

ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛЫ

Е. А. Гончаров, Н. А. Булыгина, Н. А. Кухтенко
Поволжский государственный технологический университет

В статье представлены итоги обработки результатов наблюдений за климатическими показателями для территории города Йошкар-Олы за период 1936-2018 гг. В качестве периодов взяты «скользящие» 30-летние периоды относительно периода 1961-1990 гг., принятого Всемирной метеорологической организацией в качестве базового для расчета «климатологических норм». Для различных временных периодов определены среднегодовые температуры воздуха, количество атмосферных осадков, рассчитаны агроклиматические показатели: суммы активных температур, даты устойчивого перехода среднесуточных температур через 0 и +10 °C, продолжительность теплых периодов. Впервые для региона определены климатические и агроклиматические нормы для периода 1981-2010 гг., с использованием линейного тренд-анализа оценены скорости изменения климатических показателей. Установлено, что климатические показатели г. Йошкар-Олы за период 1936-2018 гг. имеют тенденции к росту и соответствуют таковым для Европейской части России. Наиболее интенсивный рост наблюдается с конца 80-х годов XX века. Так, скорости роста среднегодовой температуры за рассматриваемый период составили 0,27 °C/10 лет, суммы активных температур – 40,6 °C/10 лет, продолжительности теплого периода (со среднесуточными температурами более 0 °C) – 2 дня/10 лет. Положительный рост годового количества осадков начинается с периода 1971-2000 гг., достигая максимальных значений в отдельные периоды (28 мм/10 лет). При анализе изменений климатических показателей необходимо учитывать расположение метеостанции относительно крупных населенных пунктов (источников тепла), а также изменения приборной и методической базы наблюдений.

Ключевые слова: климатические изменения, город, температура воздуха, атмосферные осадки, сумма активных температур, тренд.

DYNAMICS OF CLIMATE INDICATORS IN YOSHKAR-OLA

E. A. Goncharov, N. A. Bulygina, N. A. Kukhtenko
Volga State University of Technology

The article presents the analysis of observation of climate indicators on the territory of Yoshkar-Ola over the period from 1936 to 2018. The time span was divided into rolling 30-year periods with regard to the period from 1961 to 1990, adopted by the World Meteorological Organization as the reference time-frame for calculating climatological norms. The values of average annual air temperatures and precipitation have been determined for different time periods. Moreover, agro-climatic indicators including cumulative temperatures, dates of a stable increase in the average daily temperatures over the freezing point and over +10 °C, and duration of warm periods have also been considered. Climate and agro-climate normal values for the period between 1981 and 2010 in the region have been determined for the first time. Therefore, the authors carried out a linear trend analysis and assessed the dynamics of climatic indicators. It has been revealed that the climatic indicators in Yoshkar-Ola over the period between 1936 and 2018 tend to increase, which is in line with those observed on the European territory of Russia. The most intensive growth has been recorded since the late 1980-s. Thus, the growth rate of the average annual temperature for the period under review was 0.27 °C/10 years; the growth rate of cumulative temperatures was 40.6 °C/10 years; an increase in the warm period duration (with average daily temperatures over the freezing point) 2 days/10 years. The increase in annual precipitation began in 1971-2000, reaching its maximum values of 28 mm/10 years. When analyzing the changes in climatic indicators, it is necessary to take into account the location of the weather station relative to major built-up areas, as well as equipment upgrade and methodology changes.

Keywords: *climate change, city, air temperature, precipitation, cumulative temperatures, trend*

Актуальность

Изменение климата является одной из важнейших международных проблем XXI века, которая выходит за рамки научных дискуссий и представляет собой комплексную междисциплинарную область знаний, охватывающую экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития. Изменения климата многообразны и проявляются, в частности, в изменении уровня Мирового океана, площадей распространения ледников и вечной мерзлоты, режима стока рек, усилении неравномерности выпадения осадков, изменении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений (Frich et al., 2002; Qian, 2017; Loboda et al., 2012; IPCC, 2018). Ожидаемые изменения климата неизбежно отразятся на жизни людей, на состоянии животного и растительного мира во всех регионах планеты, а в некоторых из них станут ощутимой угрозой для благополучия населения и устойчивого развития (Климатическая доктрина ..., 2009; FAO, 2018). С изменением климата возрастает и необходимость в получении достоверной информации об изменении климатических показателей на глобальном, национальном, региональном и субрегиональном уровнях, ее анализе, для разработки мероприятий, рекомендаций и оценке рисков для природной среды и социально-экономической сферы.

Комплексными показателями состояния климата являются многолетние режимы основных климатических показателей: температуры воздуха и количества атмосферных осадков, которые существенно отражаются на биоте и всех аспектах человеческой деятельности. Для их исследования необходимо иметь большие временные ряды параметров атмосферы на различных ее уровнях, и в этом случае наиболее приемлемой информацией для прогноза метеоэлементов на длительные сроки являются климатические показатели температуры воздуха и осадков, полученные путем обработки множества данных за определенный период времени и изучения их внутренней структуры.

Целью данного исследования является анализ временной структуры температурного режима и атмосферных осадков на территории города Йошкар-Олы и его окрестностей на примере данных за период с 1936 по 2018 годы, и получение сравнительных оценок в изменении климатических показателей за различные временные интервалы.

При этом ставились следующие **задачи**: выявить открытые источники метеоданных, создать временную базу данных метеопараметров для г. Йошкар-Олы, выполнить анализ динамики метеопараметров.

Объектом исследования является температурный режим и атмосферные осадки на территории г. Йошкар-Олы в приземном слое атмосферы. **Предмет** исследования – сравнительная оценка изменений климатических показателей температурного режима и осадков, полученных с использованием временных рядов рассматриваемого периода.

Материалы и методика исследований

Источниками исходных данных послужили открытые базы метеоданных National Centers for Environmental Information (NCEI), Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) и климатические справочники (Агроклиматические ресурсы..., 1972; Научно-прикладной справочник..., 1992).

При выполнении работы применялись статистические методы обработки метеорологических данных, сравнительный и картографический методы. Для оценки временной изменчивости исследуемых рядов использованы линейные тренды с применением регрессионного анализа. Для этого методом наименьших квадратов рассчитывались коэффициенты уравнения линейной регрессии вида (Пановский, Брайер, 1972):

$$y(\tau) = b\tau + c_0, \quad (1)$$

где $y(\tau)$ – сглаженное значение метеопараметра на момент времени τ (годы), b – угловой коэффициент (скорость тренда), c_0 – свободный член, равный сглаженному значению метеопараметра на момент $\tau = 0$ (начало периода).

Расчет сумм активных температур и дат перехода температур через 0°C и $+10^\circ\text{C}$ осуществлялся в соответствии с методическими указаниями (Методические указания..., 2010). Сумма активных температур за период со средней суточной температурой свыше 10°C определялась как сумма температур воздуха за все дни соответствующего периода: от даты устойчивого перехода температуры через $+10^\circ\text{C}$ весной до даты перехода температуры через $+10^\circ\text{C}$ осенью. При этом за дату устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C и $+10^\circ\text{C}$ весной принимался первый день периода, сумма положительных отклонений которого (от соответствующего предела) превышает сумму отрицательных отклонений любого из последующих периодов с отрицательными отклонениями. За дату устойчивого перехода температуры воздуха через $+10^\circ\text{C}$ и 0°C осенью принимался первый день того периода, сумма отрицательных отклонений которого превышает сумму положительных отклонений любого из последующих периодов с такими отклонениями.

Общая характеристика климата г. Йошкар-Олы

Территория города Йошкар-Олы и его окрестностей относится к умеренному климатическому поясу. Тип климата – умеренно континентальный, климатическая область – Атлантико-континентальная европейская лесная. Климат характеризуется тёплым летом, морозной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами: весной и осенью.

Наиболее важными климатообразующими факторами являются: солнечная радиация (широта местности города Йошкар-Олы – $56,5^\circ$ с.ш.), положение в глубине континента, циркуляция атмосферы и характер подстилающей поверхности (в первую очередь рельеф местности (перепады абсолютных высот от 80 до 125 м над уровнем моря), характер растительности и застройки).

Над территорией города преобладают воздушные массы умеренных широт. Зимой (как и в целом за год) преобладают южные и юго-западные ветра; летом – западные, а также ветры с северной составляющей (рис. 1).

Среднегодовая повторяемость направлений Повторяемость направлений ветра в январе Повторяемость направлений ветра в июле

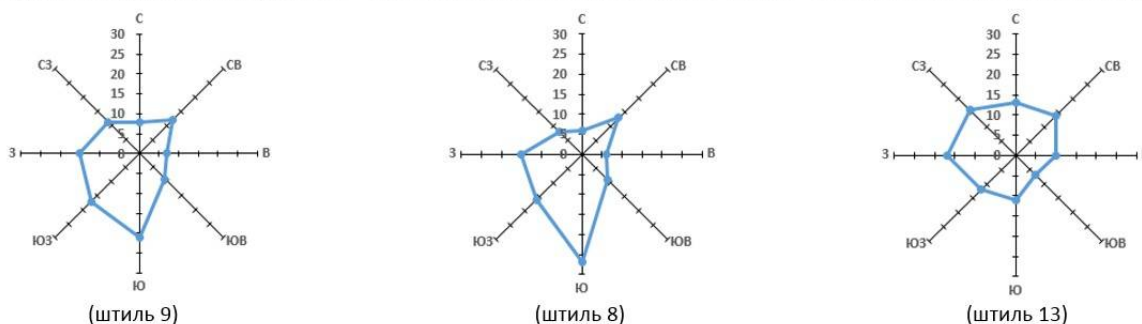


Рис. 1. Роза ветров по метеостанции г. Йошкар-Олы

Нередко имеет место вторжение с севера арктических масс воздуха, обуславливающих значительное понижение температуры. При этом весной и осенью возникают опасные для сельскохозяйственных растений заморозки. Сравнительно реже, обычно с проходящими циклонами, в республику поступает морской воздух, сформировавшийся над Атлантикой, вызывающий дождливую прохладную погоду летом; зимой в таких случаях наступает потепле-

ние, сопровождающееся иногда оттепелями. В отдельные годы значительное влияние на условия погоды летом оказывают теплые воздушные массы континентального происхождения, поступающие с юга и юго-востока. Этот воздух характеризуется высокими температурами и значительной сухостью, что обуславливает весной и летом наступление жаркой и сухой погоды (Энциклопедия Марий Эл, 2009).

По условиям влагообеспеченности территория относится к зоне достаточного увлажнения вегетационного периода при засухах в отдельные годы (гидротермический коэффициент Селянинова составляет 1,1-1,3; вероятность засух менее 25). По агроклиматическому районированию территория принадлежит умеренному агроклиматическому поясу (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

Результаты исследования

Анализ динамики температур воздуха и осадков выполнен на основе данных метеостанции 27485 Йошкар-Олы из открытых ресурсов NCEI и ВНИИГМИ-МЦД.

Важнейшей составляющей для понимания современного глобального климата является исследование региональных изменений температуры воздуха. На рис. 2 представлен многолетний ход средней годовой температуры воздуха.

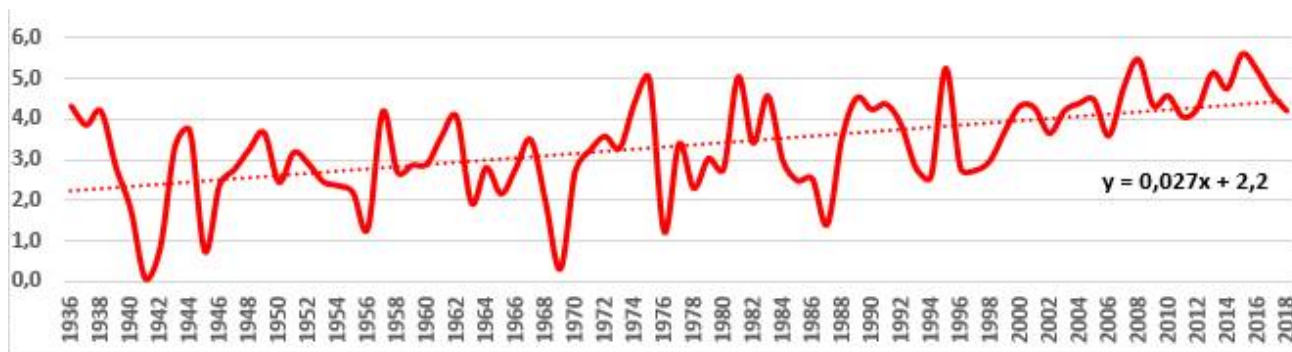


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры воздуха в г. Йошкар-Оле

Для характеристики интенсивности изменений средних температур воздуха и сопоставления с данными других исследователей (Курбанов, 2002; Kurbanov, Post, 2002; Мустафина, 2017; Доклад об особенностях климата..., 2018) с использованием линейного тренд-анализа (Пановский, Брайер, 1972; Доклад об особенностях климата..., 2018) были рассчитаны коэффициенты линейного тренда, b (°C/10 лет) для различных периодов (табл. 1). В качестве периодов взяты «скользящие» 30-летние периоды относительно периода 1961-1990 гг., принятого Всемирной метеорологической организацией в качестве базового для расчета «климатологических норм» (WMO Guidelines on the Calculation..., 2017; Qian, 2017).

В период с 1936 по 2018 гг. произошло повышение среднегодовой температуры на 1,5°C по средним значениям сравниваемых периодов и на 2,2°C по уравнению линии тренда. По тридцатилетним периодам скорость роста температуры (b , °C/10 лет) становится устойчиво положительной с периода 1941-1970 гг. и наиболее интенсивно начинает нарастать с периода 1981-2010 гг. В целом скорость роста температуры за весь рассматриваемый период составил 0,27 °C/10 лет. При этом следует отметить, что площадка метеостанции несколько раз была перемещена (в 1941, 1952 и 2009 гг.) и фактически находится в городской черте, также за рассматриваемый период в связи с ростом города (численность населения за рассматриваемый период возросла в 10 раз: с 27 тыс. чел. в 1939 г. до 270 тыс. чел. в 2018 г.) существенно увеличилось его тепловое воздействие на прилегающую территорию.

Таблица 1

Оценки линейного тренда среднегодовой температуры приземного воздуха и годовой суммы осадков

Параметры уравнения, показатели	Временной период							
	1936-1960	1941-1970	1951-1980	1961-1990	1971-2000	1981-2010	1991-2018	1976-2018
Среднегодовая температура приземного воздуха								
b, °C/10 лет	-0,08	0,14	0,12	0,26	0,07	0,40	0,61	0,52
c ₀ , °C	2,8	2,3	2,6	2,7	3,3	3,2	3,3	2,7
Средняя годовая температура за период, °C	2,7	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	3,8
% от нормы 1961-1990	87	82	92	100	110	123	135	124
Годовая сумма осадков								
b, мм/10 лет	27	18	27	34	0	3	28	0
c ₀ , мм	428	451	473	478	543	544	524	570
Средняя годовая сумма осадков за период, мм	463	479	515	531	543	549	564	569
% от нормы 1961-1990	87	90	97	100	102	103	106	107

Скорость роста среднегодовой температуры за период 1976-2018 гг. по данным метеостанции г. Йошкар-Олы соответствует скорости роста температуры для Европейской части России и составляет 0,52 °C/10 лет, что в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период: 0,17-0,18 °C/10 лет, и более чем в 1,5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: 0,28-0,29 °C/10 лет (Доклад об особенностях климата..., 2018).

При анализе данных динамики осадков (рис. 3 и табл. 1) необходимо учитывать, что за период 1936-1965 гг. в базах приведены прямые данные наблюдений, а в 1966 г. – данные наблюдений с учетом поправок на смачивание (Богданова и др., 2002).

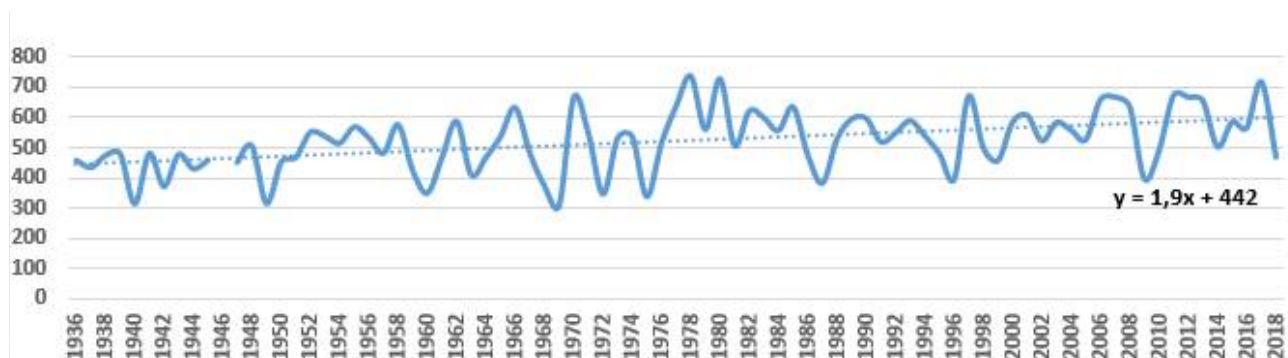


Рис. 3. Динамика годовой суммы осадков в г. Йошкар-Оле

Этим могут быть частично объяснены более низкие значения до 1966 г., начиная с периода 1971-2000 гг. отмечается медленный рост количества осадков, однако внутри периодов из-за существенных различий отдельных лет скорость роста (коэффициент b) меняется от 0 до 28 мм/10 лет, что соответствует данным для Европейской части России за период 1976-2018 гг. (Доклад об особенностях климата..., 2018).

Одним из важных агрометеорологических показателей для сельского и лесного хозяйства является сумма активных температур воздуха. При этом под суммой активных температур

понимается показатель, пропорциональный количеству тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха, превышающих биологический минимум температуры, установленный для определенного периода развития растения (ГОСТ 17713..., 1989). На рис. 4 приведена динамика сумм активных температур по данным метеостанции г. Йошкар-Олы.

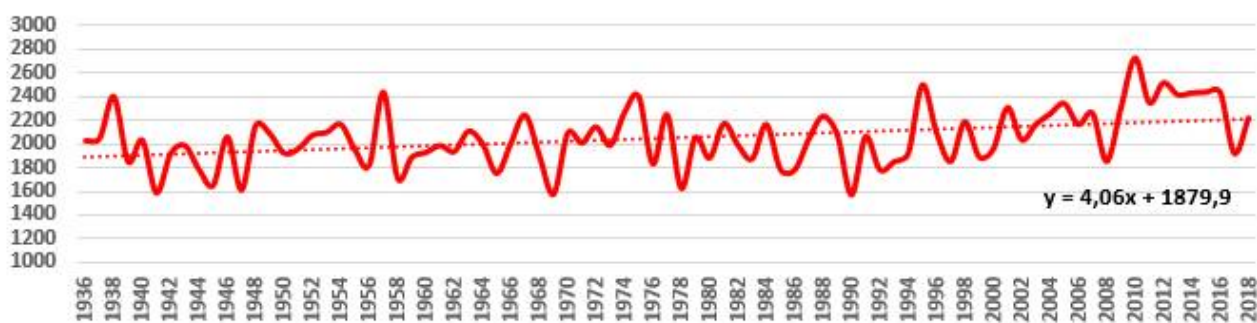


Рис. 4. Динамика суммы активных температур воздуха в г. Йошкар-Оле

Для характеристики интенсивности изменений сумм активных температур воздуха и сопоставления с данными других исследователей (Наумов, Ахмедова, 2016) с использованием линейного тренд-анализа (Пановский, Брайер, 1972; Доклад об особенностях климата..., 2018) были рассчитаны коэффициенты линейного тренда, b ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) для различных периодов (табл. 2).

Таблица 2

Оценки линейного тренда суммы активных температур воздуха

Параметры уравнения, показатель	Временной период							
	1936-1960	1941-1970	1951-1980	1961-1990	1971-2000	1981-2010	1991-2018	1976-2018
b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	4,6	38,4	-0,7	-16,5	-30,4	123,3	159,4	115,8
c_0 , $^{\circ}\text{C}$	1962	1889	2005	2018	2056	1883	1956	1852
Средняя сумма активных температур за период, $^{\circ}\text{C}$	1968	1948	2004	1993	2009	2074	2187	2107
% от нормы 1961-1990	99	98	101	100	101	104	110	106

В период с 1936 по 2018 гг. произошло повышение годовых значений суммы активных температур на 219°C по средним значениям сравниваемых периодов и на 333°C по уравнению линии тренда. По тридцатилетним периодам скорость роста температуры (b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет) имеет положительные значения в период с 1936 по 1970 гг., затем наступает период снижения, устойчиво положительной скоростью роста становится с периода 1981-2010 гг. В целом скорость роста суммы активных температур за весь рассматриваемый период составила $40,6^{\circ}\text{C}/10$ лет. Скорость роста суммы активных температур за период 1976-2018 гг. по данным метеостанции г. Йошкар-Олы составляет $115,8^{\circ}\text{C}/10$ лет и соответствует скорости роста температуры для Европейской части России (Доклад об особенностях климата..., 2018).

С точки зрения развития фенофаз культурных и лесных растений представляет динамика дат и продолжительности теплого и холодного периодов. В табл. 3 приведены данные о датах устойчивого перехода через температуры 0°C и $+10^{\circ}\text{C}$, продолжительности теплого периода, рассчитанные в соответствии с (Методические указания..., 2010).

На рис. 5 представлены графики, отражающие динамику дат устойчивого перехода температуры воздуха через значение 0°C , обозначающие наступление климатической весны и зимы, и дат устойчивого перехода температуры воздуха через значение $+10^{\circ}\text{C}$, обозначающие период активной вегетации по данным метеостанции г. Йошкар-Олы в период 1936-2018 гг.

Таблица 3

Динамики дат устойчивого перехода и продолжительности теплых периодов

Показатель	Временной период						
	1936-1960	1941-1970	1951-1980	1961-1990	1971-2000	1981-2010	1991-2018
Дата весеннего устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	07.04 +4	07.04 +4	04.04 +1	03.04	01.04 -2	01.04 -2	31.03 -4
Дата весеннего устойчивого перехода среднесуточной температуры через +10 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	14.05 +6	12.05 +4	08.05 0	08.05	07.05 -1	07.05 -1	04.05 -4
Дата осеннего устойчивого перехода среднесуточной температуры через +10 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	16.09 -4	17.09 -3	18.09 -2	20.09	19.09 -1	21.09 +1	22.09 +2
Дата осеннего устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	31.10 +1	31.10 +1	30.10 0	30.10	30.10 0	04.11 +5	06.11 +7
Продолжительность периода со среднесуточными температурами > +10 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	125 -10	128 -7	133 -2	135	135 0	137 +2	141 +6
Продолжительность периода со среднесуточными температурами > 0 °С / отклонение от периода 1961-1990 гг. (дни)	207 -3	207 -3	209 -1	210	212 +2	217 +7	219 +9

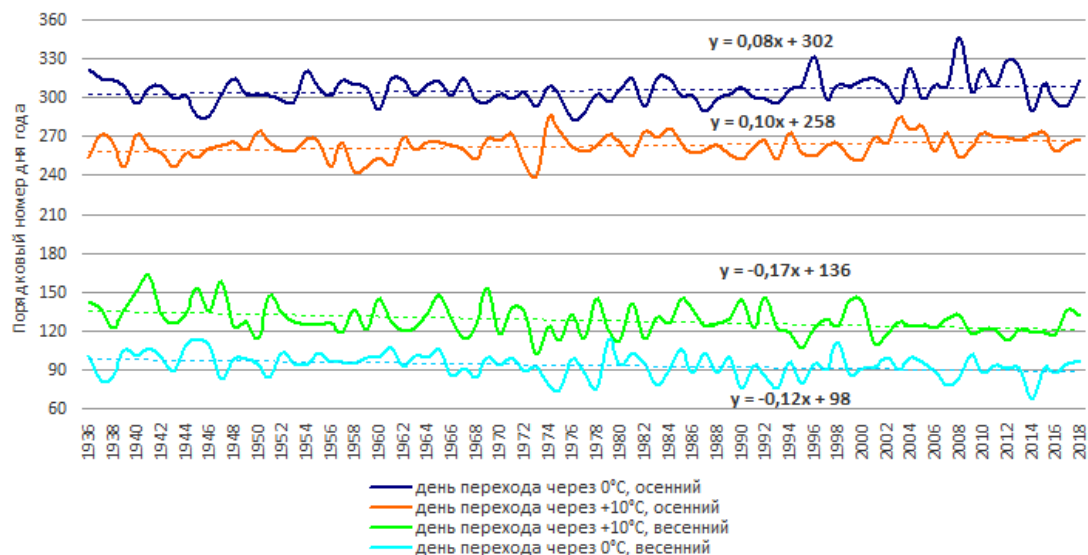


Рис. 5. Динамика дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха

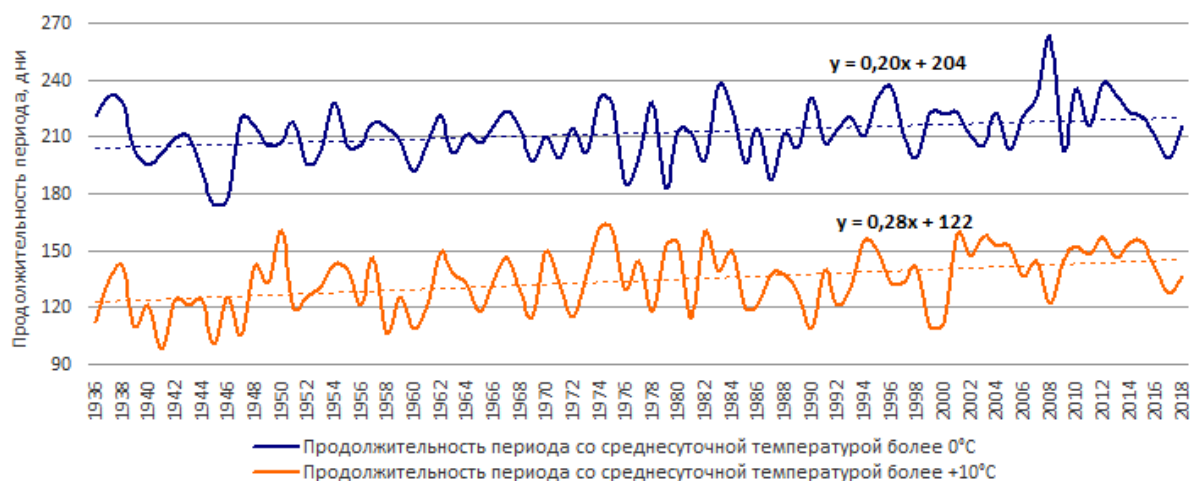


Рис. 6. Продолжительность теплых периодов

Данные табл. 3 и рис. 5 и 6 также показывают тенденции смещения весенних дат на более ранние, а осенних – на более поздние сроки. В целом скорость увеличения теплого периода (со среднесуточными температурами более 0 °С) за период 1936-2018 гг. составила 2 дня/10 лет. Наиболее интенсивный рост наблюдается с конца 80-х годов XX века.

Выводы

Таким образом, в ходе выполненной работы для различных временных периодов (1936-1960, 1941-1970, 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 и 1991-2018 гг.) определены значения среднегодовых температур воздуха, суммы атмосферных осадков, рассчитаны агроклиматические показатели: суммы активных температур, даты устойчивого перехода среднесуточных температур через 0 °С и +10 °С, продолжительность теплых периодов для территории г. Йошкар-Олы.

Впервые для региона оценены климатические и агроклиматические нормы для периода 1981-2010 гг., с использованием линейного тренд-анализа оценены скорости изменения климатических показателей.

Установлено, что климатические показатели г. Йошкар-Олы за период 1936-2018 гг. имеют тенденции к росту и соответствуют таковым для Европейской части России (Наумов, Ахмедова, 2016; Мустафина, 2017; Доклад об особенностях климата..., 2018).

Так, скорость роста температуры за рассматриваемый период составила 0,27 °С/10 лет. По тридцатилетним периодам скорость роста температуры становится положительной с периода 1941-1970 гг. и наиболее интенсивно начинает нарастать с периода 1981-2010 гг. Начиная с периода 1971-2000 гг. отмечается медленный рост количества осадков, однако внутри периодов из-за существенных различий отдельных лет скорость роста меняется от 0 до 28 мм/10 лет.

Скорость роста суммы активных температур за весь рассматриваемый период составила 40,6 °С/10 лет, причем скорость роста температуры имеет положительные значения в период с 1936 по 1970 гг. и с 1981 по настоящее время. Даты устойчивого перехода среднесуточных температур через 0 °С и +10 °С сдвигаются весной на более ранние сроки, а осенью – на более поздние. В целом скорость увеличения теплого периода (со среднесуточными температурами более 0 °С) за период 1936-2018 гг. составила 2 дня/10 лет. Наиболее интенсивный рост наблюдается с конца 80-х годов XX века.

При анализе изменений климатических показателей необходимо также учитывать расположение метеостанции относительно крупных населенных пунктов и антропогенных источников тепла, а также изменение приборной и методической базы наблюдений. Так, площадка метеостанции г. Йошкар-Олы с момента создания несколько раз была перемещена и в настоящее время фактически находится в городской черте, при этом за рассматриваемый период произошел значительный рост города (численность населения за рассматриваемый период возросла в 10 раз), что существенно увеличило тепловое воздействие на прилегающую территорию.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Марийской АССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – 107 с.
2. Богданова, Э.Г. Новая модель корректировки измеренных осадков и её применение в полярных районах РФ / Э.Г. Богданова, В.С. Голубев, Б.М. Ильин, И.В. Драгомилова // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 10. – С. 68-93.
3. ГОСТ 17713-89. Сельскохозяйственная метеорология. Термины и определения. – Введ. 1990-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 2019. – 79 с.

5. Климатическая доктрина Российской Федерации. Утв. распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94992/. – 10.11.2019.
6. Курбанов Э.А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района. – Йошкар-Ола, 2002. – 300 с.
7. Методические указания по составлению агрометеорологического ежегодника для земледельческой зоны Российской Федерации. РД 52.33.725-2010. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». – 2010. – 146 с.
8. Мустафина, А.Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. / А.Б. Мустафина // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2017. – №2(41). С. 99–108.
9. Наумов, В.А. Изменение продолжительности периода вегетации и суммы активных температур в Калининградской области за последние десять лет / В.А. Наумов, Н.Р. Ахмедова // Известия КГТУ. – №42. – 2016. – С. 175-184.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 29. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 582 с.
11. Пановский, Г.А. Статистические методы в метеорологии / Г.А. Пановский, Г.В. Брайер. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 210 с.
12. Специализированные массивы Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/data> – 05.03.2019.
13. Энциклопедия Марий Эл. – Йошкар-Ола, 2009. – 872 с.
14. FAO. The State of the World's Forests 2018 - Forest pathways to sustainable development. – Rome, 2018. – 118 p.
15. Frich, P. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century / P. Frich, L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. M. G. Klein Tank, T. Peterson // Climate Research. 2002. – Vol. 19. – P. 193-212.
16. IPCC. International Panel on Climate Change. Special report: Global Warming of 1.50C [Electronic resource]. – 2018. – URL: <http://www.ipcc.ch>
17. Kurbanov, E.A. Changes in area and carbon in forests of the Middle Zavolgie: a regional case study of Russian forests/ E.A. Kurbanov, W.M. Post // Climatic change. – 2002. – Vol. 55, № 1-2. – P. 157-171.
18. Loboda, T. A Joint NASA GOFD-GOLD and NEESPI workshop to examine the natural, socio-economic, and land use impacts of the 2010 drought in European Russia / T.V. Loboda, O.N. Krankina, E.A. Kurbanov //The Earth observer. – 2012. – V. 24(5). – P. 36-40.
19. Loboda, T. Land Management and the Impact of the 2010 Extreme Drought Event on the Agricultural and Ecological Systems of European Russia/ T. Loboda, O. Krankina, I. Savin, E. Kurbanov, H. Joanne // Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991. Eds. G. Gutman, R. Volker. – Springer International Publishing, 2017. – P. 173-192.
20. Qian, W. Temporal climatology and anomalous weather analysis / W. Qian. – Springer, 2017. – 687 p.
21. National Centers for Environmental Information [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/> – 10.05.2019.
22. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203. World Meteorological Organization, 2017 [Electronic resource]. – URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166. – 10.11.2019.

References

1. Agroklimaticheskie resursy Mariiskoi ASSR [Agroclimatic resources of the Mari ASSR], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 107 p.
2. Bogdanova E.G., Golubev V.S., Il'in B.M., Dragomilova I.V. Novaya model' korrektyrovki izmerennykh osadkov i ee primeneniye v polyarnykh raionakh RF [A new model for adjusting measured precipitation and its application in the polar regions of the Russian Federation], *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology], 2002, No. 10, pp. 68-93.
3. GOST 17713-89. Sel'skokhozyaistvennaya meteorologiya. Terminy i opredeleniya [Agricultural meteorology. Terms and Definitions], Moscow, 1989, 15 p.
4. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2018 god [2018 climate report on the territory of the Russian Federation], *Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy (Rosgidromet)* [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet)], Moscow, 2019, 79 p.
5. Klimaticheskaya doktrina Rossiiskoi Federatsii [Climate Doctrine of the Russian Federation], available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94992/, 10.11.2019.
6. Kurbanov E.A. Byudzhety ugleroda osnovnykh ekosistem Volgo-Vyatskogo raiona [The carbon budget of pine ecosystems of the Volga-Vyatka region], IYoshkar-Ola, 2002, 300 p.
7. Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu agrometeorologicheskogo ezhegodnika dlya zemledel'cheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Guidelines for the compilation of an agrometeorological yearbook for the agricultural zone of the Russian Federation], RD 52.33.725-2010, Obninsk: GU "VNIIGMI-MTsD", 2010, 146 p.
8. Mustafina A.B. Izmeneniya osnovnykh klimaticheskikh pokazatelei na territorii Respubliki Tatarstan za period 1966–2013 gg. [Changes of the main climatic indicators in the territory of the Republic of Tatarstan during 1966–2013], *Geograficheskii vestnik* [Geographical bulletin], 2017, No. 2(41), pp. 99-108.

9. Naumov V.A., Akhmedova N.R. Izmenenie prodolzhitel'nosti perioda vegetatsii i summy aktivnykh temperatur v Kaliningradskoi oblasti za poslednie desyat' let [Changes in the growing season duration and the sum of active temperatures in the Kaliningrad region over the past decade], *Nauchnyi zhurnal "Izvestiya KGTU"* [News of KSTU], No. 42, 2016, pp. 175-184.
10. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Vypusk 29 [Scientific-applied reference on the climate of the USSR. Issue 29], St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992, 582 p.
11. Panovskii G.A., Braier G.V. Statisticheskie metody v meteorologii [Statistical Methods in Meteorology], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 210 p.
12. Spetsializirovannye massivy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovogo tsentra dannykh (VNIIGMI-MTsD) [Specialized arrays of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center (RIHMI-WDC)], available at: <http://meteo.ru/data>, 05.03.2019.
13. Entsiklopediya Marii El [Encyclopedia of Marii El], Yoshkar-Ola, 2009, 872 p.
14. FAO. The State of the World's Forests 2018 – Forest pathways to sustainable development, Rome, 2018, 118 p.
15. Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A. M. G., Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Climate Research*, 2002, Vol. 19, pp. 193–212.
16. IPCC. International Panel on Climate Change. Special report: Global Warming of 1.50C [Electronic resource], 2018, URL: <http://www.ipcc.ch>.
17. Kurbanov E.A., Post W.M. Changes in area and carbon in forests of the Middle Zavolgie: a regional case study of Russian forests, *Climatic change*, 2002, № 1-2, Vol. 55, pp. 157-171.
18. Loboda T., Krankina O.N., Kurbanov E.A. A Joint NASA GOFC-GOLD and NEESPI workshop to examine the natural, socio-economic, and land use impacts of the 2010 drought in European Russia, *The Earth observer*, 2012, Vol. 24(5), pp. 36-40.
19. Loboda T., Krankina O., Savin I., Kurbanov E., Joanne H. Land Management and the Impact of the 2010 Extreme Drought Event on the Agricultural and Ecological Systems of European Russia, *Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991*, Eds. G. Gutman, R. Volker, Springer International Publishing, 2017, pp. 173-192.
20. Qian W. Temporal climatology and anomalous weather analysis, 2017, 687 p.
21. National Centers for Environmental Information, available at: <https://www.ncdc.noaa.gov/> - 10.05.2019.
22. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, WMO, N. 1203, World Meteorological Organization, 2017, available at: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166. – 10.11.2019.