

Научная статья

Original article

УДК 633.11 «324»:631.559 (470.62/.67)

DOI 10.55186/25880209_2024_8_4_8

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ**
INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE PRODUCTIVITY OF
WINTER WHEAT IN THE CENTRAL CIS-CAUCASUS



Ситников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ректор Ставропольского государственного аграрного университета, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, rector@stgau.ru

Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, aesaulko@yandex.ru

Письменная Елена Вячеславовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства и кадастра, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2786-1954>, pismennaya.elena@bk.ru

Sitnikov Vladimir Nikolaevich, candidate of agricultural sciences, rector of the Stavropol state agrarian university, associate professor of the department of agrochemistry and plant physiology, Stavropol State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, rector@stgau.ru

Esaulko Alexander Nikolaevich, doctor of agricultural sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, director of the Institute of Agrobiological and Natural Resources, professor of the department of agrochemistry and plant physiology, Stavropol State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, aesaulko@yandex.ru

Pismennaya Elena Vyacheslavovna, doctor of agricultural sciences, professor of the department of land management and cadastre, Stavropol State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2786-1954>, pismennaya.elena@bk.ru

Аннотация. В статье проанализированы тренды развития климата с 1972 г. по 2023 г. на основе данных 16 метеостанций в четырех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья. Среднегодовое количество осадков в первой зоне составило 34,7 мм, второй – 38,0 мм, третьей – 49,9 мм, четвертой – 47,3 мм. Скорость роста осадков заметна только в третьей зоне – 1,1 мм. Среднегодовая температура приземного слоя воздуха соответственно – 0,9 °С; 10,57 °С; 10,5 °С; 9,6 °С. Выявлено, что в первой зоне температура растет со скоростью 0,37°С/10 лет, во второй и третьей – 0,43°С/10 лет, четвертой – 0,62°С/10 лет. За рассматриваемый период в первой зоне начиная с 1993 г. тренды показателей значительно расходятся: повышается температура воздуха на фоне снижения осадков. Во второй зоне с 2000 г. начинается рост температуры и снижение выпадения осадков. В третьей зоне тренды показателей взаимосвязанно изменяются и пересекаются в 1973 г., 1982 г. и 1997 г. В четвертой – тренды пересекаются в 1977 г. и 1996 г. С 2010 г. взаимосвязь показателей ослабевает, отмечается рост температуры воздуха и снижение выпадения осадков.

Урожайность растет со скоростью 4,7 ц/га/10 лет; 3,2 ц/га/10 лет; 6,9 ц/га/10 лет; 4,9 ц/га/10 лет соответственно. Хотя, исходя из полиномиального тренда, вероятно, в ближайшей перспективе отрицательная динамика продуктивности озимой пшеницы будет в первой, во второй, четвертой зонах, за исключением третьей.

Следовательно, мониторинг климатических условий в целом показал тенденцию усиления засушливости территории, что, возможно, приведет к росту уязвимости возделывания сельскохозяйственной культуры (по площадям, сортам, агротехнологиям). Поэтому требуется оптимизация зональных агротехнологических мер, что позволит снизить климатическую зависимость зернового агроценоза.

Abstract. The article analyzes climate development trends from 1972 to 2023 based on data from 16 meteorological stations in four soil-climatic zones of the Central Ciscaucasia. The average long-term precipitation in the first zone was 34.7 mm, the second - 38.0 mm, the third - 49.9 mm, the fourth - 47.3 mm. The precipitation growth rate is noticeable only in the third zone - 1.1 mm. The average long-term surface air temperature is, respectively, 0.9 °C; 10.57 °C; 10.5 °C; 9.6 °C. It was revealed that in the first zone the temperature increases at a rate of 0.37 °C/10 years, in the second and third - 0.43 °C/10 years, in the fourth - 0.62 °C/10 years. Over the period under review, in the first zone, starting in 1993, the trends of the indicators diverge significantly: air temperature increases against the background of decreasing precipitation. In the second zone, since 2000, temperature begins to increase and precipitation decreases. In the third zone, the trends of the indicators change in an interconnected manner and intersect in 1973, 1982 and 1997. In the fourth, the trends intersect in 1977 and 1996. Since 2010, the relationship between the indicators has weakened, air temperature has increased and precipitation has decreased.

The yield is growing at a rate of 4.7 c/ha/10 years; 3.2 c/ha/10 years; 6.9 c/ha/10 years; 4.9 c/ha/10 years, respectively. Although, based on the polynomial trend, it is likely that in the near future the negative dynamics of winter wheat productivity will be in the first, second, fourth zones, with the exception of the third.

Consequently, monitoring of climatic conditions in general showed a tendency for the aridity of the territory to increase, which may lead to an increase in the vulnerability of agricultural crop cultivation (by area, varieties, agricultural technologies). Therefore, it is necessary to optimize zonal agro-technological measures, which will reduce the climatic dependence of the grain agrocenosis.

Ключевые слова: *климат, температура, осадки, продуктивность, озимая пшеницы*

Key words: *climate, temperature, precipitation, productivity, winter wheat*

Внимание научного сообщества привлекают исследования, связанные с глобальными климатическими изменениями и их влиянием на продуктивность сельскохозяйственных культур. Значимость этой проблематики для территории Центрального Предкавказья заключается в том, что здесь отмечаются наиболее благоприятные в России условия для ведения растениеводства. Современное потепление климата на всей территории России, которое началось в 70-е годы XX вв., имеет значительную скорость роста среднегодовой температуры воздуха – $0,50^{\circ}\text{C}/10$ лет (с 1976 г. по 2023 г.) [1]. Скорость роста среднегодовой температуры весной составляет $0,64^{\circ}\text{C}/10$ лет, летом – $0,41^{\circ}\text{C}/10$ лет. Причем каждое десятилетие начиная с 1981-1990 гг. теплее предыдущего.

В южных регионах увеличивается максимальная продолжительность сухого периода, что указывает на рост засушливости климата. На всех метеостанциях станциях Северо-Кавказского региона наблюдается положительный тренд средних годовых температур. Наиболее высокие темпы роста средних температур отмечаются летом и зимой. Изучением изменения климатических условий Центрального Предкавказья занимаются такие исследователи как Г.Х. Бадахова, А.В. Кнутас, Г.Х. Каплан, Н.А. Кравченко, В.И. Волкова, М.В. Барекова и другие [2-4].

Продуктивность зерновой культуры определяется в большей степени соблюдением зональных агротехнологий и темпами сортосмены. Высокая интенсификация производства способна скомпенсировать неблагоприятное

влияние климатических факторов. В тоже время, нарушение сроков выполнения технологических операция приводит к увеличению климатической зависимости урожая [5]. Исследования влияния климата на урожайность озимой пшеницы ведутся такими учеными как А.И. Хрипунов, Е.Н. Общия, Н.А. Галушко, В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун, А.Ю. Кишев, Н.И. Мамсиров, А.Л. Иванов, В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер, В.П. Белобров и другими [6-9].

Научная новизна исследований состоит в оценке климатических условий и влияния их на продуктивность основной зерновой культуры, возделываемой на территории Центрального Предкавказья за период с 1972 г. по 2023 г. с целью понимания тенденций продуктивности зернового клина.

Цель исследований – изучение влияния на продуктивность озимой пшеницы климатических условий Центрального Предкавказья.

В задачи исследования входил анализ по 4-м почвенно-климатическим зонам Центрального Предкавказья:

- 1) динамики среднегодовых температур воздуха и среднегодовых осадков, их взаимосвязи, формирование описывающих тренды моделей;
- 2) динамики урожайности озимой пшеницы во взаимосвязи с климатическими показателями, формирование описывающих тренды моделей.

Методика исследований. В качестве материалов для проведения исследований использовались официальные данные 16 метеостанций, которые находятся в 4-х почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья. Методологической основой для исследования климатических условий явились работы ведущих российских ученых. В процессе работы применялись специальные методы исследования – статистический (при котором годовые тренды значимы на 0,5%-ном уровне) и экспертных оценок.

Для анализа климатических изменений на территории первой почвенно-климатической зоны проанализированы данные метеостанций Арзгир и Дивное; второй зоны – Александровское, Благодарный, Светлоград, Буденновск, Зеленокумск и Рощино; третьей зоны – Изобильный, Невинномысск, Новоалександровск, Ставрополь, Красногвардейское; четвертой зоны –

Георгиевск, Кисловодск, Минеральные Воды. Показатели продуктивности озимой пшеницы предоставлены Министерством сельского хозяйства Ставропольского края. Климатические данные и продуктивность озимой пшеницы проанализированы за 1972-2023 гг., что считается достаточным для выявления существующих тенденций [8].

Объектом исследований является озимая пшеница, которая возделывается во всех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья.

Результаты исследований. Среднемноголетняя температура воздуха в первой почвенно-климатической зоне (где ГТК<0,5) за период 1972-2023 гг. составила 10,9 °С. Минимальная температура составляет 7,7 °С, максимальная – 14,3 °С. Среднее отклонение – 1,15°С. Температура воздуха растет со скоростью 0,37°С/10 лет.

Линейный тренд положительный, описывается уравнением: $y = 0,0492x + 9,6666$ ($R^2 = 0,2282$). Полиномиальный тренд имеет 5 экстремумов (максимумов – 3 и минимумов – 2), определяется уравнением (6 степеней): $y = 8E-08x_6 - 1E-05x_5 + 0,0006x_4 - 0,0147x_3 + 0,1946x_2 - 1,2403x + 12,778$ ($R^2 = 0,361$). Два тренда имеют очень слабую связь показателей (по шкале Чеддока) (рисунок 1).

Среднемноголетнее количество осадков за рассматриваемый временной отрезок составило 34,7 мм. Минимальное количество осадков составляет 22 мм, максимальное – 54 мм. Среднее отклонение – 5,43 мм. Рост осадков – 0 мм/10 лет.

Линейный тренд однородный, описывается уравнением: $y = -0,0184x + 35,606$ ($R^2 = 0,0015$). В тоже время полиномиальный – имеет 2 экстремума (максимумов – 1 и минимумов – 1). Описывается уравнением (6 степеней): $y = -1E-08x_6 + 3E-06x_5 - 0,0002x_4 + 0,0068x_3 - 0,1158x_2 + 1,2004x + 30,141$ ($R^2 = 0,0724$). Два тренда отражают очень слабую связь (рисунок 2).

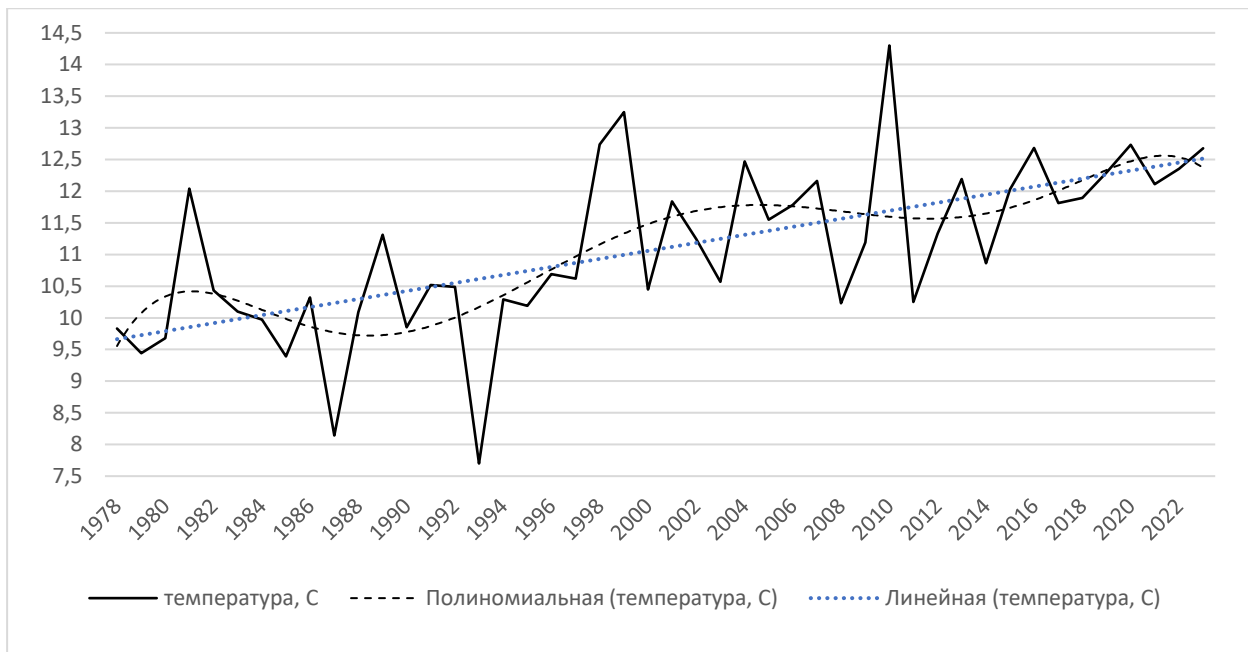


Рисунок 1. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в первой почвенно-климатической зоне, °С

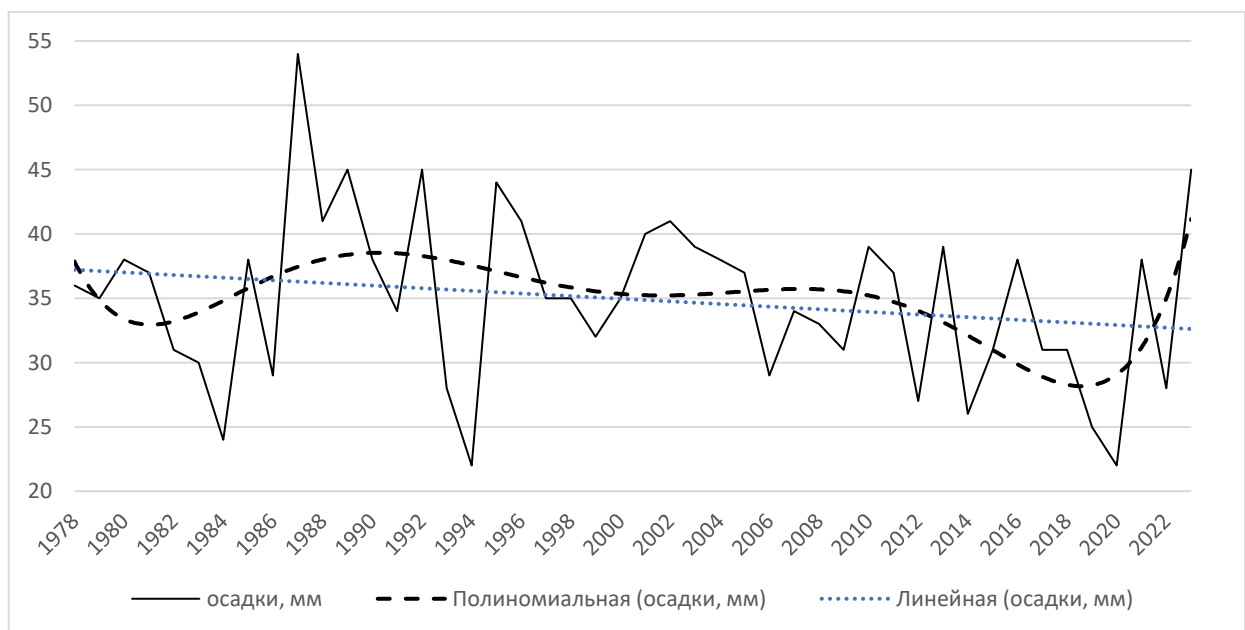


Рисунок 2. Динамика среднегодовых осадков в первой почвенно-климатической зоне, мм

Динамика взаимосвязи температуры приземного слоя воздуха и осадков в первой почвенно-климатической зоне показывает, что наиболее благоприятным периодом (более стабильным) для развития сельского хозяйства был период с 1979 г. по 1992 г. Начиная с 1993 г. тренды расходятся: повышается температура воздуха на фоне снижения осадков (рисунок 3).

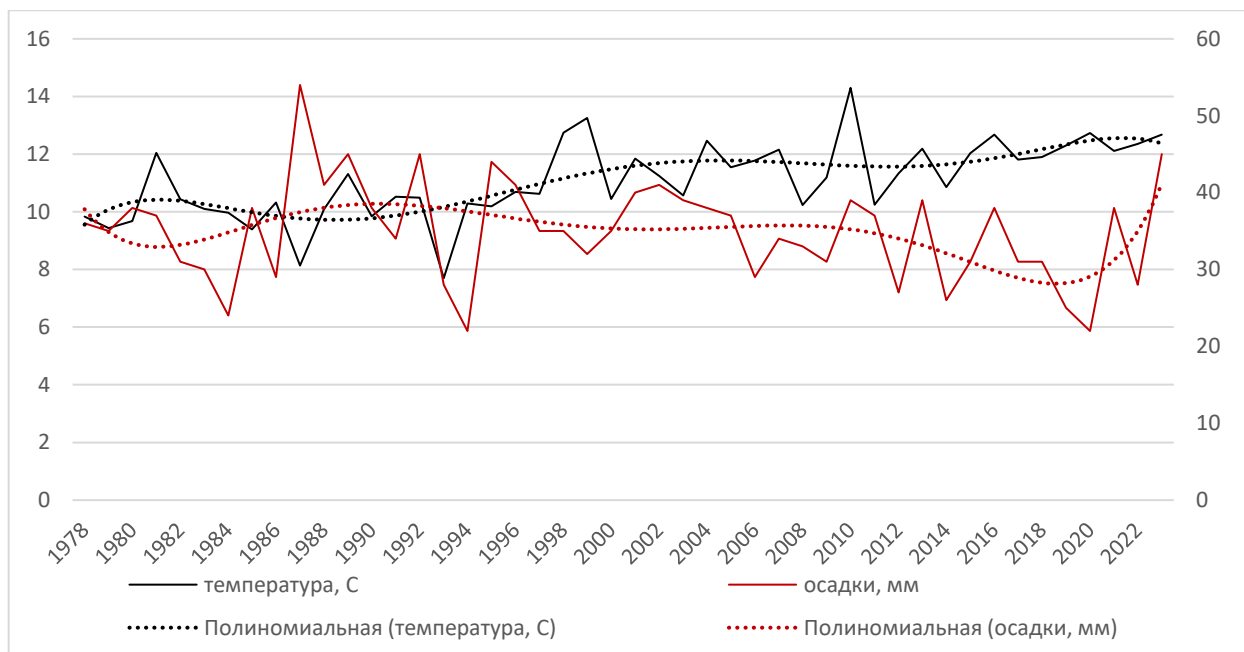


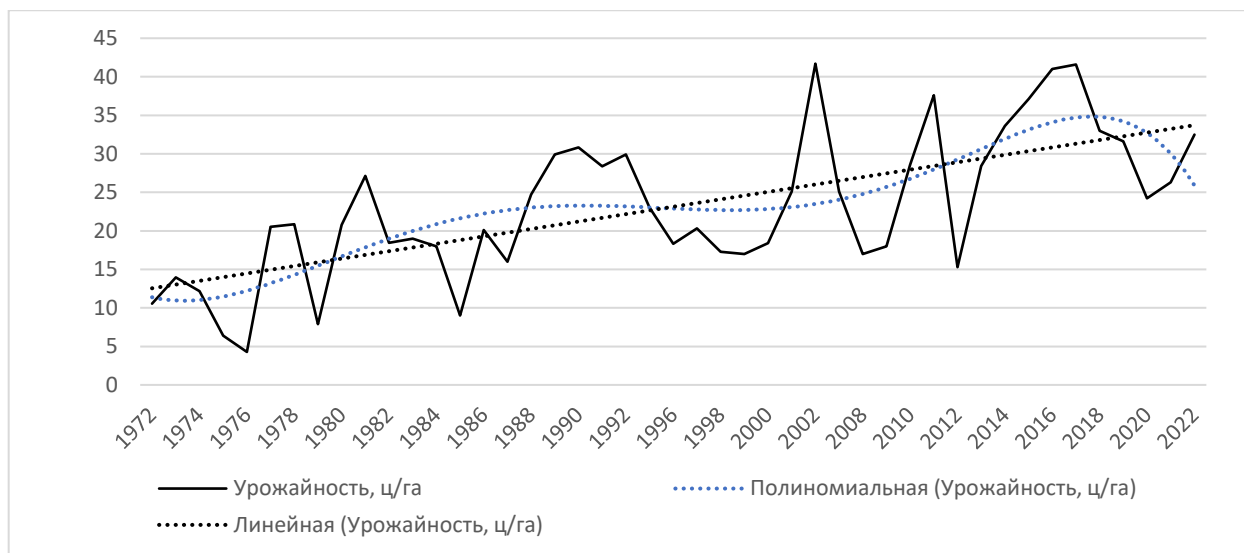
Рисунок 3. Динамика взаимосвязи среднегодовой температуры приземного слоя воздуха (°C) и среднегодовых осадков (мм) в первой почвенно-климатической зоне

Среднемноголетняя продуктивность озимой пшеницы составляет 22,7 ц/га. Минимальная урожайность составляет 4,3 ц/га, максимальная – 41,7 ц/га. Среднее отклонение – 7,9 ц/га. Урожайность растет со скоростью 4,7 ц/га/10 лет. Линейный тренд однородный (положительный, возрастающий), описывается уравнением: $y = 0,5722x + 10,635$ ($R^2 = 0,5038$). В тоже время полиномиальный – имеет 4 экстремума (максимумов – 2 и минимумов – 2). Описывается уравнением (6 степеней): $y = 3E-07x_6 - 5E-05x_5 + 0,0028x_4 - 0,0691x_3 + 0,7682x_2 - 2,5975x + 13,284$ ($R^2 = 0,5517$). Исходя из развития полиномиального тренда можно утверждать, что отрицательная динамика продуктивности озимой пшеницы продолжится в ближайшей перспективе (на фоне снижения выпадения осадков и роста температур воздуха) (рисунок 4).

Продуктивность озимой пшеницы в первой почвенно-климатической зоне определяется по формуле:

$$Y = -10,2821 + 2,2409x_1 + 0,2364x_2 \quad (R^2 = 0,1283).$$

где x_1 – температура, °C, x_2 – осадки, мм.



**Рисунок 4. Динамика урожайности озимой пшеницы
в первой почвенно-климатической зоне, ц/га**

Во второй почвенно-климатической зоне (где ГТК=0,5-0,9) средняя многолетняя температура воздуха за рассматриваемый временной отрезок составила 10,57 °С. Минимальная температура составляет 8,8 °С, максимальная – 12,9 °С. Среднее отклонение – 0,85 °С. Температура воздуха растет со скоростью 0,43°С/10 лет. Линейный тренд положительный (указывающий на рост), который описывается уравнением: $y = 0,0431x + 9,5643$ ($R^2 = 0,4353$). Полиномиальное уравнение – $y = 3E-08x_6 - 4E-06x_5 + 0,0002x_4 - 0,004x_3 + 0,0447x_2 - 0,2316x + 10,364$ ($R^2 = 0,5048$). Полиномиальный тренд имеет 3 экстремума (максимумов – 1 и минимумов – 2). Оба тренда отражают слабую связь, но большую, чем в первой почвенно-климатической зоне (рисунок 5).

Среднемноголетнее количество осадков составило 38 мм. Минимальное количество осадков составляет 23 мм, максимальное – 56 мм. Среднее отклонение – 4,41 мм. Рост осадков – 0,66 мм/10 лет. Линейный тренд описывается уравнением: $y = 0,0627x + 36,896$ ($R^2 = 0,0204$), полиномиальный – $y = 3E-08x_6 - 9E-06x_5 + 0,0008x_4 - 0,0293x_3 + 0,4704x_2 - 2,4618x + 37,56$ ($R^2 = 0,1369$). Линейный и полиномиальный тренды сглаженные. Линейное уравнение показывает тенденцию незначительный рост, а полиномиальное – на снижение (рисунок 6).

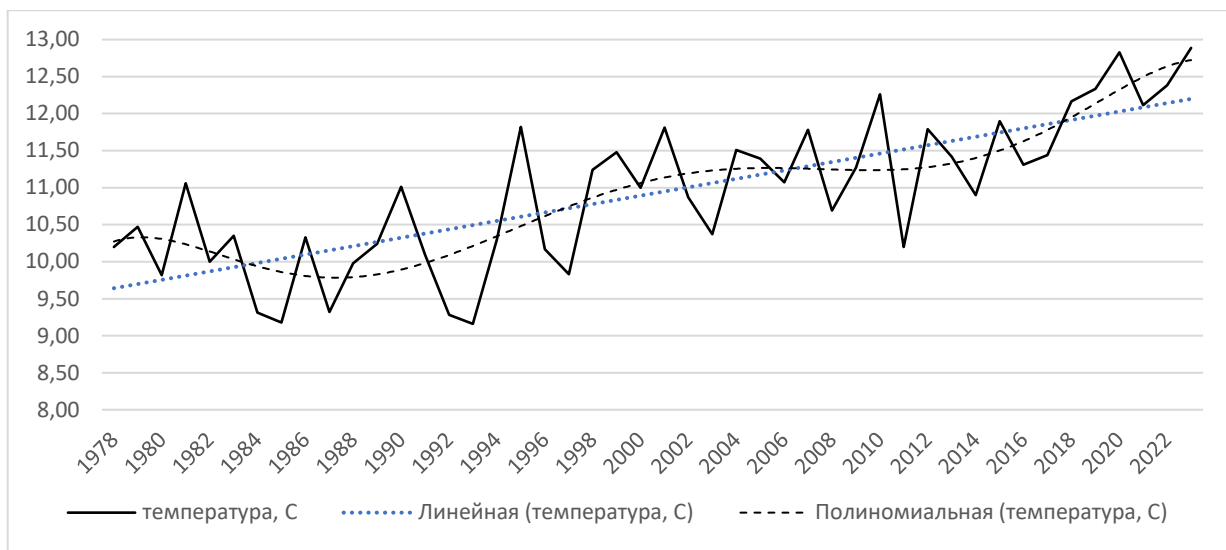


Рисунок 5. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха во второй почвенно-климатической зоне, °С

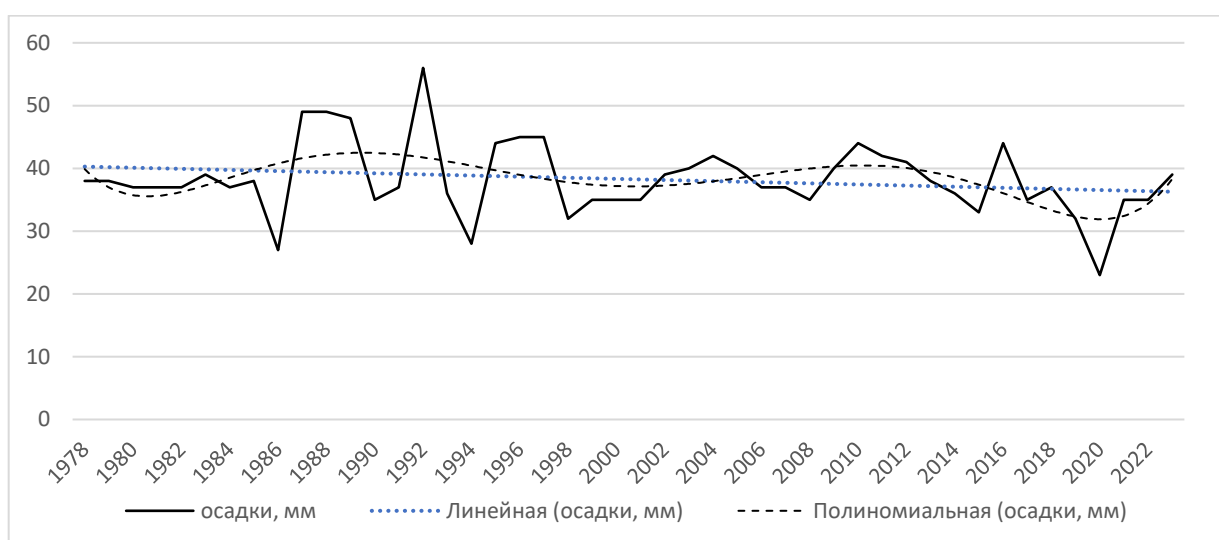


Рисунок 6. Динамика среднегодовых осадков во второй почвенно-климатической зоне, мм

Динамика взаимосвязи показателей (температуры воздуха и осадков) во второй почвенно-климатической зоне показывает, что тренды в период с 1980 г. по 1998 г. находились в большей взаимосвязи, чем с начала 2000 г., когда начинает повышаться температура и снижаться выпадение осадков (рисунок 7).

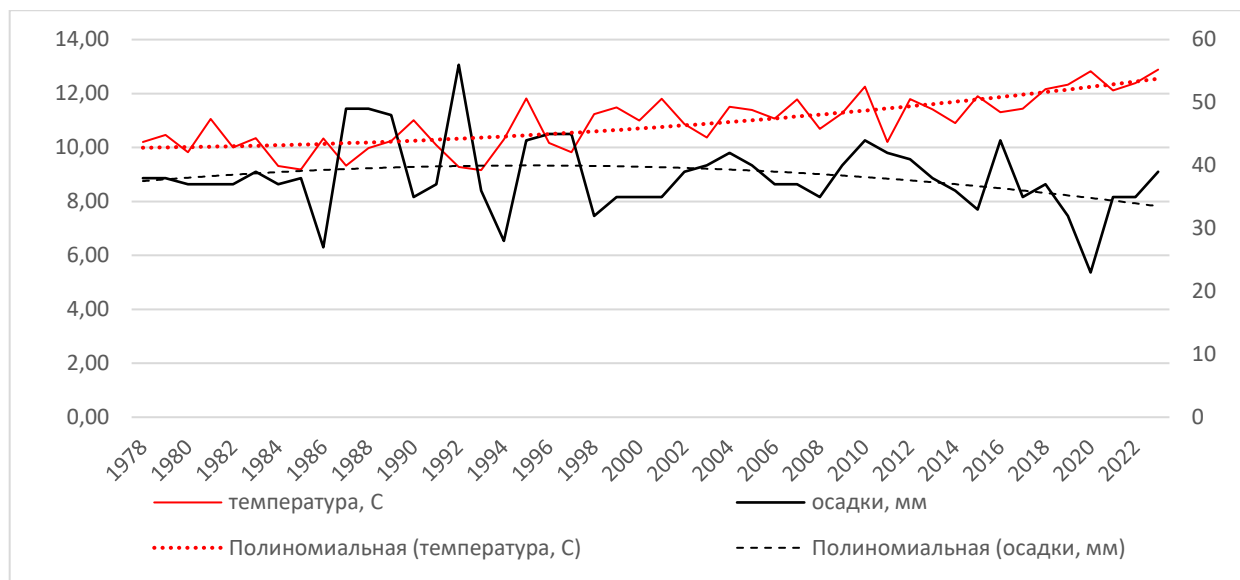


Рисунок 7. Динамика взаимосвязи среднегодовой температуры приземного слоя воздуха (°C) и среднегодовых осадков (мм) во второй почвенно-климатической зоне

Среднемноголетняя продуктивность озимой пшеницы составляет 23,6 ц/га. Минимальная урожайность составляет 8,7 ц/га, максимальная – 35,2 ц/га. Среднее отклонение – 5,9 ц/га. Урожайность растет со скоростью 3,2 ц/га/10 лет. Линейный тренд однородный (положительный, возрастающий), описывается уравнением: $y = 0,388x + 15,444$ ($R^2 = 0,4378$). В тоже время полиномиальный – имеет 2 экстремума (максимумов – 1 и минимумов – 1). Описывается уравнением (6 степеней): $y = 3E-07x^6 - 4E-05x^5 + 0,0021x_4 - 0,0506x_3 + 0,564x_2 - 2,0363x + 17,065$ ($R^2 = 0,4871$). Оба тренда отражают слабую связь (рисунок 8).

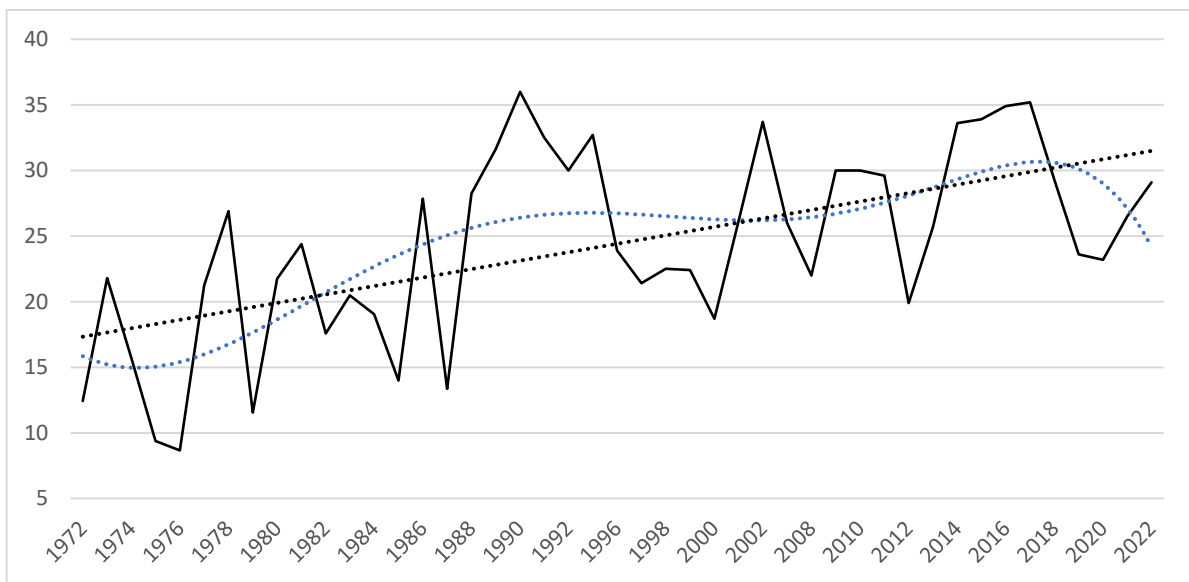
Продуктивность озимой пшеницы во второй почвенно-климатической зоне определяется по формуле:

$$Y = -20,1579 + 3,1123x_1 + 0,2968x_2 \quad (R^2 = 0,1873).$$

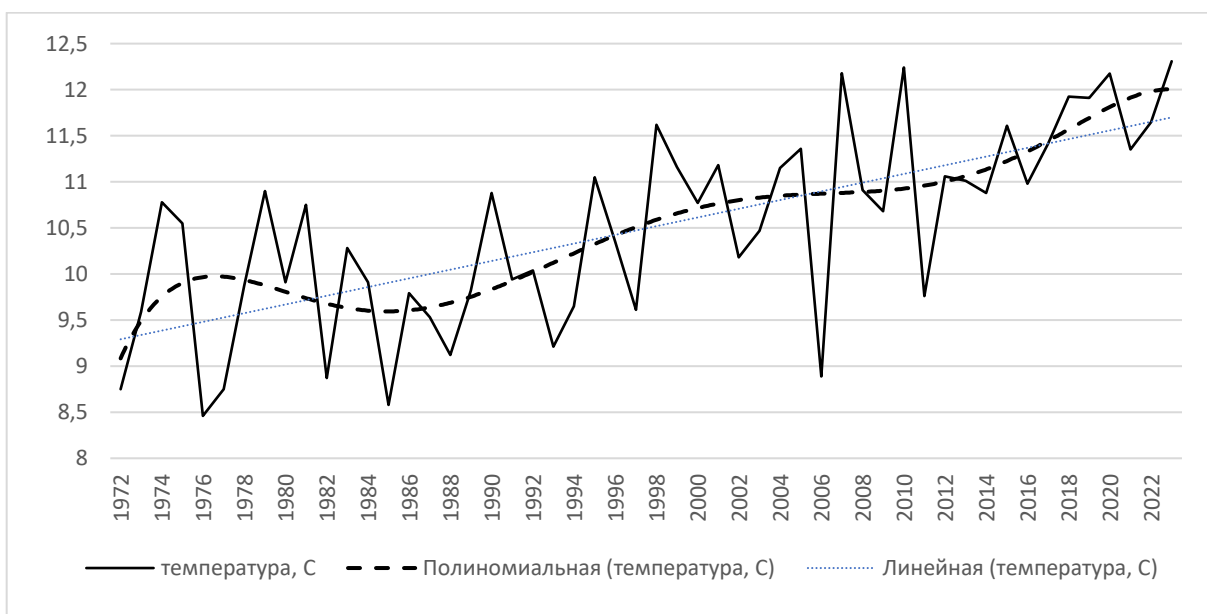
где x_1 – температура, °C, x_2 – осадки, мм.

В третьей почвенно-климатической зоне (где ГТК=0,7-1,1) средняя многолетняя температура воздуха за рассматриваемый временной отрезок составила 10,5 °C. Минимальная температура составляет 8,5 °C, максимальная – 12,3 °C. Среднее отклонение – 0,82 °C. Температура воздуха растет со скоростью 0,43°C/10 лет. Линейный тренд положительный (указывающий на рост), который

описывается уравнением: $y = 0,0414x + 9,3405$ ($R^2 = 0,3394$). Полиномиальное уравнение – $y = -2E-08x_6 + 3E-06x_5 - 0,0002x_4 + 0,0068x_3 - 0,1016x_2 + 0,6396x + 8,5674$ ($R^2 = 0,388$). Полиномиальный тренд имеет 3 экстремума (максимумов – 2 и минимумов – 1). Оба тренда отражают очень слабую связь (рисунок 9).



**Рисунок 8. Динамика урожайности
во второй почвенно-климатической зоне, ц/га**



**Рисунок 9. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха
в третьей почвенно-климатической зоне, °С**

Среднемноголетнее количество осадков составило 49,9 мм. Минимальное количество осадков составляет 33 мм, максимальное – 66 мм. Среднее отклонение – 6,2 мм. Рост скорости осадков составляет 1,1 мм/10 лет. Линейный тренд описывается уравнением: $y = 0,0769x + 48,5$ ($R^2 = 0,0191$), полиномиальный – $y = -8E-08x^6 + 1E-05x^5 - 0,0005x^4 + 0,009x^3 - 0,0179x^2 - 0,3147x + 48,343$ ($R^2 = 0,0772$). Линейный и полиномиальный тренды относительно сглажены. Линейное уравнение и полиномиальное указывают на рост показателя (рисунок 10).

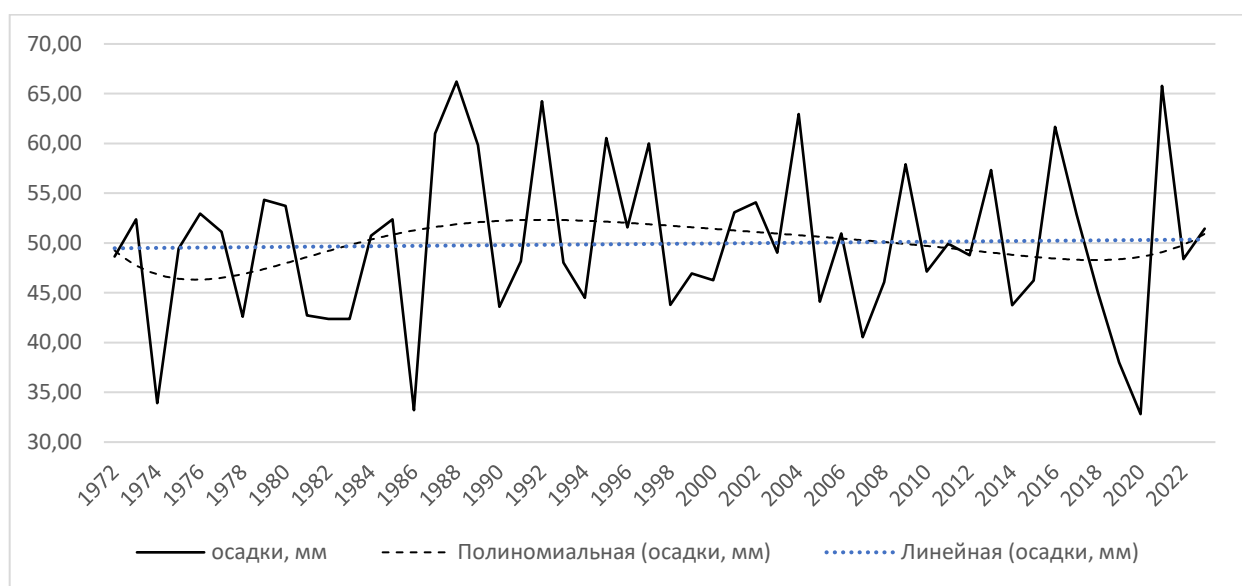


Рисунок 10. Динамика среднегодовых осадков в третьей почвенно-климатической зоне, мм

Динамика взаимосвязи температуры приземного слоя воздуха и осадков в третьей почвенно-климатической зоне показывает, что тренды показателей взаимосвязанно изменяются и пересекаются в 1973 г., 1982 г. и 1997 г. (рисунок 11).

Среднемноголетняя продуктивность озимой пшеницы составляет 30,4 ц/га. Минимальная урожайность составляет 12,6 ц/га, максимальная – 51,5 ц/га. Среднее отклонение – 8,6 ц/га. Урожайность растет со скоростью 6,9 ц/га/10 лет. Линейный тренд однородный (положительный, возрастающий), описывается уравнением: $y = 0,782x + 13,997$ ($R^2 = 0,763$). Полиномиальный имеет 2 экстремума (максимумов – 1 и минимумов – 1). Описывается уравнением (6

степеней): $y = 1E-07x_6 - 2E-05x_5 + 0,0008x_4 - 0,0185x_3 + 0,171x_2 + 0,0127x + 16,919$
 ($R^2 = 0,7901$). Оба тренда имеют высокую связь (рисунок 12).

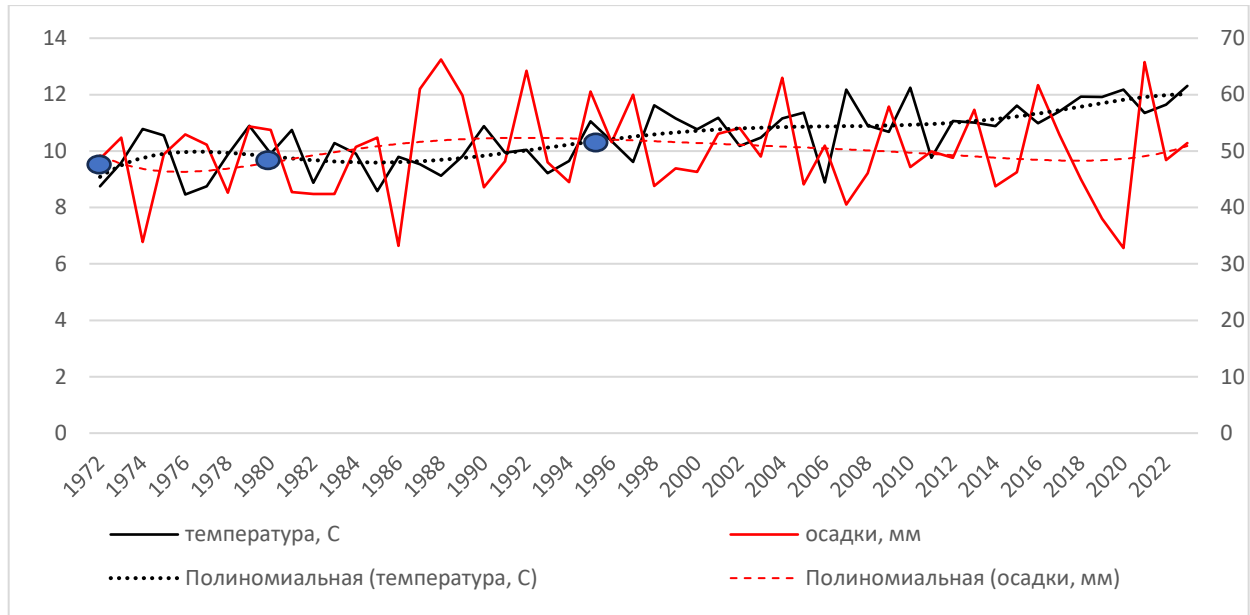


Рисунок 11. Динамика взаимосвязи температуры приземного слоя воздуха (°C) и осадков (мм) в третьей почвенно-климатической зоне

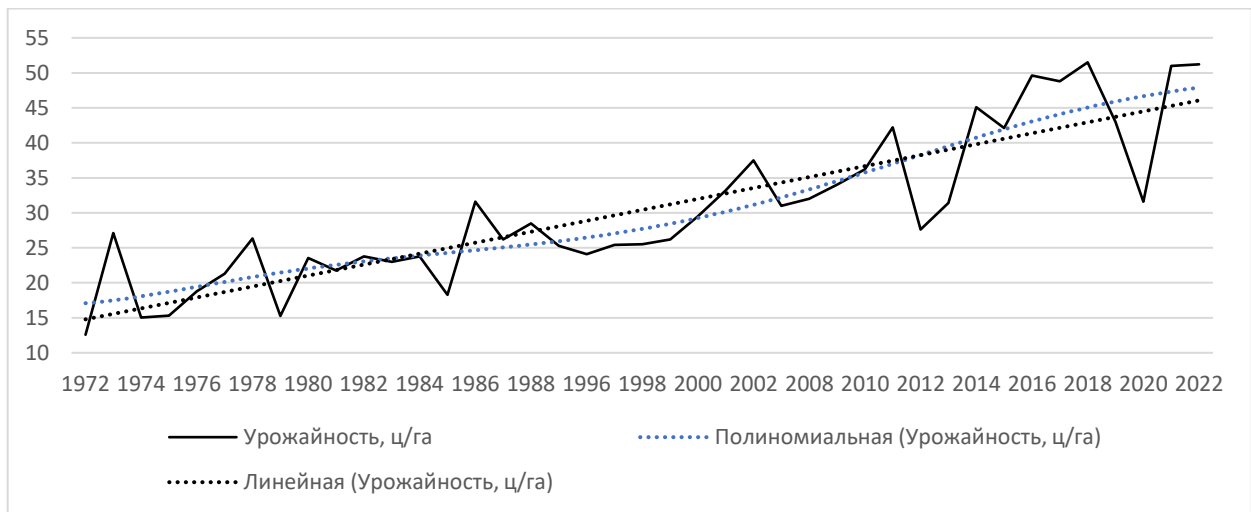


Рисунок 12. Динамика урожайности в третьей почвенно-климатической зоне, ц/га

Продуктивность озимой пшеницы в третьей почвенно-климатической зоне определяется по формуле:

$$Y = - 18,2779 + 3,9867x_1 + 0,1165x_2 \quad (R^2 = 0,1999).$$

где x_1 – температура, °C, x_2 – осадки, мм.

В четвертой почвенно-климатической зоне (где ГТК=0,7-1,5) средняя многолетняя температура воздуха за рассматриваемый временной отрезок составила 9,6 °С. Минимальная температура составляет 5,1 °С, максимальная – 12,5 °С. Среднее отклонение – 1,17 °С. Температура воздуха растет со скоростью 0,62°С/10 лет. Линейный тренд положительный (указывающий на рост), который описывается уравнением: $y = 0,0594x + 7,8789$ ($R^2 = 0,424$). Полиномиальное уравнение – $y = -2E-08x_6 + 3E-06x_5 - 0,0002x_4 + 0,0072x_3 - 0,1083x_2 + 0,6522x + 7,387$ ($R^2 = 0,5107$). Полиномиальный тренд имеет 3 экстремума (максимумов – 2 и минимумов – 1). Оба тренда отражают слабую связь показателей (рисунок 13).

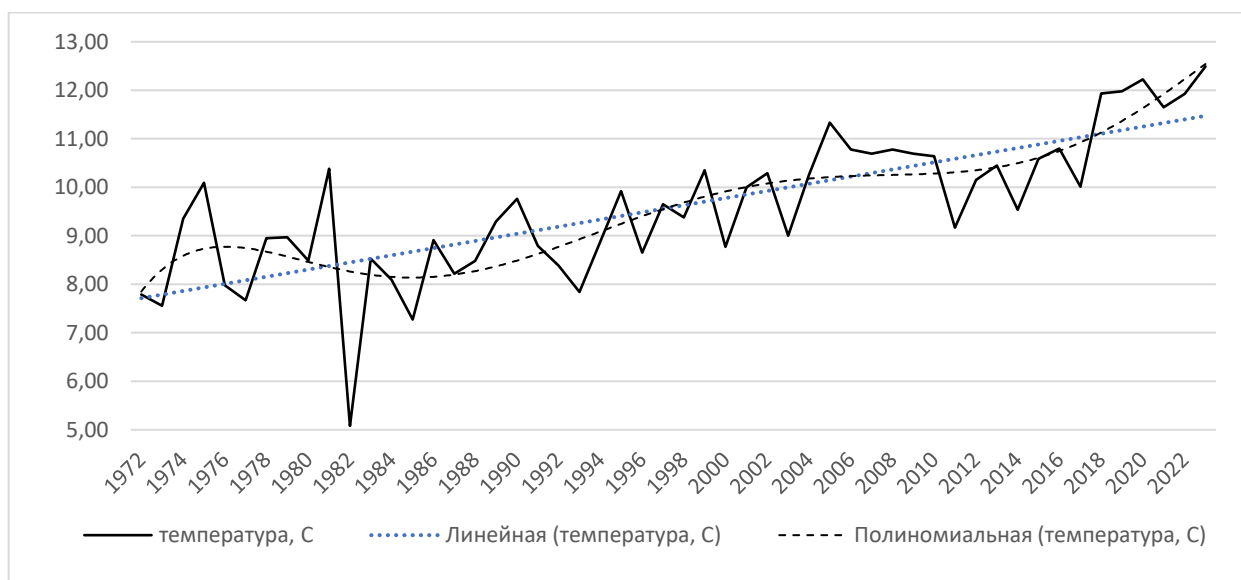


Рисунок 13. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в четвертой почвенно-климатической зоне, °С

Среднемноголетнее количество осадков составило 47,3 мм. Минимальное количество осадков составляет 30 мм, максимальное – 64 мм. Среднее отклонение – 6,7 мм. Скорость роста осадков – 0,11 мм/10 лет. Линейный тренд описывается уравнением: $y = 0,0282x + 46,968$ ($R^2 = 0,0022$), полиномиальный – $y = 3E-07x_6 - 5E-05x_5 + 0,0032x_4 - 0,0915x_3 + 1,261x_2 - 7,2738x + 58,415$ ($R^2 = 0,0397$). Линейный и полиномиальный тренды относительно сглажены. Линейное уравнение и полиномиальное указывают на относительный рост показателя (рисунок 14).

Динамика взаимосвязи температуры приземного слоя воздуха и осадков в четвертой почвенно-климатической зоне показывает, что тренды пересекаются в 1977 г. и 1996 г. Начиная с 2010 г. взаимосвязь показателей ослабевает. Графики показывают рост температуры воздуха на фоне снижения выпадения осадков (рисунок 15).

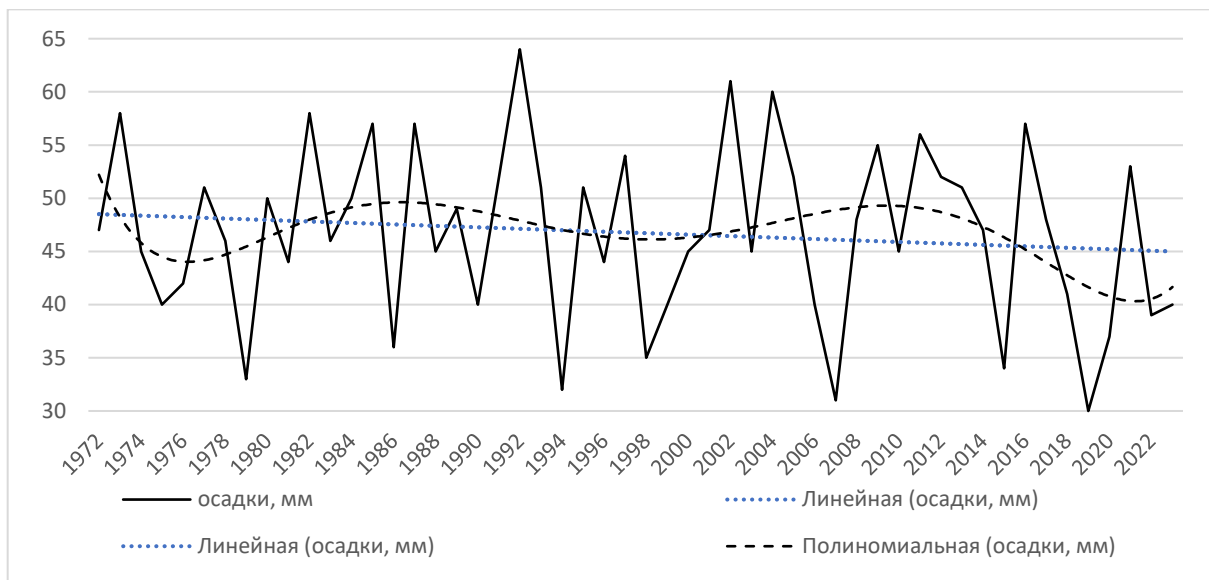


Рисунок 14. Динамика среднегодовых осадков в четвертой почвенно-климатической зоне, мм

Среднемноголетняя продуктивность озимой пшеницы составляет 27,9 ц/га. Минимальная урожайность составляет 12,8 ц/га, максимальная – 42,2 ц/га. Среднее отклонение – 6,8 ц/га. Урожай растет со скоростью 4,9 ц/га/10 лет. Линейный тренд однородный (положительный, возрастающий), описывается уравнением: $y = 0,5147x + 17,184$ ($R^2 = 0,5682$). Полиномиальный имеет 4 экстремума (максимумов – 2 и минимумов – 2). Тренд описывается уравнением (6 степеней): $y = 4E-07x_6 - 6E-05x_5 + 0,003x_4 - 0,074x_3 + 0,8813x_2 - 4,2165x + 25,983$ ($R^2 = 0,6106$). Оба тренда отображают среднюю связь показателей (рисунок 16).

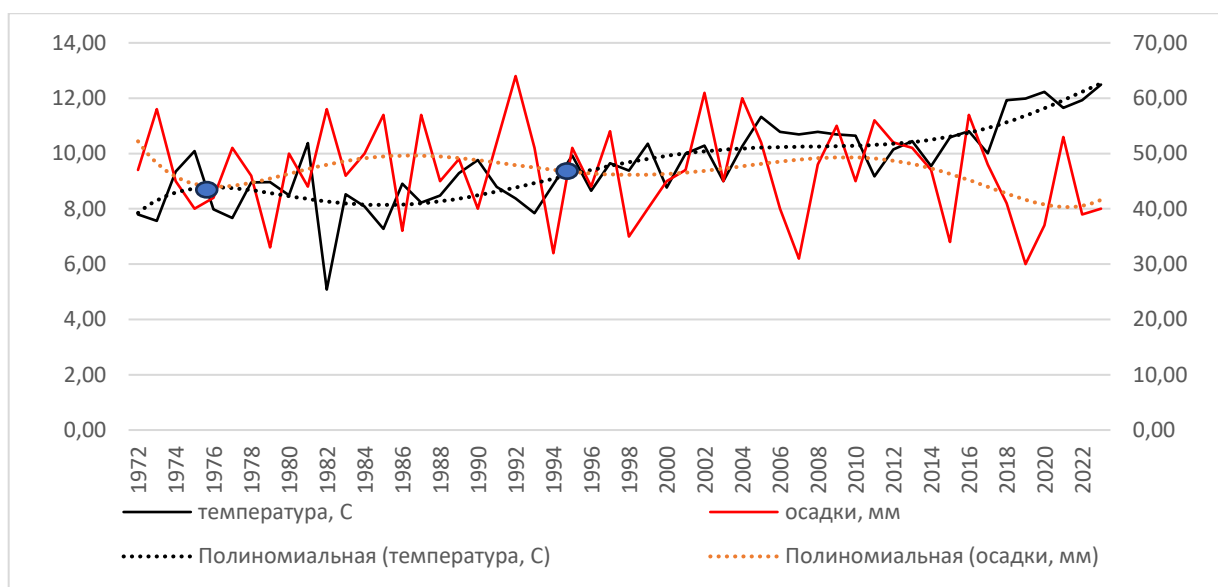


Рисунок 15. Динамика взаимосвязи температуры приземного слоя воздуха (°C) и осадков (мм) в четвертой почвенно-климатической зоне

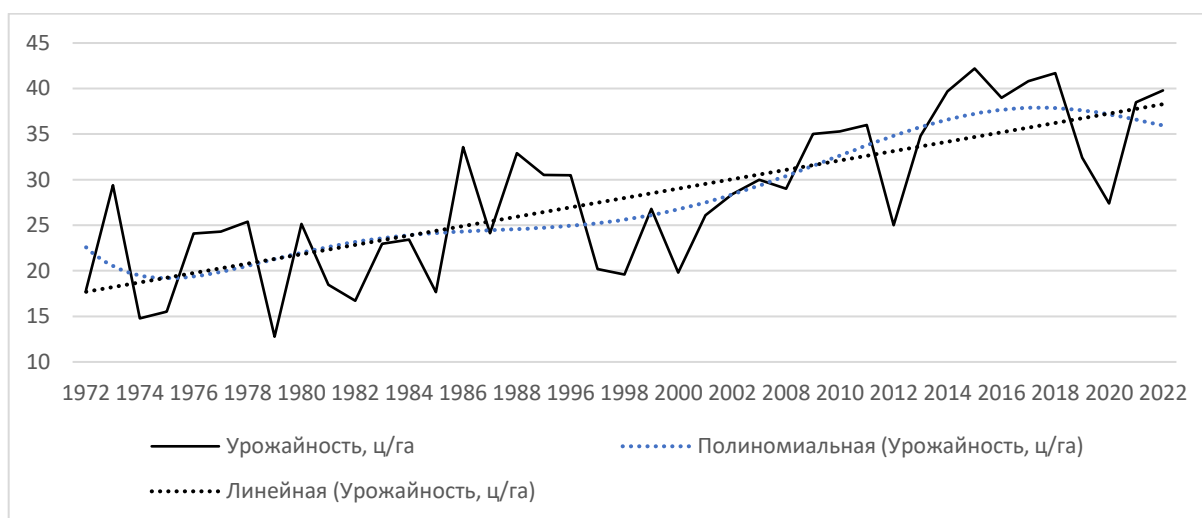


Рисунок 16. Динамика урожайности в четвертой почвенно-климатической зоне, ц/га

Продуктивность озимой пшеницы в четвертой почвенно-климатической зоне определяется по формуле:

$$Y = -2,1464 + 2,5157x_1 + 0,1304x_2 \quad (R^2 = 0,1709).$$

где x_1 – температура, °C, x_2 – осадки, мм.

Заключение. Экспортный потенциал и продовольственная безопасность Центрального Предкавказья определяются способностью получать устойчивые

урожаи озимой пшеницы в зоне рискованного земледелия. На фоне продолжающегося потепления (в первой зоне – рост температуры со скоростью $0,37^{\circ}\text{C}/10$ лет, во второй и в третьей – $0,43^{\circ}\text{C}/10$ лет, в четвертой – $0,62^{\circ}\text{C}/10$ лет) и отсутствия роста осадков, отмечается увеличение урожайности озимой пшеницы (в первой зоне рост со скоростью $4,7$ ц/га/10 лет, во второй – $3,2$ ц/га/10 лет, в третьей – $6,9$ ц/га /10 лет, в четвертой – $4,9$ ц/га /10 лет). Наблюдаемые тенденции к усилению засушливости, вероятно, приведут к росту уязвимости этих территорий. Исходя из полиномиального тренда можно утверждать, что отрицательная динамика урожайности озимой пшеницы будет проявляться во всех почвенно-климатических зонах, за исключением третьей. Поэтому необходимо применение зональных адаптационных мер, базирующихся на внедрении современных агротехнологических практик, что позволит снизить климатическую зависимость зернового агроценоза.

Работа реализуется в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Список источников

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Санкт-Петербург: Научно-технологические институты, 2022. 124 с.
2. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Изменения и изменение климата и их влияние на экзогенную ситуацию в Ставропольском крае // Труды Всероссийской конференции по селям: 26-28 октября 2005 г. / под ред. М.Ч. Залиханова. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 424 с.
3. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л., Кравченко Н.А. Климатологический анализ и прогноз условий распространения примесей в воздушных бассейнах Кавказских Минеральных Вод // Естественные и технические науки. 2009. № 4. С. 241-246.
4. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Бареева М.В., Каплан Г.Л. Особенности атмосферной циркуляции переходного периода и колебания дат

начала весны в Центральном Предкавказье. Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 1. С. 125-138.

5. Инвестиции как фактор повышения эффективности зернового производства: региональный аспект / А.А. Романенко, В.И. Нечаев, В.Г. Прокопец, А.И. Трубилин. Краснодар: Просвещение Юг, 2004. 236 с.

6. Хрипунов А.И., Общия Е.Н., Галушко Н.А. Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в ландшафтных условиях Центрального Предкавказья. Аграрная наука. 2020; (10):60-63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-60-63>.

7. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на Юге России // Земледелие. 2013. № 3. С. 1-3.

8. Кишев А.Ю., Мамсиров Н.И. Семеноводство пшеницы озимой в условиях Центрального Предкавказья. Новые технологии / New technologies. 2018; (3):199-204.

9. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дридигер В.К., Белобров В.П. Освоение технологии прямого посева на черноземах России / Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 2 (14). С. 18-36. doi: 10.25930/2687-1254/003.

10. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М. : Финансы и статистика, 2001. 228 с.

References

1. Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary. St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2022. 124 p.

2. Badakhova G.Kh., Knutas A.V. Changes and climate change and their impact on the exogenous situation in the Stavropol Territory // Proceedings of the All-Russian Conference on Mudflows: October 26-28, 2005 / ed. M.Ch. Zalikhanov. M.: Publishing house LKI, 2008. 424 p.

3. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Kravchenko N.A. Climatological analysis and forecast of conditions for the distribution of impurities in the air basins of the Caucasian Mineral Waters // Natural and technical sciences. 2009. No. 4. pp. 241-246.

4. Volkova V.I., Badakhova G.Kh., Berekova M.V., Kaplan G.L. Features of the atmospheric circulation of the transition period and fluctuations in the dates of the beginning of spring in the Central Ciscaucasia. The science. Innovation. Technologies. 2021. No. 1. pp. 125-138.

5. Investments as a factor in increasing the efficiency of grain production: regional aspect / A.A. Romanenko, V.I. Nechaev, V.G. Prokopets, A.I. Trubilin. Krasnodar: Education South, 2004. 236 p.

6. Khripunov A.I., General E.N., Galushko N.A. Formation of elements of the winter wheat harvest structure in the landscape conditions of the Central Ciscaucasia. Agricultural Science. 2020; (10):60-63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-60-63>.

7. Kovtun V.I., Kovtun L.N. Technology for growing high-quality winter wheat grain in the South of Russia // Agriculture. 2013. No. 3. pp. 1-3.

8. Kishev A.Yu., Mamsirov N.I. Seed production of winter wheat in the conditions of the Central Ciscaucasia. New technologies // New technologies. 2018; (3):199-204.

9. Ivanov A.L., Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P. Development of direct sowing technology on Russian black soils / Agricultural Journal. 2021. No. 2 (14). pp. 18-36. doi: 10.25930/2687-1254/003.

10. Afanasyev V.N., Yuzbashev M.M. Time series analysis and forecasting. M.: Finance and Statistics, 2001. 228 p.

© Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Письменная Е.В., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №4, 1245-1264.

Для цитирования: Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Письменная Е.В. Влияние климатических условий на продуктивность озимой пшеницы в центральном Предкавказье// *International agricultural journal*. 2024. № 4, 1245-1264.