

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ В ДЕЛЬТЕ р. ВОЛГИ

Валов Михаил Викторович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Колотухин Александр Юрьевич, ассистент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: Marsarini@gmail.com

Бармин Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: abarmin60@mail.ru

Татаринцев Сергей Александрович, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Колчин Евгений Александрович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Температурные тренды являются важной составляющей климатических изменений и в аридных условиях Прикаспийской низменности влияют на величину испарения с земной и водной поверхности, в том числе определяя процессы инфильтрации минерализованных грунтовых вод, накопления легкорастворимых солей в верхнем слое почв, что негативно отражается на растительном покрове и сельскохозяйственном комплексе, и, соответственно, на социально-экономическом состоянии региона. Целью работы является определение по актуальным многолетним статистическим данным 1922–2019 гг. достоверных годовых и сезонных изменений температурного режима в дельте р. Волги. На основе температурных показателей за указанный период был проведен статистический анализ с использованием методов исследования выборок. В ходе работ выполнен анализ средних значений, интервалов, асимметрии, дисперсии, стандартного отклонения, эксцесса, построения линейных трендов; проанализированы ходы среднегодовых температур воздуха, динамики средних температур по месяцам и сезонам года. По результатам проведенного анализа в динамике температуры воздуха исследуемой территории выделены два больших периода: период с 1922 г. до середины 1990-х гг., который характеризовался высокой вариативностью температур в холодные месяцы и общим ростом их температур, слабой вариативностью в теплые месяцы и отсутствием тренда на их изменение, а так же общим трендом на снижение вариативности температур в течение года и период с середины 1990-х гг. по настоящее время, который характеризуется незначительным уменьшением вариативности температур в холодные месяцы, продолжением тренда на их повышение, формированием тренда на повышение температур в теплые месяцы и усиление их вариативности, а так же усиление стандартного отклонения температур в течение года.

Ключевые слова: изменения климата, глобальное потепление, температура воздуха, дельта р. Волги, температурные тренды.

CHANGES IN CLIMATIC TEMPERATURE CONDITIONS IN THE VOLGA RIVER DELTA

Valov Mikhail V., Ph. D. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Kolotukhin Aleksandr Yu., postgraduate student, Astrakhan State University, 1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Barmin Aleksandr N., D. Sc. in Geography, Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: abarmin60@mail.ru

Tatarintsev Sergey A., Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Kolchin Evgeniy A., Ph. D. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Temperature trends are important component of climate changes and define evaporation discharge from soil and water surface in arid conditions of Peri-Caspian lowland, as well define alkali soil water seepage processes, highly soluble salt accumulation in surface soil, that is negatively affected on plant cover and agricultural plant and consequently on the region social-economic state. The purpose of the work is to defining according to the actual multiyear statistical data of 1922–2019 accurate annual and seasonal temperature regime changes in the Volga delta. Statistical analysis with the use of selection research method was carried out on the basis of temperature indices for specified period. Analysis of average values, intervals, skewness, dispersion, standard deviation, excess, linear trend building were carried out during the work; also variations of average air temperatures, average temperatures dynamics according to the months and seasons were analyzed. Two great periods from 1922 till the mid of 1990 were defined according to the conducted analysis results in air temperature dynamics of investigated territory, which is characterized by high temperature variability in cold months and their temperature increase as a whole, by the low variability in warm months and lack of trend on their change, also general trend on temperatures variability decrease during the year and the period from 1990 till the present time, which is characterized by insignificant temperatures variability in cold months, trend continuation on their increase, trend formation on temperatures increase in warm months and their variability intensification, also standard temperatures deviation intensification during the year.

Keywords: climate change, global warming, air temperature, the Volga delta, temperature trends

Введение. Возникшие в последнее столетие природные и антропогенные предпосылки к глобальному потеплению климата и возможные негативные последствия данного потепления способствовали повышенному интересу к этому вопросу в зарубежном и отечественном научном сообществе [2; 5–12].

На сегодняшний день темпы продолжающегося потепления на территории Российской Федерации превышают глобальные средние показатели: средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976–2019 гг. составила 0,47 °C/10 лет, что более чем в два с половиной раза выше скорости роста глобальной температуры за тот же период: 0,18 °C/10 лет, и более чем в полтора раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: 0,28 °C/10 лет (оценки по данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии) [5].

На фоне фиксируемых в настоящее время глобальных климатических изменений, очень важным аспектом является определение климатических трендов в региональных масштабах засушливых территорий, что позволяет решить ряд актуальных задач по выявлению механизмов развития на них процессов аридизации и опустынивания; кроме того, выявление региональных климатических трендов представляет собой один из эффективных инструментов изучения причинно-следственных связей в сложном функционировании геосистем различных рангов [4; 6; 7; 9].

Особую актуальность данные исследования приобретают в интразональных экотонных ландшафтах пустынных территорий Северного Прикаспия, в пределах которых расположена дельта р. Волги, так как в связи с их природной нестабильностью любые климатические изменения быстро отражаются на динамике экосистем [1–4; 7; 9; 10].

Температурные тренды являются важной составляющей климатических изменений и в аридных условиях Прикаспийской низменности определяют величину испарения с земной и водной поверхности, в том числе определяя процессы инфильтрации минерализованных грунтовых вод, накопления легкорастворимых солей в верхнем слое почв [3; 4], что негативно отражается на растительном покрове и сельскохозяйственном комплексе, и, соответственно, на социально-экономическом состоянии региона, что прямым образом препятствует реализации здесь стратегии устойчивого развития [4; 7–9].

Материалы и методы. Для анализа изменений температурных климатических показателей в регионах Северного Прикаспия был выбран Астраханский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Для изучения общей динамики температуры в течение года использовались методы статистического анализа выборок. Динамика температуры в течение года исследовалась с помощью показателя эксцесса, который позволяет определить, насколько пологим или крутым является график выборки. Аномальные месяцы определялись с помощью сравнения графиков всех лет за исследуемый период с усредненным температурным графиком, с помощью чего определялись месяцы с наиболее сильными отклонениями температур.

Для определения общего температурного тренда был построен график среднегодовых температур с использованием линии тренда, которая показала достаточную достоверность для использования её при определении общей температурной динамики.

Для определения трендов изменения разниц температур в течение года для каждого года было определено среднеквадратичное отклонение среднемесячных температур, которое характеризует амплитуду температур в течение года. Тренд температурных разниц определялся при помощи построения графика среднеквадратичных отклонений и исследования достоверности линии тренда за различные периоды.

Вариативность среднемесячных температур за различные месяцы определялась с помощью исследования среднеквадратичного отклонения для каждого месяца за весь исследуемый период. Данный показатель позволил определить, насколько велик разброс температур одного месяца в различные годы и определить корреляцию между средней температурой месяца и вариативностью температуры.

Линии тренда и построение графиков средних температур различных месяцев так же использовались для определения трендов изменения температур в теплые и холодные месяцы и выделения сезонов года и переходных месяцев. Для большей показательности применялась монохромная цветовая дифференциация графиков от более холодных к более теплым месяцам.

Исследование отличных друг от друга участков графиков позволило выделить два различных периода развития температуры на территории Астраханской области. Общий период наблюдений – с 1922 по 2019 г.

Результаты и их обсуждение. Эксцесс графика среднегодовой температуры отрицателен и примерно равен -1.66 , что говорит о резком изменении угла наклона графика при переходе от холодного сезона к теплоте.

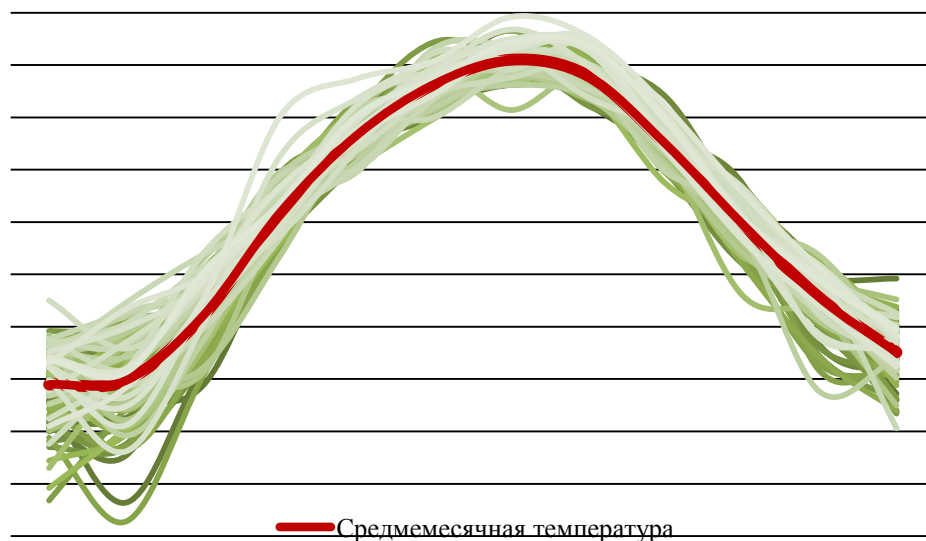


Рис. 1. Динамика среднемесячных температур и среднеемесячная температура воздуха за период 1922–2019 гг.

В динамике среднемесячных температур за период с 1992 по 2019 г. не наблюдается большого количества аномально низких или высоких значений, за весь период к ярко выраженным аномалиям можно отнести холодные февраль 1954 (-18.6°C) и 1929 (-16.8°C), холодный январь 1950 (-16.6°C) и теплый апрель 2018 (20.1°C) (рис. 1).

При рассмотрении динамики показателя среднегодовой температуры за 1922–2019 гг. можно определить достоверный тренд на её общее увеличение (рис. 2), который становится более выраженным в период с середины 1990-х гг. [4; 7; 10]. В начале исследуемого периода большинство значений среднегодовых температур было ниже средней температуры за общий период (9.9°C), вместе с тем в период с 1995 г. большинство значений среднегодовых температур превышает среднюю для исследуемого периода, что позволяет сделать вывод о возможном дальнейшем усилении тренда на рост температуры воздуха.

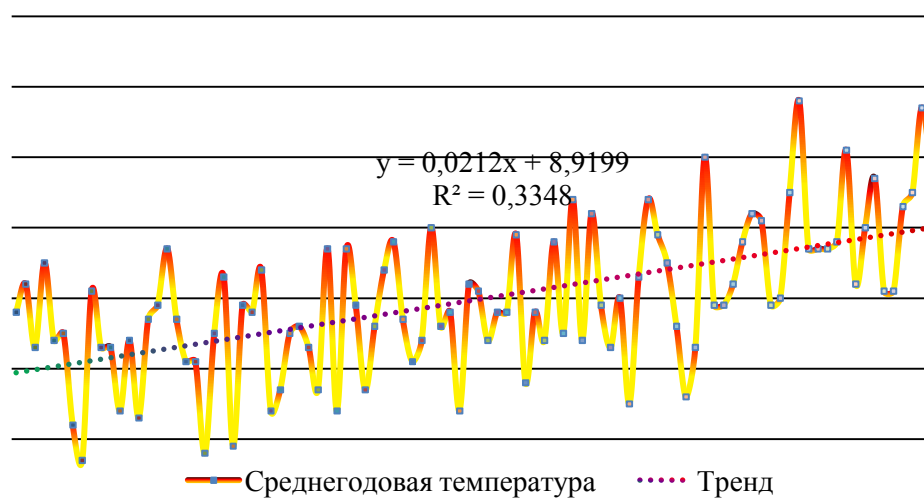


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры воздуха

Дисперсия среднемесячных показателей имеет тренд на снижение, что говорит о постепенном сглаживании разницы между среднемесячными температурами в течение года (рис. 3), но, вместе с тем, достоверность тренда не является достаточно высокой, чтобы спрогнозировать возможную температурную динамику. Так, в период с 1922 по 1979 г. наблюдается стабильная картина с периодическими скачками стандартного отклонения, в период с 1979 по 2006 г. наблюдается общее снижение стандартного отклонения и отсутствие ярко выраженных скачков его значения, а в период с 2006 по 2019 г. вариативность среднемесячных температур вновь увеличивается, и наблюдаются резкие перепады графика [2].

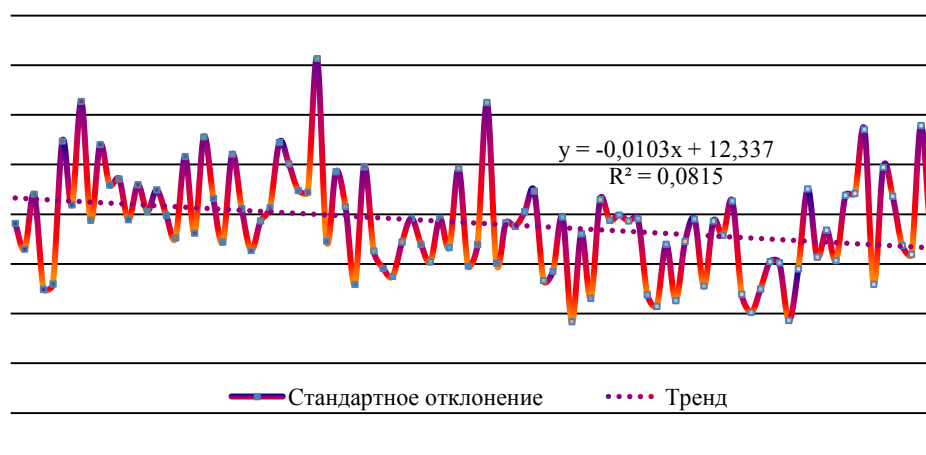


Рис. 3. Стандартное отклонение

Наибольшая вариативность наблюдается в наиболее холодные месяцы, в то время как средние температуры более теплых периодов года имеют меньшую амплитуду (рис. 4). Вариативность в холодные месяцы составляет от 2.6 до 3.7 градусов, в то время как в теплые месяцы она варьируется в диапазоне от 1.1 до 1.2 градусов, что говорит о большей междугодовой динамике в зимний период, в начале весны и конце осени и о стабильной температуре в летние месяцы, в конце весны и в начале осени [10].

Динамичность показателей среднемесячной температуры холодных и теплых месяцев наиболее ярко прослеживается при выстраивании графика от наименьших до наибольших температур (рис. 5). На данном графике четко прослеживается динамика вариативности температур от холодных к теплым месяцам. В холодные месяцы наблюдается большое количество аномалий, скачков температурных показателей в различные годы, которые немного сглаживаются в период с начала 1990-х гг., в то время как в теплые месяцы вариативность температур минимальна, но вместе с тем в период с середины 1990-х гг. наблюдается как увеличение вариативности, так и усиление тренда на рост среднегодовых температур.

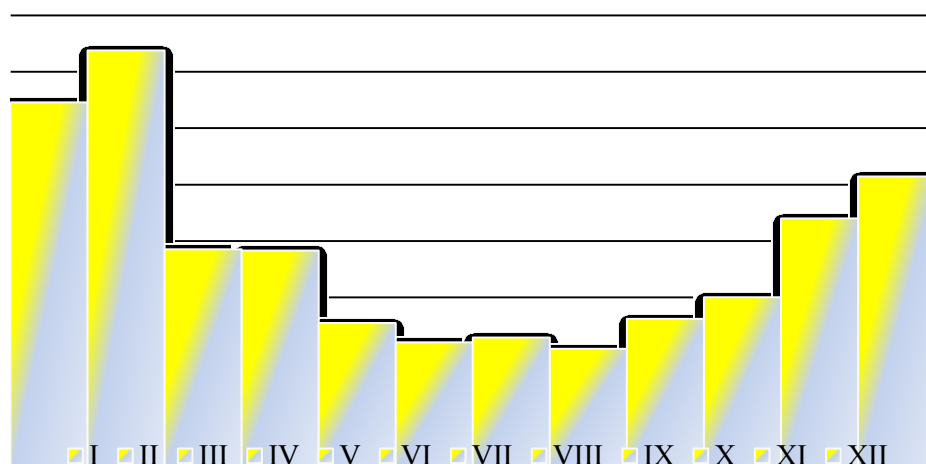


Рис. 4. Вариативность среднемесячных температур

Помимо этого на графике четко выделяются сезоны года. Холодные месяцы со средними температурами от -5.6 до 2.6 градусов (ноябрь – март), теплые месяцы со средней температурой от 23 до 25.3 градусов (май – сентябрь), а так же четко выражены два переходных месяца со средней температурой от 9.7 до 10.6 градусов (апрель и октябрь) во время которых происходит резкий переход от холодного к теплому сезону и наоборот.

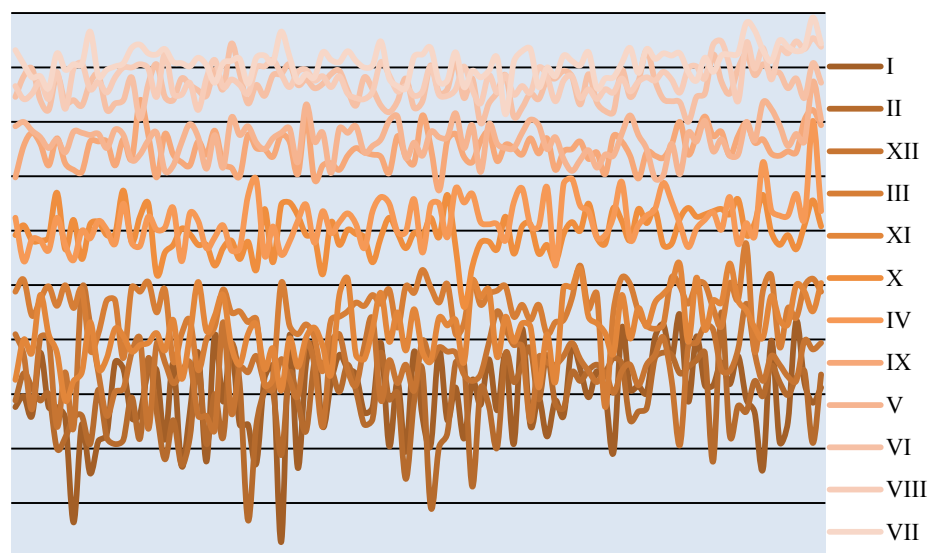


Рис. 5. Динамика температур отдельных месяцев

Тренды температур для отдельных месяцев совпадают с динамикой их вариативности, наиболее ярко выражены тренды на увеличение температуры в холодные месяцы, в то время как в теплые месяцы температура более стабильна, что позволяет сделать вывод об увеличении общей среднегодовой температуры за счет увеличения температуры холодных месяцев (рис. 6) [2, 10].

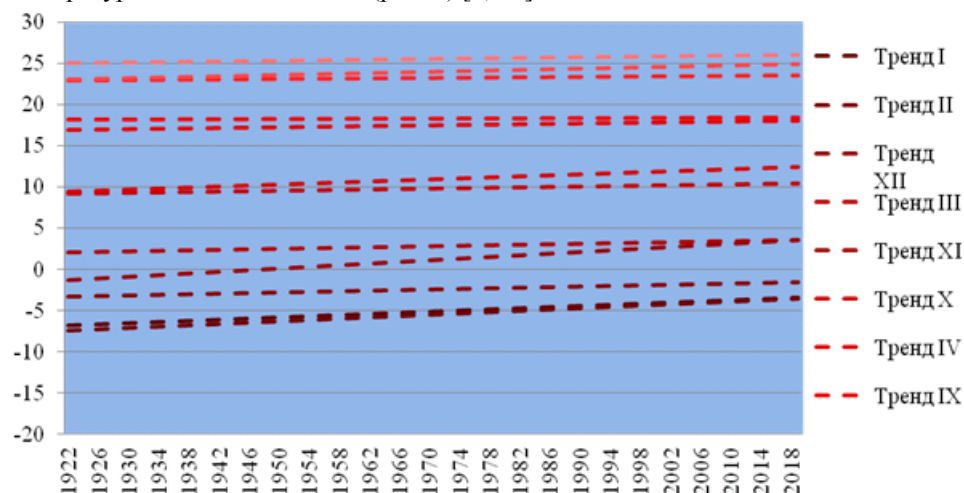


Рис. 6. Тренды температур различных месяцев

Вместе с тем при определении динамики среднемесячной температуры теплых вегетационных месяцев, можно заметить общий тренд на её повышение, начиная с середины 1990-х гг., то есть в период усиления тренда на рост среднегодовых температур (рис. 7) [4].

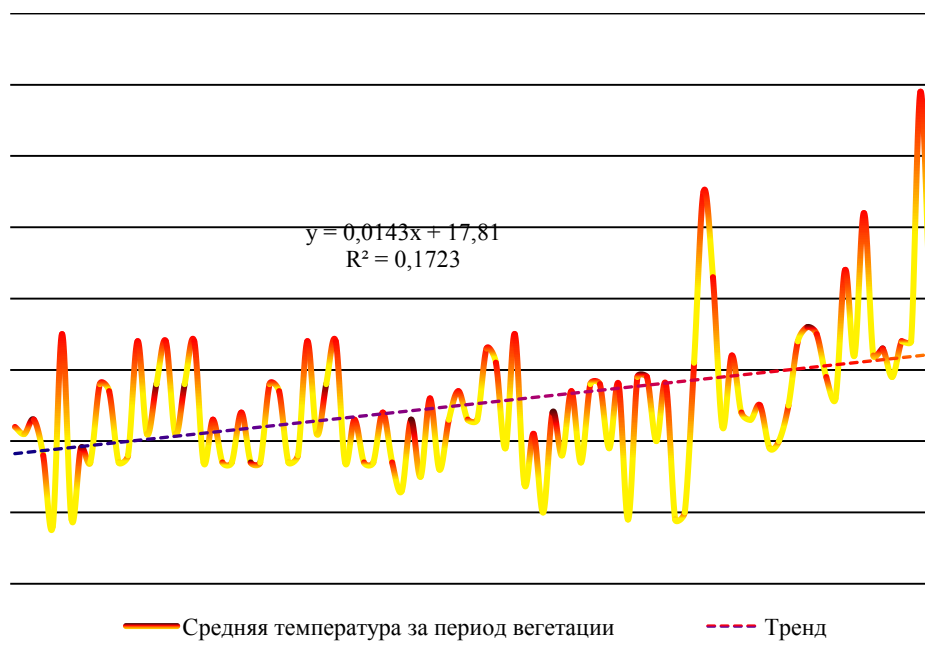


Рис. 7. Средняя температура за период вегетации

Кроме того в период с середины 1990-х гг. наблюдается резкое усиление вариативности температур за период вегетации за счет увеличения количества anomalно теплых периодов.

В период с 1922 по 1994 г. стандартное отклонение среднемесячных температур в период вегетации составляет 0.7 градуса, в то время как с 1995 по 2019 г. оно составляет 1.15 градуса, что больше на 64 %.

Выводы. Исходя из полученных данных проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В температурном режиме Северного Прикаспия в пределах территории дельты р. Волги наблюдаются четко выраженные теплые и холодные периоды, разница между которыми составляет от 20 до 25 градусов. Сильные отклонения температур при anomalно теплых и холодных месяцах практически отсутствуют.

2. Резкий переход между теплым и холодным периодами осуществляется в течение переходных месяцев (апрель, октябрь), за время которых наблюдается двух и трехкратный прирост или уменьшение среднемесячной температуры.

3. В общей динамике наблюдается тренд на увеличение среднегодовой температуры, который в наибольшей степени усилился с середины 1990-х гг.

4. Наибольший вклад в увеличение среднегодовой температуры на протяжении всего изучаемого периода вносит увеличение температуры холодных месяцев, вместе с тем тренд на увеличение температуры в середине 1990-х гг. связан с началом периода роста средних температур в теплые месяцы.

5. Общая вариативность среднемесячных температур не имеет достоверно выраженного тренда, поскольку усиление вариативности температур теплых месяцев

имеет потенциал изменения общего тренда на снижение стандартного отклонения среднемесячных температур в дальнейшем.

6. В динамике температуры исследуемой территории можно выделить два периода:

- период с 1922 до середины 1990-х гг., который характеризовался высокой вариативностью температур в холодные месяцы и общим ростом их температур, слабой вариативностью в теплые месяцы и отсутствием тренда на их изменение, а так же общим трендом на снижение вариативности температур в течение года;

- период с середины 1990-х гг. по настоящее время, который характеризуется незначительным уменьшением вариативности температур в холодные месяцы, продолжением тренда на их повышение, формированием тренда на повышение температур в теплые месяцы и усиление их вариативности, а так же усиление стандартного отклонения температур в течение года.

7. При сохранении текущей динамики можно ожидать увеличения средней температуры в теплые месяцы и появление большего количества аномально жарких периодов вместе с усилением общего разброса показателей температуры в течение года и продолжающимся трендом на повышение температуры в холодные месяцы.

Список литературы

1. Атлас дельты реки Волги: геоморфология, русловая и береговая морфодинамика / Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова; институт Океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Москва. 2015. 128 с.
2. Валов М. В. Климатические изменения Северного Прикаспия: многолетние температурные тренды в дельте реки Волги / Валов М. В., Бармин А. Н., Колотухин А.Ю., Ерошкина О.С., Пробст Е.Н. // Географические исследования азиатской России и сопредельных территорий: новые методы и подходы. Материалы Международной конференции, посвященной 70-летию географического факультета ИГУ. 2019 Издательство: Иркутский государственный университет (Иркутск). 01-03 октября 2019 г., г. Иркутск. С. 66-67.
3. Валов М. В. Влияние контрастных смен условий влагообеспеченности на динамику характеристик почвенно-растительного компонента ландшафта дельты р. Волги / Валов М. В., Бармин А. Н., Колотухин А.Ю., Ерошкина О.С., Шуваев Н.С. // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 2 (73). С. 121-131.
4. Валов М. В. Дельта реки Волги: влияние ведущих факторов ландшафтной трансформации на почвенно-растительный покров / Валов М. В., Бармин А. Н., Иолин М. М. // Издатель: Сорокин Роман Васильевич. Астрахань, 2018. 140 с.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Москва. 2020. 97 с.
6. Колчин Е.А. Особенности климатических изменений аридной территории Российской Федерации / Колчин Е.А., Бармин А.Н., Крыжановская Г.В., Валов М.В. // Геология, география и глобальная энергия №4 (67) 2017. С. 113–122.
7. Кузьмина Ж. В. Влияние зарегулирования речного стока и изменений климата на динамику наземных экосистем Нижней Волги / Кузьмина Ж. В., Трешкин С. Е., Шинкаренко С. С. // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 4 (77). С. 3–18.
8. Макаров, И.А. Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке / И.А. Макаров // Экономический журнал ВШЭ № 3. 2013. С. 479-496.
9. Сапанов М. К. Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24, № 1 (74). С. 20–31.
10. Valov M. V. The modern state of the ecosystem in the Volga River delta ecotone and dynamics of the changes in water availability conditions / Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.– 2019.– November.– Vol. 381.– P. 012092 DOI 10.1088/1755-1315/381/1/012092
11. Christoph S. Climate extremes heat waves to come // Nature Climate Change. 2016. Vol. 6. P. 128–129.
12. Climate Change. The Physical Science Basis // Working Group i Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press. 1535 p. URL: <http://www.climatechange2013.org>

References

1. *Atlas del'ty reki Volgi: geomorfologiya, ruslovaya i beregovaya morfodinamika* [Atlas of the Volga River Delta: Geomorphology, Channel and Coastal Morphodynamics] / Geograficheskiy fakul'tet MGU im. M.V. Lomonosova; institut Okeanologii im. P. P. Shirshova RAN. Moskva. 2015. 128 p.
2. Valov M. V. *Klimaticheskiye izmeneniya Severnogo Prikaspiya: mnogoletniye temperaturnyye trendy v del'te reki Volgi* [Climatic changes in the Northern Caspian region: long-term temperature trends in the Volga delta] / Valov M. V., Barmin A. N., Kolotukhin A.YU., Eroshkina O.S., Probst Ye.N. // *Geograficheskiye issledovaniya aziatskoy Rossii i sopredel'nykh territoriy: novyye metody i podkhody. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu geograficheskogo fakul'teta IGU*. 2019 Izdatel'stvo: Irkutskiy gosudarstvennyy universitet (Irkutsk). 01-03 oktyabrya 2019 g., g. Irkutsk. Pp. 66-67.
3. Valov M. V. *Vliyaniye kontrastnykh smen usloviy vlagoobespechennosti na dinamiku kharakteristik pochvenno-rastitel'nogo komponenta landshafta del'ty r. Volgi* [Influence of contrasting changes in moisture supply conditions on the dynamics of characteristics of the soil-plant component of the landscape of the Volga river delta] / Valov M. V., Barmin A. N., Kolotukhin A.YU., Eroshkina O.S., Shuvayev N.S. // *Geologiya, geografiya i global'naya energiya* [Geology, Geography and Global Energy]. 2019. № 2 (73). Pp. 121-131.
4. Valov M. V. *Del'ta reki Volgi: vliyaniye vedushchikh faktorov landshaftnoy transformatsii na pochvenno-rastitel'nyy pokrov* [Delta of the Volga River: the influence of the leading factors of landscape transformation on the soil cover] / Valov M. V., Barmin A. N., Iolin M. M. // Izdatel': Sorokin Roman Vasil'yevich. Astrakhan', 2018. 140 p.
5. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2019 god* [A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2019]. Moskva. 2020. 97 p.
6. Kolchin E.A. *Osobennosti klimaticheskikh izmeneniy aridnoy territorii Rossiyskoy Federatsii* [Peculiarities of climatic changes in arid territory of the Russian Federation] / Kolchin E.A., Barmin A.N., Kryzhanovskaya G.V., Valov M.V. // *Geologiya, geografiya i global'naya energiya* [Geology, Geography and Global Energy]. №4 (67) 2017. Pp. 113-122.
7. Kuz'mina Zh. V. *Vliyaniye zaregulirovaniya rechnogo stoka i izmeneniy klimata na dinamiku nazemnykh ekosistem Nizhney Volgi* [Influence of regulation of river runoff and climate change on the dynamics of terrestrial ecosystems of the Lower Volga] / Kuz'mina Zh. V., Treshkin S. Ye., Shinkarenko S. S. // *Aridnyye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2018. T. 24. № 4 (77). Pp. 3-18.
8. Makarov, I.A. *Global'noye izmeneniye klimata kak vyzov mirovoy ekonomike i ekonomicheskoy nauke* [Global climate change as a challenge to the world economy and economic science] / I.A. Makarov // *Ekonomicheskyy zhurnal VSHE* [Economic Journal of the Higher School of Economics]. № 3. 2013. Pp. 479-496.
9. Sapanov M. K. *Ekologicheskiye posledstviya potepleniya klimata v Severnom Prikaspii* [Ecological consequences of climate warming in the Northern Caspian region] // *Aridnyye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2018. T. 24, № 1 (74). Pp. 20-31.
10. Valov M. V. The modern state of the ecosystem in the Volga River delta ecotone and dynamics of the changes in water availability conditions / Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. November. Vol. 381. P. 012092 DOI 10.1088/1755-1315/381/1/012092
11. Christoph S. Climate extremes heat waves to come // *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6. Pp. 128-129.
12. Climate Change. The Physical Science Basis // Working Group I Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press. 1535 p. URL: <http://www.climatechange2013.org>