

### Список использованной литературы

1. Давыденко, И. В. Комплексное обеспечение гидрометеорологической безопасности в мегаполисе / И. В. Давыденко, И. А. Воропаев // Адаптация сельского хозяйства к изменениям климата : Сборник трудов, приуроченных к международной научно-практической конференции, посвящённой 165-летию со дня рождения В.А. Михельсона, Москва, 10 декабря 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 192–203. – EDN JLKFNH.
2. Быков А.Н. Искусственное увеличение атмосферных осадков в Республике Саха (Якутия) – путь к решению проблемы борьбы с природными пожарами // Наука и техника в Якутии. – 2024.
3. Протопопова В.В., Габышева Л.П. Возникновение лесных пожаров в Центральной Якутии в зависимости от условий погоды // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 513–519.
4. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии / АН СССР, Сибирское отделение. – 1981.
5. Справочник по климату СССР. Выпуск 24, ч. 11. Температура воздуха и почвы. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1966. – 397 с.
6. Активные воздействия на гидрометеорологические процессы : Тр. всесоюз. конф., Киев, 17-21 нояб. 1987 г. / Под ред. Ю. С. Седунова. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1990. – 608
7. Пономарёва Г.А. Обоснование административно-территориальной структуры центрального СЭР Республики Саха (Якутия) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2007. – № 4.
8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2022 году. – Якутск: Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства РС(Я), 2023.
9. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. – М.: Минприроды России, 2023.

УДК 633.1:631.559(470.32): 631.14:338.43

**Л.Н. Караулова**, канд. с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск  
karaulovaln@gmail.com*

### ТРЕНД ИЗМЕНЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЦЧР

**Ключевые слова:** урожайность зерновых, климат, Центрально-Черноземный регион, гидротермический коэффициент, минеральные удобрения.

**Key words:** grain yield, climate, Central Black Earth region, hydrothermal coefficient, mineral fertilizers

**Аннотация.** В условиях ЦЧР установлены закономерности временной динамики урожайности, которые выявили, что практически у всех культур минимум и максимум урожайности приходятся на одни и те же года, минимум отмечался в 2010 годах, а максимум в 2023г. Урожайность зерновых культур имеет общую тенденцию к увеличению, но объем прибавки зависит от культуры. Зависимость урожайности складывается из динамики временного тренда, внесения минеральных удобрений ( $r=0.72$ ), суммы осадков ( $r = -0.54 - 0.31$ ) и гидротермического коэффициента (ГТК) (0.28-0.61) периода вегетации.

**Summary:** Patterns in the temporal dynamics of crop yields were established in the Central Black Earth Region. These patterns revealed that for almost all crops, the minimum and maximum yields occur in the same years, with the minimum observed in 2010 and the maximum in 2023. Grain crop yields show a general upward trend, but the magnitude of the increase depends on the crop. The dependence of yield is determined by the dynamics of the time trend, the application of mineral fertilizers ( $r = 0.72$ ), the amount of precipitation ( $r = -0.54 - 0.31$ ), and the hydrothermal coefficient (HTC) (0.28-0.61) of the growing season.

Зерно является основным видом продукции растениеводства и служит главным источником углеводов, белков и витаминов в рационе человека, а также базой для производства комбикормов, обеспечивая пропитание для сельскохозяйственных животных и птиц. Зерновые – это стратегический продукт, обеспечивающий около 50% калорий, потребляемых человеком в мире [1].

В последние годы в России фиксируется постоянный рост урожайности зерновых культур. Рост урожайности в целом хорошо согласуется с трендом агрометеорологических изменений на территории всей страны, однако в некоторых регионах в последние годы фиксируется падение потенциальной урожайности [2, 3]. Влияние климата носит региональный характер: если в более холодных регионах потепление скорее полезно, то в традиционных житницах оно создает риски из-за дефицита влаги.

Современные климатические изменения в России оказывают неоднозначное влияние на урожайность зерновых, выступая фактором как роста, так и риска. Потепление увеличивает потенциал урожайности за счет продления вегетационного периода и продвижения земледелия на север, однако рост частот засух и аномальной жары (выше  $+30^{\circ}\text{C}$ ) в южных регионах снижает налив зерна и общую продуктивность. В целом, за 2000–2022 годы климатические изменения способствовали росту потенциальной урожайности в ряде регионов, но требуют адаптации агротехнологий.

Помимо климатических факторов прирост урожайности в ЦЧР на 53% обеспечивается совершенствованием агротехнологий и сортообновлением. Анализ тренда помогает понять эффективность внедрения цифровых технологий, новых удобрений и средств защиты растений [4].

Изучение изменения урожайности зерновых культур в Центрально-Черноземном районе (ЦЧР), как житницы России является актуальным. Это обусловлено необходимостью обеспечения продовольственной безопасности РФ, высокой климатической нестабильностью региона и потребностью в адаптации агротехнологий к современным условиям. В условиях экспортозамещения сельскохозяйственной продукции, анализ урожайности в Центрально-Черноземном регионе критически важен для прогнозирования валовых сборов.

Целью исследования является анализ динамики и выявление закономерностей трендов изменения урожайности основных зерновых культур за длительный период времени для оценки их устойчивости и прогнозирования производства.

Объектом анализа является урожайность сельскохозяйственных культур в ЦЧР. Для этого были использованы архивные источники информации - «Ежегодные статистические бюллетени» Курской, Белгородской, Воронежской, Липецкой и Тамбовской областей.

Для анализа тенденций урожайности сельскохозяйственных культур были использованы статистические методы (корреляционно-регрессионный анализ) программы STATISTICA, Statgraphics 18 - X64, Excel.

Анализ урожайности зерновых культур в хозяйствах всех категорий по областям ЦЧР показал, что урожайность за последние 25 лет (2000–2024) в регионах выросла в среднем в 1,5–2 раза благодаря интенсификации производства.

В целом резкие падения урожайности наблюдались в засушливые годы, особенно в 2010 году (менее 20 ц/га во всех областях). Максимальные значения в большинстве областей были достигнуты в 2022–2023 годах, превышая 50–60 ц/га (лидеры - Курская и Белгородская области). В 2024 году наблюдается некоторое снижение урожайности по сравнению с рекордным 2023 годом, что связано со сложными погодными условиями.

Анализ полученных материалов выявил, что урожайность культур имеет общую тенденцию к увеличению, но объем увеличения различается в зависимости от культуры. Так урожайность кукурузы (ц/га) в указанных областях ЦЧР за период 2000–2024 г. демонстрирует долгосрочный рост с высокой зависимостью от погодных условий, особенно в засушливые годы (например, 2010 г.). Пиковые значения во всех регионах пришлось на 2023 год. По сравнению с 2000-ми годами, текущая урожайность (даже с

учетом спада 2024 г.) в 2–3 раза выше, что связано с использованием гибридов и интенсификацией технологий. Ежегодное изменение может составлять до 1,27 ц/га.

Урожайность ячменя демонстрирует значительную волатильность, связанную с погодными условиями, при общей тенденции к росту производительности за последние 10–15 лет. Для большинства областей высокие показатели урожайности зафиксированы в 2014, 2017, 2022 и 2023 годах. К 2020-м годам отмечается рост урожайности (часто выше 30 ц/га) по сравнению с началом 2000-х (15–20 ц/га), что связано с использованием интенсивных технологий, лучших сортов семян и увеличении доз минеральных удобрений. Среднее ежегодное увеличение урожайности ячменя может достигать 0,68 ц/га.

В областях ЦФО демонстрируются значительные колебания урожайности озимой пшеницы. Большинство регионов достигли пиковых показателей урожайности в 2022–2023 годах, превышая отметку в 60 ц/га. Курская область по предварительным данным 2024 года показывает наиболее высокие результаты среди перечисленных регионов (49–50 ц/га). Тамбовская и Воронежская области зачастую показывали чуть более низкую урожайность по сравнению с Белгородской, Курской и Липецкой областями в засушливые годы. В 2024 году во всех пяти областях наблюдается снижение урожайности яровой пшеницы по сравнению с пиковыми показателями 2022–2023 годов, что соответствует общероссийской тенденции снижения урожайности зерновых из-за погодных условий (в т.ч. из-за заморозков весной).

Анализ выявил, что урожайность зерновых культур имеет общую тенденцию к увеличению. И практически у всех культур минимум и максимум урожайности приходятся на одни и те же года минимум отмечался в 2010 годах, а максимум в 2023г.

Основным драйвером роста урожайности в России являются именно климатические условия, которые становятся более благоприятными для выращивания зерновых.

Таким образом, в благоприятных условиях выращивания культуры формируют высокую урожайность, а потери остаются в пределах стрессовых ситуаций.

На основе составленной матрицы урожайности ЦЧР была построена регрессионной моделью, описывающая зависимость урожайности от временно-го тренда, внесения удобрений, осадков и гидротермического коэффициента.

$$U_{\text{зерновых}} = -32,57 + 1,54 * X_1 + 0,17 * X_2 + 0,04 * X_3 + 51,21 * X_4 - 17,31 * X_4^2,$$

$$R^2 = 0,74, \text{ где}$$

$X_1$  – год

$X_2$  – доза минеральных удобрений, ц/га

$X_3$  – сумма осадков за осенне-зимний период, мм

X<sub>4</sub> – ГТК периода активной вегетации(апрель-август)

Представленная модель описывает положительный временной тренд т.е. урожайность растет со временем. Также наблюдается прямая зависимость от увеличения внесения минеральных удобрений (повышает урожай). Осенне-зимние фонды влаги критичны для производства зерна. Достаточная влага в почве к началу вегетации гарантирует дружные всходы и активный рост весной, а также успешную зимовку озимых, предотвращая засушливые явления. Этот параметр нашел отражение и в нашей модели. Нелинейная (квадратичная) зависимость от ГТК означает, что существует оптимальное значение ГТК, при котором урожай максимален, а слишком низкое или слишком высокое значение (засуха или переувлажнение) снижают его. Максимум урожайности достигается при значении ГТК 1.48.

#### Список использованной литературы

1. Карпенко Г.Г., Антонцев А.А Основные тенденции развития производства и рынка зерновых культур в России и мировом пространстве // Государственное управление. Электронный вестник. – Выпуск № 69. – Август 2018. – С. 56–79.
2. Агроинвестор. Россельхозбанк: за пять лет урожайность зерновых в России выросла на 23%. URL:<https://agrarian.expert/rosselhozbank-za-pyat-let-urozhajnost-zernovyh-v-rossii-vyroslo-na-23>. (дата обращения: 05.02.2023)
3. Горянин О.И. Влияние климата и погодных условий на урожайность зерновых культур в засушливых условиях Поволжья // Земледелие. – 2024. – № 4. – С. 19–24.
4. Акименко А.С., Свиридов В.И., Дудкина Т.А., Долгополова Н.В. Закономерности для цифровизации производства зерновых культур в севооборотах лесостепи Центрального Черноземья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 5. – С. 4–9.

УДК 631.674.5:634.1

**Р.А. Филиппов**, канд. с.-х. наук,

**Д.А. Скобников**, магистрант

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва  
E-mail: rostislav-filippov@yandex.ru*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ**

**Ключевые слова:** внутрипочвенное внесение, жидкие удобрения, интенсивное садоводство, инъекционные агрегаты, точное земледелие.

**Key words:** in soil application, liquid fertilizers, intensive horticulture, injection units, precision farming.