

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

МРНТИ 90.27.32

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2024/50>

Ш.К.Сыдыков, Н.Б.Алибек, А.Е.Байболов, А.Б.Токмолдаев, Г.А. Ахметканова*

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы,
Республика Казахстан, shuhrat.27@mail.ru, alibek_78@mail.ru, a_baibolov@mail.ru*,
tokmoldaev_a@mail.ru, gulnar.akhmetkanova@kaznaru.edu.kz*

**ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЛЕТНИЙ
ПЕРИОД ЮЖНЫХ, ЮГО-ВОСТОЧНЫХ И ЗАПАДНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА**

Аннотация

Резко континентальный характер климата Казахстана с дефицитом осадков обусловлен значительной удаленностью от океанов. Согласно данным Всемирной метеорологической организации (<https://public.wmo.int/ru/media>), глобальная средняя годовая температура в 2020 году была на 1,2 °С выше значений доиндустриального периода 1850-1900 гг. В то же время, по оценкам специалистов, последние три десятилетия в Казахстане оказались самыми теплыми в истории метеонаблюдений, и осредненная по территории республики аномалия среднегодовой температуры воздуха составила +1,92°С, тем самым 2020 год занял 1-ое место в ряду самых теплых лет в истории наблюдений с 1941 года. Изменчивость температуры Казахстана обусловлены большой широтной протяженностью и физико-географической неоднородностью республики. Аномалии средней годовой и сезонных температур воздуха в летний период в Алматинской, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Атырауской и Мангистауской областях составляли всегда повышенную значению, чем осредненные по другим областям страны. Резко континентальные условия перечисленных областей определяют неустойчивость метеорологических величин, что влияет на многие отрасли экономики, особенно на сельское хозяйство. Поэтому знания тенденций их изменений позволяют выбрать оптимальную стратегию оперативной работы и уменьшить убытки, связанные с опасными перепадами температур, а в некоторых случаях иметь ощутимую прибыль.

***Ключевые слова:** аномалии летних температур, гидрометеорологические станции, ритмики температуры атмосферного воздуха, вариации и отклонений распределений от нормального, первичные статистические характеристики воздуха, обработка статистических параметров температуры, закономерности изменение среднемесячной температуры воздуха.*

Введение

В зависимости от изменения температуры атмосферного воздуха, глубины залегания грунтовых вод, глубины промерзания грунтов, а также согласно экономико-географическому и природному районированию территория Республики Казахстан разделена на пять климатических регионов это:

- регион Западного Казахстана — в его состав входят: Актюбинская, Западно-Казахстанская, Мангистауская и Атырауская области;
- регион Восточного Казахстана — в его состав входит Восточно-Казахстанская и Абайская области;
- регион Южного Казахстана — в его состав входят: Жетысуская, Алматинская, Жамбылская, Туркестанская и Кызылординская области;

- регион Северного Казахстана — в его состав входят: Северо-Казахстанская, Костанайская, Павлодарская, Акмолинская области;
- регион Центрального Казахстана — в его состав входит Карагандинская, Улытауская области.

Учитывая, что средние месячные температуры воздуха являются одной из основных характеристик термического режима в летний период, в работе приведены результаты исследования средне месячных температур Алматинской, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской, Атырауской и Мангистауской областей, приведенной в таблице 1. Рассчитаны средние многолетние значения, характеристики вариации и характеристики отклонений распределений от нормального, т.е. коэффициенты асимметрии (A_s) и эксцесса (E_x) средних месячных температур для рядов разной длины. Среднее квадратическое отклонение и коэффициенты вариации рассчитывались по известным формулам [1,2,3].

Результаты статистической обработки метеорологических данных по юго-восточным, южным и западным областям РК за летний период, будут использована при проектировании систем хладоснабжения животноводческих помещений малых и средних фермерских или крестьянских хозяйств, занимающихся выращиванием крупного или мелкого рогатого скота указанных регионах страны.

Исходные материалы

В настоящее время в Казахстане функционирует 328 метеостанций, которые ведут круглосуточные наблюдения за состоянием погоды. 83 из них входят в глобальную сет. Для исследования изменений климата юго-восточных, южных и западных областей нами была выбрана периоды продолжительностью 25 лет, и временные ряды температуры воздуха представлялись с 1998 по 2022 годы.

В метеостанциях республики измерение температуры воздуха, почвы, направление и скорость ветра, количество осадков, атмосферного давления, определение горизонтальной дальности видимости, количество, форму и высоту облаков, состояние поверхности почвы, проводят в строго определенные сроки 00,03,06,09,12,15,18,21 час по Гринвичу как вся всемирная сеть Гидрометслужбы.

Для изучения изменения температуры воздуха нами были использованы данные «Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана», выпускаемое Республиканским государственным предприятием «Казгидромет» и глобальный архив CDAS (Climate Data Assimilation System), которые содержит суточные метеорологические данные по станциям и находится в свободном доступе в сети Интернет [4].

Обязательным условием при статистической обработке любых гидрометеорологических параметров является однородность ряда. Исследование неоднородных рядов может дать искаженные характеристики ритмов, создавать несуществующие тенденции. Проверка данных на выявление неоднородности проводилась методом сопоставления последовательных разностей температуры между исследуемой станцией и станциями, ведущими параллельные наблюдения, с заведомо однородными рядами. Восстановление однородности осуществлялось внесением разностных поправок [1].

Поэтому, нами, при анализе многолетнего хода гидрометеорологической информации были использованы ряды наблюдений, не содержащие пропусков. Исходными материалами для исследования ритмики температуры послужили данные среднемесячных температур воздуха за весь период непрерывных инструментальных наблюдений по 34 метеостанциям, расположенных в юго-восточных, южных и западных регионах республики. Выбор станций определялся их репрезентативностью и наличием длительных, непрерывных рядов наблюдений. Метеостанции, по данным которых проводились исследования пространственно-временной структуры температурного режима, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Гидрометеорологические станции, выбранные для изучения изменения температуры воздуха за летний период по областям республики

<i>Метеостанция</i>	<i>Географические координаты</i>		<i>Метеостанция</i>	<i>Географические координаты</i>	
Алматинская область					
Илийский	43 48	76 98	Баканас	44 83	76 27
Карасайский	43 18	76 75	Жаркент	44 83	80 06
Алматы	43 23	76 93	Остров Алгазы	46 55	76 86
Атырауская область					
Атырау	47 11	51 91	Уштаган	47 90	48 80
Ганюшкино	46 60	49 26	Исатай	47 21	50 98
Макат	47 63	53 31			
Жамбылская область					
Кулан	42 95	72 75	Тараз	42 85	71 30
Ойык	43 76	70 57	Толеби	43 70	73 78
Отар	43 53	75 25	Хантау	44 23	73 80
Кызылординская область					
Аралыск	46 78	61 65	Кызылорда	44 85	65 50
Жусалы	45 64	64 08	Чирик Рабат	44 06	62 90
Казалинск	45 76	61-11	Шиели	44 16	66 75
Мангистауская область					
Аккудык	42 96	54 11	Форт Шевченко	44 55	50 25
Актау	43 58	51 08	Жанаозен	43 30	52 80
Сам	45 40	56 11			
Туркестанская область					
Ачисай	43 55	68 90	Боген	42 71	69 00
Турар Рыскулов	42 48	70 30	Туркестан	43 26	68 21
Шардара	41 36	68 00	Шымкент	42 31	69 70

Методы и материалы

Изучение пространственно-временной изменчивости температуры производили на основе имеющихся на станциях данных, путем вычисления первичных статистических характеристик (среднее арифметическое значение, среднеквадратическое отклонение, коэффициенты асимметрии и эксцесса, максимальное и минимальное значение и размах колебаний).

Прежде всего, вычислялись:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \tag{1}$$

где X_{\max} , X_{\min} - соответственно максимальный и минимальный члены ряда.

Размах колебаний является простейшей мерой рассеяния статистического ряда, которая показывает, насколько отличаются друг от друга крайние значения, но не указывает, насколько велики отклонения отдельных значений внутри ряда. Дисперсия (D) и связанное с ней среднеквадратическое отклонение (σ) характеризуют среднее, рассеянное значений ряда от среднего арифметического значения и рассчитываются по формулам

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma = \sqrt{D}. \tag{2}$$

Коэффициент асимметрии является характеристикой скошенности распределения случайной величины X :

$$A_s = 1/N \cdot \sigma \sum (X_i - \bar{X})^3 \tag{3}$$

При полной симметрии относительно среднего значения $A_s = 0$. При положительной асимметрии ($A_s > 0$) ряд будет включать немногочисленные, но большие по величине положительные отклонения от среднего, и более многочисленные, но менее значительные по величине отрицательные отклонения. При отрицательной асимметрии ($A_s < 0$) ряд будет включать немногочисленные, но большие по величине отрицательные отклонения от среднего, и более многочисленные, но малые по величине положительные отклонения.

Экссес характеризует крутость (островершинность или плосковершинность) кривой распределения случайной величины X относительно нормальной кривой и рассчитывается по формуле:

$$E_x = 1/N \cdot \sigma \sum (X_i - X)^4 - 3 \quad (4)$$

Величина коэффициента эксцесса характеризует отклонение крутости эмпирической кривой от нормальной кривой распределения, так как в последнем случае принимается $E_x = 0$. При $E_x > 0$ эмпирическая кривая распределения является более островершинной по сравнению с нормальной кривой. Если эмпирическая кривая распределения является более плосковершинной по сравнению с нормальной кривой, то $E_x < 0$.

Для проверки соответствия исследуемых значений закону нормального распределения применяли отношение показателя асимметрии (A_s) к его ошибке (m_s) и отношение показателя эксцесса (E_x) к его ошибке (m_x). Значения m_s и m_x определяли из выражения:

$$m_s = \sqrt{\delta(n-1) / (n+1)(n+3)} \quad (5)$$

$$m_x = \sqrt{24n(n-2)(n-3) / (n+1)^2(n+3)(n+5)} \quad (6)$$

Как известно [1], при отношении A_s / m_s и E_x / m_x меньше 3 анализируемая информация подчиняется закону нормального распределения.

Обработка метеорологических данных

Основными задачами обработки статистических данных являются теоретическое осмысление результатов метеорологических наблюдений и установление их точности и достоверности.

Обработка статистических данных и изучение присущих им закономерностей осуществлялся при помощи положений теории вероятностей и математической статистики [5,6]. Наиболее полное представление о приближении измеряемой величины к истинному значению, изученной за 25 летний период, дает среднеарифметическое значение этой величины X^- [2].

Среднее квадратическое отклонение вычисляется по формуле [3]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X^1 - X^-)^2 + (X^2 - X^-)^2 + \dots + (X^n - X^-)^2}{n-1}} \quad (7)$$

где $x_1, x_2 \dots x_n$ – значение отдельных измерений, n – число измерений.

Для оценки рассеяния величин, их изменчивости и варьирования применяется коэффициент вариации [3]:

$$V = (\sigma / X^-) 100\% \quad (8)$$

Изменчивость исследуемого параметра принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, и средней, если коэффициент вариации больше 10%, но меньше 20% [2].

Основные отклонения среднеарифметического значения определяется по формуле:

$$m = \sigma / \sqrt{n} \quad (9)$$

Величиной, характеризующей относительный разброс среднеквадратического значения, служит показатель точности обработки статистических данных:

$$P_m = (m / X^-) 100\% \quad (10)$$

При $P_m \leq 2\%$ обработка статистических данных считается достаточно точным, при $P_m \leq 5\%$ - удовлетворительным, а при $P_m \geq 5\%$ - свидетельствует о значительных ошибках в определении среднеарифметического значения искомой величины [7].

Величинами, характеризующими основные ошибки статистических характеристик, являются [6]:

а) основная ошибка средней величины

$$m_x = \pm \sigma / \sqrt{n} \quad (11)$$

б) основная ошибка среднего квадратического отклонения

$$m_{\sigma} = \pm \sigma / \sqrt{2n} = 0,707m_x \quad (12)$$

в) основная ошибка коэффициента вариации

$$m_v = \pm V / \sqrt{2n} [1+0.5(V/100)^2] \quad (13)$$

г) основная ошибка точности исследования

$$m_p = P / \sqrt{2n} \quad (14)$$

Разброс отдельных результатов для большинства измеряемых величин подчиняется закону нормального распределения. Это позволяет по значению среднеарифметического \bar{X} и его основной ошибки m_x определить границы достоверного интервала, в пределах которого находится среднеарифметическое значение всей совокупности результатов:

$$(\bar{X} - t m_x) \leq X_o \leq (\bar{X} + t m_x) \quad (15)$$

где X_o – средняя величина общей совокупности.

Выражение (14) означает, что при заданном уровне значимости и числе степеней свободы средняя величина общей совокупности, если событие достоверно, будет заключена в пределах границ доверительного интервала.

При одном и том же значении риска ширина доверительного интервала будет тем меньше, чем больше будет проведено опытов. В то же время, ширина доверительного интервала увеличивается при уменьшении заданного уровня значимости.

Результаты и обсуждение

Результаты обработки статистических данных температуры атмосферного воздуха

При проектировании систем тепло - хладоснабжения жилых домов и производственных зданий с использованием теплонасосных установок следует руководствоваться Государственными нормативными документами в области архитектуры, градостроительства и строительства: СП РК 2.04-107-2022 «Строительная теплотехника» [8] и СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология» [9]. Согласно этим документам для объектов с теплонасосными системами охлаждения должны быть проработаны следующие вопросы:

- определены расчетные холодильные нагрузки объекта;
- определены сезонные графики потребления электрической энергии;
- определен энергетический потенциал доступных нетрадиционных возобновляемых источников энергии и потребная мощность для покрытия тепловых нагрузок здания;
- выбрана принципиальная схема системы тепло-хладоснабжения с помощью тепловых насосов и выполнена предварительная проектная проработка;
- рассчитаны годовые эксплуатационные затраты по традиционному и предлагаемому вариантам охлаждения с тепловыми насосами.

При этом, для выполнения теплотехнических расчетов на вентиляцию объектов, необходимо иметь данные следующих климатических параметров:

- расчетную летнюю температуру наружного воздуха и продолжительности охлаждаемого периодов (суток);
- средней расчетной температуры наружного воздуха за летние период;
- параметры с максимальной температуры воздуха равной и выше +25 °С, +33 °С и +35 °С, характеризующие летние периоды с устойчивыми значениями этих температур;
- абсолютной максимальной температуры воздуха теплого периода года обеспеченностью 0,95,0,96, 0,98 и 0,99 °С.

Для обработки первичных материалов статистического исследования температуры воздуха нами была разработана рабочая программа в среде MS Excel, где использовались встроенные статистические функции офиса 2010 версии и макросы языка Visual Basic for Applications (VBA).

Результаты обработки статистических характеристик (среднее арифметическое значение, среднеквадратическое отклонение, коэффициентов вариации, детерминации, асимметрии и эксцесса, максимальное и минимальное значение и размах колебаний), рассчитанные по рядам средних месячных значений температур воздуха по уравнениям (1)... (14), приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Сводные статистические характеристики температуры воздуха за летний период по южным, юго-восточным и западным областям Республики Казахстан

Области	Среднее значение, °С	Средне квадратическое отклонение	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса	Минимальное значение, °С	Максимальное значение, °С	Размах, °С
Алматинская	30,27	1,426	0,70	-0,436	27,03	33,76	6,73
Атырауская	32,74	2,283	0,42	-1,216	28,74	35,24	6,5
Жамбылская	31,99	2,09	0,57	-1,207	28,57	34,82	6,25
Кызылординская	34,21	1,610	0,60	-1,876	31,55	36,13	4,58
Мангистауская	33,32	2,494	0,40	-1,061	28,76	37,12	8,36
Туркестанская	33,38	1,717	0,53	-0,427	29,80	36,28	6,48

Таблица 3. Результаты статистической обработки метеорологических данных по южным, юго-восточным и западным областям Республики Казахстан

По Алматинской области

Название метрол. станции	Илийский	Карасайский	Алматы	Баканас	Жаркент	Остров Алгазы
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	31,12	28,45	29,62	32,57	30,54	29,30
СКО (б)	1,759	1,570	1,467	1,516	1,020	1,445
Дисперсия (b^2)	3,093	2,466	2,152	2,298	1,041	2,089
Ошибка ср.ариф, (m)	0,183	0,164	0,153	0,158	0,106	0,151
Кэф,вариации (V, %)	5,651	5,520	4,953	4,654	3,341	4,932
Точность выборки (q, %)	0,59	0,58	0,52	0,49	0,35	0,51
Минимум (X_{min})	27,50	25,2	26,2	29,3	28,2	25,8
Максимум (X_{mak})	35,80	33,9	32,4	34,8	33,6	32,1
Размах колебаний	8,3	8,7	6,2	5,5	5,4	6,3
Асимметрия	0,7	0,4	0,8	0,7	0,9	0,7
Эксцесс	0,054	-0,150	-0,657	-0,664	-0,926	-0,285

По Атырауской области

Название метрол. станции	Атырау	Ганюшкино	Макат	Уштаган	Исатай
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	32,36	30,95	33,03	32,07	33,79
СКО (б)	2,122	2,382	1,988	2,366	2,556
Дисперсия (b^2)	4,501	5,674	3,952	5,599	6,534
Ошибка ср.ариф, (m)	0,221	0,248	0,207	0,247	0,266
Кэф,вариации (V, %)	6,555	7,696	6,019	7,379	7,566
Точность выборки (q, %)	0,68	0,80	0,63	0,77	0,79
Минимум (X_{min})	28,60	26,90	30,30	28,40	29,50
Максимум (X_{mak})	35,00	33,80	35,50	35,20	36,70
Размах колебаний	6,4	6,9	5,2	6,8	7,2
Асимметрия	0,8	0,3	0,2	0,1	0,7
Эксцесс	-0,745	-1,314	-1,488	-1,357	-1,177

По Жамбылской области

Название метрол. станции	Кулан	Ойык	Отар	Тараз	Толеби	Хантау
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	30,85	33,38	31,47	31,88	32,83	31,53
СКО (б)	2,237	1,865	2,036	2,177	1,873	2,375
Дисперсия (σ^2)	5,003	3,477	4,146	4,740	3,510	5,640
Ошибка ср.ариф, (m)	0,233	0,194	0,212	0,227	0,195	0,248
Коеф.вариации (V, %)	7,249	5,587	6,470	6,828	5,706	7,532
Точность выборки (q, %)	0,76	0,58	0,67	0,71	0,59	0,79
Минимум (X_{min})	27,50	30,60	28,10	28,60	29,60	27,00
Максимум (X_{mak})	33,10	36,00	33,70	34,00	35,10	37,00
Размах колебаний	5,6	5,4	5,6	5,4	5,5	10,0
Асимметрия	0,5	0,1	0,2	1,0	0,5	1,1
Эксцесс	-1,872	-1,591	-1,262	-1,577	-1,587	0,642

По Кызылординской области

Название метрол. станции	Аральск	Жусалы	Казалинск	Кызылорда	Чирик-Рабат	Шиели
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	32,86	34,16	32,82	34,22	36,64	34,57
СКО (б)	1,964	1,790	1,493	1,637	1,616	1,163
Дисперсия (σ^2)	3,858	3,203	2,230	2,680	2,610	1,351
Ошибка ср.ариф, (m)	0,205	0,187	0,156	0,171	0,168	0,121
Коеф.вариации (V, %)	5,978	5,239	4,550	4,784	4,409	3,363
Точность выборки (q, %)	0,62	0,55	0,47	0,50	0,46	0,35
Минимум (X_{min})	29,70	31,10	30,20	31,40	34,30	32,60
Максимум (X_{mak})	35,10	35,90	34,20	35,90	39,50	36,20
Размах колебаний	5,4	4,8	4,0	4,5	5,2	3,6
Асимметрия	0,6	0,7	0,7	0,8	0,4	0,4
Эксцесс	-1,195	-1,241	-1,175	-1,180	-0,939	-0,725

По Мангистауской области

Название метрол. станции	Аккудук	Актау	САМ	Форт-Шевченко	Жанаозен
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	35,86	31,25	34,26	31,24	34,00
СКО (б)	2,169	2,014	1,699	2,469	4,122
Дисперсия (σ^2)	4,703	4,056	2,887	6,094	16,989
Ошибка ср.ариф, (m)	0,226	0,210	0,177	0,257	0,430
Коеф.вариации (V, %)	6,047	6,445	4,959	7,902	12,123
Точность выборки (q, %)	0,63	0,67	0,52	0,82	1,26
Минимум (X_{min})	32,30	28,20	31,50	27,80	24,00
Максимум (X_{mak})	38,10	35,10	36,30	34,10	42,00
Размах колебаний	5,8	6,9	4,8	6,3	18,0
Асимметрия	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3
Эксцесс	-1,358	-0,392	-1,321	-1,602	-0,634

По Туркестанской области

Название метрол. станции	Ачисай	Турар Рыскулов	Шардара	Боген	Туркестан	Шымкент
Объем выборки (N)	92	92	92	92	92	92
Среднее (X_{cp})	29,51	30,43	34,95	36,03	35,49	33,86
СКО (б)	1,570	1,338	1,698	2,008	1,682	2,008
Дисперсия (σ^2)	2,464	1,791	2,884	4,030	2,831	4,033
Ошибка ср.ариф. (m)	0,164	0,140	0,177	0,209	0,175	0,209
Коеф.вариации (V, %)	5,319	4,397	4,860	5,573	4,740	5,931
Точность выборки (q, %)	0,55	0,46	0,51	0,58	0,49	0,62
Минимум (X_{min})	26,50	27,50	31,60	30,60	32,50	30,10
Максимум (X_{max})	33,40	33,10	38,40	38,80	37,50	36,50
Размах колебаний	6,9	5,6	6,8	8,2	5,0	6,4
Асимметрия	0,1	0,2	1,5	0,3	0,9	0,2
Экцесс	-0,604	-0,798	-0,945	1,319	-0,653	-0,884

Закономерности изменение среднемесячной температуры воздуха за летний период по южным, юго-восточным и западным областям республики описываются следующими эмпирическими выражениями:

- по Алматинской области:

$$Y = -0.134 \cdot X^2 + 0.853 \cdot X + 30.365,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.07$.

- по Атырауской области:

$$Y = 0.5362 \cdot X + 31.582$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.4$.

- по Жамбылской области:

$$Y = -0.2736 \cdot X^2 + 1.5277 \cdot X + 31.778$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.4$.

-по Кызылординской области:

$$Y = 0.4661 \cdot X^2 - 1.8989 \cdot X + 35.595$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,77$.

-по Мангистауской области:

$$Y = 0.4075 \cdot X^2 - 3.1546 \cdot X + 40.098$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.5052$

- по Туркестанской области:

$$Y = -6604 \cdot X^2 + 5.5967 \cdot X + 25.083$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.8906$

Анализ изменения среднемесячной температуры воздуха за летний период по южным юго-восточным и западным областям республики показывает, что минимальные значения температуры атмосферного воздуха наблюдается в начале июня (25,2 °С) и конце августа (26,3 °С) по Алматинской области, и соответственно по Атырауской области (26,9 °С, 31 °С), по Жамбылской области (27 °С, 27,5 °С), по Кызылординской области (30,5 °С, 34,08 °С), по Мангистауской области (28,18 °С, 24,0 °С) и Туркестанской области (26,5 °С, 26,5 °С).

При этом среднее квадратическое отклонение средней суточной температуры воздуха по Алматинской области составляет $\sigma = 1,02 \dots 1,75$, по Атырауской области $\sigma = 1,98 \dots 2,55$, Жамбылской области $\sigma = 1,86 \dots 2,37$, по Кызылординской области $\sigma = 1,16 \dots 1,96$, по Мангистауской области $\sigma = 1,69 \dots 2,46$ и Туркестанской области $\sigma = 1,33 \dots 2,00$.

Суточный ход изменения температуры атмосферного воздуха составляет: по Алматинской области $t = 25.2 \dots 35,8^\circ\text{C}$, по Атырауской области $t = 26.9 \dots 36.7^\circ\text{C}$, по Жамбылской

области $t=27,0...37,0$ °С, по Кызылординской области $t=29,7...39,5$ °С, по Мангистауской области $t=24,0...42,0$, по Туркестанской области $t=26,5...38,8$ °С.

Отклонение температуры наружного воздуха от среднеарифметического значения (m) составляет от 0,106 до 0,183 °С, со средней температурой 0,08 °С по Алматинской области, а по Атырауской области $m=0,207...0,266$ °С, со средней температурой 0,06°С, по Жамбылской области $m=0,194...0,24$ °С, со средней температурой 0,05°С, по Кызылординской области $m=0,121...0,205$ °С, со средней температурой 0,08, по Мангистауской области $m=0,177...0,430$ °С, со средней температурой 0,153°С, по Туркестанской области $m=0,140...0,209$ °С, со средней температурой 0,07 °С.

Из анализа коэффициентов вариации, характеризующие относительную меру отклонения измеренных значений от среднеарифметического, показывает, что по юго-восточным, южным и западным областям Казахстана однородности совокупных значений исследуемых параметров $V=$ от 3,34... до 12,12 ($V <33\%$), что означает изучаемая статистическая совокупность является однородной. Это подтверждает об отсутствие пропусков гидрометеорологических данных в исследуемых метеостанциях.

На рисунках 2.7...2.12 представлены климатические параметры жаркого периода за летний сезон юго-восточных, южных и западных регионов республики. При построении графиков гидрометеорологические станции регионов были ранжированы по средней температуре воздуха и их репрезентативностью.

Немало важной является количество дней с температурой свыше 25 °С. Этот показатель в республике увеличивается с севера на юг и юго-запада. Максимальное количество таких дней, с вероятностью не превышения 96-97%, наблюдались [10].

- по Алматинской области -98-129;
- по Атырауской области - 127-141;
- по Жамбылской области - 96-137;
- по Кызылординской области – 127-143;
- по Мангистауской области – 128-152;
- по Туркестанской области – 96-137.

Что касается количество жарких дней с температурой воздуха свыше 35 °С, если в северных и восточных регионах республики наблюдались крайне редко, всего от 2 до 13 дней в году, то на юге, юго-востоке и юга – западе Казахстана количество таких дней составляло от 40 до 67 дней в году, т.е примерно 1,5-2 месяца, с вероятностью от 75- до 100%.

В качестве еще одной характеристики экстремальности температурного режима в теплый период года метеорологической службы республики, является общая продолжительность всех волн жары, т.е. когда 6 и более суток подряд коэффициент избытка тепла имеет положительное значение, индекс HWF/ENF. В западных и южных регионах этот показатель составляет более 50 и местами более 60 суток [11].

Выводы

В результате исследований первичных материалов изменения температуры воздуха по южным, юго-восточным и западным областям республики, нами установлены статистические характеристики:

- шести областей, расположенных в южных, юго-восточных и западных регионах республики;
- минимальные и максимальные значения средней суточной температуры воздуха жаркого периода года, а также определены:
- среднемесячные значения температуры, изменяющиеся по кривой, описывающие эмпирическими выражениями за летний период в виде регрессионных моделей и коэффициентами детерминации;
- количество дней с температурой свыше 25 °С, по областям, а также жарких дней, когда температура воздуха равно или свыше 35 °С.

Установленные климатические параметры необходимы для теплотехнического расчёта вентиляции животноводческих помещений, с целью формирования нормированного

микроклимата в условиях разведения животных в южных, юго-восточных и западных областях Казахстана.

Благодарность: Статья подготовлена в рамках выполнения государственного заказа при выполнении грантового финансирования научного проекта АР19679582 «Разработка энергосберегающей системы микроклимата для снижения теплового стресса животных с использованием возобновляемых источников энергии в жарких климатических условиях Казахстана».

Список литературы

1. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. - СПб. :изд. РГГМУ,2008. – 408 с.
2. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. - М.: Наука, 1971. – 248 с.
3. Маневич Ш.С. Простейшие статистические методы анализа результатов наблюдений и планирования экспериментов. - Казань, 1970. – 217 с.
4. Глобальный архив CDAS [Электронный ресурс] /Режим доступа <http://go.mail.ru/search?q=Climate+Data+Assimilation+System%2C+Kazakhstan>
5. Венцель Ю. Теория вероятностей. - М.: Физматгиз, 1962. – 389 с.
6. Карасев А.И. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Статистика, 1972.
7. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. - М.: Колос,1966. – 215 с.
8. СНиП РК 2.04-03-2013 «Строительная теплотехника» (с изменениями и дополнениями СП РК 2.04-107-2022.
9. Құрылыс климатологиясы. Строительная климатология ҚР ҚЖ 2.04-01-2017 СП РК 2.04-01-2017 Ресми басылым. Издание официальное. Астана 2017- 47 с.
10. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2021 год, Астана,2022, 76 с
11. Ш.К.Сыдыков, Н.Б.Алибек, А.Е.Байболов, А.Б.Токмолдаев, И.М. Кәкімбек Установка на возобновляемых источниках энергии для поддержания параметров микроклимата сельскохозяйственных объектов. Ізденістер, нәтижелер –Исследования, результаты. №3(99)2023. – С.336-344. DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2023/34>

References

1. Malinin V.N. Statisticheskie metody analiza gidrometeorologicheskoy informatsii. - SPB. :izd. RGGMU,2008. – 408 s.
2. Rumshinskij L.Z. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov ehksperimenta. - M.: Nauka, 1971. – 248 s.
3. Manevich SH.S. Prostejshie statisticheskie metody analiza rezul'tatov nablyudenij i planirovaniya ehksperimentov. - Kazan', 1970. – 217 s.
4. Global'nyj arkhiv CDAS [EHlektronnyj resurs] /Rezhim dostupa <http://go.mail.ru/search?q=Climate+Data+Assimilation+System%2C+Kazakhstan>
5. Ventsel' YU. Teoriya veroyatnostej. - M.: Fizmatgiz, 1962. – 389 s.
6. Karasev A.I. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. - M.: Statistika, 1972.
7. Vol'f V.G. Statisticheskaya obrabotka opytnykh dannyx. - M.: Kolos,1966. – 215 s.
8. SNiP RK 2.04-03-2013 «Stroitel'naya teplotekhnika» (s izmeneniyami i dopolneniyami SP RK 2.04-107-2022.
9. Құрылыс климатологиясы. Stroitel'naya klimatologiya ҚР ҚЖ 2.04-01-2017 SP RK 2.04-01-2017 Resmi basylym. Izdanie ofitsial'noe. Astana 2017- 47 s
10. Ezhegodnyj byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2021 god, Astana,2022, 76 s
11. SH.K.Sydykov, N.B.Alibek, A.E.Bajbolov, A.B.Tokmoldaev, I.M. Kәkimbek Ustanovka na vozobnovlyaemykh istochnikakh ehnergii dlya podderzhaniya parametrov mikroklimate

sel'skokhozyajstvennykh ob"ektov. Izdenister, nәtizheler –Issledovaniya, rezul'taty. №3(99)2023. – S.336-344. DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2023/34>

Ш.К.Сыдыков, Н.Б.Алибек, А.Е.Байболов*, А.Б.Токмолдаев, Г.А.Ахметканова
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматық., Қазақстан Республикасы
shuhrat.27@mail.ru; alibek_78@mail.ru; a_baibolov@mail.ru*; tokmoldaev_a@mail.ru;
gulnar.akhmetkanova@kaznaru.edu.kz

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК, ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ЖӘНЕ БАТЫС Өңірлеріндегі жазғы кезеңде атмосфералық ауа температурасының өзгеруі

Аннотация

Жауын-шашын тапшылығы бар Қазақстан климатының күрт континенттік сипаты мұхиттардан едәуір қашықтыққа байланысты. Дүниежүзілік метеорологиялық ұйымның мәліметтері бойынша (<https://public.wmo.int/ru/media>), 2020 жылы жаһандық орташа жылдық температура 1850-1900 жылдардағы индустрияға дейінгі кезеңнің мәндерінен 1,2 °C жоғары болды. Сонымен қатар, мамандардың бағалауы бойынша, соңғы үш онжылдықта Қазақстанда метеобақылау тарихындағы ең жылы болды, ал республика аумағы бойынша орташа жылдық ауа температурасының аномалиясы +1,92 °C құрады, осылайша 2020 жыл 1941 жылдан бері байқау тарихындағы ең жылы жылдар қатарында 1-ші орынды иеленді. Қазақстан температурасының өзгергіштігі республиканың үлкен ендік ұзындығына және физика-географиялық біртектілігіне байланысты. Алматы, Жамбыл, Түркістан, Қызылорда, Атырау және Маңғыстау облыстарындағы жазғы кезеңдегі орташа жылдық және маусымдық ауа температурасының ауытқулары елдің басқа облыстары бойынша орташаланғандарға қарағанда әрқашан жоғары мәнге ие болды. Аталған аймақтардың күрт континентальды жағдайлары метеорологиялық шамалардың тұрақсыздығын анықтайды, бұл экономиканың көптеген салаларына, әсіресе ауыл шаруашылығына әсер етеді. Сондықтан олардың өзгеру тенденцияларын білу сізге жедел жұмыстың оңтайлы стратегиясын таңдауға және температураның қауіпті өзгеруіне байланысты шығындарды азайтуға, ал кейбір жағдайларда айтарлықтай пайда табуға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: жазғы температураның ауытқулары, гидрометеорологиялық станциялар, атмосфералық ауа температурасының ритақтары, таралудың қалыпты ауытқулары мен ауытқулары, ауаның бастапқы статистикалық сипаттамалары, температураның статистикалық параметрлерін өңдеу, үлгілері орташа айлық ауа температурасының өзгеруі.

Sh.K.Sydykov, N.B.Alibek, A.E.Baibolov*, A.B.Tokmoldaev, G.A.Akhmetkanova
Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan
shuhrat.27@mail.ru; alibek_78@mail.ru; a_baibolov@mail.ru*; tokmoldaev_a@mail.ru;
gulnar.akhmetkanova@kaznaru.edu.kz

CHANGES IN ATMOSPHERIC AIR TEMPERATURE IN SUMMER IN THE SOUTHERN, SOUTHEAST AND WESTERN REGIONS OF KAZAKHSTAN

Abstract

The sharply continental nature of the climate of Kazakhstan with a deficit of precipitation is due to its significant remoteness from the oceans. According to the World Meteorological Organization (<https://public.wmo.int/ru/media>), the global average annual temperature in 2020 was 1.2 °C higher than the pre-industrial period of 1850-1900. At the same time, according to experts, the last three decades in Kazakhstan have been the warmest in the history of meteorological observations, and the anomaly of the average annual air temperature averaged over the territory of the republic was + 1.92 °C, thus 2020 took 1st place among the warmest years in the history of observations since 1941. The variability of the temperature of Kazakhstan is due to the large

latitudinal extent and physical and geographical heterogeneity of the republic. Anomalies of average annual and seasonal air temperatures in summer in Almaty, Zhambyl, Turkestan, Kyzylorda, Atyrau and Mangistau regions have always been higher than averaged in other regions of the country. The sharply continental conditions of the listed regions determine the instability of meteorological values, which affects many sectors of the economy, especially agriculture. Therefore, knowledge of the trends of their changes allows choosing the optimal strategy for operational work and reducing losses associated with dangerous temperature changes, and in some cases making a tangible profit.

Key words: summer temperature anomalies, hydrometeorological stations, atmospheric air temperature rhythms, variations and deviations of distributions from normal, primary statistical characteristics of air, processing of statistical temperature parameters, patterns of change in average monthly air temperature.

MRNTI: 44.31.41

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2024/51>

*Kalkabayeva A.E.*¹, Alibek N.B.¹, Baibolov A.E.¹, Issenov S.S.², Steponavicius D.³*

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,

Aliya281191@mail.ru, alibek_78@mail.ru, asan.baibolov@kaznaru.edu.kz*

²Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan,
isenov_sultan@mail.ru

³Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, dainius.steponavicius@vdu.lt

HEAT PUMP SYSTEM OF AUTONOMOUS HEAT SUPPLY FOR HEATING LOW-POTENTIAL COOLANT

Abstract

Heat supply using a heat pump belongs to the field of energy-saving, environmentally friendly technologies and is becoming increasingly widespread in the world. This technology, according to the conclusion of a number of authoritative international organizations, along with other energy-saving technologies (use of solar, wind energy, ocean energy, etc.), belongs to the technologies of the 21st century. The main heat costs for household needs in buildings during the cold season are heating costs. This is explained by the operating conditions of buildings during the cold season, when heat loss through the building envelope significantly exceeds internal heat release. Therefore, to maintain the required internal air temperature, buildings are equipped with heating units. During the cold season, to create and maintain thermal comfort in buildings, technically advanced and reliable heating installations are required.

The use of the proposed heat pump system will improve the efficiency of autonomous heat supply to decentralized and remote residential and industrial facilities, service enterprises. In addition, the proposed combination of heat pump units and renewable energy sources expands the resource base of the heat pump heating supply system, making it less dependent on fluctuations in ambient temperature, which is very important for increasing the level of reliability of heat pumps.

Key words: *heat pump, heat pump system, heat pump system of autonomous heating supply, heat pump installation, low-grade heat source, renewable energy sources*

Introduction

Currently, approximately up to 800 million HP of various capacities are installed and operated in the world: from several kilowatts to megawatts. Moreover, more than 60% of them are in heating and hot water supply and air conditioning systems of residential buildings and industrial buildings. Hundreds of thousands of private houses, cottages, hotels, recreation centers and other facilities in