

УДК 551.583.1

М.Д. Стамбеков<sup>1</sup>  
Канд. геогр. наук Г.К. Турулина<sup>2</sup>**ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ЗАПАДЕ И ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА ВЕСНОЙ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

**Ключевые слова:** температура воздуха, аномальность, индексы, экстремумы температуры, изменение климата

*В данной статье приведен анализ временного хода температуры воздуха на станциях Западного и Восточного Казахстана, выявлены крупные аномалии температуры воздуха. За выбранный период даны примеры оценки аномальности по критерию Багрова.*

В настоящее время человечество проявляет всё большую обеспокоенность проблемой изменения климата. При этом большинство исследователей считает это следствием усиления антропогенного влияния на климатическую систему Земли. Поэтому мировое сообщество предпринимает активные усилия как по исследованию проблемы, так и по ее решению.

Два последних десятилетия характеризуются повышенной повторяемостью аномальных климатических условий по земному шару. Анализ региональных изменений климата, прежде всего экстремальных его характеристик, представляет особый интерес.

Как известно, температурный режим наиболее полно характеризует погоду и климат данной территории. В свою очередь термический режим воздуха формируется под влиянием как макромасштабных, так и местных факторов.

К макромасштабным факторам относят атмосферную циркуляцию, радиационный режим и характер подстилающей поверхности. К местным – мезо и микрорельеф, характер растительности и почв, близость водоёмов и т.д. В последние годы в связи с увеличением урбанизированных территорий термический режим местности претерпевает сильные изменения.

В настоящее время проблема формирования крупных аномалий, как температуры воздуха, так и атмосферных осадков, а также их прогноза

---

<sup>1</sup> РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

разрабатывается целым рядом научных центров. Известный факт, что крупные аномалии температуры воздуха вызываются в своем большинстве действием крупномасштабных атмосферных процессов.

Исследованию глобальных полей температуры воздуха и осадков посвящено большое число работ [2, 3, 7, 9, 10].

Большой цикл работ по изучению температурного режима был выполнен Г.Н. Чичасовым и обобщен в его монографии. По материалам за временной период 1900...1989 гг. автором [8] была выявлена тенденция повышения средних месячных и средних годовых значений температуры воздуха на преобладающей части территории Казахстана, рост среднего годового значения температуры воздуха на  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более отмечен практически на всех станциях республики.

В настоящее время обстоятельные исследования климата Казахстана и его изменений проводятся С.А. Долгих, П.Ж. Кожахметовым, Р.М. Иляковой и др. В работе [4] показано повсеместное значительное повышение температуры воздуха в период 1941...2012 гг., когда рост средней по территории республики температуры воздуха отмечается во все сезоны, особенно заметный для весны и осени и составил  $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет и  $0,31\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет соответственно.

В предлагаемой статье проведен сравнительный анализ изменения температуры воздуха на Западе и Востоке Казахстана за период 1960...2015 гг.

**Основные подходы и методы.** Под «нормой» понимается средне-многолетнее значение температуры воздуха за период 1971...2000 гг. Аномалии температуры воздуха принято рассматривать как отклонения от нормы. Оценка температурного режима проводится по данным 12 станций Западного и Восточного Казахстана относительно равномерно расположенных по широте путем аппроксимации рядов наблюдений полиномиальной и линейной функциями.

Для оценки изменения интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количестве осадков, группой экспертов комиссии по климатологии ВМО рекомендовано использовать различные индексы [9, 10]. В данной статье было использовано два индекса: число жарких дней, когда суточный максимум температуры воздуха превышает  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также число суток с морозом, когда суточный минимум температуры воздуха опускается ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В предлагаемой статье в качестве величин, характеризующих климатические особенности распределения весенних температур воздуха на изучаемой территории, рассматривались абсолютные минимумы и максимумы температуры воздуха.

В табл. 1 и 2 приведены значения абсолютных минимумов и максимумов температуры воздуха для станций Западного и Восточного Казахстана.

Таблица 1

Абсолютный минимум и максимум температуры воздуха (°С) для Западного Казахстана

Станция	Абсолютный минимум			Абсолютный максимум		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Уральск	-35 (1954)	-19 (1963)	-7 (1969)	21 (1995)	31 (1950)	37 (1996)
Атырау	-32 (1954)	-12 (1898)	-2 (1952)	23 (1914)	33 (1972)	38 (1985)
Актобе	-37 (1917)	-19 (1913)	-8 (1969)	18 (1944)	31 (1982)	39 (1916)
Уил	-33 (1898)	-22 (1898)	-6 (1913)	21 (1898)	33 (1898)	37 (1913)
Урда	-30 (1954)	-22 (1952)	-2 (1961)	22 (1978)	32 (1995)	38 (1985)
Тайпак	-35 (1928)	-19 (1952)	-4 (1933)	22 (1938)	34 (1995)	39 (1984)

Таблица 2

Абсолютный минимум и максимум температуры воздуха (°С) для Восточного Казахстана

Станция	Абсолютный минимум			Абсолютный максимум		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Усть-Каменогорск	-40 (1971)	-30 (1934)	-9 (1931)	23 (1989)	33 (1972)	38 (1980)
Павлодар	-37 (1966)	-27 (1969)	-8 (1936)	23 (1944)	34 (1972)	38 (1980)
Аягуз	-36 (1960)	-23 (1979)	-9 (1985)	25 (1989)	31 (1997)	35 (1974)
Кайнар	-34 (1955)	-24 (1963)	-10 (1952)	19 (1989)	31 (1997)	33 (1974)
Кокпекты	-42 (1951)	-28 (1934)	-14 (1931)	13 (1995)	30 (1972)	36 (1980)
Шемонаиха	-42 (1971)	-26 (1969)	-8 (1946)	18 (1997)	32 (1972)	37 (1980)

Как следует из данных табл. 1 и 2 значения абсолютного минимума температуры воздуха по территории Западного Казахстана колеблются в пределах -37...-8 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха наблюдается в пределах +23...+39 °С.

Абсолютный минимум температуры воздуха на востоке значительно ниже, чем на западе и колеблется от -42...-14 °С, абсолютный максимум температуры воздуха наблюдается в пределах +25...+38 °С.

Для исследования особенностей температурного режима были построены графики средней месячной температуры воздуха на западе и востоке по всем метеостанциям для всех весенних месяцев. Однако для ил-

люстрации приведены графики только центрального месяца сезона – апреля, по двум метеостанциям на западе и востоке Казахстана.

На рис. 1 представлен временной ход температуры воздуха в апреле на метеостанциях Атырау и Уральск.

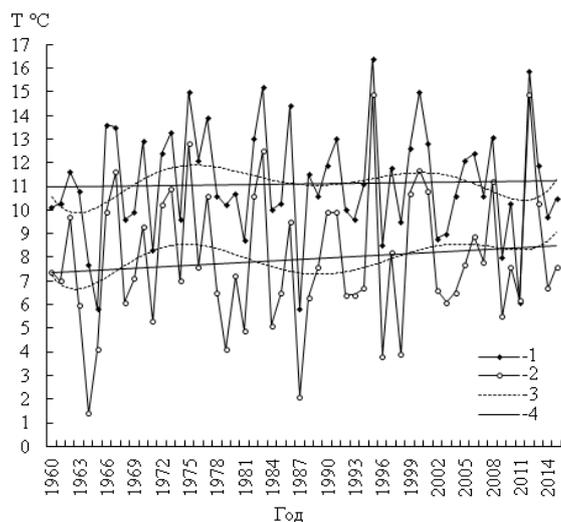


Рис. 1. Временной ход температуры воздуха в апреле на метеостанциях Атырау (1) и Уральск (2). 3 – полиномиальная функция, 4 – линейная функция.

На рис. 2 представлен временной ход температуры воздуха в апреле на метеостанциях Павлодар и Усть-Каменогорск.

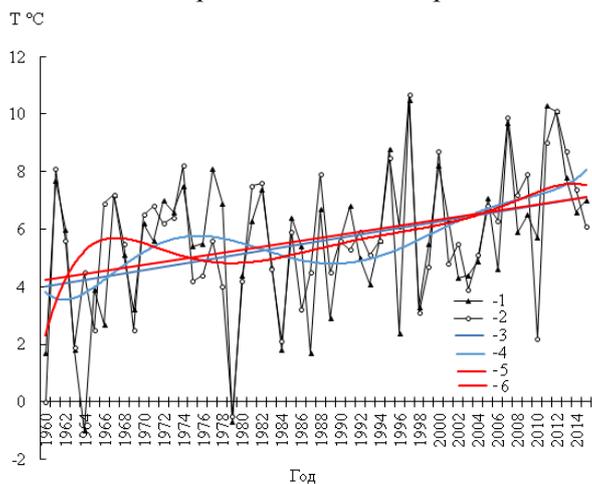


Рис. 2. Временной ход температуры воздуха в апреле на метеостанциях Павлодар (1) и Усть-Каменогорск (2), 3 – линейная функция Павлодар, 4 – полиномиальная функция Павлодар, 5 – линейная функция Усть-Каменогорск, 6 – полиномиальная функция Усть-Каменогорск.

В соответствии с рис. 1 и 2, аппроксимация временного хода с помощью полиномиальной и линейной функций показала, что на М Атырау наблюдается незначительная тенденция повышения температуры воздуха в исследуемом периоде лет со скоростью  $0,04\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ , на М Уральск наблюдается более устойчивая тенденция повышения температуры воздуха со скоростью  $0,21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ .

На метеостанциях Урда и Тайпак тренды не значимы: тенденция повышения температуры воздуха составляет  $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  и  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  соответственно. На М Актобе и М Уил наблюдается более устойчивая тенденция повышения температуры воздуха –  $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  и  $0,24\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  соответственно.

В Восточном Казахстане, аппроксимация временного хода полиномиальной и линейной функциями показала, что на М Павлодар и М Усть-Каменогорск наблюдается устойчивая тенденция повышения температуры воздуха в исследуемом периоде лет со скоростью  $0,56\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  и  $0,52\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  соответственно.

На М Аягуз, М Кокпекты, М Кайнар и М Шемонаиха наблюдается значительная устойчивая тенденция повышения температуры воздуха в исследуемом периоде лет со скоростью  $0,94\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ,  $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ,  $0,60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  и  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$  соответственно.

Таким образом, анализ временного хода температуры воздуха показал, что повсеместно на всей исследуемой территории весной наблюдаются положительные тенденции, значимые практически на всей территории за исключением отдельных районов Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей.

В марте происходит самое значительное повышение температуры воздуха – на  $0,41\text{...}0,81\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ , на некоторых метеостанциях Атырауской области на  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ . Средняя скорость изменения температуры воздуха в сторону повышения на станциях западного региона в апреле составляет  $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ , а на станциях восточного региона она значительно больше и составляет  $0,62\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ . В мае наблюдаются положительные тенденции повышения температуры воздуха, однако они не являются значимыми практически на всей территории республики, в том числе в исследуемых районах запада и востока [5].

В последние десятилетия отмечается нарастание опасных метеорологических явлений погоды. Так, лето 2012 года оказалось аномально теплым в Казахстане и в соседнем Поволжье и Южном Урале. Жестокая засуха погубила урожай зерновых культур, в Сибири горели леса, катастрофическое наводнение прошло в Краснодарском крае. Зима 2012 г. была холодной

и экстремально холодной на всей территории Казахстана, на востоке республики аномалии температуры воздуха достигали  $-5,0 \dots -7,0$  °С [6].

Безусловно, для диагноза и прогноза климата наибольшую практическую ценность представляют сведения не только о характере изменения средних значений температуры, но и о повторяемости крупных аномалий средних месячных температур воздуха.

Высокие и низкие температуры воздуха относятся к потенциально опасным региональным процессам. Центральное место при исследовании крупных аномалий погоды занимает вопрос критерия.

В данной статье для выделения экстремальных по температуре месяцев использовался индекс аномальности ( $K$ ), предложенный Н.А. Багровым [1]:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\Delta T_i}{\sigma_i} \right)^2,$$

где  $N$  – число станций,  $\Delta T$  – аномалия средней месячной температуры воздуха на  $i$ -ой станции,  $\sigma_i$  – ее среднее квадратическое отклонение.

На большом статистическом материале установлены пороговые значения для индекса Багрова: при  $K \geq 1,15$  аномальность поля велика, при  $K \leq 0,75$  отмечается незначительная аномалия и при  $0,75 < K < 1,15$  аномалия имеет среднюю интенсивность.

Критерий  $K$  позволяет объективно оценить степень аномальности температурного поля и количественно отразить продолжительность и временное распределение экстремумов. Однако он не указывает знак аномалии и географическое положение ее очагов, поэтому целесообразно для пространственной характеристики полей температуры использовать одновременно данные о распределении положительных и отрицательных очагов. Стоит заметить, что это ограничение было устранено В.Т. Токаревым.

В данной статье критерий ( $K$ ) рассчитан для всех весенних месяцев. Значения критерия  $K$  существенно изменяются по времени на территории Западного и Восточного Казахстана.

В табл. 3 и 4 приведены статистические характеристики критерия аномальности  $K$  для Западного и Восточного Казахстана. Как видно из данных табл. 3 и 4 экстремальные значения  $K$  для территории Западного Казахстана колеблются от 0,10 до 5,31, от 0,04 до 6,20 на востоке. Известно, что чем больше  $K$ , тем значительнее аномальность поля температуры, чем меньше  $K$ , тем аномальность поля слабее.

Повторяемость крупных аномалий средней месячной температуры воздуха как в Западном так и в Восточном Казахстане весной распределяется неравномерно по времени, претерпевая значительные изменения от десятилетия к десятилетию.

Таблица 3

Статистические характеристики критерия Багрова для Западного Казахстана

Статистическая характеристика	Месяц		
	март	апрель	май
$K_{\max}$	4,43 (2008)	5,31 (1995)	4,88 (1960)
$K_{\min}$	0,10 (1998, 2005)	0,11 (1988, 2005)	0,17 (2015)
$A_K$	4,53	5,42	5,05

Таблица 4

Статистические характеристики критерия Багрова для Восточного Казахстана

Статистическая характеристика	Месяц		
	март	апрель	май
$K_{\max}$	4,56 (2013)	6,20 (1979)	4,06 (1960)
$K_{\min}$	0,07 (1986)	0,06 (1962)	0,04 (1961)
$A_K$	4,63	6,26	4,10

Так, в Западном Казахстане значительные отрицательные аномалии температуры воздуха весной встречались в первом десятилетии. В период 2010...2015 гг. значительных отрицательных аномалий температуры не наблюдалось. Повторяемость значительных положительных аномалий наблюдается в последнее десятилетие и в период 2010...2015 гг. Таким образом, в исследуемом периоде в Западном Казахстане отмечался 21 случай экстремально холодных месяцев, экстремально теплых – 26 случаев (табл. 5).

В Восточном Казахстане значительные отрицательные аномалии температуры воздуха также встречались в первом десятилетии, в период 2010...2015 гг. значительных отрицательных аномалий температуры не наблюдалось. Повторяемость значительных положительных аномалий наблюдается в последнее десятилетие и в период 2010...2015 гг. Следовательно, в изучаемом периоде в Восточном Казахстане экстремально холодных и теплых месяцев отмечалось по 26 случаев (табл. 6).

Практический интерес представляют значения аномалий температуры воздуха в экстремально холодные и теплые месяцы (табл. 7 и 8).









В глобальном масштабе все экстремально теплые годы приходится на последние 20 лет. Казахстан не является исключением, и на территории республики эта особенность хорошо прослеживается.

Как видно из данных табл. 7 и 8 экстремально холодные весенние месяцы наблюдались в основном в 60...90 гг. 20 века на всей исследуемой территории. Первое десятилетие 21 века характеризуется преобладанием экстремально теплых весенних месяцев на всей исследуемой территории.

Самые холодные месяцы в Западном Казахстане: март 1960 г. со средней аномалией  $-6,5$  °С, апрель 1987 г. со средней аномалией  $-6,0$  °С, май 1960 г. со средней аномалией  $-4,3$  °С. Самые теплые месяцы – март 2008 г. со средней аномалией  $7,5$  °С, апрель 1995 и 2012 гг. со средней аномалией  $6,1$  °С, май 2012 г. со средней аномалией  $3,3$  °С.

Самые холодные месяцы в Восточном Казахстане: март 1960 г. со средней аномалией  $-6,6$  °С, апрель 1979 г. со средней аномалией  $-6,0$  °С, май 1960 г. со средней аномалией  $-3,8$  °С. Самые теплые месяцы – март 2013 г. со средней аномалией  $7,0$  °С, апрель 2012 г. со средней аномалией  $5,1$  °С. Следовательно, весна 1960 года является самой холодной на всей изучаемой территории, причем наибольший вклад имеет март со средней аномалией температуры воздуха  $-6,5$  °С... $-7,1$  °С, в апреле и мае средние аномалии колеблются в пределах  $-3,8$  °С... $-4,6$  °С.

Экстремально теплые вёсны на изучаемой территории отмечаются в период 2000...2015 гг., когда средние аномалии температуры воздуха составляли  $6,1$  °С... $7,5$  °С на западе, на востоке республики они составляли  $5,1$  °С... $7,0$  °С, вёсны 2008, 2012, 2013 и 2014 гг. вошли в 10 % экстремально теплых весенних сезонов [6].

В данной статье авторы использовали два индекса ВМО: число жарких дней, когда суточный максимум температуры воздуха превышает  $+25$  °С, а также число суток с морозом, когда суточный минимум температуры воздуха опускается ниже  $0$  °С. Для примера взяты по две метеостанции с запада и востока – Уральск, Атырау и Усть-Каменогорск, Аягуз соответственно. Заметим, что ввиду отсутствия необходимых данных по метеостанции Павлодар была выбрана метеостанция Аягуз.

На рис. 3 представлена динамика временного хода годового числа суток с морозом для М Уральск, М Атырау, М Усть-Каменогорск и М Аягуз. Также приведены линейные и полиномиальные функции этих рядов.

На рис. 4 представлена динамика временного хода числа жарких дней для станций Уральск, Атырау, Аягуз и Усть-Каменогорск. Также приведены линейные и полиномиальные функции этих рядов.

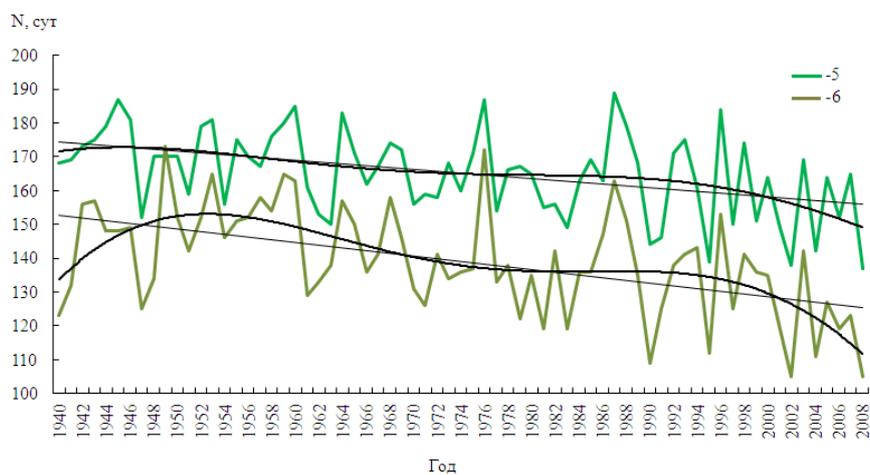
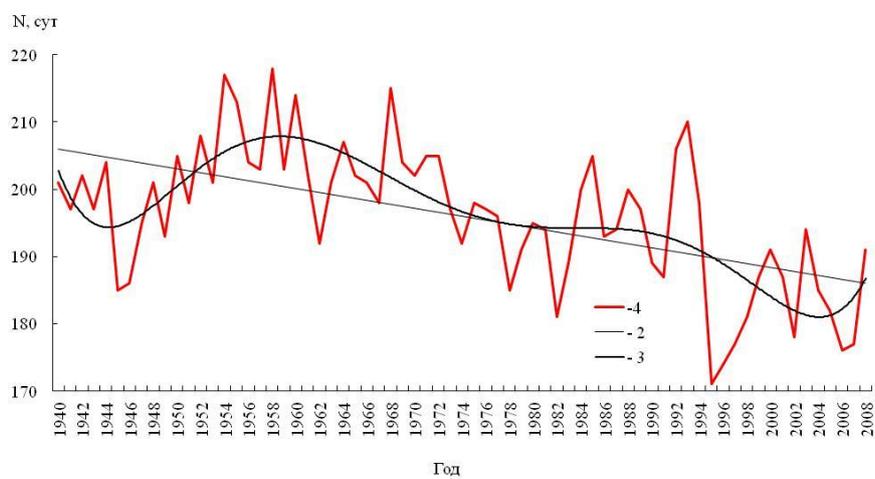
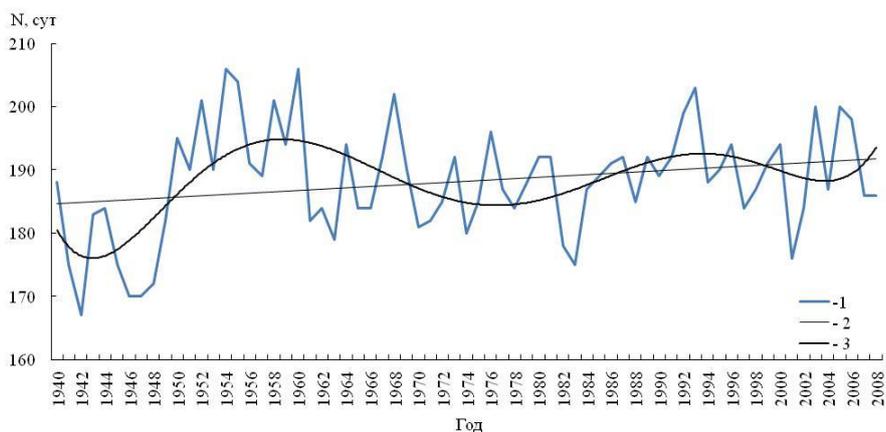
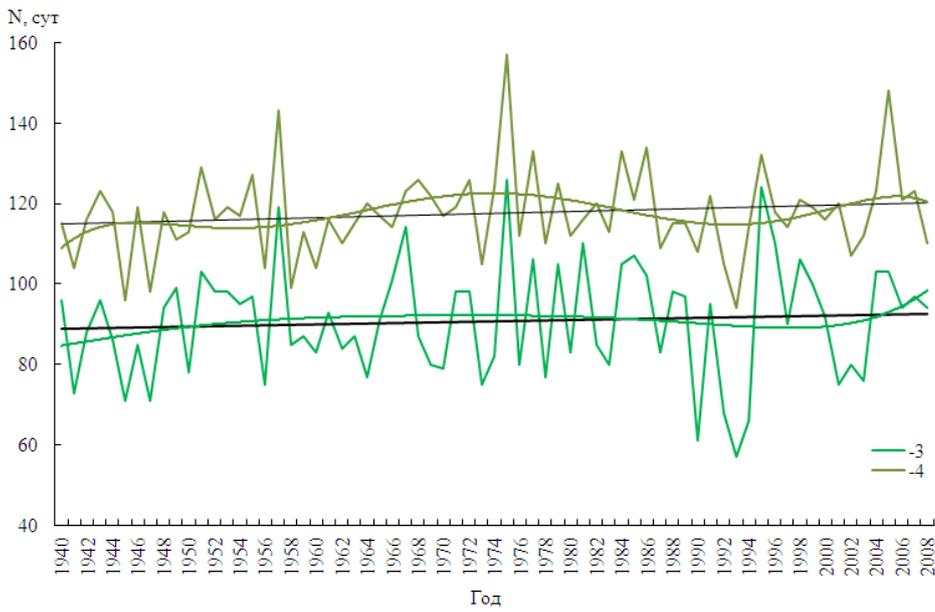
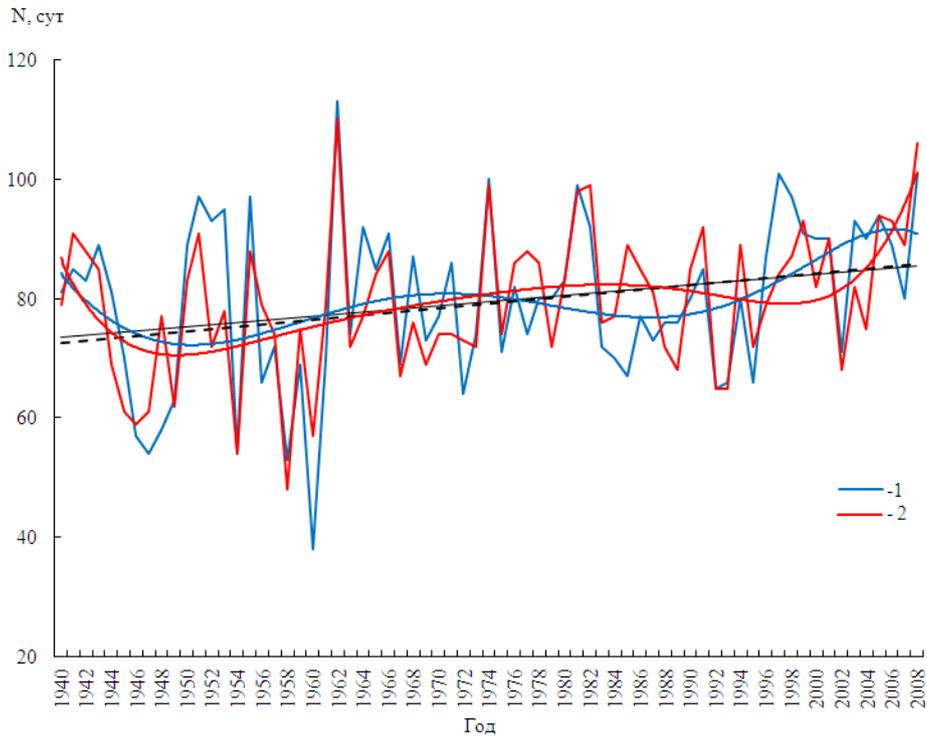


Рис. 3. Временной ход годового числа суток с морозом для станций Усть-Каменогорск (1), Аягуз (4), Уральск (5), Атырау (6) и их линейная (2) и полиномиальная (3) функции.



*Рис. 4. Временной ход годового числа жарких дней для станций Усть-Каменогорск (1), Аягуз (2), Уральск (3), Атырау (4).*

В соответствии с рис. 3 и 4, количество суток с морозом уменьшается на станциях Западного Казахстана: в Уральске со скоростью 2,7 сут/10 лет, в Атырау 3,9 сут/10 лет. В Восточном Казахстане: в Аягузе количество суток с морозом уменьшается со скоростью 2,9 сут/10 лет, в Усть-Каменогорске, напротив, незначительно увеличивается со скоростью 1 сут/10 лет.

Число жарких дней увеличивается на всех рассматриваемых станциях: на М Уральск со скоростью 0,4 сут/10 лет, М Атырау – 0,8 сут/10 лет, М Аягуз – 1,9 сут/10 лет и на М Усть-Каменогорск – 1,7 сут/10 лет.

В результате проделанной работы получены следующие **выводы**:

1) Повсеместно на всей исследуемой территории в последние десятилетия наблюдаются положительные тенденции, значимые практически на всей территории за исключением отдельных районов Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей.

В марте происходит самое значительное повышение температуры воздуха – на 0,41...0,81 °C/10 лет, на некоторых метеостанциях Атырауской области на 1,0 °C/10 лет.

Средняя скорость изменения температуры воздуха в сторону повышения на станциях западного региона в апреле составляет 0,13 °C/10 лет, а на станциях восточного региона она значительно больше и составляет 0,62 °C/10 лет.

В мае наблюдаются положительные тенденции повышения температуры воздуха, однако они не являются значимыми на изучаемой территории запада и востока.

2) Составлен каталог экстремально теплых и холодных весенних месяцев и выявлено, что весна 1960 г. являлась экстремально холодной на всей исследуемой территории, весны 2008, 2012, 2013 и 2014 гг. вошли в 10 % экстремально теплых весенних сезонов для Казахстана.

3) Число дней с морозом уменьшается на рассматриваемых станциях со средней скоростью 3,5 сут/10 лет. Число жарких дней увеличивается на всех рассматриваемых станциях: средняя скорость увеличения числа жарких дней на западе составляет 0,6 сут/10 лет, на востоке скорость значительно больше и составляет 1,8 сут/10 лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.А., Мякишева Н.Н. Некоторые характеристики аномалий средних месячных температур воздуха // Труды ММЦ. – 1966. – Вып. 9. – С. 3-17.
2. Груза Г.В., Мещерская А.В. Изменение климата России за период инструментальных наблюдений: Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Под ред. Г.В. Груза, А.С. Зайцев, И.Л. Кароль, В.М. Катцов, Н.В. Кобышева, В.П. Метешко, А.В. Мещерская, В.М. Мирвис, А.И. Решетников, П.В. Спорышев – М.: Росгидромет, 2008. – 288 с.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностный прогноз приземной глобальной температуры воздуха до 2005 года // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 4. – С. 95-103.
4. Долгих С.А., Илякова Р.М., Кожухметов П.Ж., Никифорова Л.И., Петрова Е.Е. Оценочный доклад об изменении климата на территории Казахстана. – Астана: Казгидромет, 2014 – 55 с.
5. Ежегодный бюллетень мониторинга и изменения состояния климата Казахстана: 2015 год. – Астана: Казгидромет, 2016 – 55 с.
6. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана: 2012 год. – Астана: Казгидромет, 2013 – 42 с.
7. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.Н., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шумихина А.В. Изменения климата на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами // Вестник Удмуртского университета. – 2012. Вып. 4. – С. 122-135.
8. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. – СПб: Гидрометеоздат, 1991. – 304 с.
9. Peterson T.C. Climate Change Indices // WMO Bulletin. – 54 (2). – 2005 – P. 83-86.
10. Zhang X., Yang F. RClimDex User Manual – Climate Research Branch Environment Canada downsvew, Ontario Canada, 2004. – 22 p.

Поступила 26.12.2016

М.Д. Стамбеков  
 Геогр. ғылымд. канд. Г.К. Турулина

**БАТЫС ЖӘНЕ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ СОҢҒЫ  
 ОНЖЫЛДЫҚТАҒЫ КӨКТЕМДЕГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ  
 ТӘРТІБІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Түйінді сөздер:** ауа температурасы, ауытқу, индекстер, ауа температура экстремумдары, климаттың өзгеруі

*Бұл мақалада Батыс пен Шығыс Қазақстанның бекеттеріндегі ауаның температуралық уақытша барысының талдауы, сонымен қатар көктемдегі ауа температурасының ірі ауытқулар анықталған. Таңдалған кезең үшін Багров критерийі бойынша анықталған ауытқу бағалауының мысалдар берілген.*

Stambekov M.D., Turulina G.K.

#### **TEMPERATURE REGIME IN WESTERN AND EASTERN PART OF KAZAKHSTAN IN THE SPRING IN RECENT DECADES**

**Keywords:** air temperature, deviance, index, extremes of air temperature, climate change

*This article shows the analysis of the temporary course of air temperature at the stations of Western and Eastern Kazakhstan, large air temperature anomalies in spring in Western and Eastern Kazakhstan was revealed. Examples of the anomalies assessment for the selected period by Bagrov criterion are given.*