о незначительном влиянии атмосферной циркуляции в период 2000–2020 гг. на колебания температуры ОП.

## Выводы

Анализ рассчитанных параметров ОП в Ульяновске в 2000-2020 гг. показал, что существует тенденция к уменьшению индекса потребления топлива со скоростью  $78\text{ }^\circ\text{C}/10$  лет. Следует отметить,

что ожидаемого сокращения продолжительности отопительного периода не наблюдается. Однако осенне-зимний и зимне-весенний сезоны становятся теплее.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладильщикова А.А., Дмитриева Т.М., Семенов С.М. Специальный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата «Глобальное потепление на 1,5°C» // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2018. № 4. С. 5-18.
2. Кобышева Н.В., Ключева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н. Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем // *Метеорология и климатология*. 2004. № 8. С. 46-52.
3. Борзенкова А.В., Шмакин А.Б. Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в России и их связь с атмосферной циркуляцией // *Изв. РАН. Серия Географическая*. 2013. № 4. С. 59-69.
4. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э. П. Наумов, Ю.Г. Хабутдинов [и др.]. Казань: Центр инновац. технологий, 2011. 296 с.
5. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2013. 272 с.
6. 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.

Поступила в редакцию 07.04.2021

Парфенова Екатерина Евгеньевна, аспирант

E-mail: ekeparfenova@gmail.com

Переведенцев Юрий Петрович, доктор географических наук, профессор

E-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет»

420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

***E.E. Parfenova, Yu.P. Perevedentsev***

**CHANGE OF CHARACTERISTICS OF HEATING PERIOD IN ULYANOVSK for 2000–2020**

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-178-184

In this paper we considered the Ulyanovsk heating period characteristics in the period from 2000 to 2020 and their changes. Daily meteorological observations of the Ulyanovsk Civil Aviation Meteorological Station were used as the initial data. Statistical analysis showed that during the period under review, there was a noticeable warming of the cold part of the year, as a result of which the fuel consumption index decreased. It is revealed that the duration of the heating period increases due to its later finish in the spring.

*Keywords:* heating period, average air temperature, fuel consumption index, heating period duration, linear trends.

## REFERENCES

1. Gladil'shchikova A.A., Dmitrieva T.M., Semenov S.M. [Global warming of 1,5 °C: a special report of the intergovernmental panel on climate change], in *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya [Fundamental and Applied Climatology]*, 2018, no. 4, pp. 5-18 (In Russ.).
2. Kobysheva N.V., Klyueva M.V., Aleksandrova A.A., Bulygina O.N. [Climatic characteristic of a heating period in administrative districts of the Russian Federation at present and in the past], in *Meteorologiya i klimatologiya*, 2004, no. 8, pp. 46-52 (In Russ.).
3. Borzenkova A.V., Shmakina A.B. [Modern climate change of heating period in Russia and its relation to atmospheric circulation], in *Izvestiya Rossiyskoy Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2013, no. 4, pp. 59-69 (In Russ.).
4. Perevedentsev Yu.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskiy K.M., Naumov E.P., Khabutdinov Yu.G. et al *Izmeneniya klimaticheskikh usloviy i resursov Srednego Povolzh'ya* [Changes in climatic conditions and resources of the Middle Volga region], Naumov E.P. (ed), Kazan: Tsentr innovats. Tekhnologiy Publ., 2011, 296 p. (In Russ.).
5. Perevedentsev Yu.P., Sokolov V.V., Naumov E.P. *Klimat i okruzhayushchaya sreda Privolzhskogo federal'nogo okruga* [Climate and environment of the Volga Federal District], Kazan: Kazan Univ., 2013, 272 p. (In Russ.).

6. Perevedentsev Yu.P., Gimranova A.B., Sharipova M.M., Aukhadeev T.R. [Contemporary changes in the climate characteristics of the heating season in Kazan], in *Uchenye zapiski Kazanskogo Univ. Seriya: Estestvennye nauki*, 2014, vol. 156, no. 4, pp. 123-130 (In Russ.).

Received 07.04.2021

Parfenova E.E., postgraduate student

E-mail: ekeparfenova@gmail.com

Perevedentsev Yu.P., Doctor of Geography, Professor

E-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Kazan (Volga) Federal University

Kremlevskaya st., 18, Kazan, Russia, 420008