

УДК 551.524

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

**Соколов И. Д.¹, Пашутина Е. Н.², Медведь О. М.³, Сигидиненко Л. И.⁴,
Соколова Е. И.⁵, Долгих Е. Д.⁶, Сигидиненко И. В.⁷**

^{1,3,4,5,6,7}Луганский государственный аграрный университет, Луганск

²Государственный гуманитарно-технологический университет», Московская область,
Орехово-Зуево, Российская Федерация

E-mail: ²pashutina07@mail.ru, ³olga.medved.2016@mail.ru, ⁴lsigidinenko@mail.ru, ⁵s-e-i@mail.ru,
⁶ded57@i.ua, ⁷irinasigidinenko1992@mail.ru

Климат Луганщины характеризуется как умеренно континентальный с довольно жарким летом и сравнительно холодной зимой (абсолютный максимум +41°C, абсолютный минимум -42°C). В связи с тем, что климат не остается постоянным и претерпевает изменения, нами предпринята попытка сравнить локальное изменение климата Луганска на фоне глобальных тенденций потепления. В статье выполнен сравнительный анализ динамики среднегодовых значений температуры воздуха г. Луганска с таковой в целом в мире, то есть с так называемой глобальной температурой воздуха у поверхности Земли (global surface temperature) в период 1880–2019 гг. Для выявления тенденций анализируемых значений температуры применялся метод анализа временных рядов (рядов динамики). Математико-статистический подход позволил установить, что температура Луганска увеличилась на 1,93°C, а глобальная мировая температура повысилась на 1,05°C. Повышение температуры наблюдалось не весь период исследуемого временного интервала, в течении первых тридцати лет температура даже несколько понижалась. Коэффициент парной корреляции климатических факторов «температура г. Луганска» и «отклонения от базовой глобальной температуры» ($r=0,9997^{***}$) позволяет утверждать, что динамика годовой температуры по метеостанции г. Луганска и в целом на планете весьма сходна.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, статистический подход, тенденция потепления, Луганск.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время из климатических факторов наибольший интерес исследователей и общественности вызывают многолетние изменения среднегодовой температуры нижних слоев атмосферного воздуха [8, 13, 14]. Эта проблема рассмотрена в пяти «Оценочных докладах» МГЭИК, а шестой доклад на оценочном цикле, и двух «Оценочных докладах Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [3, 7, 8]. На территории Луганского региона, как и в России, так и в целом по Земному шару, продолжается потепление, темпы которого высоки [1, 9, 11]. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976–2019 гг. составила по данным ФГБУ «ИГКЭ» 0,47°C/10 лет [4].

Климат Луганщины умеренно-континентальный, с выраженными засушливо-суховейными явлениями [1]. Он отличается неустойчивостью характера погоды: морозы чередуются с оттепелями, иногда происходит вторжение холодного воздуха с понижением температуры до опасных отметок (абсолютный минимум -42°C). Последнее десятилетие абсолютный максимум - 40,3 - 40,4°C отмечался в июле 2001г., 41,2–42,0 °C в августе 2010г [1]. Лето теплое и жаркое с неустойчивым увлажнением и засушливыми периодами. Отличительной особенностью климата

является обилие солнечного света и тепла, а удаленность территории от больших водных площадей обуславливает континентальный характер.

Современные изменения климата, которые начали фиксировать примерно с конца 1980-х годов, могут повлиять на климатические стандарты, поскольку климатические изменения в последние десятилетия происходят со скоростью, которая, намного превышает ранее зафиксированные [7, 8]. Для адекватного анализа динамики температуры атмосферного воздуха в Луганске необходимо применение статистических методов анализа рядов динамики (временных рядов). Это имеет существенное значение для многих сфер жизни общества.

Цель работы — используя математико-статистические расчеты, изучить изменение температуры атмосферного воздуха Луганска, в период 1880–2019 гг., на фоне глобальных тенденций потепления в целом на Земле. Работа выполнена с учетом более ранних работ [9, 11], где временные ряды анализировались за 1838–2019 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных использовали результаты инструментальных измерений температуры воздуха по метеостанции г. Луганска (далее – МС Луганск) и сведения о глобальной температуре воздуха у поверхности Земли (global surface temperature) [9, 12]. Исходные данные представляют собой типичные временные ряды, в которых первый ряд чисел включает годы от 1880 до 2019 включительно, т.е. за 140 последних лет. Второй ряд в целом по Земле формируют значения отклонений наблюдавшихся за этот период температур от средней температуры за тридцать лет, 1951-1980 гг., принимаемых в большинстве климатических исследований за базовые (табл. 1).

Таблица 1.
Отклонения наблюдавшихся температур от средней температуры в целом на Земле (1880–2019 гг.)

Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур
1	2	3	4	5	6	7	8
1880	-0,16	1915	-0,14	1950	-0,17	1985	0,11
1881	-0,08	1916	-0,36	1951	-0,07	1986	0,18
1882	-0,10	1917	-0,46	1952	0,01	1987	0,32
1883	-0,16	1918	-0,29	1953	0,08	1988	0,38
1884	-0,28	1919	-0,27	1954	-0,13	1989	0,27
1885	-0,32	1920	-0,27	1955	-0,14	1990	0,45

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Продолжение таблиц 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
1886	-0,30	1921	-0,19	1956	-0,19	1991	0,40
1887	-0,35	1922	-0,28	1957	0,05	1992	0,22
1888	-0,16	1923	-0,26	1958	0,06	1993	0,23
1889	-0,10	1924	-0,27	1959	0,03	1994	0,32
1890	-0,35	1925	-0,22	1960	-0,02	1995	0,45
1891	-0,22	1926	-0,10	1961	0,06	1996	0,33
1892	-0,27	1927	-0,22	1962	0,04	1997	0,47
1893	-0,31	1928	-0,20	1963	0,05	1998	0,61
1894	-0,30	1929	-0,36	1964	-0,20	1999	0,39
1895	-0,22	1930	-0,16	1965	-0,11	2000	0,39
1896	-0,11	1931	-0,10	1966	-0,06	2001	0,54
1897	-0,11	1932	-0,16	1967	-0,02	2002	0,63
1898	-0,26	1933	-0,29	1968	-0,08	2003	0,62
1899	-0,17	1934	-0,13	1969	0,05	2004	0,54
1900	-0,08	1935	-0,20	1970	0,02	2005	0,68
1901	-0,15	1936	-0,15	1971	-0,08	2006	0,64
1902	-0,28	1937	-0,03	1972	0,01	2007	0,66
1903	-0,37	1938	-0,01	1973	0,16	2008	0,54
1904	-0,47	1939	-0,02	1974	-0,07	2009	0,66
1905	-0,26	1940	0,13	1975	-0,01	2010	0,72
1906	-0,22	1941	0,19	1976	-0,10	2011	0,61
1907	-0,39	1942	0,07	1977	0,18	2012	0,64
1908	-0,43	1943	0,09	1978	0,07	2013	0,68
1909	-0,48	1944	0,20	1979	0,16	2014	0,75
1910	-0,43	1945	0,09	1980	0,26	2015	0,90
1911	-0,44	1946	-0,07	1981	0,32	2016	1,02
1912	-0,36	1947	-0,03	1982	0,14	2017	0,92
1913	-0,34	1948	-0,11	1983	0,31	2018	0,85
1914	-0,15	1949	-0,11	1984	0,15	2019	0,98

Годы — независимая переменная x , отклонения $d=t-t_{st}$ — зависимая переменная. По Луганщине исходными данными служили измеренные на МС Луганск среднегодовые значения температуры воздуха (табл. 2).

Анализируемые ряды динамики относятся к равноинтервальным рядам. При анализе данных применяли известные математико-статистические методы анализа временных рядов (рядов динамики) [6]. Использовали пакет прикладных программ, называемый также системой STATISTICA [2] и нашу программу PERIOD [10].

Таблица 2.
Среднегодовые значения температуры воздуха по данным Луганской метеостанции
(1880–2019 гг.)

Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры
1	2	3	4	5	6	7	8
1880	6,7	1915	8,3	1950	8	1985	7,4
1881	7,3	1916	7,3	1951	8,5	1986	8,6
1882	8,7	1917	7,4	1952	8,9	1987	6
1883	7,8	1918	7,9	1953	7,8	1988	7,9
1884	7,5	1919	7,5	1954	7,6	1989	9,9
1885	8,2	1920	7,1	1955	9,1	1990	9,7
1886	8,5	1921	7,8	1956	6,5	1991	9
1887	8,8	1922	8,2	1957	9,7	1992	8,3
1888	7,3	1923	8,9	1958	8,2	1993	7,7
1889	7,7	1924	7,1	1959	7,6	1994	8,4
1890	8,5	1925	8,7	1960	9,2	1995	9,9
1891	7,9	1926	7,3	1961	8,8	1996	8,2
1892	8,3	1927	7,3	1962	9,6	1997	7,7
1893	6,9	1928	6,5	1963	8,1	1998	9,2
1894	6,6	1929	6,3	1964	7,6	1999	10,2
1895	8	1930	8,7	1965	7,9	2000	9,4
1896	6,2	1931	7,1	1966	10,3	2001	9,5
1897	8,2	1932	7,8	1967	8,4	2002	9,7
1898	7,5	1933	5,8	1968	8,8	2003	8,2
1899	8,3	1934	8,2	1969	7,1	2004	9,6
1900	7,6	1935	7,8	1970	8,9	2005	9,7
1901	9,5	1936	8,8	1971	9	2006	9
1902	8	1937	8,9	1972	8,8	2007	10,7
1903	9	1938	9,4	1973	8,3	2008	9,7
1904	7,8	1939	8,7	1974	8,6	2009	10
1905	9,3	1940	7,6	1975	9,8	2010	10,7
1906	9,5	1941	7,8	1976	6,9	2011	8,6
1907	6,8	1942	6,3	1977	7,8	2012	9,9
1908	6,6	1943	8,2	1978	7,9	2013	10,5
1909	7,9	1944	8,8	1979	9,2	2014	9,4
1910	8,3	1945	6,1	1980	7,5	2015	10,2

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8
1911	6,3	1946	8,7	1981	9,8	2016	9,8
1912	7	1947	8,3	1982	7,8	2017	10
1913	8,5	1948	8,3	1983	9,4	2018	8,9
1914	8,2	1949	8,3	1984	8,6	2019	10,3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднегодовая температура воздуха обнаруживает сильные небеспричинные, но для исследователей выступающие как случайные, беспорядочные отклонения в ту или иную сторону. Как говорят, «год на год не приходится». Эти отклонения затрудняют выявление закономерностей многолетних изменений температуры. С целью определенной нивелировки отклонений производят так называемое эмпирическое выравнивание (сглаживание) временных рядов (линейное по 3, 5 или 7 точкам, по способу взвешенной скользящей средней при неизвестной форме функции связи Y с X , экспоненциальное сглаживание).

Представленные в табл. 1 данные об отклонениях температуры воздуха Земли сглажены по 5 точкам [12]. Обратим внимание на то, что аналитическое сглаживание возможно как по исходным значениям, так и по предварительно выравненным тем или иным известным способом.

Выравненные по 5 точкам значения отклонений глобальной температуры представлены на рис. 1 в виде ломаной линии. Даже на глаз видно, что на исследованном временном интервале происходил, в целом, рост температуры. При этом темпы подъема температуры с 1980 г. и по настоящее время стали определенно выше, чем они были в предшествующие годы (рис. 1).

Для оценки степени (силы) и значимости изменений температуры необходимо использовать аналитическое сглаживание. Уместно начинать его с наиболее простой функции связи — полинома первой степени (уравнения прямой линии). Коэффициент парной корреляции r оценивает линейную связь, точнее линейный компонент связи. Довольно условно выделяют слабую ($r < 0,50$), среднюю ($0,5 < 0,7$) и сильную ($r > 0,7$) связи [6]. В нашем случае $r = 0,83^{***}$; связь положительная, очень сильная. Три звездочки означают, что связь максимально значимая, вероятность ошибки заключения о наличии связи $p < 0,001$. Коэффициент детерминации $r^2 = 0,695$. Это значит, что почти 70% изменчивости годовой температуры определяется линейной связью Y с X , неуклонным бегом времени. Линейная связь Y с X — главная причина закономерной изменчивости температуры по годам. По уравнению линии регрессии находим значения y для начала и конца временного ряда: $y_{1880} = -0,49$, $y_{2019} = 0,56$. Различие крайних значений равно $1,05^\circ\text{C}$. Значит, рост температуры на исследованном временном интервале (1880–2019 гг.) составляет немногим более 1°C .

Внимательное рассмотрение представленных на рис. 1 выравненных временных рядов позволяет считать, что повышение температуры происходило не все 140 изученных года, что в 1880–1910 гг. имело место понижение температуры.

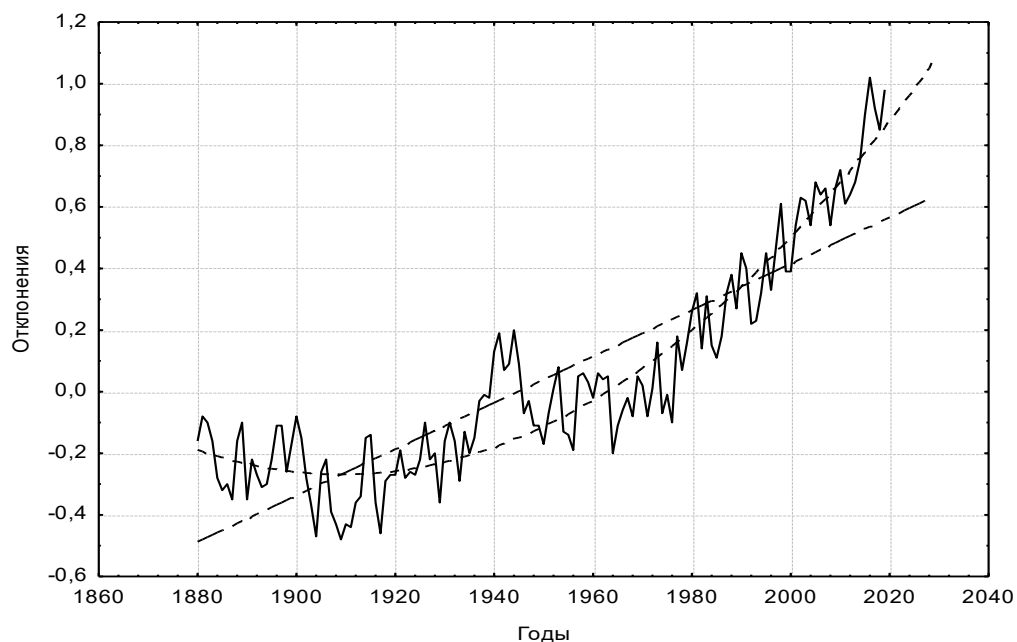


Рис. 1. Эмпирические значения отклонения температуры воздуха планеты от базовой температуры, сглаженные по 5 точкам и результаты сглаживания ряда динамики прямой линией и квадратичной параболой.

Направление связи различается в 30 первых и 110 остальных годах, что требует использования для аналитического сглаживания криволинейных функций, прежде всего полинома второй степени (квадратичной параболы). Графическое представление такого сглаживания также показано на рис. 1. Оцененный по параболе рост температуры на исследованном временном интервале (1880–2019 гг.), как и в случае использования полинома первой степени, составляет немногим более 1°С ($y_{2019} - y_{1880} = 0,86 + 0,19 = 1,05$).

Степень согласия ожидающихся и наблюдавшихся значений оценено среднеквадратичной ошибкой аппроксимации (табл. 3).

Таблица 3.

Результаты аппроксимации временного ряда изменений температуры воздуха планеты различными функциями (X – годы, Y – отклонения от базовой температуры)

№ п/п	Функция сглаживания временного ряда	Среднеквадратичная ошибка аппроксимации
1	Полином первой степени (прямая линия)	0,0406
2	Полином второй степени (квадратичная парабола)	0,0220

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Ошибка аппроксимации временного ряда параболой намного меньше, и поэтому параболу следует предпочтительно использовать как функцию связи.

А. Кислов писал, что во временном ряду изменений глобальной годовой температуры воздуха на Земле «обнаруживается ритм с периодом около 60 лет» [5]. Однако оказалось, что модели с 60-летним (рис. 2) и близкими по продолжительности циклами колебаний не обеспечивают лучшее согласие наблюдавшихся и ожидавшихся значений в сравнении с квадратичной параболой.

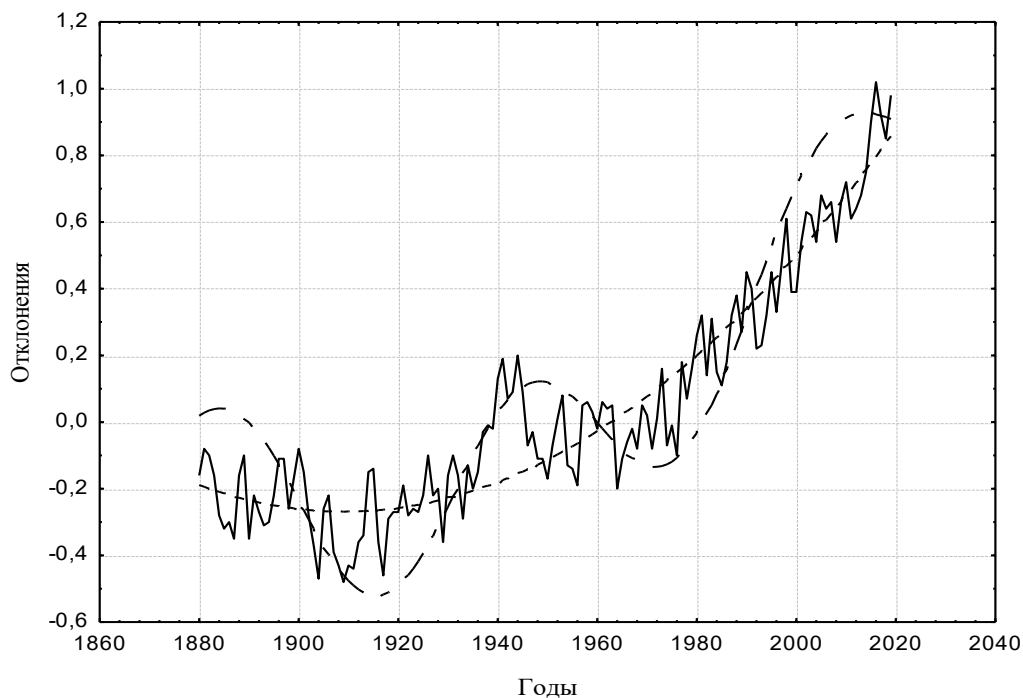


Рис. 2. Сглаживание временного ряда изменений температуры воздуха планеты периодической функцией (60-летний цикл), наложенной на параболический тренд.

В частности, при использовании модели динамики температуры с 60-летним циклом колебаний (рис. 2) получено значение ошибки аппроксимации, равное 0,0400, а, как уже отмечалось выше, эта ошибка при использовании квадратичной параболы составляла 0,0220. По ошибкам аппроксимации последовательно проверяли пригодность для сглаживания циклических тригонометрических функций с продолжительностью периода колебаний от 45 до 75 лет (45, 46, ..., 75). Во всех случаях ошибка превышала таковую параболы. Минимальной она была при продолжительности периода в 45 лет, а именно 0,028, что тоже больше ошибки аппроксимации параболой. В подобных случаях следует ограничиваться параболой как функцией аналитического сглаживания временного ряда.

В настоящей статье о динамике температуры мы судили на основании анализа отклонений температуры каждого года от базовой температуры. Такой подход имеет

свои недостатки. Во-первых, базовая температура вычисляется как средняя арифметическая за т.н. базовые годы (1951–1980 гг.), но сами базовые годы выделены произвольно, на основе пока действующей договоренности. Во-вторых, при вычислении базовой температуры, как средней арифметической из годовых температур каждого из тридцати базовых лет производится округление, и потому база отклонений менее точна, чем база исходных температур. Поясним сказанное.

Среднее значение климатического фактора «среднегодовая температура воздуха» в г. Луганске за 1951–1980 гг. представляет собой бесконечное дробное число 8,41... [2]. При вычислении отклонений производим округление и за базовое значение принимаем 8,41°C, тем самым внося систематическую ошибку во все значения отклонений, получая отклонения с небольшим избытком. В-третьих, при анализе обсуждаемых здесь отклонений о динамике температуры судим косвенно, что создает определенные трудности для понимания результатов. Между тем, есть все возможности для прямого анализа и прогнозирования исходных временных рядов температуры.

Вообще следует иметь в виду, что исходные фактические, наблюдавшиеся значения температуры тоже являются отклонениями. Это отклонения от температуры фазового перехода H₂O из жидкой фазы (вода) в твердую (снег или лед) или, наоборот, из твердой фазы в жидкую. Анализ исходных температур является более простым, более точным и более понятным, чем анализ отклонений температур от базовой температуры. Его и применяли мы при анализе динамики температуры в Луганщине.

На рис. 3 в виде графиков представлены исходный временной ряд (ломанная линия) температуры воздуха на МС Луганск и ряды, сглаженные полиномом первой степени (прямая линия) и полиномом второй степени (квадратичная парабола).

Сравнение рис. 1 и 3, и результатов вычислений позволяют утверждать, что динамика изменений температуры сходна. Температура в Луганске увеличилась на 1,93°C, глобальная мировая температура повысилась на 1,05°C. Подъем температуры наблюдался не все время — в течение первых тридцати лет рассматриваемого временного интервала температура даже несколько понижалась (рис. 1, 3). По этой причине полином второй степени более адекватно, чем полином первой степени, описывает ход температурных изменений.

Количественную характеристику степени схождения временных рядов среднегодовой температуры в г. Луганске и в целом на Земле можно получить, вычислив коэффициент парной корреляции климатических факторов «температура г. Луганска» и «отклонения от базовой глобальной температуры». Коэффициент корреляции $r=0,9997^{***}$; связь очень тесная, приближающаяся к полной (функциональной) связи и максимально значимая ($p<0,001$). Это значит, что динамика температуры в г. Луганске и глобальной температуры практически совпадают. Очевидно, существует какая-то общая причина этого явления, и ею по ряду соображений не может быть CO₂ антропогенного происхождения [9].

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

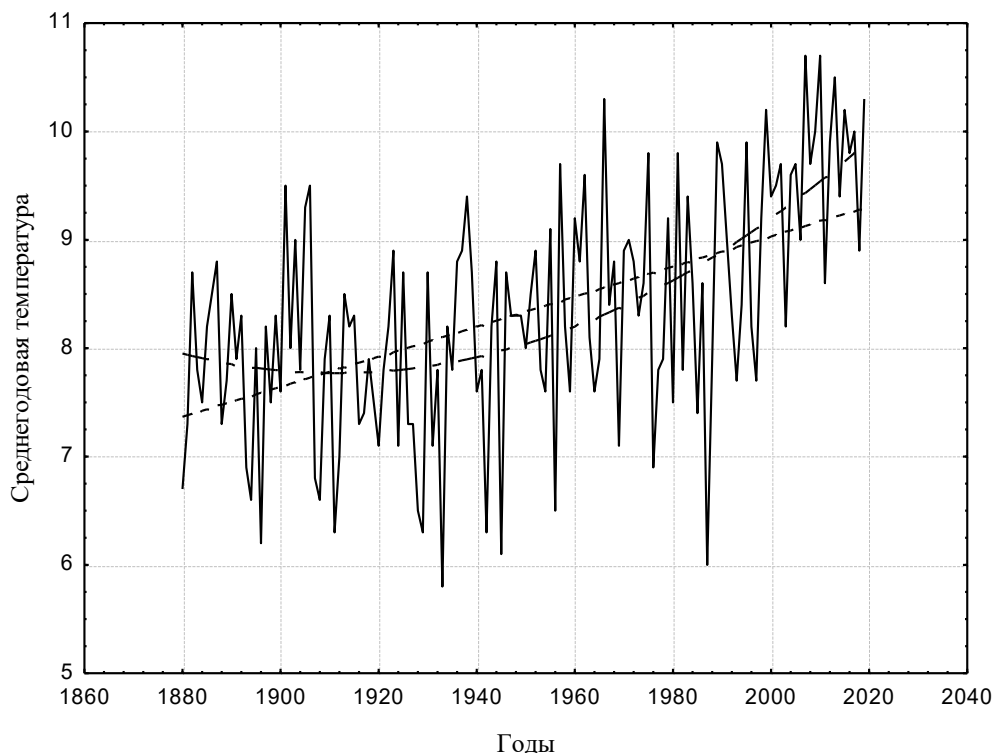


Рис. 3. Эмпирические значения среднегодовой температуры по данным Луганской метеостанции (1880–2019 гг.) и результаты сглаживания прямой линией и квадратичной параболой.

Интересно, что по температуре теплого (апрель–сентябрь) и холодного (октябрь — март) сезонов обнаружена периодическая компонента изменчивости продолжительностью около 75 лет [9]. Но колебания происходили в противофазах, поэтому линии экспоненциально сглаженных временных рядов на графике то расходятся, то сходятся (рис. 4). На фоне общего уменьшения разности летних и зимних температур степень континентальности климата Луганщины периодически колебалась (рис. 4). Колеблясь в противофазах, температуры теплого и холодного сезонов в интегральном показателе «среднегодовая температура» почти компенсируют друг друга, поэтому 75-летняя цикличность в динамике среднегодовой температуры едва просматривается [9].

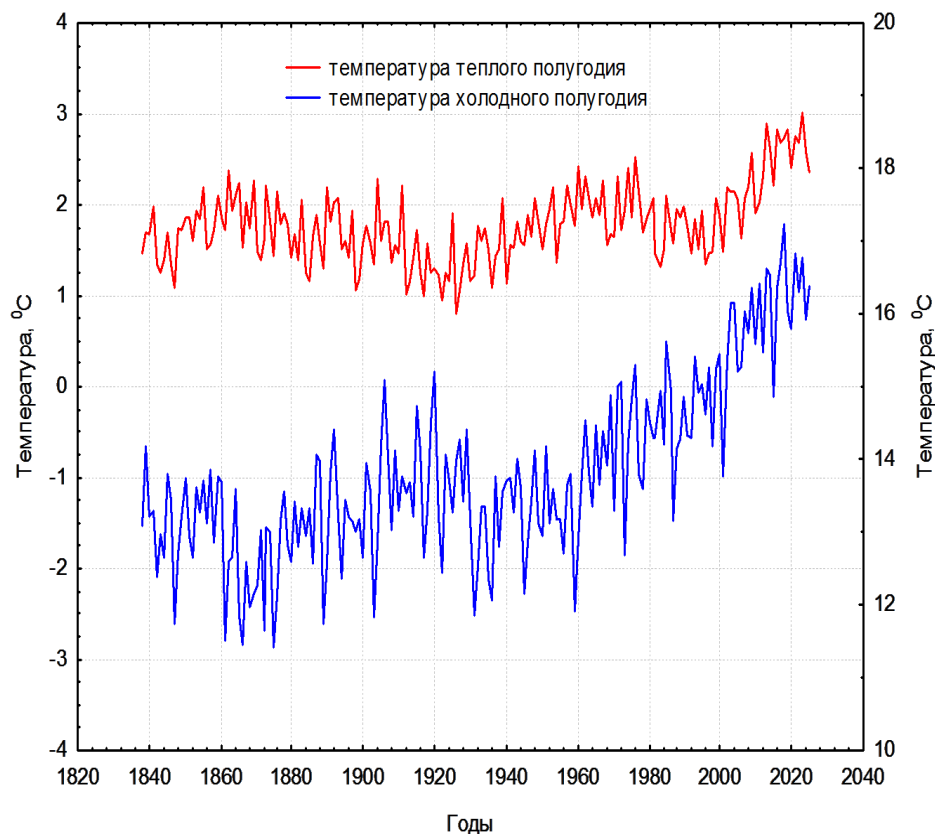


Рис. 4. Временные ряды температуры теплого и холодного сезонов по данным МС Луганск (верхний график — тёплое полугодие, нижний — холодное) [9].

Заметим, что при построении графика (рис. 4), как и вообще в работе [9] использованы данные о температуре в г. Луганске не только в 1880–2019 гг., но и за все годы наблюдений (1838–2019 гг.), что повышает надежность выводов и заключений. По данным за 1838–2019 гг. рост среднегодовой температуры в Луганске составил $1,75^{\circ}\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На временном интервале 1880–2019 гг. обнаружен рост температуры по Луганску на $1,93^{\circ}\text{C}$, при повышении глобальной мировой температуры на $1,05^{\circ}\text{C}$. За исследуемый период температура как понижалась, так и повышалась установлено, что ход температурных изменений адекватно описывает полином второй степени (квадратичная парабола). Динамика годовой температуры на МС Луганск и в целом на Земле весьма сходна при выраженном росте температур.

Наблюдаемые тенденции в изменении приземной температуры Луганщины выявляют как положительные, так и отрицательные социально-экономические

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

эффекты. В связи с этим результаты проведенных исследований необходимо учитывать при разработке механизмов адаптации экономики к изменению климата на региональных уровнях.

Анализ временных рядов позволяет также производить их прогнозирование различными способами: экспоненциальное сглаживание; аналитическое сглаживание; модели, связанные с использованием автокорреляций и взвешенных скользящих средних (модели ARIMA); нейронные сети, являющиеся одним из методов т.н. искусственного интеллекта [5, 9]. Однако рассмотрение проблемы прогнозирования температуры как климатического фактора выходит за рамки настоящей статьи.

Список литературы

1. Агрокліматичний довідник по Луганській області (1986–2005 рр.). Луганськ: ТОВ «Віртуальна реальність», 2011 С. 23–26.
2. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. С.-Петербург: Питер, 2003. 688 с.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. С. 8–10
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Москва, 2020. С. 6–7.
5. Кислов А. Как росла средняя температура на Земле. [Электронный ресурс]. URL: <https://postnauka.ru/wtf> (дата обращения 05.06.2021).
6. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебн. пособие: М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
7. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (дата обращения 05.06.2021).
8. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) [Электронный ресурс]. URL: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_russian.shtml (дата обращения 05.06.2021).
9. Соколов И. Д., Орешкин М. В., Медведь О. М., Соколова Е. И., Долгих Е. Д., Сигидиненко Л. И. Изменения климата Луганщины и их прогнозирование. Основания для оптимизма. Луганск: ФЛП Пальчак А.В., 2017. 200 с.
10. Соколов И. Д., Медведь О. М. Программа PERIOD для изучения периодической изменчивости // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Проблемы современной биологии», посвященной 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова (ЛНР, Луганск, 22-25 мая 2017 г.) / Ред. И.Д. Соколов. Луганск: ГОУ ЛНР «ЛНАУ», 2017. С. 119–126.
11. Соколов И. Д., Медведь О. М., Соколова Е. И., Долгих Е. Д., Сигидиненко Л. И., Кармазина А. В. Благоприятные изменения климата Луганщины // Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Луганск: ГОУ ЛНР ЛНАУ. 2019. № 6 (2). С. 71–84.
12. Global climate change (NASA). Global temperature. Latest annual average anomaly (NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS)) : 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (дата обращения 05.06.2021).
13. John Cook, Dana Nuccitelli, et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature // IOP Publishing Ltd Environmental Research Letters. 2013. Volume 8, Number 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf> (дата обращения 05.06.2021).

TRENDS IN CHANGES IN SURFACE AIR TEMPERATURE IN THE LUHANSK REGION

Соколов И. Д.¹, Папутина Е. Н.², Медведь О. М.³, Сигидиненко Л. И.⁴, Соколова Е. И.⁵,
Долгих Е. Д.⁵, Сигидиненко И. В.⁶

^{1,3,4,5,6,7}Luhansk State Agrarian University, Luhansk

²State Humanitarian University of Technology, Orekhovo-Zuevo, Russian Federation

E-mail: ²pashutina07@mail.ru, ³olga.medved.2016@mail.ru, ⁴lsigidinenko@mail.ru, ⁵s-e-i@mail.ru,
⁶ded57@i.ua, ⁷irinasigidinenko1992@mail.ru

On the territory of the Luhansk region, as well as in the whole planet, warming continues, the pace of which is high. The global temperature is a real indicator of the ongoing climate changes on Earth.

The climate of Luhansk region is moderately continental with fairly hot summers and relatively cold winters (absolute maximum +41°C, absolute minimum -42°C). Since the climate does not remain constant and is undergoing changes, we have compared the local climate change in Luhansk against the background of global warming trends.

The main purpose of the work. Using mathematical and statistical calculations, is to study the changes in the temperature of the atmospheric air of Lugansk, in the period 1880–2019, against the background of global warming trends in general on the Earth.

The initial data are typical time series, in which the first row of numbers includes the years from 1880 to 2019 inclusive, for the last 140 years. The second row as a whole on the Earth is formed by the values of deviations of the temperatures observed during this period from the average temperature for thirty years, 1951–1980, taken in most climate studies as the base ones.

The average annual air temperature reveals strong changes, but for researchers acting as random, random deviations in one direction or another. The article presents a comparative analysis of the dynamics of the average annual air temperature in Luhansk with the one in the whole world, that is with the so-called global surface temperature in the period 1880-2019.

To identify trends in the analyzed temperature values, the method of time series analysis (dynamics series) was used.

The mathematical and statistical approach allowed us to establish that the temperature of Luhansk increased by 1.93°C, and the global world temperature increased by 1.05 °C. The temperature increase was not observed for the entire period of the researched time interval; during the first thirty years the temperature even slightly decreased

It is established that the course of temperature changes is adequately described by a polynomial of the second degree (a quadratic parabola). The dynamics of the annual temperature on the Lugansk and on Earth as a whole are very similar with a pronounced increase in temperatures. The coefficient of pair correlation of climatic factors "temperature of Luhansk" and "deviations from the base global temperature" ($r=0.9997^{***}$) suggests that

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

the dynamics of the annual temperature at the weather station in Luhansk and on the planet as a whole is very similar.

The observed trends in changes in the surface temperature of the Luhansk region reveal both positive and negative socio-economic effects. In this regard, the results of the conducted research should be taken into account when developing mechanisms for adapting the economy to climate change at the regional levels.

Keywords: climate, air temperature, statistical approach, warming trends, Luhansk.

References

1. Agroklimatichnij dovidnik po Luganskij oblasti (1986–2005 rr.). Lugansk: TOV «Virtualna realnist», 2011 P. 23–26. (in Russian).
2. Borovikov V. STATISTICA. Iskusstvo analiza dannyh na kompyutere: Dlya professionalov. 2-e izd. S.-Peterburg: Piter, 2003. 688 p. (in Russian).
3. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. M., 2014. P. 8–10. (in Russian).
4. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2019 god. Moskva, 2020.S. 6–7.
5. Kislov A. Kak roslo srednyaya temperatura na Zemle. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://postnauka.ru/wtf/data/obrashcheniya/05.06.2021>.
6. Lakin G. F. Biometriya: uchebn. posobie: M.: Vyssh. shk., 1990. 352 p. (in Russian).
7. MGEIK, 2014: Izmenenie klimata, 2014 g.: Obobshchayushchij doklad. Vklad Rabochih grupp I, II i III v Pyatyj ocenochnyj doklad Mezhpripravitelstvennoj gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [osnovnaya gruppy avtorov, R.K. Pachauri i L.A. Mejer (red.)]. MGEIK, Zheneva, SHvejcariya, 163 s. [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (data obrashcheniya 05.06.2021).
8. Mezhpripravitelstvennaya gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata (MGEIK) [Elektronnyj resurs]. URL: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_russian.shtml (data obrashcheniya 05.06.2021).
9. Sokolov I. D., Oreshkin M. V., Medved O. M., Sokolova E. I., Dolgih E. D., Sigidinenko L. I. Izmeneniya klimata Luganshchiny i ih prognozirovaniye. Osnovaniya dlya optimizma. Lugansk: FLP Palchak A.V., 2017. 200 p. (in Russian).
10. Sokolov I. D., Medved O. M. Programma PERIOD dlya izucheniya periodicheskoy izmenchivosti // Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy sovremennoj biologii», posvyashchennoj 130-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova (LNR, Lugansk, 22-25 maya 2017 g.) / Red. I.D. Sokolov. Lugansk: GOU LNR «LNAU», 2017. P. 119–126.
11. Sokolov I. D., Medved O. M., Sokolova E. I., Dolgih E. D., Sigidinenko L. I., Karmazina A. V. Blagopriyatnye izmeneniya klimata Luganshchiny // Nauchnyj vestnik GOU LNR «Luganskij nacionalnyj agrarnyj universitet». Lugansk: GOU LNR LNAU. 2019. № 6 (2). P. 71–84.
12. Global climate change (NASA). Global temperature. Latest annual average anomaly (NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS): 2019. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (data obrashcheniya 05.06.2021).
13. John Cook, Dana Nuccitelli, et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature // IOP Publishing Ltd Environmental Research Letters. 2013. Volume 8, Number 2. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf> (data obrashcheniya 05.06.2021).
14. Skeptical Science [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.skepticalscience.com> (data obrashcheniya 05.06.2021).

Поступила в редакцию 27.08.2021 г.