

УДК 551.5

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В.В. Майсеня, 2 курс

Научный руководитель – **А.Г. Гержа**, ассистент

Полесский государственный университет

В последние десятилетия климат Беларуси заметно меняется под влиянием глобального потепления.

Существует несколько статистических методов для анализа климата:

Метод 1: Описательной статистики. Анализ повторяемости, эмпирических функций распределения и числовых характеристик, первые четыре центральных момента – среднее, дисперсия, асимметрия, эксцесс.

Для выявления устойчивых тенденций и сглаживания межгодовой изменчивости данные были сгруппированы по 5-летним интервалам, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Основные климатические показатели 1990-2024 гг.

Период	Средняя температура, °С	Отклонение от среднего за весь период
1990–1994	7,3	-0,4
1995–1999	6,9	-0,8
2000–2004	7,0	-0,7
2005–2009	7,2	-0,5
2010–2014	7,3	-0,4
2015–2019	8,1	+0,4
2020–2024	8,6	+0,9

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [2,3]

В таблице 1 видно, с 1990–1994 по 2020–2024 гг. средняя температура выросла с 7,3 °С до 8,6 °С (отклонение изменилось с –0,4 до +0,9). Причиной этого стало усиление парникового эффекта и рост глобальной температуры воздуха в последние десятилетия.

В таблице 2 представлена повторяемость попадания среднегодовых температур за 1990–2024 гг. в заданные интервалы

Таблица 2. – Расчёт повторяемости

Интервал температур (°С)	Частота (m)	Повторяемость (%)
< 7,0	9	26
7,0–7,9	16	46
8,0–8,9	7	20
≥ 9,0	3	8
Всего	35	100

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [1, 2]

В таблице 2 заметно, что повторяемость температур снижается от центрального интервала (46%) к краям: 26% – холодные годы, 20% – тёплые, 8% – очень тёплые.

В таблице 3 рассчитаны основные статистические показатели распределения температур за 1990–2024 гг.

Таблица 3. – Основные статистические показатели для анализа изучения климата за 1990–2024 гг.

Показатель	Значение
Среднее значение	7.5
Дисперсия	0.65
Среднеквадратичное отклонение	0.81
Асимметрия	-0.28
Эксцесс	-0.94

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [2]

Распределение климатического показателя за 1990–2024 гг. характеризуется умеренной отрицательной асимметрией и отрицательным эксцессом, что указывает на отклонение от нормального распределения. Это связано с наличием редких, но выраженных аномалий и относительно низкой изменчивостью климатического режима за рассматриваемый период.

Метод 2: Линейные тренды с нормировкой и оценкой значимости по критерию Стьюдента.

Для оценки скорости изменения температуры во времени в таблице 4 проведён расчёт линейного тренда с предварительным нормированием значений.

Таблица 4. – Расчёт линейных трендов (нормированные значения)

Период	Средняя температура T , °C	σ	$Z = T/\sigma$
1990–1994	7,3	0,81	9,01
1995–1999	6,9	0,81	8,52
2000–2004	7,0	0,81	8,64
2005–2009	7,2	0,81	8,89
2010–2014	7,3	0,81	9,01
2015–2019	8,1	0,81	10,00
2020–2024	8,6	0,81	10,62

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [2]

На основе данных таблицы 4, можно сделать вывод: Нормированные значения температуры (Z) выросли с 9,01 до 10,62, особенно резко после 2015 года. Это связано с устойчивым потеплением климата: рост Z подтверждает, что отклонения температуры становятся всё более значимыми на фоне неизменного СКО (0,81).

Для количественной оценки скорости изменения температуры во времени в таблице 5 был рассчитан линейный тренд.

Таблица 5. – Результаты расчета линейного тренда

Показатель	Значение
Уклон (b)	+0,047 °C/год (0,47 °C/10 лет)
Свободный член (a)	-86,9
t-статистика	4,9
Критическое значение ($\alpha=0,05$, $df=33$)	2,04
Коэффициент детерминации (R^2)	0,59

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [2]

В таблице 5 наблюдается статистически значимый линейный тренд повышения температуры со скоростью +0,047 °C/год (0,47 °C за 10 лет). Это связано с устойчивым потеплением климата за период 1990–2024 гг.

Метод 3: определение устойчивого перехода через 10 °С по А.В. Фёдорову – индикатор начала вегетации растений (Таблица 6).

Таблица 6. – Даты перехода через 10°С , метод А.В. Фёдорова

Период	Средняя дата перехода	Отклонение от нормы (дни)
1961–1990 (норма)	28 апреля	0
1991–2010	22 апреля	-6
2011–2024	14 апреля	-14

Примечание – Источник: Собственная разработка на основе [1, 2]

Переход через 10°С устойчиво смещается на более ранние даты: с 28 апреля до 14 апреля в 2011–2024 гг. Это связано с ускоренным потеплением климата, приводящее к более раннему наступлению условий для активной вегетации растений.

Три статистических метода подтвердили изменение климата Беларуси за 1990–2024 гг. Описательная статистика выявила отклонение распределения от нормы. Метод линейных трендов – значимое потепление. Метод Фёдорова – смещение дат перехода через 10 °С, что влияет на вегетацию растений. Таким образом, каждый метод внёс вклад в объективную оценку климатических изменений.

Список использованных источников

1. Климат: [сайт]. – Белорусская Энциклопедия – URL: <https://belarusenc.by/belarus/detail-article.php?ID=386#air> (дата обращения: 03.04.2026).
2. В.1. Температура воздуха: [сайт]. – Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 1998-2026. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushcha-ya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovmestnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/b-izmenenie-klimata/v-1-temperatura-vozduha/> (дата обращения: 03.04.2026).
3. Государственное учреждение «Белгидромет» – Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды: [сайт]. – Белгидромет, 2026. – URL: <https://belgidromet.by/ru/> (дата обращения: 03.04.2026).