

Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье

Н. В. Степных[✉], Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: nickolai.stepnyh@yandex.ru

Аннотация. Экономическая эффективность производства зерна определяется уровнем отдачи затраченных ресурсов стоимостью получаемой продукции. Большую роль играют погодные факторы. Изменения климата в Зауралье связаны прежде всего с потеплением весенних и летних месяцев, усилением засушливости вегетационного периода и расширением границы этого процесса с юго-востока на северо-запад. Контрастность по влагообеспеченности разных лет сочетается с неравномерным выпадением осадков на территории области в течение года. Такой же неоднородностью характеризуется рентабельность хозяйств при производстве зерновых культур. **Цель** исследования – установить экономическую эффективность производства зерна в условиях изменения климата на примере Зауралья. **Задачи** – проанализировать влияние климата на урожайность зерновых культур в регионе, изучить эффективность использования ресурсов сельхозпредприятиями; на примере самых высокорентабельных хозяйств выявить факторы повышения эффективности зернового производства. Использованы **методы** монографического, статистического анализа данных из научной литературы, открытых статистических источников, агрономических и экономических отчетов сельхозпредприятий. **Научная новизна** исследований состоит в изучении эффективности зернового производства в условиях изменения климата и во взаимосвязи с волатильностью цен на зерно и средства производства. **Результаты** исследования показали, что с начала 2000-х годов, несмотря на существенное увеличение применения удобрений, рост урожайности зерновых культур приостановился, что прежде всего связано с ухудшением условий влагообеспеченности растений. В то же время увеличение затрат хотя и ведет к росту урожайности, но в меньшей степени, в результате повышается себестоимость зерна, снижается рентабельность производства. Выявлены предприятия, которые в условиях изменения климата и высокой волатильности цен на зерно и ресурсы нашли пути эффективного производства зерна: заменяют твердые удобрения жидкими, применяют эффективные способы обработки почвы и защиты растений, используют высокопродуктивные сорта, получая наибольшую рентабельность по региону.

Ключевые слова: климат, урожайность, зерновое производство, экономическая эффективность, агротехнологии, затраты, прибыль, рентабельность

Для цитирования: Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 944–956. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>.

Дата поступления статьи: 04.03.2024, **дата рецензирования:** 22.03.2024, **дата принятия:** 24.04.2024.

Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals

N. V. Stepanykh✉, E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: nickolai.stepnykh@yandex.ru

Abstract. The economic efficiency of grain production is determined by the level of return on the resources spent by the cost of the products received. Weather factors play an important role. Climate changes in the Trans-Urals are primarily associated with the warming of the spring and summer months, increased aridity of the growing season and the expansion of the boundary of this process from the southeast to the northwest. The contrast in moisture availability of different years is combined with uneven precipitation in the region throughout the year. The profitability of farms in the production of grain crops is characterized by the same heterogeneity. **The purpose** of the study is to establish the economic efficiency of grain production in the context of climate change using the example of the Trans-Urals. **The tasks** are to analyze the impact of climate change on the yield of grain crops in the region, to analyze the efficiency of resource use by agricultural enterprises; using the example of the most highly profitable farms to identify factors to increase the efficiency of grain production. **The methods** of monographic and statistical analysis of data from scientific literature, open statistical sources, agronomic and economic reports of agricultural enterprises were used. **The scientific novelty** of the research consists in studying the efficiency of grain production in the context of climate change and in relation to the volatility of grain prices and means of production. **The results** of the study showed that since the early 2000s, despite a significant increase in the use of fertilizers, the growth of grain yields has stopped, which is primarily due to the deterioration of plant moisture conditions. At the same time, an increase in costs, although it leads to an increase in productivity, but to a lesser extent, as a result, the cost of grain increases, and the profitability of production decreases. Enterprises have been identified that, in the conditions of climate change and high volatility of grain prices and resources, have found ways to efficiently produce grain: replace solid fertilizers with liquid fertilizers, apply effective, including agrotechnical, methods of tillage and plant protection, use highly productive varieties, obtaining the highest profitability in the region.

Keywords: climate, yield, grain production, economic efficiency, agricultural technologies, costs, profit, profitability

For citation: Stepanykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M. Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (07): 944–956. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.03.2024, **date of review:** 22.03.2024, **date of acceptance:** 24.04.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в большой степени зависит от природно-климатических условий и обеспеченности производства материальными ресурсами. В связи с изменением климата экспертная оценка указывает на снижение урожайности зерна в мире на 12–15 % к 2050 году [1]. Ожидаемые негативные последствия изменения климата для урожайности зерновых культур в различных регионах включают снижение урожайности кукурузы на 60 %, сорго на 50 %, риса на 35 %, пшеницы на 20 %, ячменя на 13 % [2]. Разработка и тестирование эффективных стратегий адаптации имеют первостепенное значение для повышения устойчивости сельскохозяйственного сектора к изменению климата [3].

В последние годы наряду с другими регионами нашей страны глобальное потепление климата коснулось и Зауралья. Особенность климатических

изменений на Урале и в Западной Сибири определяется тем, что потепление атмосферы в Арктике происходит в 2,5 раза быстрее, чем в других регионах Северного полушария. Это способствует замедлению западного потока воздушных масс и усилению меридионального, что ведет к более глубокому проникновению холодного воздуха далеко на юг и, наоборот, теплого на север. В результате увеличивается количество экстремальных погодных явлений: засух, наводнений и других [4].

Задачу по увеличению производства зерна необходимо выполнять одновременно с повышением экономической эффективности, от которой зависят темпы роста объемов производства, доходы и благосостояние собственников и работников, возможность дальнейшего развития. Как оценочный критерий урожайность должна корректироваться показателями экономической эффективности, поскольку достижение ее сопряжено с разными затратами [5].

Однако производственные результаты, которые выражаются в увеличении объема и улучшении качества сельскохозяйственной продукции, зачастую не совпадают с экономическими, так как увеличение стоимости полученного урожая перекрывается значительно более высокими темпами роста затрат на его производство [6].

Обеспеченность зернового производства материальными ресурсами зависит прежде всего от цен на зерно и средства производства, которые имеют высокую волатильность, что в неблагоприятные по влагообеспеченности годы становится особен-

но заметно. Как правило, цены на средства производства растут быстрее цен на зерно [7]. Например, в период с января 2020 года по июль 2023-го цены на пшеницу в Российской Федерации изменились (повысились) в 1,65 раза, сои – в 2,22 раза, дизельного топлива – в 1,42 раза, азотных удобрений – в 2,57 раза. В отдельные периоды цены по разным культурам и ресурсам растут в разных направлениях: с июня 2021 по январь 2022 года цена пшеницы повышалась, а сои снижалась, во второй половине 2022 года цены топлива и удобрений росли, а пшеницы, сои и удобрений снижались (рис. 1).

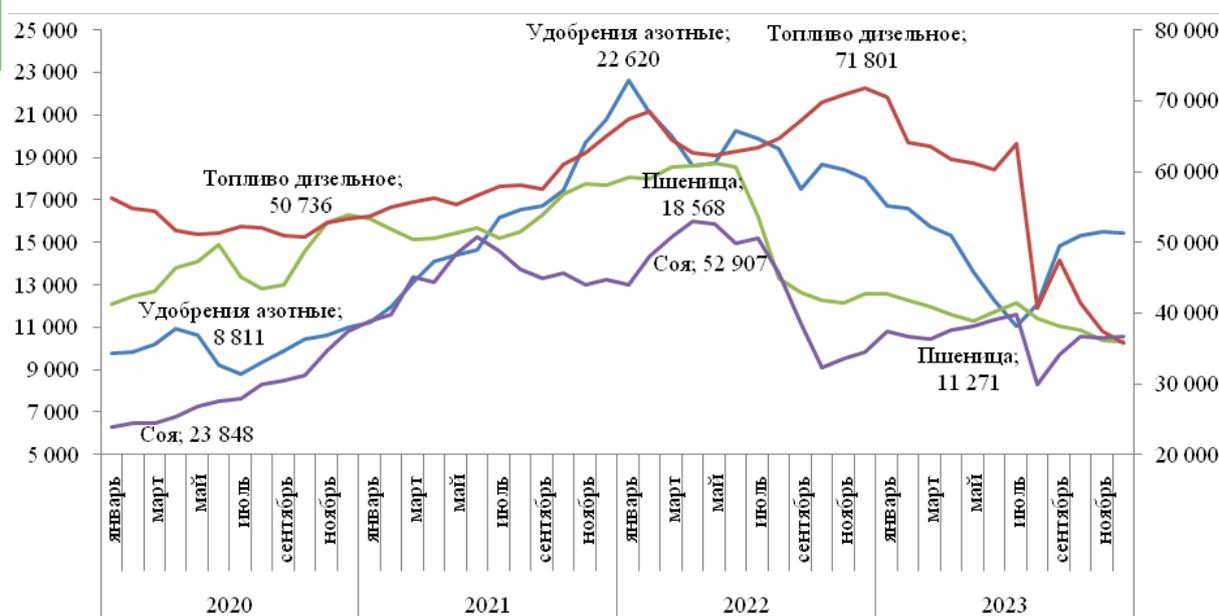


Рис. 1. Цены на пшеницу, сою, дизельное топливо и азотные удобрения в Российской Федерации, руб/т
 Источник: график построен авторами по данным Росстата [7]

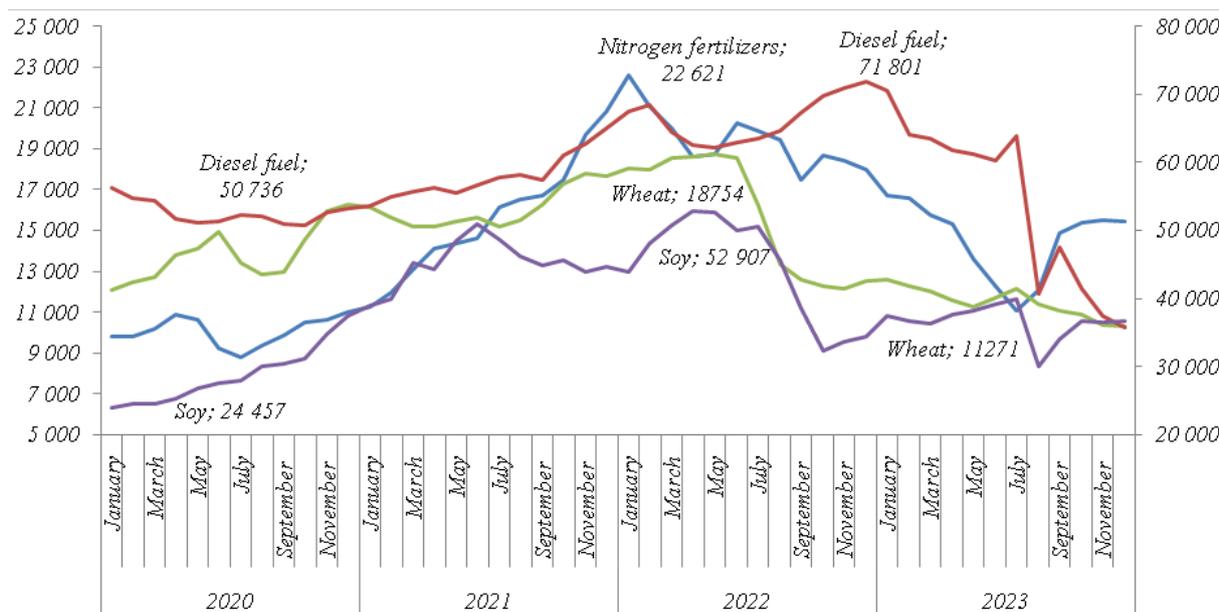


Fig. 1. Prices for wheat, soybeans, diesel fuel and nitrogen fertilizers in the Russian Federation, rub/t
 Source: the graph is constructed by the authors according to Rosstat [7]

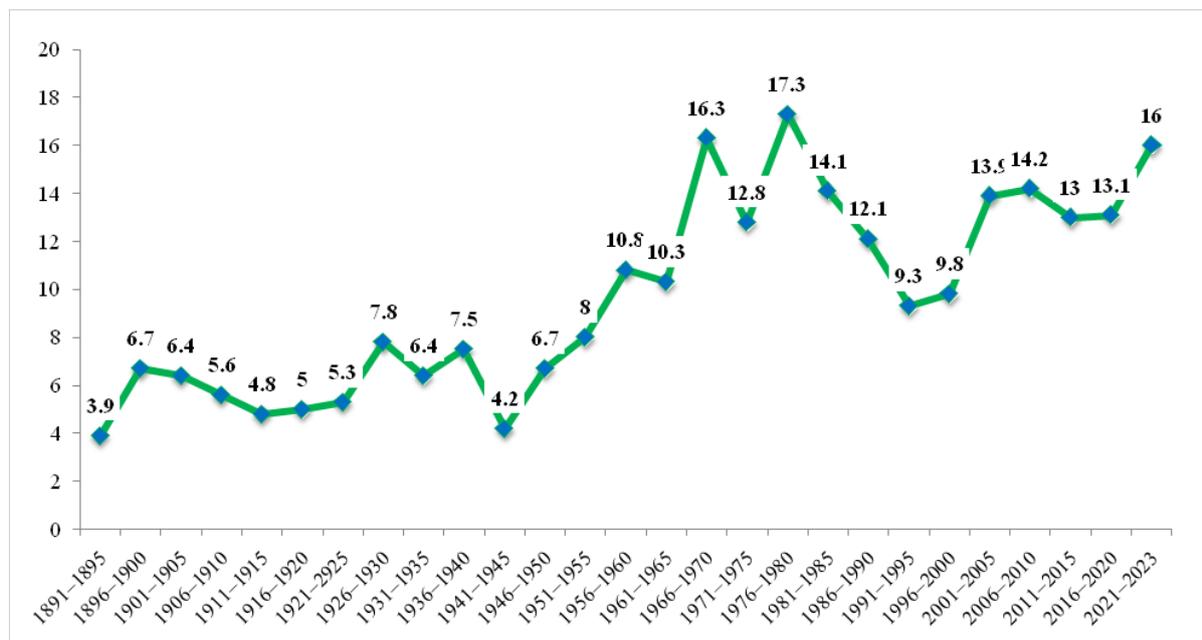


Рис. 2. Урожайность зерновых культур в Курганской области, ц/га

Источники: график построен авторами на основе данных [6; 7]

Fig. 2. Grain yield in the Kurgan region, c/ha

Sources: the graph is constructed by the authors based on the data [6; 7]

Снижение цен на зерно в 2023 году, связанное с высоким урожаем на юге страны, стало серьезной проблемой для уральских и сибирских регионов, подвергшихся сильной засухе в первой половине вегетации и существенно недополучивших урожай при тех же затратах, что и регионы с лучшей влагообеспеченностью. Такая ситуация складывается нередко, ставя под угрозу развитие конкурентоспособного агропроизводства.

При рыночной экономике государственные стратегические задачи по обеспечению продовольственной безопасности страны и регионов невозможно решить без достижения устойчивой прибыльной работы сельхозпроизводителей.

С усилением рисков природного характера в Курганской области важно адаптировать не только сами технологии производства зерновых культур, но и искать различные пути их экономической устойчивости при разных погодных условиях, в том числе используя положительный опыт конкретных хозяйств. Анализ эффективности работы сельхозпредприятий в разные по влагообеспеченности годы и стал целью настоящего исследования.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование выполнено в Курганском НИИСХ – филиале УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории экономики и инновационного развития в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации

обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ и баз данных, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия». Использованы методы монографического, математического, статистического анализов, открытые данные метеостанций РФ, Росстата, отчетов сельхозпредприятий Курганской области, литературных источников.

Результаты (Results)

Анализ данных по пятилеткам с 1891 по 2020 годы показал, что за 110 лет в Курганской области урожайность зерновых культур, безусловно, выросла – с 3,4 до 13,1 ц/га, хотя по сравнению с общероссийской урожайности яровых зерновых в 2016–2020 годах 20–23 ц/га это достаточно низкий уровень. За рассматриваемый период в Зауралье наблюдались и подъемы, и провалы урожайности. Подъемы отмечены в годы перехода на интенсивные методы выращивания с активным использованием удобрений на фоне относительно благоприятных погодных условий: в 1966–1970 гг. и в 1976–1980 гг., провалы – в годы Великой Отечественной войны и в годы перестройки с 1991 по 2000-е. С начала 2000-х годов урожайность приостановилась на уровне 13–14 ц/га (рис. 2). На фоне существенного технологического прорыва производительности современной сельскохозяйственной техники и эффективности средств химизации это может показаться нелогичным и требует детального рассмотрения.

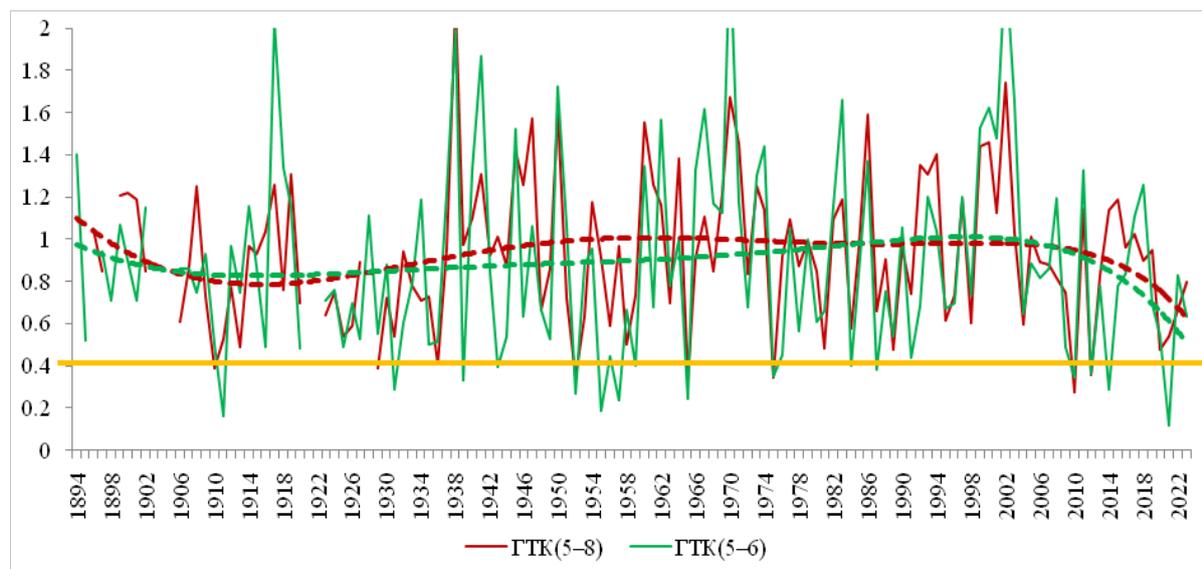


Рис. 3. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май – август (5–8) и за май – июнь (5–6) по данным г. Кургана (центральная зона) и тренды их изменений за 1894–2023 гг.

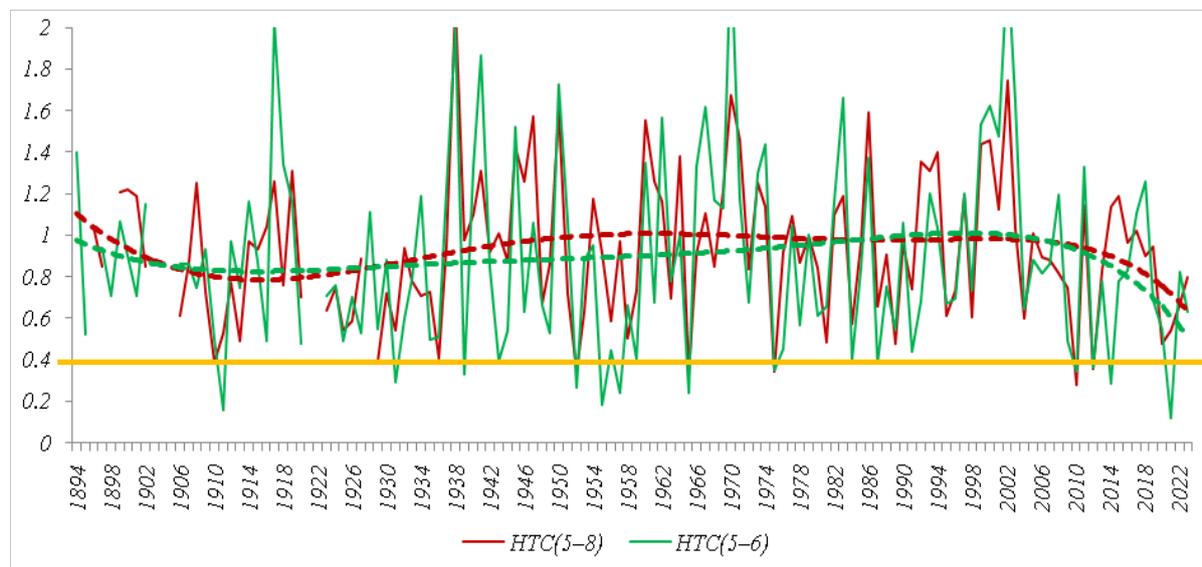


Fig. 3. Hydrothermal coefficient (HTC) for May – August (5–8) and for May – June (5–6) according to Kurgan (central zone) and trends of their changes for 1894–2023

Ведущий фактор, лимитирующей уровень урожайности в Зауралье, – влагообеспеченность. Линия тренда гидротермического коэффициента (ГТК) за май – август и за май – июнь, характеризующего тепло- и влагообеспеченность вегетации растений в эти периоды [8] с 1894 по 2023 годы, показывает определенную периодичность, однако примерно с начала 2000-х годов ГТК снижается, что свидетельствует об ухудшении климатических условий для растениеводства (рис. 3). Вероятно, этим и обусловлено прекращение роста урожайности зерновых культур в этот период.

Выпуск основной продукции сельского хозяйства лучше всего описывают полиномиальные модели [11] которые показали, что факторы интенсификации, в первую очередь удобрения, несмотря

на увеличение их применения, не привели к существенному росту урожайности в среднем по области. Повышение внесения минеральных удобрений почти с 4 кг действующего вещества (д. в.) на 1 га посева зерновых культур в 2002 году до 47,4 кг в 2022 году хоть и позволило увеличить урожайность за 20 лет с 12,3 до 15,2 ц/га, то есть на 2,9 ц/га, но это не соответствовало такому же росту внесения удобрений и свидетельствует о недостаточной их хозяйственной эффективности уже на этом невысоком уровне объемов применения (рис. 4).

Данные об эффективности удобрений в разрезе разных по погодным условиям лет свидетельствуют, что их применение ведет к повышению урожайности зерновых культур, но оно существенно ограничено уровнем влагообеспеченности почв.

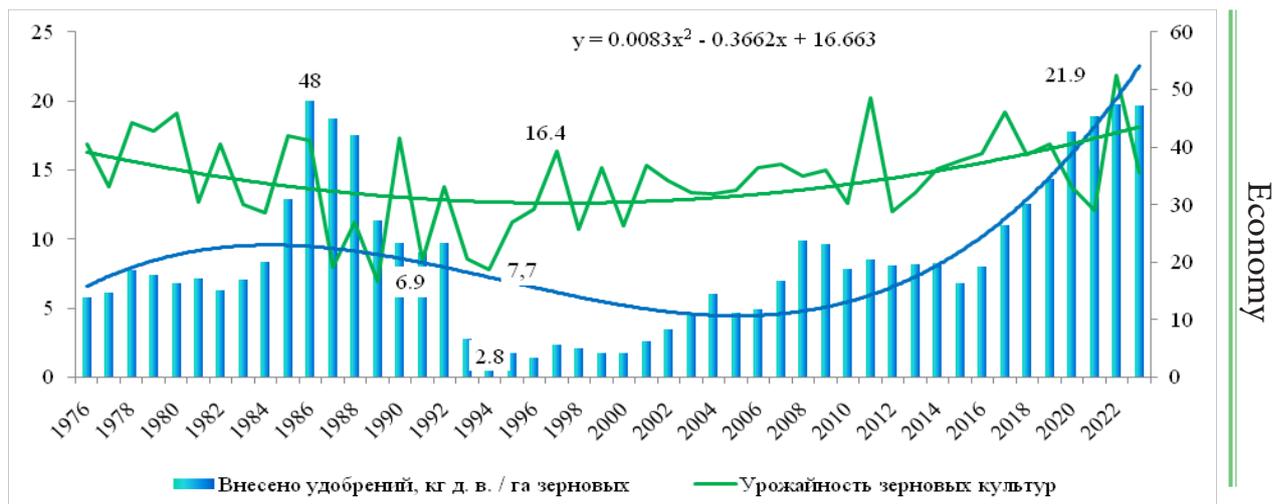


Рис. 4. Количество внесенных минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в Курганской области с 1976 по 2022 гг.

Источники: график построен авторами на основе данных [9]

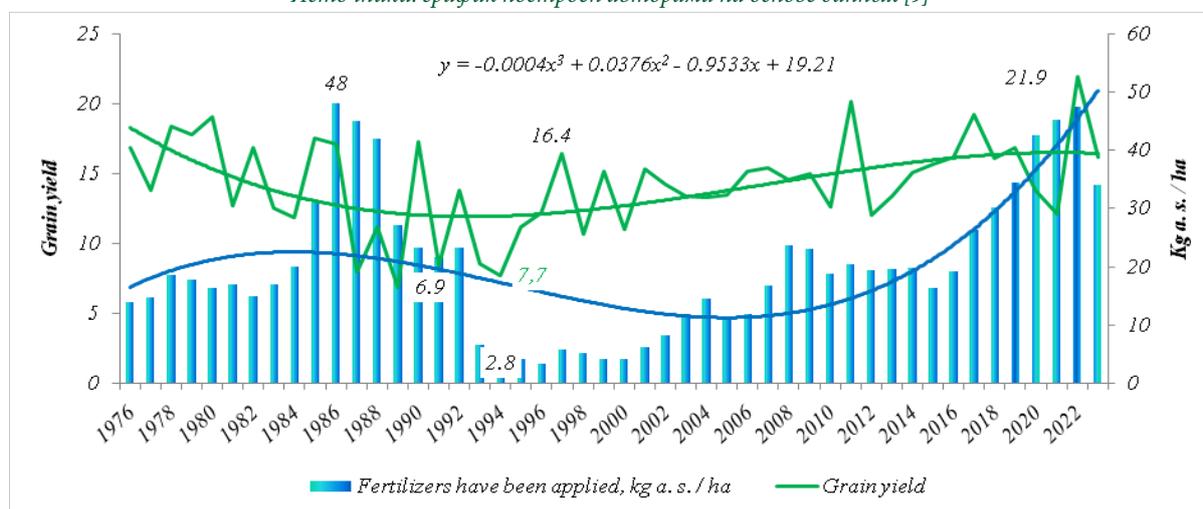


Fig. 4. The amount of mineral fertilizers applied and the yield of grain crops in the Kurgan region from 1976 to 2022

Sources: the graph is built by the authors based on the data [9]

Таблица 1
Влияние удобрений и погодных условий на урожайность зерновых культур в Курганской области (группировка по урожайности)

Показатель	Группа лет		
	1	2	3
Количество лет в группе	16	16	15
Урожайность, ц/га	10,6	14,4	17,9
Внесено удобрений, кг д. в. на 1 га	18,7	16,7	24,5
ГТК ₅₋₇ (май – июль)	0,8	1,0	1,1

Источник: рассчитано авторами по данным [9].

Table 1
The effect of fertilizers and weather conditions on the yield of grain crops in the Kurgan region (grouping by yield)

Indicator	Group of years		
	1	2	3
Number of years in the group	16	16	15
Yield, kg/ha	10.6	14.4	17.9
Fertilizers were applied, kg a. s. / ha	18.7	16.7	24.5
HTC ₅₋₇ (May – July)	0.8	1.0	1.1

Source: calculated by the authors according to [9].

Группировка 47 лет (с 1976 по 1922) по уровню урожайности зерновых культур в Курганской области с учетом ГТК за май – июль (когда осадки способствуют положительному влиянию удобрений на урожайность) подтверждает графические тренды. При среднем ГТК₅₋₇, равном 0,8, и внесении удобрений 18,7 кг д. в. на 1 га посева зерновых культур урожайность составила 10,6 ц/га. В годы роста ГТК₅₋₇ до 1,0, урожайность повышалась до 14,4 ц/га, хотя при этом доза удобрений снизилась до 16,7 кг/га. При дальнейшем повышении ГТК до 1,1 и увеличении дозы удобрений до 24,5 кг/га урожайность достигла уровня 17,9 ц/га (таблица 1).

Снижение экономической эффективности при увеличении доз удобрений прослеживается и в данных группировок сельскохозяйственных предприятий по уровню затрат на удобрения на 1 га посева яровой пшеницы за 2019–2022 годы. При увеличении затрат урожайность пшеницы повышается, но в меньшей степени, чем затраты, в результате происходит рост себестоимости зерна и снижается рентабельность.

Особенно заметно снижение экономической эффективности применения удобрений в годы с изначально низкой влагообеспеченностью почвы, когда в первые месяцы (май – июль) ГТК₅₋₇ оказался ниже 0,7. В то же время в **благоприятные годы эффективность повышается**: например, в 2022 году, в котором ГТК₅₋₇ составил 0,83. Без применения удобрений урожайность яровой пшеницы составила 1,64 т/га, прибыль – 9980 руб/га, рентабельность – 84 %. Затраты на удобрения в размере 1343 руб/га способствовали повышению урожайности пшеницы до 21,2 ц/га, прибыли – до 12 959 руб/га, рентабельности – до 85 %. Дальнейший рост затрат на удобрения до 4240 руб/га также принес прибавку урожайности до 30,3 ц/га, прибыли – до 14 762 руб/га. При этом рентабельность снизилась до 58 %, так как в связи с отставанием роста урожайности по сравнению с ростом затрат на удобрения выросла себестоимость зерна с 720 до 844 руб/ц (таблица 2).

Удобрения – наиболее значимый фактор увеличения урожайности зерновых культур, вместе с тем расширилось применение и других средств интенсификации [10; 11]. За анализируемый период с 1976 по 2022 годы увеличилось использование средств защиты растений, районировано 30 сортов местной селекции [12; 13].

Первостепенное значение в Зауралье имеют также способы обработки почвы и наличие паровых полей. Однако группировка (по данным внутренней бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных предприятий Курганской области) по уровню урожайности в зависимости от размещения посевов

по зяби и парам (рис. 5) показала, что доли в пашне паров и обработанной зяби при существенной разнице средней урожайности пшеницы различались незначительно. В 1-й группе предприятий, где доля зяби составила 31 %, паров оказалось 22 %, урожайность яровой пшеницы – 13,1 ц/га; в 4-й группе доля зяби такая же, как в первой (31 %), паров немного ниже (19 %), но урожайность – 33 ц/га. То есть решающее влияние на урожайность, очевидно, оказывают другие факторы.

Группировка сельхозпредприятий (по данным внутренней бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных предприятий Курганской области) по общему уровню затрат на 1 га посева яровой пшеницы аналогично группировке по удобрениям показывает снижение их окупаемости. В 2022 году при ГТК₅₋₇ = 0,83 погодные условия определили высокий уровень урожайности (25,4 ц/га) и, несмотря на снижение цены, высокий уровень рентабельности (61 %). Наибольшая отдача была достигнута при уровне затрат 19 921 руб/га: прибыль составила 13 700 руб/га, рентабельность – 69 %. При дальнейшем увеличении затрат до 30 597 руб/га (рост – 54 %) в 4-й группе предприятий рентабельность снизилась до 51 %, стоимость удобрений уже не оправдалась прибавкой урожая (таблица 3).

Группировка по уровню рентабельности за 2022 год показала, что в 4-й группе с наиболее высокой рентабельностью (118 %) были самые низкие затраты (16145 руб/га), но самая высокая цена реализации (1414 руб/ц) при этом получена вторая после максимальной урожайности (25 ц/га) (таблица 4).

Зависимость рентабельности выращивания яровой пшеницы по данным сельхозпредприятий Курганской области за 2022 год можно выразить в следующем уравнении регрессии:

$$Y = -0,01x_1 + 6,61x_2 + 0,11x_3 - 70,$$

где Y – рентабельность, %;

x_1 – затраты, руб/га;

x_2 – урожайность, ц/га;

x_3 – цена, руб/ц.

Увеличение коэффициента при переменной x_1 на 1 ведет к снижению рентабельности на 0,01 %, повышение урожайности на 1 ц/га дает рост рентабельности на 6,61 %, увеличение цены зерна на 1 руб/ц повышает рентабельность на 0,11 %.

На инновационную активность предприятий АПК оказывают существенное влияние не только объективные, но и субъективные факторы [14]. Возможное решение полагаться на естественные преимущества российского АПК как на ведущий драйвер его развития видится малоперспективным. Таким драйвером, как представляется, должны стать приобретенные преимущества [15]. Предприятия с высокими производственными показателями могут быть моделями для достижения аналогичных результатов другими хозяйствами.

Экономическая эффективность затрат на удобрения при выращивании яровой пшеницы в Курганской области

Группа	Количество хозяйств в группе	Затраты на удобрения, руб/га	Затраты, руб/га	Площадь посева пшеницы, га	Урожайность, ц/га	Стоимость зерна, руб/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2019 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,69, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,95									
1	62	0	7 649	1 868	13,2	13 531	5 810	5 882	77
2	44	780	10 700	2 632	17,2	17 707	6 210	7 007	65
3	44	2312	16 333	4 365	24,9	25 599	6 560	9 266	57
2020 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,55, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,48									
1	44	0	8 078	1 795	10,0	11 879	8 100	3 801	47
2	52	780	10 331	2 579	11,7	13 897	8 860	3 566	35
3	52	2279	15 571	4 099	16,0	19 105	9 710	3 534	23
2021 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,12, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,54									
1	41	0	7 953	1 638	7,2	11 519	11 000	3 565	45
2	50	817	9 927	2 423	8,8	14 046	11 260	4 118	41
3	51	2420	17 358	3 767	14,2	22 560	12 260	5 202	30
2022 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,83, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,67									
1	52	0	11 862	1 963	16,4	194 667	7 230	9 980	84
2	47	1343	15 252	2 303	21,2	323 293	7 200	12 959	85
3	48	4240	25 581	2 654	30,3	775 468	8 440	14 762	58

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Table 2

Economic efficiency of fertilizer costs in the cultivation of spring wheat in the Kurgan region

Group	Number of farms in the group	Fertilizer costs, rub/ha	Costs, rub/ha	The area of wheat sowing, ha	Yield, kg/ha	The cost of grain, rub/ha	Cost price, rub/ton	Profit, rub/ha	Profitability, %
2019: HTC₀₅₋₀₆ = 0.69, HTC₀₅₋₀₈ = 0.95									
1	62	0	7 649	1 868	13.2	13 531	5 810	5 882	77
2	44	780	10 700	2 632	17.2	17 707	6 210	7 007	65
3	44	2312	16 333	4 365	24.9	25 599	6 560	9 266	57
2020: HTC₀₅₋₀₆ = 0.55, HTC₀₅₋₀₈ = 0.48									
1	44	0	8 078	1 795	10.0	11 879	8 100	3 801	47
2	52	780	10 331	2 579	11.7	13 897	8 860	3 566	35
3	52	2279	15 571	4 099	16.0	19 105	9 710	3 534	23
2021: HTC₀₅₋₀₆ = 0.12, HTC₀₅₋₀₈ = 0.54									
1	41	0	7 953	1 638	7.2	11 519	11 000	3 565	45
2	50	817	9 927	2 423	8.8	14 046	11 260	4 118	41
3	51	2420	17 358	3 767	14.2	22 560	12 260	5 202	30
2022: HTC₀₅₋₀₆ = 0.83, HTC₀₅₋₀₈ = 0.67									
1	52	0	11 862	1 963	16.4	194 667	7 230	9 980	84
2	47	1343	15 252	2 303	21.2	323 293	7 200	12 959	85
3	48	4240	25 581	2 654	30.3	775 468	8 440	14 762	58

Source: calculated by the authors according to [12].

Для их выявления выбраны по 35 предприятий (25 % всех сельхозорганизаций Курганской области) с данными за засушливый 2021 год ($ГТК_{5-7} = 0,42$) и благоприятный 2022 год ($ГТК_{5-7} = 0,84$) по наиболее высокой урожайности, столько же – по рентабельности. Всего сформировано четыре группы.

В большинстве случаев предприятия, вошедшие в группу с высокой урожайностью, не вошли

в группу с высокой рентабельностью, а хозяйства, вошедшие в группу с высокой урожайностью или рентабельностью в 2021 году, не вошли в соответствующую группу в 2022 году. Путем отбора установили, что во все четыре группы вошли только три предприятия: Для дальнейшего анализа взяты первые два хозяйства с наиболее распространенной зерновой специализацией в Курганской области.

Таблица 3

Экономическая эффективность выращивания яровой пшеницы в Курганской области в зависимости от затрат на 1 га посева в разные по влагообеспеченности годы

ЭКОНОМИКА

Группа предприятий	Число хозяйств в группе	Площадь посева пшеницы, га	Затраты, руб/га	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб/т	Цена, руб/т	Стоимость зерна, руб/га	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2019 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,69, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,95									
1	37	1 829	5 418	1,23	4 420	10 260	12 615	7 196	133
2	37	2 695	8 800	1,52	5 790	10 280	15 624	6 823	77
3	37	2 188	11 319	1,74	6 510	10 280	17 884	6 565	58
4	38	4 741	17 419	2,56	6 810	10 280	26 310	8 891	51
4 к 1			3,2	2,1	1,5	1,0	2,1	1,2	0,4
2020 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,55, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,48									
1	38	1 831	6 356	0,9	7 050	11 750	10 578	4 223	66
2	38	2 901	9 137	1,13	8 090	12 390	13 999	4 862	53
3	38	2 436	12 047	1,42	8 490	11 740	16 668	4 621	38
4	37	4 011	18 128	1,68	10 780	12 660	21 267	3 140	17
4 к 1			2,9	0,19	1,5	1,1	2,0	0,7	0,3
2021 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,12, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,54									
1	31	2 194	6 178	0,62	9 980	14 180	8 794	2 616	42
2	31	4 986	8 227	0,76	10 820	15 480	11 761	3 534	43
3	31	2 906	13 124	1,03	12 800	15 100	15 551	2 427	18
4	30	3 214	19 216	1,42	13 500	15 080	21 412	2 196	11
4 к 1			3,1	2,3	1,4	1,1	2,4	0,8	0,3
2022 год: ГТК₀₅₋₀₆ = 0,83, ГТК₀₅₋₀₈ = 0,67									
1	41	1 963	9 117	1,45	6 270	10 280	14 946	5 829	64
2	41	2 303	14 661	2,20	6 670	11 250	24 728	10 067	69
3	41	2 654	19 921	2,54	7 840	13 230	33 620	13 700	69
4	40	3 930	30 597	3,30	9 260	14 000	46 253	15 656	51
4 к 1		2,8	3,4	2,3	1,5	1,4	3,1	2,7	0,8

Table 3

Economic efficiency of growing spring wheat in the Kurgan region, depending on the cost per 1 hectare of sowing in different years of moisture availability

Group of enterprise	Number of farms in the group	Area of wheat sowing, ha	Costs, rub/ha	Yield, t/ha	Cost, rub/ton	Price, rub/ton	The cost of grain, rub/ha	Profit, rub/ha	Profitability, %
2019: HTC₀₅₋₀₆ = 0.69, HTC₀₅₋₀₈ = 0.95									
1	37	1 829	5 418	1,23	4 420	10 260	12 615	7 196	133
2	37	2 695	8 800	1,52	5 790	10 280	15 624	6 823	77
3	37	2 188	11 319	1,74	6 510	10 280	17 884	6 565	58
4	38	4 741	17 419	2,56	6 810	10 280	26 310	8 891	51
4 to 1			3.2	2.1	1.5	1.0	2.1	1.2	0.4
2020: HTC₀₅₋₀₆ = 0.55, HTC₀₅₋₀₈ = 0.48									
1	38	1 831	6 356	0.9	7 050	11 750	10 578	4 223	66
2	38	2 901	9 137	1.13	8 090	12 390	13 999	4 862	53
3	38	2 436	12 047	1.42	8 490	11 740	16 668	4 621	38
4	37	4 011	18 128	1.68	10 780	12 660	21 267	3 140	17
4 to 1			2.9	0.19	1.5	1.1	2.0	0.7	0.3
2021: HTC₀₅₋₀₆ = 0.12, HTC₀₅₋₀₈ = 0.54									
1	31	2 194	6 178	0.62	9 980	14 180	8 794	2 616	42
2	31	4 986	8 227	0.76	10 820	15 480	11 761	3 534	43
3	31	2 906	13 124	1.03	12 800	15 100	15 551	2 427	18
4	30	3 214	19 216	1.42	13 500	15 080	21 412	2 196	11
4 to 1			3.1	2.3	1.4	1.1	2.4	0.8	0.3
2022: HTC₀₅₋₀₆ = 0.83, HTC₀₅₋₀₈ = 0.67									
1	41	1 963	9 117	1.45	6 270	10 280	14 946	5 829	64
2	41	2 303	14 661	2.20	6 670	11 250	24 728	10 067	69
3	41	2 654	19 921	2.54	7 840	13 230	33 620	13 700	69
4	40	3 930	30 597	3.30	9 260	14 000	46 253	15 656	51
4 to 1		2,8	3,4	2,3	1,5	1,4	3,1	2,7	0,8

Таблица 4

Группировка сельхозпредприятий Курганской области по уровню рентабельности в 2022 году

Группа	Количество хозяйств в группе	Рентабельность, %	Затраты, руб/га	Цена, руб/ц	Урожайность, ц/га
1	35	-2	19 410	992	19
2	35	39	18 434	1 122	23
3	36	62	22 661	1 378	27
4	36	118	16 145	1 414	25

Table 4

Grouping of agricultural enterprises of the Kurgan region by profitability level in 2022

Group	Number of farms in the group	Profitability, %	Costs, rub/ha	Price, rub/c	Yield, kg/ha
1	35	-2	19 410	992	19
2	35	39	18 434	1 122	23
3	36	62	22 661	1 378	27
4	36	118	16 145	1 414	25

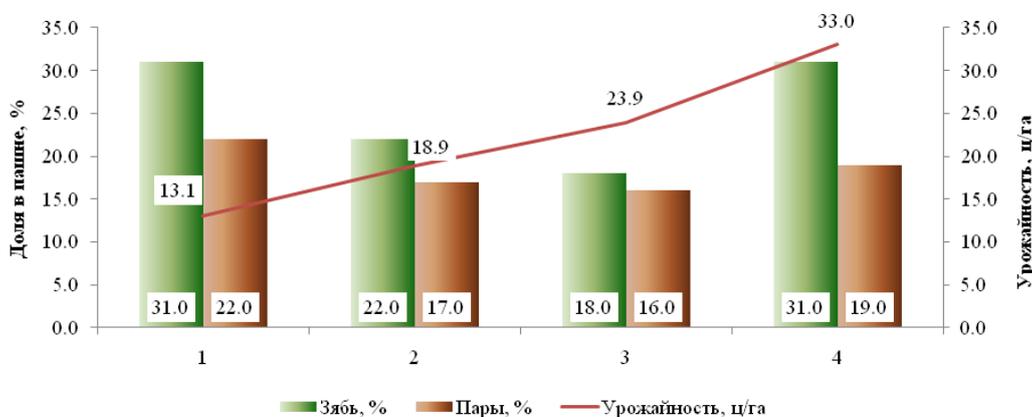


Рис. 5. Урожайность яровой пшеницы по группам сельхозпредприятий Курганской области в зависимости от размещения посевов по зяби и парам

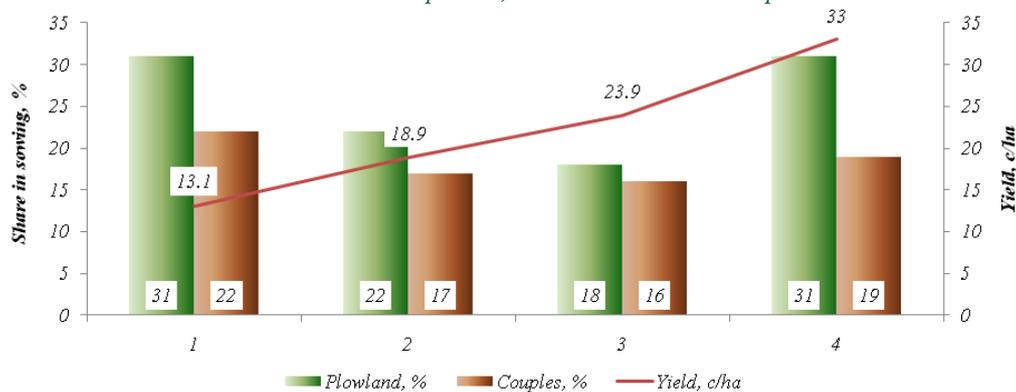


Fig. 5. Yield of spring wheat by groups of agricultural enterprises of the Kurgan region, depending on the placement of crops in the plowland and fallow

Оба предприятия имели высокие показатели по урожайности яровой пшеницы и рентабельности как в засушливом 2021 году, так и в благоприятном 2022-м. В 2021 году урожайность культуры в первом и втором хозяйствах составила 23,5 ц/га и 17,3 ц/га соответственно против среднеобластной 9,6 ц/га, рентабельность соответственно – 46 % и 66 % против 24,5 %. В 2022 году показатели стали выше: урожайность 34,6 ц/га при среднеобластной 24,3 ц/га, рентабельность – 96 %, 111 % и 60 % соответственно.

Затраты на средства защиты растений в этих хозяйствах выше среднеобластных показателей, но в структуре затрат были различия, составив соответственно на первом и втором предприятиях: в году – 9 % и 17 % (по области – 12 %). В обоих хозяйствах меньше расходы на заработную плату, семена и амортизацию, но больше на нефтепродукты.

В выбранных предприятиях в технологиях выращивания яровой пшеницы по некоторым важным элементам есть совпадения, в частности размещение посевов пшеницы по парам: от 35 до 89 % посевной площади.

В хозяйствах практически вся площадь пашни под посев следующего года пашется. В подготовке паров также применяются вспашка, боронование, несколько обработок культиватором и на отдельных полях опрыскивание глифосатом. Учитывая, что пшеница по вспашке за последние 20 лет стала занимать не более 7 % в структуре посевных площадей по области, такие решения по обработке почвы обращают на себя внимание. Оба хозяйства активно применяют удобрения и средства защиты растений, в 2022 году, помимо гербицидов, были применены фунгициды и инсектициды, перед уборкой на большей части посевов – десиканты. Второе хозяйство применяет в основном жидкие удобрения КАС-30 во время посева, в том числе по пару, для этого на сеялки СКП-2,1 установлено специальное оборудование. По утверждению руководителя предприятия, в 2023 году на полях, где применялись жидкие удобрения, по сравнению с твердыми прибавка урожая пшеницы достаточно ощутима. Оба хозяйства уже несколько лет используют сорт яровой пшеницы, устойчиво дающий стабильную урожайность. Сроки сева, как правило, проходят в первые две декады мая.

Несмотря на достижение высоких результатов, оба предприятия продолжают поиск более совершенных технологий. Специалисты первого предприятия решили частично заменить вспашку другими видами обработки почвы, поскольку она создает проблемы из-за невыровненности поля при уборке урожая. На втором планируют полностью перейти на жидкие удобрения и для этого построить собственный цех по их производству.

Безусловно, кроме выбранных, есть и другие успешно работающие хозяйства, применяющие оригинальные технологии в соответствии с почвенными характеристиками их полей и природными условиями, опыт работы которых можно и нужно использовать для развития остальных хозяйств области для стабильного развития АПК региона.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, урожайность зерновых культур в Курганской области за более чем столетний период выросла с 3,4 до 13,1 ц/га, с начала 2000 годов, несмотря на существенное увеличение применения удобрений и других средств интенсификации, она перестала расти, что подтверждается связью с ухудшением условий влагообеспеченности вегетации.

Климатические изменения, особенно усиливающиеся в Зауралье за последние 2 десятилетия, снижают эффективность земледелия, в том числе зер-

нового производства. Кроме того, дестабилизация производства происходит в связи с высокой волатильностью цен на зерно и средства производства.

Группировка хозяйств по уровню затрат на гектар посева яровой пшеницы показала, что увеличение затрат ведет к росту урожайности, но в меньшем размере по отношению к затратам, в результате повышается себестоимость зерна и снижается рентабельность производства.

Разносторонний анализ различных факторов природного и антропогенного характера, влияющих на эффективность производства зерновых культур, показал, что нет одного решающего фактора, как и нет одного идеального решения. На фоне изменения климата в Зауралье, связанного с усилением аридизации и вариабельности непрогнозируемого выборочного выпадения осадков на территории области, необходимость учета влияния многофакторности при выборе той или иной технологии становится еще более актуальной.

В таких условиях предприятия ищут пути экономически эффективного производства зерна: используют высокопродуктивные засухоустойчивые сорта, заменяют твердые удобрения более доступными для растений жидкими, своевременно и в оптимальных дозах применяют систему защиты растений. Комплекс инновационных мер позволяет им работать стабильно и получать высокие экономические результаты.

В то же время следует помнить, что нет единой технологии, которая бы могла обеспечить наилучшие результаты агропроизводства для всех хозяйств. Для каждого предприятия и даже поля она будет индивидуальна. Это связано с представленными в статье различиями как почвенных, погодных условий, так и экономических возможностей и специализации предприятия. Пример лучших по экономическим результатам хозяйств, у которых технологии производства зерновых оказались нетипичными для большей части хозяйств области, обращает внимание на то, что важно идти не путем копирования конкретной технологии большинства, а путем адаптации испытанных ранее в области технологий к условиям возделывания в конкретном хозяйстве с учетом его материально-технической базы.

Изучение и анализ технологий выращивания сельскохозяйственных культур, применяемых в реальном производстве, становится важнейшим способом получения новых знаний по земледелию в условиях многообразия средств производства и изменения климата.

Библиографический список

1. Popova K. Climate change and water availability in agriculture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
2. Okolie C. C., Danso-Abbeam G., Groupson-Paul O., Ogundeji A. A. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis // Land. 2023. Vol. 12, No. 1. Article number 50. DOI: 10.3390/land12010050.

3. Toreti A., Bassu S., Asseng S., et al. Climate service driven adaptation may alleviate the impacts of climate change in agriculture // *Communications Biology*. 2022. Vol. 5, No. 1. Article number 1235. DOI: 10.1038/s42003-022-04189-9.
4. Голицын Г. С., Васильев А. А. Изменение климата и его влияние на частоту экстремальных гидрометеорологических явлений // *Метеорология и гидрология*. 2019. № 11. С. 9–12.
5. Синещков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 13, № 4 (51). С. 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014.
6. Степных Н. В., Копылова С. А., Нестерова Е. В. Экономическая эффективность использования материальных ресурсов в растениеводстве // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 12 (227). С. 86–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-86-98.
7. Урожайность сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 11.09.2023).
8. Коновалова Л. К., Окорков В. В., Ильин Л. И. Экономическая оценка агротехнологий при различных системах удобрения и уровнях интенсивности // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 11. С. 85–90.
9. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30963> (дата обращения: 11.09.2023).
10. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6 (66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
11. Самыгин Д. Ю., Барышников Н. Г., Мизюркина Л. А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона // *Экономика региона*. 2019. Т. 15, № 3. С. 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
12. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry> (дата обращения: 11.09.2023).
13. Захаров В. Г., Яковлева О. Д. Результативность селекции яровой мягкой пшеницы на повышение урожайности (на примере сортосмены по Ульяновской области) // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 3 (47). С. 59–65. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-59-65.
14. Неганова В. П., Дудник А. В. Готовность к инновациям в АПК региона как субъективный фактор инновационной активности // *Экономика региона*. 2019. Т. 15, № 3. С. 880–892. DOI: 10.17059/2019-3-19.
15. Дудник А. В., Чердакова Т. А. Инвестиционные стратегии повышения конкурентоспособности агропродовольственной системы страны // *Экономика региона*. 2021. Т. 17, № 2. С. 632–643. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-2-20.

Об авторах:

Николай Васильевич Степных, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. E-mail: nickolai.stepnyh@yandex.ru

Елена Викторовна Нестерова, кандидат сельскохозяйственных наук, специалист по связям с общественностью, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0599-5054, AuthorID 698817. E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru

Артур Меружанович Заргарян, научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361. E-mail: nietsmmarrock@yandex.ru

References

1. Popova K. Climate change and water availability in agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 274: 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
2. Okolie C. C., Danso-Abbeam G., Groupson-Paul O., Ogundeji A. A. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis. *Land*. 2023; 12 (1): 50. DOI: 10.3390/land12010050.
3. Toreti A., Bassu S., Asseng S., et al. Climate service driven adaptation may alleviate the impacts of climate change in agriculture. *Communications Biology*. 2022; 5 (1): 1235. DOI: 10.1038/s42003-022-04189-9.
4. Golitsyn G. S., Vasilyev A. A. Climate change and its influence on the frequency of extreme hydrometeorological phenomena. *Meteorology and Hydrology*. 2019; 11: 9–12. (In Russ.)

5. Sineshchekov V. E., Vasilyeva N. V., Dudkina E. A. Economic efficiency of spring wheat grain production at different prices of realization. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13 (4): 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014. (In Russ.)
6. Sineshchekov V. E., Vasilyeva N. V., Dudkina E. A. Economic efficiency of spring wheat grain production at different prices of realization. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13 (4): 160–167. DOI: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014. (In Russ.)
6. Stepnykh N. V., Kopylova S. A., Nesterova E. V. Economic efficiency of using material resources in crop production. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 12 (227): 86–98. DOI 10.32417/1997-4868-2022-227-12-86-98. (In Russ.)
7. *Grain Yield* [Internet] [cited 2023 Nov 09]. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533>. (In Russ.)
8. Konovalova L. K., Okorkov V. V., Ilyin L. I. Economic assessment of agrotechnologies for various fertilizer systems and intensity levels. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32. 11: 85–90. (In Russ.)
9. *Crop Yield (per harvested area)* [Internet] [cited 2023 Nov 09]. Available from: <https://showdata.gks.ru/report/275372>. (In Russ.)
10. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A. Drought and hydrothermal coefficient of humidification as one of the criteria for assessing the degree of its intensity (literature review). *Grain Farming of Russia*. 2019; 6 (66): 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22. (In Russ.)
11. Samygin D. Yu., Baryshnikov N. G., Mizyurkina L. A. Models of scenario forecasting of the development of agriculture in the region. *Economy of Regions*. 2019; 15, 3: 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18. (In Russ.)
13. Zakharov V. G., Yakovleva O. D. The effectiveness of spring soft wheat breeding to increase productivity (on the example of variety substitution in the Ulyanovsk region). *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019; 3 (47): 59–65. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-59-65. (In Russ.)
14. Neganova V. P., Dudnik A. V. Readiness for innovation in the agro-industrial complex of the region as a subjective factor of innovation activity. *Economy of Regions*. 2019; 15, 3: 880–892. DOI: 10.17059/2019-3-19. (In Russ.)
15. Dudnik A. V., Cherdakova T. A. Investment strategies for increasing the competitiveness of the country's agro-food system. *Economy of Regions*. 2021; 17, 2: 632–643. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-2-20. (In Russ.)

Authors' information:

Nikolay V. Stepnykh, candidate of economic sciences, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. *E-mail: nickolai.stepnykh@yandex.ru*

Elena V. Nesterova, candidate of agricultural sciences, public relations specialist, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0003-0599-5054, AuthorID 698817. *E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru*

Artur M. Zargaryan, researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361.

E-mail: nietsmmarrock@yandex.ru