

УДК 551.583.13

DOI: 10.46698/VNC.2024.92.31.017

Оригинальная статья

Динамика агроклиматических показателей степных ландшафтов Северного Кавказа по данным наземных наблюдений

И.А. Керимов , В.В. Братков , Л.Р. Бекмурзаева 

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова,
Россия, 364051, г. Грозный, пр. Х. Исаева, 100,
e-mail: eip-eco2017@yandex.ru

Статья поступила: 02.04.2024, доработана: 26.04.2024, принята к публикации: 29.04.2024

Резюме: Актуальность работы. Согласно докладом межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), климатические изменения проявляются не только в глобальном масштабе, но и на региональном уровне. Изменение температурного режима и режима осадков, несомненно, сказывается на агроклиматических показателях территории. Одной из ведущих отраслей Северо-Кавказского региона является сельское хозяйство, которое в достаточной мере зависит от климатических условий и их изменчивости. Так как наиболее востребованными в растениеводстве являются степные ландшафты Северного Кавказа, занимающие 40% всей территории, то тематика исследования представляет не только научный, но и практический интерес. **Цель** – оценка современных агроклиматических условий степных ландшафтов Северного Кавказа. **Задачи** – на основе традиционных методов, используемых в агрометеорологии обработать статистический материал, обобщить и интерпретировать полученные результаты, сделать обоснованные выводы о динамике агроклиматических показателей на фоне меняющегося климата. **Материалы и методы.** Для оценки агроклиматических условий использовались традиционные агроклиматические показатели, такие как суммы среднесуточных значений температуры воздуха за период календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5 и 10°C; даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, 5 и 10°C весной и осенью; средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев календарного года; гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Обработка материала проводилась методами математической статистики с использованием электронных таблиц Excel. Обработаны данные по температуре и осадкам в период с 1961 по 2020 годы по 10 метеорологическим станциям. **Результаты.** Годовая температура выросла на 0,98°C. Суммы активных температур, превышающих 5 и 10°C, выросли до 10 и 16% соответственно. Зимы стали более мягкими, а лето более жарким. Осадки выросли в среднем на 72 мм. Значение ГТК соответствует таким ландшафтными зонам как степь и лесостепь. **Выводы.** Наблюдаемые изменения климата степных ландшафтов Северного Кавказа способствуют улучшению условий тепло- и влагообеспечения.

Ключевые слова: современные климатические изменения, агроклиматические условия, температура, осадки, гидротермический коэффициент.

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова FZNU-2024-0001 «Оценка влияния современных климатических изменений на природные и природно-антропогенные комплексы (на примере Чеченской Республики)».

Для цитирования: Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. Динамика агроклиматических показателей степных ландшафтов Северного Кавказа по данным наземных наблюдений. *Геология и геофизика Юга России*. 2024. 14(2): 219-230. DOI: 10.46698/VNC.2024.92.31.017

DOI: 10.46698/VNC.2024.92.31.017

Original paper

Dynamics of agroclimatic indicators of steppe landscapes of the North Caucasus according to ground observations

I.A. Kerimov , V.V. Bratkov , L.R. Bekmurzaeva 

Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, 100 Ave. H.A. Isaeva,
Grozny 364051, Russian Federation, e-mail: eip-eco2017@yandex.ru

Received: 02.04.2024, revised: 26.04.2024, accepted: 29.04.2024

Abstract: Relevance. According to the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), climate change is manifested not only on a global scale, but also at the regional level. Changes in temperature and precipitation regimes undoubtedly affect the agroclimatic indicators of the territory. One of the leading industries in the North Caucasus region is agriculture, which is quite dependent on climatic conditions and their variability. Since the steppe landscapes of the North Caucasus are the most popular in crop production, occupying 40% of the entire territory, the research topic is of not only scientific, but also practical interest. **Aim** – assessment of modern agroclimatic conditions of steppe landscapes of the North Caucasus. **Tasks** – based on traditional methods used in agrometeorology, process statistical material, summarize and interpret the results, draw reasonable conclusions about the dynamics of agroclimatic indicators against the backdrop of a changing climate. **Materials and methods.** To assess agro-climatic conditions, traditional agro-climatic indicators were used, such as the sum of average daily air temperatures for the period of a calendar year with an average daily temperature exceeding 0, 5 and 10° C; dates of stable transition of the average daily air temperature through 0, 5 and 10°C in spring and autumn; average temperature of the coldest and warmest months of the calendar year, Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC). The processing of the material was carried out by methods of mathematical statistics using Excel spreadsheets. Processed data on temperature and precipitation in the period from 1961 to 2020 for 10 meteorological stations. **Results.** The annual temperature increased by 0.98°C. The sums of active temperatures exceeding 5 and 10°C increased to 10 and 16%, respectively. Winters have become milder and summers hotter. Precipitation increased by an average of 72 mm. The value of the HTC corresponds to such landscape zones as steppe and forest-steppe. **Conclusions.** The observed climate changes in the steppe landscapes of the North Caucasus contribute to the improvement of heat and moisture conditions.

Keywords: modern climatic changes, agro-climatic conditions, temperature, precipitation, hydrothermal coefficient.

Acknowledgments: *The work was carried out within the framework of the state task of the State Scientific Technical University named after. Academician M.D. Millionshchikov FZNU-2024-0001 “Assessment of the impact of modern climate change on natural and natural-anthropogenic complexes (using the example of the Chechen Republic)”.*

For citation: Kerimov I.A., Bratkov V.V., Bekmurzaeva L.R. Dynamics of agroclimatic indicators of steppe landscapes of the North Caucasus according to ground observations. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2024. 14(2): 219-230. DOI: 10.46698/VNC.2024.92.31.017

Введение

Природно-климатические ресурсы территории являются важнейшим фактором, влияющим на сельскохозяйственную специализацию региона. Оценка климатических изменений в глобальном и континентальном масштабах, их влияние на окружающую среду и различные секторы экономики, а также методы борьбы и адаптации к

происходящим изменениям, представлены в работах [Chausson et al., 2020; Malhi et al., 2021; Aryal et al., 2020; Abbass et al., 2022; Malhi et al., 2020; Fawzy et al., 2020] (https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf). На фоне глобального изменения климата, климатические ресурсы отдельных регионов также претерпевают изменения. Климатическим изменениям Северного Кавказа и его отдельных регионов посвящено множество работ. Климатические изменения в горных районах Кавказа и их влияние на развитие опасных гидрометеорологических явлений, а также современное оледенение рассмотрено в работах [Аджиева и др., 2009; Залиханов, 1985; Лурье, Панов, 2013; Яицкая и др., 2023]. Оценка современных изменений климата Ставропольского края и прогностическая оценка на XXI век дана в работе [Бадахова, Кнутас, 2007]. Подробное описание изменения элементов климата (ветра, температуры воздуха, влажности, осадков и др.) Ростовской области представлено в работе [Панов и др., 2007]. Анализ климатических изменений Юга России и их влияние на водный режим, а также прогноз возможного влияния на АПК и способы адаптации рассмотрены в работах [Лурье, 2002; Ларионов, 2001; Ашабоков и др., 2020]. Оценка современного агроклиматического потенциала Чеченской Республики дана в работе [Заурбеков и др., 2020]. Изучение климатических изменений в определенном типе ландшафта, представлено в работе [Керимов и др., 2021].

Таким образом, оценка современных агроклиматических условий территории Северного Кавказа не проводилась, наше исследование направлено на восполнение этого пробела. Учитывая, что 40% территории Северного Кавказа занимают степные ландшафты, которые активно вовлечены в сельское хозяйство, в основном для выращивания зерновых и зернобобовых культур, то целью настоящего исследования является оценка современных агроклиматических условий степных ландшафтов Северного Кавказа. Основные задачи исследования – на основе традиционных методов, используемых в агрометеорологии обработать статистический материал, обобщить и интерпретировать полученные результаты, сделать обоснованные выводы о динамике агроклиматических показателей на фоне меняющегося климата.

Методы исследования

Все оценки, приведенные в статье, основаны на метеорологических и агрометеорологических данных наблюдательной сети Росгидромета по 10 метеорологическим станциям (Изобильный, Ставрополь, Гудермес, Грозный, Александровское, Гигант, Армавир, Краснодар, Анапа, Приморско-Ахтарск). Выбор метеостанции основывался исходя из репрезентативности и длительного и непрерывного ряда наблюдений (с 1961 по 2020 гг.). Репрезентативность оценивалась на основе коэффициента увлажнения (K_u) Н.Н. Иванова, который установил соответствие между K_u и ландшафтными зонами [Иванов, 1948]. В качестве базового периода (нормы) используются данные из [Справочник ..., 1966].

Агроклиматические ресурсы той или иной территории определяются теплообеспеченностью, влагообеспеченностью и условиями перезимовки [Методы оценки..., 2012].

Важнейшими показателями теплообеспеченности региона являются [Кельчевская, 1971; Методы оценки ..., 2012]:

– суммы среднесуточных значений температуры воздуха за период календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0, 5 и 10°C, подсчет сумм температур в среднем многолетнем разрезе производится по среднемесячной температуре, снятой с графика годового хода температур;

– даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0, 5 и 10°C весной и осенью, определялись по среднемесячной температуре воздуха графическим способом;

– средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев календарного года, средняя многолетняя величина получается простым суммированием показателей и делением этой суммы на число используемых для расчета случаев или лет.

Оценка условий увлажнения вегетационного периода по количеству выпадающих осадков не может быть достаточной для познания агроклиматических ресурсов региона, т.к. не учитывается испаряемость. Для климатологической оценки степени увлажнения территории разработаны различные коэффициенты и индексы. Наиболее известными из них являются:

– коэффициент увлажнения (Ку) Н.Н. Иванова – отношение количества атмосферных осадков, выпадающих за определённый период, к величине испаряемости за тот же период, выраженное в процентах;

– гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова – отношение осадков за период с температурой выше 10°C к сумме температур ($t > 10^\circ$), уменьшенной в 10 раз [Методы оценки ..., 2012].

Принимая во внимание то, что коэффициент увлажнения учитывает осадки за весь год, этот показатель, на наш взгляд, для агроклиматической характеристики не является информативным, т.к. нас интересуют осадки вегетационного периода.

Результаты исследования

Средняя температура приземного воздуха за исследуемый период составила 11,1°C и оказалась выше нормы на 0,98°C (табл. 1). Как видно из табл. 1 наиболее сильно температура воздуха выросла с ноября по апрель, т.е. в холодный период.

Таблица 1/ Table 1

Отклонение от нормы средней температуры приземного воздуха за период с 1961 по 2020 гг. / Deviation from the norm of average surface air temperature for the period from 1961 to 2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год / year
Изобильный / Izobilnyj	1,4	1,9	2,0	1,5	0,3	0,7	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	0,3	0,7	0,6
Ставрополь / Stavropol	0,8	0,8	0,8	1,2	0,2	0,6	0,4	0,2	0,3	-0,5	0,3	0,4	0,4
Гудермес / Gudermes	1,2	1,0	1,5	1,4	0,5	0,9	0,5	0,3	0,9	0,1	0,8	0,8	0,8
Грозный /Groznyj	1,3	0,9	1,7	1,7	0,4	0,3	0,2	0,3	1,0	0,2	0,8	1,1	0,8
Александровское/ Aleksandrovskoe	1,6	1,9	1,8	1,7	0,5	0,3	0,1	-0,1	0,5	0,1	0,8	1,4	0,9
Гигант /Gigant	1,9	2,0	2,1	1,7	0,6	1,0	0,6	0,6	0,9	0,6	1,2	2,0	2,1
Армавир / Armavir	1,8	2,2	1,6	1,4	0,6	1,0	0,6	0,8	0,9	0,3	1,1	1,8	1,2
Краснодар / Krasnodar	1,7	2,0	1,4	1,4	0,8	1,1	0,9	0,9	1,2	0,4	1,4	2,0	1,3
Анапа /Анапа	1,0	1,3	0,8	1,1	0,5	1,1	0,7	0,7	0,8	0,0	0,9	1,0	0,8
Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	1,4	1,9	1,8	1,4	0,6	0,7	0,3	0,5	0,7	0,2	0,9	1,6	0,9
Среднее /Average	1,41	1,59	1,55	1,45	0,5	0,77	0,41	0,41	0,7	0,1	0,85	1,28	0,98

Сумма активных температур, превышающая 5°C выросла от 2 до 10 %, меньше всего в Ставрополе, больше всего – в Армавире 10% (рис. 1). Сумма активных температур, превышающая 10°C выросла на 2–16%, только в Изобильном оказалась ниже нормы (рис. 2). Отмечается смягчение зим, средняя температура января выросла (рис. 3). Средняя температура июля также выросла (рис. 4), за исключением Изобильного, где она осталась практически в пределах нормы и Грозного, где разница связана с переносом станции в 2000-х годах на новое место.

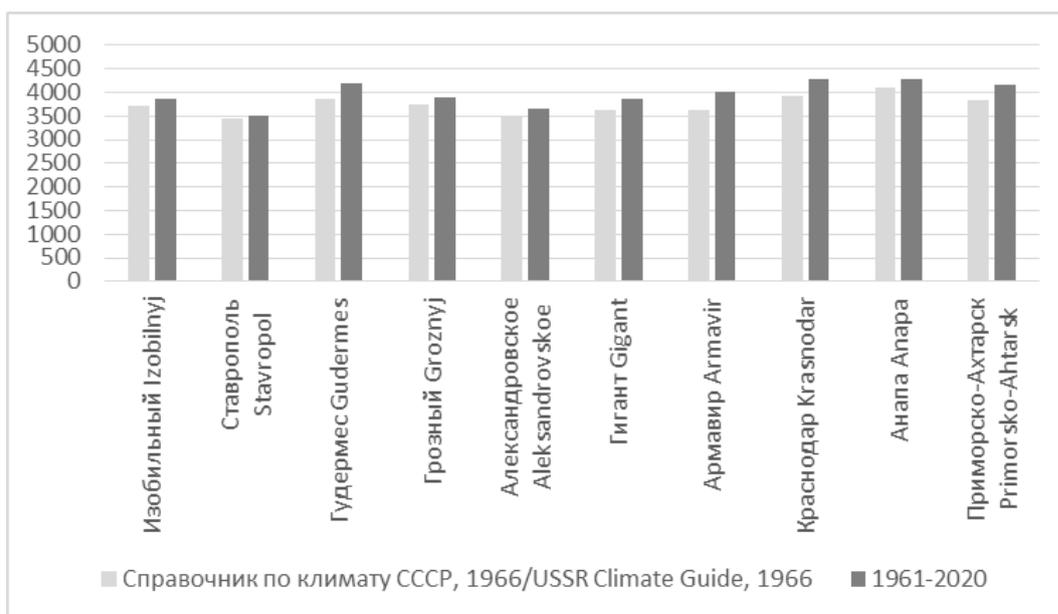


Рис. 1. Динамика суммы активных температур, превышающей 5°C за период с 1961 по 2020 гг. / Fig. 1. Dynamics of the sum of active temperatures exceeding 5°C for the period from 1961 to 2020

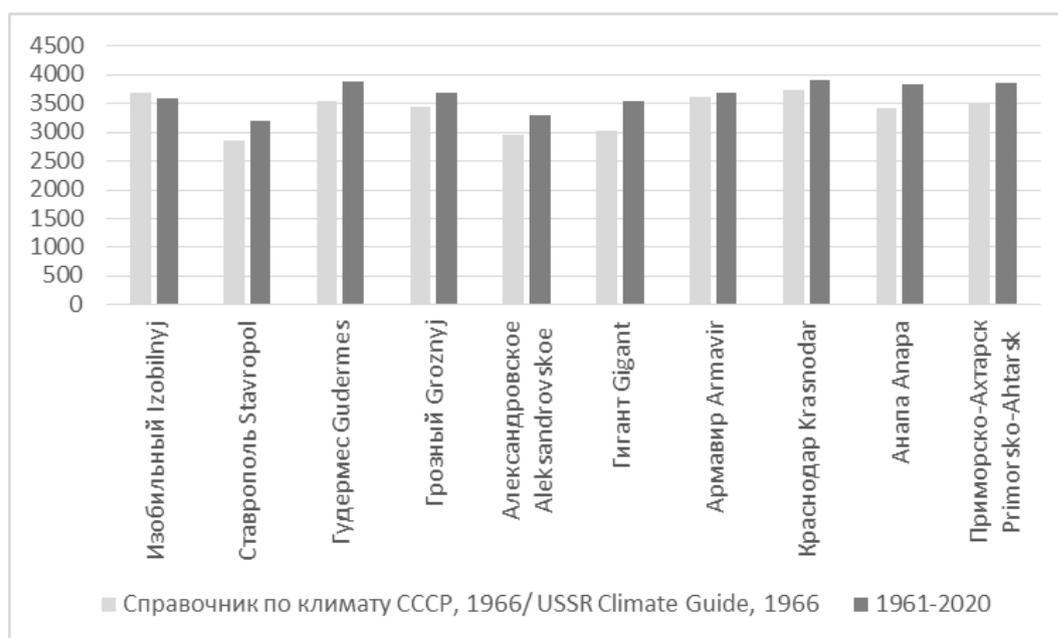


Рис. 2. Динамика суммы активных температур, превышающей 10°C за период с 1961 по 2020 гг. / Fig. 2. Dynamics of the sum of active temperatures exceeding 10°C for the period from 1961 to 2020

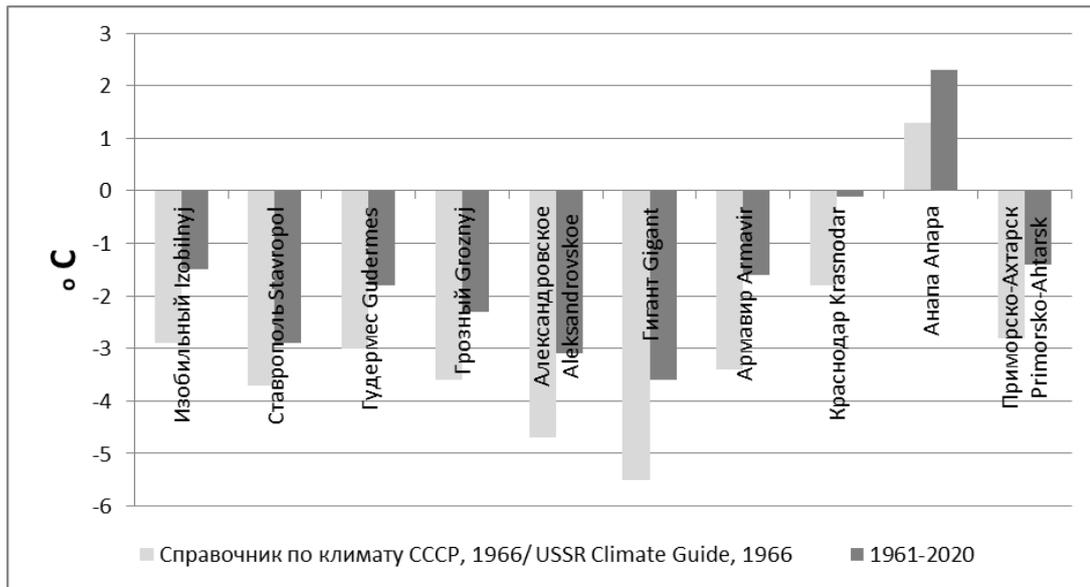


Рис. 3. Средняя температура января за 1961–2020 гг. в сравнении с нормой /
 Fig. 3. Average January temperature for 1961–2020 compared to the norm

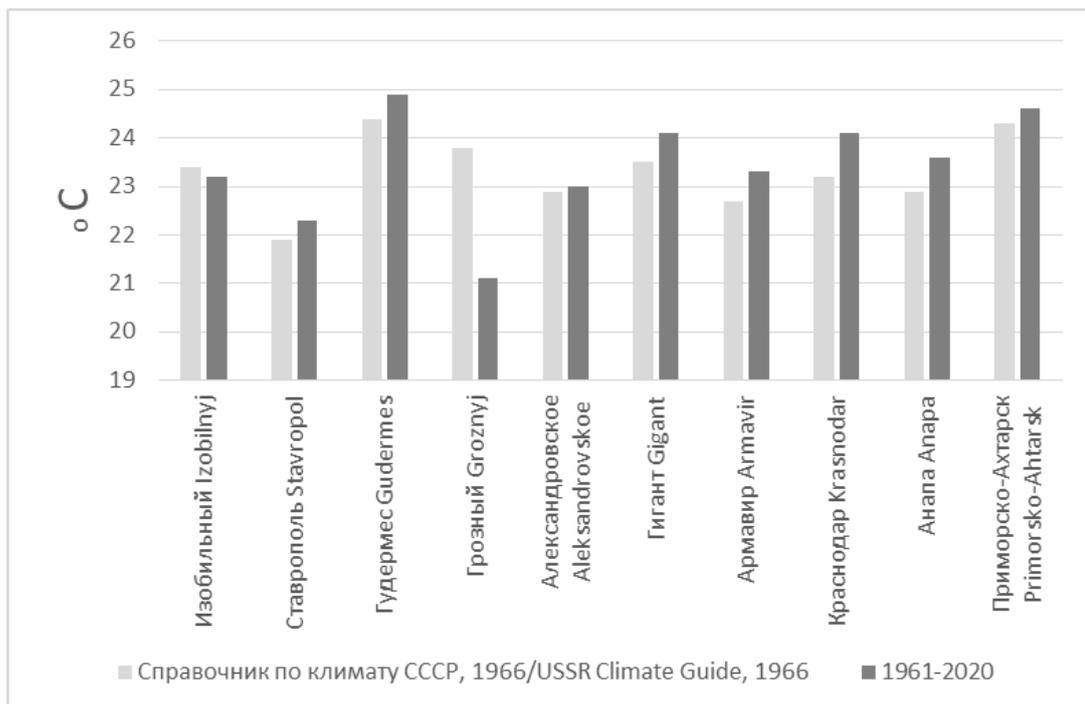


Рис. 4. Средняя температура июля за 1961–2020 гг. в сравнении с нормой /
 Fig. 4. July average temperature for 1961–2020 compared to the norm

Период с переходом температуры воздуха через 0°C, 5 и 10°C весной наступает раньше в среднем на 13, 8 и 9 дней соответственно. Осенью переход температуры воздуха через 0°C наступает позже в среднем на 6 дней, через 5 и 10°C – позже на 1 день (табл. 2–4).

Таблица 2/ Table 2

**Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C
весной и осенью / Dates of sustainable transition of the average daily air temperature
through 0°C in spring and autumn**

Метеорологическая станция / Weather station	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days
	Весна / spring			Осень / autumn		
Изобильный / Izobilnyj	28.02	15.02	13	14.12	15.12	1
Ставрополь / Stavropol	08.03	15.02	21	06.12	15.12	9
Гудермес / Gudermes	25.02	15.02	10	12.12	15.12	3
Грозный / Groznyj	02.03	22.02	8	04.12	14.12	10
Александровское / Aleksandrovskoe	11.03	01.03	10	28.11	07.12	9
Гигант / Gigant	14.03	01.03	13	26.11	07.12	11
Армавир / Armavir	01.03	15.03	-14	06.12	15.12	9
Краснодар / Krasnodar	22.02	15.01	38	18.12	15.12	-3
Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	04.03	17.02	15	11.12	15.12	4
Среднее / Average			13			6

Таблица 3/ Table 3

**Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5°C
весной и осенью / Dates of sustainable transition of the average daily air temperature
through 5°C in spring and autumn**

Метеорологическая станция / Weather station	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days
Изобильный / Izobilnyj	26.03	15.03	11	13.11	14.11	1
Ставрополь / Stavropol	29.03	30.30	-1	07.11	09.11	2
Гудермес / Gudermes	25.03	17.03	8	14.11	17.11	3
Грозный / Groznyj	29.03	19.03	10	11.11	13.11	2
Александровское / Aleksandrovskoe	02.04	21.03	12	05.11	07.11	2
Гигант / Gigant	31.03	22.03	9	03.12	08.11	-25
Армавир / Armavir	24.03	01.03	23	11.11	15.11	4
Краснодар / Krasnodar	19.03	08.03	11	14.11	20.11	6
Анапа / Anapa	14.03	22.03	-8	03.12	15.12	12
Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	25.03	17.03	8	13.11	16.11	3
Среднее / Average			8			1

Таблица 4/ Table 4

**Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 10°C
весной и осенью / Dates of sustainable transition of the average daily air temperature
through 10°C in spring and autumn**

Метеорологическая станция / Weather station	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days	Справочник..., 1966 / Directory..., 1966	1961-2020	Отклонение в днях / Deviation in days
Изобильный / Izobilnyj	13.04	07.04	6	20.10	19.10	-1
Ставрополь / Stavropol	22.04	07.04	15	15.10	15.10	0
Гудермес / Gudermes	16.04	02.04	14	24.10	22.10	-2
Грозный / Groznyj	17.04	13.04	4	20.10	21.10	1
Александровское / Aleksandrovskoe	21.04	01.04	20	12.10	15.10	3
Гигант / Gigant	18.04	13.04	5	14.10	17.10	3
Армавир / Armavir	14.04	07.04	7	20.10	22.10	2
Краснодар / Krasnodar	10.04	06.04	4	23.10	28.10	5
Анапа / Anapa	16.04	10.04	6	01.11	03.11	2
Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	15.04	08.04	7	23.10	22.10	-1
Среднее / Average			9			1

Осадки распределяются неравномерно, в среднем по территории выпадает 571 мм. За исследуемый период осадки выросли на 72 мм. Существенное увеличение (больше 10%) наблюдается в Изобильном и Приморско-Ахтарске (11%), Гудермесе, Краснодаре и Армавире (12–13%), Александровском (16%), Гиганте (19%) (рис. 5). Данные по остальным метеостанциям показывают, что осадки остались в пределах нормы или ниже нормы (Ставрополь).

Таблица 5/ Table 5

**Отклонение от нормы осадков за период с 1961 по 2020 гг. /
Deviation from normal precipitation for the period from 1961 to 2020**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год/ year
Изобильный / Izobilnyj	-3	1	8	6	11	10	-9	0	19	12	5	0	61
Ставрополь / Stavropol	-5	0	-1	-7	-7	-7	-25	-7	-9	4	-7	-6	-75
Гудермес / Gudermes	9,5	7,5	3,8	6,1	12,5	11,5	3,8	-1,4	-6,3	-0,3	1,1	8,1	55,8
Грозный / Groznyj	4	4	-2	3	3	4	-3	-4	-2	3	2	5	16
Александровское/ Aleksandrovskoe	6	6	11	8	-1	10	4	15	0	11	2	11	83
Гигант / Gigant	9,9	5,7	7,2	2,6	8,6	-6,3	-0,5	1,8	6,7	2,2	10,1	8,6	167,8
Армавир / Armavir	2,4	0,3	4,9	3,2	21,6	2,9	7,7	4,9	6,1	3,3	4,2	7,1	68,5
Краснодар / Krasnodar	14,2	-3,0	6,8	5,1	8,5	22,4	-0,6	-1,1	8,2	1,3	7,1	9,0	77,9
Анапа / Anapa	40,4	28,0	25,6	10,9	0,6	-2,7	-11,0	6,6	23,1	18,5	26,4	44,8	211,2
Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	11,4	5,7	7,2	1,1	6,5	0,2	3,0	-6,2	5,4	1,8	8,4	10,3	54,8
Среднее / Average	9	6	7	4	6	5	-3	1	5	6	6	10	72

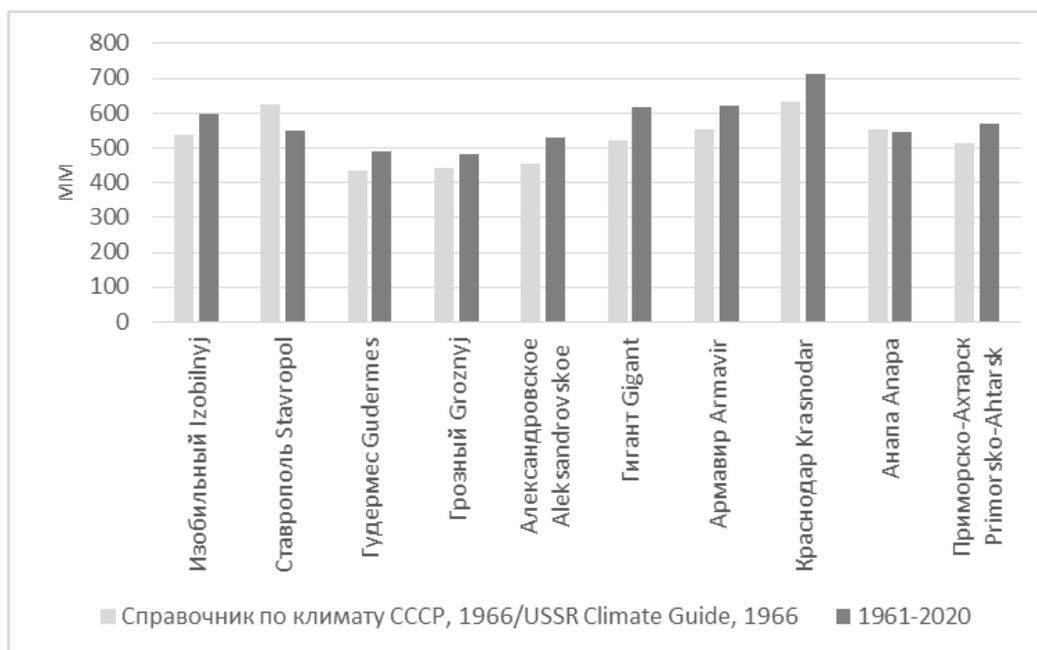


Рис. 5. Осадки за 1961–2020 гг. в сравнении с нормой /

Fig. 5. Precipitation for 1961–2020 compared to the norm

Значения гидротермического коэффициента соответствуют значениям, характерным для степи и лесостепи (от 0,7 до 1,1). Изменение ГТК за рассматриваемый период незначительно. В Ставрополе и Приморско-Ахтарске отклонение имеет отрицательную величину за счет снижения осадков вегетационного периода (табл. 6).

Таблица 6 / Table 6

Отклонение показателей увлажнения от среднееголетнего значения за период с 1961 по 2020 гг. / Deviation of humidity indicators from the average value for the period from 1961 to 2020

Метеорологическая станция / Weather station	Гидротермический коэффициент / 1961–2020 Hydrothermal coefficient 1961–2020	Отклонение от нормы / Deviation from the norm	Метеорологическая станция / Weather station	Гидротермический коэффициент / 1961–2020 / Hydrothermal coefficient 1961–2020	Отклонение от нормы / Deviation from the norm
Изобильный / Izobilnyj	1,0	0,10	Гигант / Gigant	0,8	0,06
Ставрополь / Stavropol	1,0	-0,3	Армавир / Armavir	1,1	0,07
Гудермес / Gudermes	0,8	0,05	Краснодар / Krasnodar	1,0	0,06
Грозный / Groznyj	0,9	0,02	Анапа / Anapa	0,7	0,11
Александровское / Aleksandrovskoe	1,0	0,09	Приморско-Ахтарск / Primorsko-Ahtarsk	0,8	-0,08

Выводы

В статье приведены результаты исследований по десяти метеорологическим станциям, расположенным в степных ландшафтах Северного Кавказа за период с 1961 по 2020 гг.

Установлено, что годовая температура в среднем увеличилась на 0,98°C, что повлияло на увеличение сумм активных температур, превышающих 5°C и 10°C, до 10 и 16% соответственно. Средние температуры января и июля также выросли. Претерпели изменения периоды с устойчивым переходом температуры воздуха через 0, 5 и 10°C. Годовое количество осадков в среднем выросло на 72 мм. На семи из десяти рассматриваемых метеостанциях годовой прирост осадков составил более 10%. Значение ГТК за период с 1961 по 2020 гг. варьирует в пределах 0,7–1,1, что соответствует таким ландшафтными зонам как степь и лесостепь.

Проведенная оценка позволяет говорить об улучшении условий тепло- и влагообеспечения степных ландшафтов Северного Кавказа в исследуемый период, что уже сейчас позволяет выращивать более теплолюбивые культуры, увеличивать посевы позднеспелых видов зерновых, расширять посевы озимых культур. Увеличение продолжительности вегетационного и безморозного периодов создает более благоприятные условия для проведения сельскохозяйственных работ и уменьшения потерь при уборке урожая.

Проведенное исследование может послужить основой для актуализации карт сельскохозяйственного районирования территории Северного Кавказа, а также для культивирования на исследуемой территории более теплолюбивых видов сельскохозяйственных растений.

Литература

1. Аджиева А.А., Кондратьева Н.В. Изменение климата и гидрометеорологические явления в горных районах Кавказа. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2009. – Т. 1. № 1. – С. 68–72.
2. Ашабоков Б.А., Федченко Л.М., Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В. Пространственно-временное изменение климата юга европейской территории России, оценка его последствий, методы и модели адаптации АПК. Нальчик: Печатный двор, – 2020. 476 с.
3. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: Краевые сети связи, – 2007. 272 с.
4. Залиханов М.Ч. Прогноз изменения климата, высокогорных ландшафтов и оледенения Большого Кавказа на ближайшие десятилетия. // Труды ВГИ. Вып. 62. М.: Гидрометеопиздат, – 1985. – С. 14–33.
5. Заурбеков Ш.Ш., Бекмурзаева Л.Р., Братков В.В. Современный агроклиматический потенциал Чеченской Республики. // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 3. – С. 100–102.
6. Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара. // Записки ВГО, новая серия. Т. 1. М.–Л.: Издательство АН СССР, – 1948. 224 с.
7. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, – 1971. 214 с.
8. Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. Современные климатические тренды полупустынных ландшафтов Северного Кавказа. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2021. – Т. 13. № 4. – С. 576–589. DOI: 10.2117/1998-4502-2021-13-4-576589.
9. Ларионов Ю.А. Изменение границ агроклиматических подрайонов в связи с изменением климата. // Эколого-географический вестник Юга России. – 2001. – № 2. – С. 104–106.

10. Лурье П.М., Панов В.Д. Влияние изменения климата на современное оледенение и сток рек северного склона Большого Кавказа. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – Т. 5. № 2. – С. 70–77.
11. Лурье П.М. Глобальное изменение климата и сток рек юга России. // Эколого-географический вестник Юга России. – 2002. – № 2. – С. 42–45.
12. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Науч. ред. С.М. Семёнов. – М.: Росгидромет, – 2012. 512 с.
13. Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, – 2007. 487 с.
14. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. 2 / Под ред. В.Ф. Проценко – Л.: Гидрометиздат, – 1966. 492 с.
15. Яицкая Н.А., Дзаганя Л.М., Бригида В.С. Геоэкологические опасности в условиях климатических изменений территорий субтропической зоны Кавказа. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 2. – С. 118–132. DOI: 10.46698/VNC.2023.54.85.010.
16. Abbass K., Qasim M.Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol. 29. – pp. 42539–42559. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6.
17. Aryal J.P., Sapkota T.B., Khurana R., Khatri-Chhetri A., Rahut D.B., Jat M.L. Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. // Environment, Development and Sustainability. – 2020. – Vol. 22. – pp. 5045–5075. DOI: 10.1007/s10668-019-00414-4.
18. Chausson A., Turner B., Seddon D., Chabaneix N., Girardin C.A.J., Kapos V., Key I., Roe D., Smith A., Woroniecki S., Seddon N. Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. // Global Change Biology. – 2020. – Vol. 26. Issue 11. – pp. 6134–6155. DOI: 10.1111/gcb.15310.
19. Fawzy S., Osman A.I., Doran J., Rooney D.W. Strategies for mitigation of climate change: a review. // Environmental Chemistry Letters. – 2020. – Vol. 18. – pp. 2069–2094. DOI: 10.1007/s10311-020-01059-w.
20. Malhi G.S., Kaur M., Kaushik P. Impact of climate change on agriculture and Its mitigation strategies: a review. // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. Issue 3. – pp. – 1318–1339. DOI: 10.3390/su13031318.
21. Malhi Y., Franklin J., Seddon N., Solan M., Turner M.G., Field C.B., Knowlton N. Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. // Philosophical Transactions of the Royal Society B. – 2020. – Vol. 375. Issue 1794. 20190104. DOI: 10.1098/rstb.2019.0104.

References

1. Adzhieva A.A., Kondrateva N.V. Climate change and hydrometeorological phenomena in the mountainous regions of the Caucasus. Sustainable development of mountain territories. 2009. Vol. 1. No 1. pp. 68–72. 1. (In Russ.)
2. Ashabokov B.A., Fedchenko L.M., Tashilova A.A., Kesheva L.A., Teunova N.V. Spatio-temporal climate change in the south of the European territory of Russia, assessment of its consequences, methods and models of adaptation of the agro-industrial complex. Nalchik. Pechatnyj dvor. 2020. 476 p. (In Russ.)
3. Badahova G.H., Knutas A.V. Stavropol Territory: current climatic conditions. Stavropol. Kraevye seti svyazi. 2007. 272 p. (In Russ.)
4. Zalihanov M.CH. Forecast of climate change, alpine landscapes and glaciation of the Greater Caucasus for the coming decades. In: Proceedings of the VGI. Issue 62. Moscow. Gidrometeoizdat. 1985. pp. 14–33. (In Russ.)
5. Zaurbekov Sh.Sh., Bekmurzaeva L.R., Bratkov V.V. Modern agro-climatic potential of the Chechen Republic. Meteorology and hydrology. 2020. No 3. pp. 100–102. (In Russ.)

6. Ivanov N.N. Landscape and climatic zones of the globe. VGO Notes, new series. Vol. 1. Moscow–Leningrad. Publishing house of the USSR Academy of Sciences. 1948. 224 p. (In Russ.)
7. Kelchevskaya L.S. Methods for processing observations in agroclimatology. Leningrad. Hydrometeorological Publishing House. 1971. 214 p. (In Russ.)
8. Kerimov I.A., Bratkov V.V., Bekmurzaeva L.R. Modern climatic trends of semi-desert landscapes of the North Caucasus. Sustainable development of mountain territories. 2021. Vol. 13. No 4. pp. 576–589. DOI: 10.2117/1998-4502-2021-13-4-576589. (In Russ.)
9. Larionov Yu.A. Changing the boundaries of agro-climatic sub-areas in connection with climate change. Ecological and geographical bulletin of the South of Russia. 2001. No 2. pp. 104–106. (In Russ.)
10. Lurie P.M., Panov V.D. Influence of climate change on modern glaciation and runoff of the rivers of the northern slope of the Greater Caucasus. Sustainable development of mountain territories. 2013. Vol. 5. No 2. pp. 70–77. (In Russ.)
11. Lurie P.M. Global climate change and river runoff in southern Russia. Ecological and geographical bulletin of the South of Russia. 2002. No 2. pp. 42–45. (In Russ.)
12. Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems. Ed. S.M. Semyonov. Moscow. Rosgidromet. 2012. 512 p. (In Russ.)
13. Panov V.D., Lurie P.M., Larionov Yu.A. Climate of the Rostov region: yesterday, today, tomorrow. Rostov-on-Don. Donskoy Publishing House. 2007. 487 p. (In Russ.)
14. USSR Climate Handbook. Issue 13. Part 2. Ed. V.F. Protsenko. Leningrad. Gidrometizdat. 1966. 492 p. (In Russ.)
15. Yaitskaya N.A., Dzaganina L.M., Brigida V.S. Geocological hazards in conditions of climate change in the territories of the subtropical zone of the Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No 2. pp. 118–132. DOI: 10.46698/VNC.2023.54.85.010. (In Russ.)
16. Abbass K., Qasim M.Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. pp. 42539–42559. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6.
17. Aryal J.P., Sapkota T.B., Khurana R., Khatri-Chhetri A., Rahut D.B., Jat M.L. Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability*. 2020. Vol. 22. pp. 5045–5075. DOI: 10.1007/s10668-019-00414-4.
18. Chausson A., Turner B., Seddon D., Chabaneix N., Girardin C.A.J., Kapos V., Key I., Roe D., Smith A., Woroniecki S., Seddon N. Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*. 2020. Vol. 26. Issue 11. pp. 6134–6155. DOI: 10.1111/gcb.15310.
19. Fawzy S., Osman A.I., Doran J., Rooney D.W. Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2020. Vol. 18. pp. 2069–2094. DOI: 10.1007/s10311-020-01059-w.
20. Malhi G.S., Kaur M., Kaushik P. Impact of climate change on agriculture and Its mitigation strategies: a review. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Issue 3. pp. 1318–1339. DOI: 10.3390/su13031318.
21. Malhi Y., Franklin J., Seddon N., Solan M., Turner M.G., Field C.B., Knowlton N. Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2020. Vol. 375. Issue 1794. 20190104. DOI: 10.1098/rstb.2019.0104.