

DOI:10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-219-221

**АНАЛИЗ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА****ANALYSIS OF STANDARDIZED AIR TEMPERATURE ANOMALIES ON THE TERRITORY
OF THE CRIMEAN PENINSULA****Дрыгваль А.В.¹, Келип А.А.², Горбунов Р.В.², Дрыгваль П.В.^{3,4}, Табунщик В.А.²****Drygval A.V.¹, Kelip A.A.², Gorbunov R.V.², Drygval P.V.^{3,4}, Tabunshchik V.A.²**

drygval95@mail.ru

¹Московское представительство Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Москва, Россия²Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия⁴Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены

Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

¹Moscow Representative Office, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, RAS, Moscow, Russia²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia³RUDN University, Moscow, Russia⁴Federal State Unitary Enterprise Scientific and Technical Center for Radiation and Chemical Safety and Hygiene
of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Аннотация. В данной работе рассчитаны, проанализированы, а также визуализированы на карте статистические стандартизированные аномалии приземной температуры воздуха на территории Крымского полуострова за период с 1916 по 2020 гг. На территории Крымского полуострова выявлены зоны с аномально и экстремально низкими, а также аномально высокими значениями приземной температуры за рассматриваемый период времени.

Abstract. This article calculates, analyzes and visualizes on the map statistical standardized anomalies of surface air temperature on the territory of the Crimean peninsula for the period from 1916 to 2020. The zones with abnormally low and extremely low and abnormally high values of the surface temperature for the considered period of time were identified on the territory of the Crimean Peninsula.

Ключевые слова: стандартизированная аномалия, температура воздуха, аномалии тепла, аномалии холода, Крымский полуостров

Keywords: standardized anomaly, air temperature, heat anomalies, cold anomalies, Crimean Peninsula

При оценке долгосрочного температурного режима на территории удобно использовать расчет аномалий. Средняя температура обычно рассчитывается путем усреднения температурных данных за большой период. Положительная аномалия указывает на то, что наблюдаемая температура была теплее средней, а отрицательная аномалия указывает на то, что наблюдаемая температура была холоднее средней. Долговременные тенденции изменения температурных параметров влияют на многие природные явления и процессы: от частоты возникновения пожаров (при положительных температурных аномалиях) до изменения фенологических реакций у биоты. Данная работа направлена на анализ статистических стандартизированных аномалий приземной температуры воздуха в Крыму за период 1916-2020 гг.

Ряды данных о режиме температуры над Крымским полуостровом были сгенерированы из программного пакета ClimateEU [3], используя слой из регулярной сетки точек, с расстоянием 0,01° между ними, покрывающий Крымский полуостров. В программе ClimateEU содержатся исторические и прогнозируемые данные по более чем 50 параметрам сезонных и годовых климатических и биологических переменных. Непрерывные ряды метеоданных представляли из себя среднесезонные значения температуры воздуха. В качестве операционно-территориальных единиц использовались ландшафтные уровни Крымского полуострова по ландшафтной карте Г.Е. Гришанкова [2], в пределах которых рассматривались стандартизированные аномалии температуры воздуха:

- Среднегорный ландшафтный уровень;
- Низкогорный ландшафтный уровень южного и северного макросклонов (составляет две операционно-территориальные единицы для расчетов);
- Плакорный ландшафтный уровень;
- Гидроморфный ландшафтный уровень;
- Водные объекты.

Временной период с 1916 по 2020 гг. выбран неслучайно: в этот период происходит смена ряда групп атмосферной циркуляции над Северным полушарием по типизации Б. Л. Дзердзеевского [1]. В дальнейших исследованиях это позволит проследить временную изменчивость стандартизированных аномалий температуры над Крымским полуостровом. Для характеристики условий климатической обстановки территории была проведена статистическая обработка температурных данных, в частности анализ статистических стандартизированных аномалий, которые присутствовали в определенный сезон за рассматриваемый период времени. В данном исследовании для определения аномальных значений метеопараметров в качестве аномалий принимались предельные значения температур (выше и ниже которых величины уже считаются аномальными), а порогом для выявления аномальных значе-

ний было использовано стандартное отклонение (статистический параметр). Для выявления стандартизированных аномалий метеопараметров проведен статистический анализ рядов данных, т.е. проведен расчет стандартизированных аномалий (z-анализ).

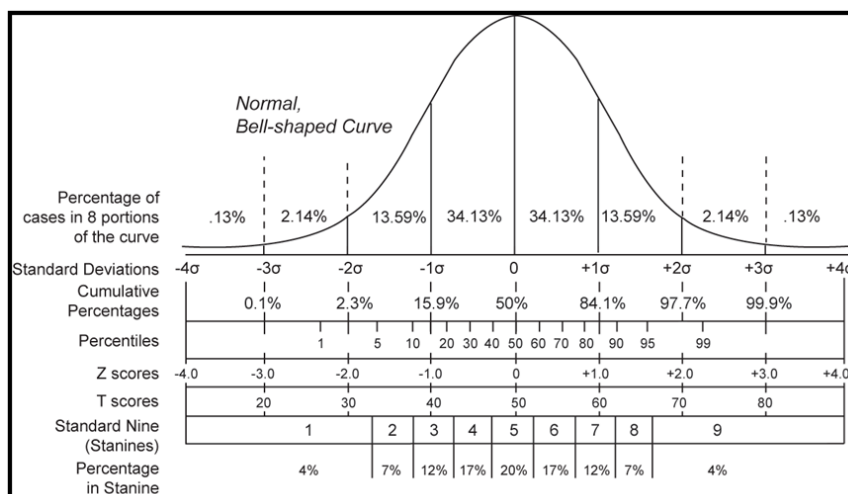


Рис. 1. Кривая нормального распределения Гаусса и шкалы различных статистических показателей (в том числе z критерия) [4]

Стандартизированная оценка (z-анализ, англ.: Standard score, z-score) - это мера разброса ряда данных в выборке значений, которая показывает, сколько стандартных отклонений составляет этот разброс относительно среднего значения. Данный показатель является безразмерным и может использоваться для сравнения значений разной размерности. Одним из важных шагов, перед проведением статистической оценки данных является необходимость проверки рядов непрерывных данных на соответствие их закону распределения. Если распределение данных приблизительно соответствует Гауссовскому распределению, то для этой выборки есть смысл проводить z-анализ для выявления стандартизированных аномалий. Если выборка данных не соответствует закону Гауссовского распределения, то необходимо либо увеличить выборку (и проверить распределение еще раз) либо взять натуральный логарифм от параметров в выборке данных и проводить z-анализ уже для логарифмических значений (что справедливо при очень большой дисперсии в выборке данных).

Так при условиях нормального распределения данных при значениях $z > 3$ или $z < -3$ в выборке могут присутствовать до 0,13% значений (при идеальных условиях распределения). Поэтому именно эти значения могут быть засчитаны как сильная аномалия (отрицательная или положительная) относительно общего ряда данных. Также в пределы между $2 < z < 3$ (аналогично $-2 < z < -3$) попадает 2,14% всех параметров (при идеальных условиях распределения). Эти значения можно считать преданомальными.

В общем виде шаги для выполнения анализа оценки стандартизированных аномалий имеют следующий вид:

1. Считается среднееголетнее значение приземной температуры в определенной точке пространства за рассматриваемый период ($\bar{x}_i$);
2. Считается среднееголетнее значение приземной температуры в операционно территориальной единице за рассматриваемый период ($\bar{x}$);
3. Считается стандартное отклонение (σ) ряда данных среднееголетних значений приземной температуры в определенной точке пространства за рассматриваемый период;
4. Находятся значения z-параметров, которые и характеризуют аномальные значения температуры:

$$z = (x_i - \bar{x}) / \sigma(1)$$

где z – стандартизированная аномалия; x_i – среднееголетнее значение приземной температуры в определенной точке пространства за рассматриваемый период; $\bar{x}$ – среднееголетнее значение приземной температуры в операционно-территориальной единице за рассматриваемый период; σ – стандартное отклонение ряда данных среднееголетних значений приземной температуры в определенной точке пространства за рассматриваемый период.

После нахождения всех значений z появится две выборки данных: первая со значениями метеопараметра, вторая – со стандартизированными z -значениями. То есть для каждого значения температуры рассчитано свое значение z -параметра. Рассчитанный параметр позволяет сравнивать стандартизированные аномалии в точках регулярной сетки координат с разными климатическими условиями.

На рис. 1 показана кривая распределения данных, соответствующая нормальному (Гауссовскому) распределению данных с z -шкалой.

В работе [5] предложено распределять температуру на 7 интервалов: норма, холодно, тепло, аномально холодно, аномально тепло, экстремально холодно, экстремально тепло: 1) норма ($-1 < z < 1$); 2) холодно ($-2 < z < -1$ до -1): $\bar{x} - 1\sigma$; 3) тепло ($1 < z < 2$): $\bar{x} + 1\sigma$; 4) аномально холодно ($-3 < z < -2$): $\bar{x} - 2\sigma$; 5) аномально тепло ($2 < z < 3$): $\bar{x} + 2\sigma$; 6) экстремально холодно ($z < -3$): $\bar{x} - 3\sigma$; 7) экстремально тепло ($z > 3$): $\bar{x} + 3\sigma$.

В результате с использованием программы ArcGIS 10.2, после интерполяции слоя точек с z -значениями, была получена карта стандартизированных аномалий температуры воздуха на территории Крымского полуострова за период 1916-2020 гг (рис. 2).

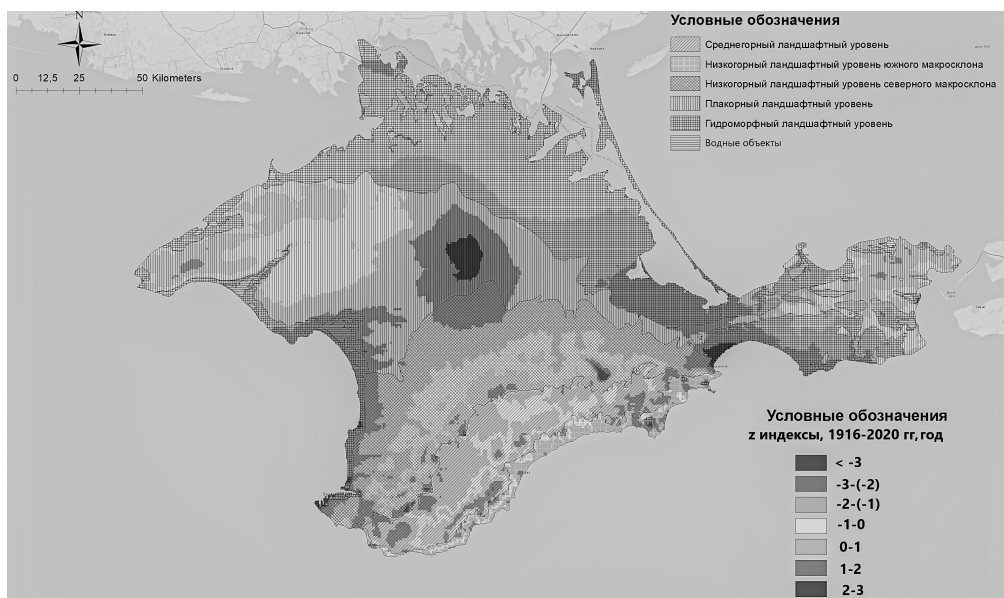


Рис. 2. Стандартизированные аномалии температуры воздуха на территории Крымского полуострова за период 1916-2020 гг

По рис. 2 видно, что за рассматриваемый период времени на территории Крымского полуострова нет экстремально теплых зон, есть только аномально теплые: районы г. Севастополь и с. Песчаное, несколько зон в Юго-Восточном Крыму (побережье от г. Феодосия до пгт. Приморский, оз. Бугаз) и самая большая зона находится в центре Центрально-Крымской равнины. И, напротив, наблюдается гораздо больше аномально холодных зон, в основном они распространены в юго-восточных частях низкогогорного ландшафтного уровня северного макросклона и среднегорного ландшафтного уровня, северо-западной части низкогогорного ландшафтного уровня южного макросклона (от п. Высокогорное до с. Кипарисное), на севере Керченского полуострова, районы г. Армянск и Тарханкутского полуострова и мыса Айя. Экстремально холодные зоны выявлены только в юго-восточных частях низкогогорного ландшафтного уровня северного макросклона.

Метод статистических стандартизированных аномалий позволяет проанализировать климатические данные с 1916 по 2020 гг. и дать оценку температурному режиму Крымского полуострова.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН – «Изучение пространственно-временной организации водных и наземных экосистем с целью разработки системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий», № гос. регистрации 121040100327-3

Работа поддержана Программой стратегического академического лидерства РУДН.

Литература

1. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому [Текст] / Н.К. Кононова: отв. ред. А.Б. Шмакин. – Москва: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
2. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий [Текст] / под ред. Е.А. Позаченюк. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. – 672 с.
3. Climate data for North America, South America, and Europe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data.html>.
4. Pfister C., Kington J., Kleinogel G., Schule H., Siffert E. High resolution spatio-temporal reconstructions of past climate from direct meteorological observations and proxy-data. Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675-1715 /Frenzel B (ed.). G. Fischer/. – M.: Stuttgart, 1994. 329-375 pp.
5. Z Score – Definition and How to Use [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.conversion-uplift.co.uk/glossary-of-conversion-marketing/z-score/>