

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

УДК 551.583.63

### ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В РОССИИ: СООТНОШЕНИЕ ПОЛИТИЧЕСКОГО И КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ В ИСТОРИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ

© 2024 г. Н. М. Дронин<sup>1, \*</sup>, Д. И. Ковбашин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*e-mail: ndronin@gmail.com

Поступила в редакцию 25.10.2023 г.

После доработки 30.04.2024 г.

Принята к публикации 16.05.2024 г.

В последние годы Россия зарекомендовала себя как ведущий мировой экспортер зерна. Рекордный рост урожайности зерновых в последнее десятилетие происходит на фоне ухудшения климатических условий, предсказанных моделями глобальной циркуляции. В контексте российской аграрной истории такой рост производства зерна выглядит исключительным, так как текущие темпы годового роста производства зерна примерно вдвое выше, чем в любом историческом периоде, когда происходила модернизация российского аграрного сектора. В связи с этим в статье обсуждается характер климатических изменений и аграрной политики в последнее десятилетие и их вклад в ускоренный рост производства зерна в современный период на основе регрессионных моделей урожайность—погода. Анализ результатов, полученных с помощью регрессионных моделей за период 1958–2020 гг., свидетельствует о том, что последнее десятилетие отличается отчетливой дивергенцией реальных и климатически обусловленных (моделируемых) урожаев в главной зернопроизводящей зоне страны. Регионы с усиливающейся дивергенцией между результатами регрессионных моделей и реальной урожайностью зерновых образуют географически компактную группу и охватывают два макрорегиона — Северный Кавказ и Центрально-Черноземный район. В то время как в остальных регионах наблюдается по-прежнему хорошее согласие между модельными результатами и урожайностью. Успехи зернового хозяйства на юге Европейской России трудно объяснить климатическим фактором из-за заметного роста температур с небольшими изменениями осадков или даже их снижением, что обуславливает более засушливые условия в вегетационный период. Мы рассматриваем расхождение результатов климатических регрессионных моделей и реальных урожаев в этих регионах как свидетельство более значительного вклада сельскохозяйственных реформ в повышение урожайности. Эти реформы в первую очередь приносят пользу агрохолдингам, занимающим большую часть наиболее продуктивных земель в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском макрорегионах.

**Ключевые слова:** статистические модели, урожайность зерновых, климатическая урожайность, регионы России, сельское хозяйство, сельскохозяйственные реформы, агрохолдинги

DOI: 10.31857/S2587556624030104 EDN: SODCDP

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В 2000 г. Россия занимала лишь 18 место по экспорту пшеницы в мире, а в 2010-х годах стала крупнейшим поставщиком зерна на мировые рынки. Федеральная программа развития сельского хозяйства поставила цель к 2020 г. достичь валового сбора зерна в 115 млн т, а экспорта — 30 млн т<sup>1</sup>. Но уже в 2016 г. экспорт зерна достиг

30.5 млн т при сборе 117 млн т. Европейский банк реконструкции и развития оценил максимальный потенциал производства зерна в России в 126 млн т, предполагая, что агроклиматические условия в России аналогичны таковым в Канаде, где текущая урожайность составляет 3.54 т/га (EBRD-FAO ..., 2008). Аналогичным образом, Российский институт конъюнктуры аграрного рынка прогнозировал в 2012 г., что производство зерна в России в 2019 г. достигнет 125 млн т, а экспорт зерна — примерно 45–50 млн т (Schierhorn et al., 2014). Россия

<sup>1</sup> Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия — Правительство России (government.ru).

превысила и эти прогнозы: в 2017 г. было собрано 134.1 млн т, из которых 48.8 млн т зерна было экспортировано<sup>2</sup>. В 2022 г. установлен новый рекорд по сбору зерна — 157.7 млн т, а в 2023 г. получен урожай в 140.2 млн т.

В контексте российской аграрной истории такой рост производства зерна выглядит исключительным. В советский период российское сельское хозяйство ни разу не смогло выполнить пятилетние планы. Климат справедливо признавался главным фактором неустойчивости урожаев зерновых культур в России. Погода определяла большие колебания урожайности из года в год. Но и среднесрочные колебания климата также были ответственны за снижение средней урожайности в разные десятилетия. В России наблюдалось несколько десятилетий с преобладанием неблагоприятной погоды (1930-е, 1950-е, 1990-е годы), но некоторые десятилетия отличались относительно хорошей погодой (1910-е, 1970-е, 1980-е годы) (Dronin and Kirilenko, 2013). В прошлом веке было также несколько эпизодов быстрого роста урожайности зерновых, когда аграрная политика, ориентированная на развитие рынка или его элементов, совпадала с благоприятными погодными условиями (столыпинские реформы в начале 1910-х годов, реформы Косыгина в конце 1960-х годов). Однако текущие темпы годового роста производства зерна примерно вдвое выше, чем в любом из таких исторических эпизодов. В статье обсуждаются характер климатических изменений и аграрной политики в последнее десятилетие как возможные причины ускоренного роста производства зерна в современный период.

Успехи зернового хозяйства России трудно объяснить климатическим фактором, особенно на юге Европейской России. Центральное Черноземье и Северный Кавказ испытывают заметный рост температур с небольшими изменениями или даже снижением осадков, что привело к более засушливым условиям в вегетационный период. Например, с 1960-х по 2010-е годы в Воронежской области средняя температура в период с апреля по сентябрь увеличилась на 1.8°C. Хотя общее количество осадков не изменилось, они становятся более интенсивными. За ливневыми дождями обычно следует жаркая и сухая погода с суховеями, что приводит к высокому испарению почвы и истощению запасов влаги в почвах (Гордеев, Турусов, 2015). Летом 2020 г., впервые с 1892 г., знаменитый колодец Докучаева в Каменной степи высох, так как уровень грунтовых вод упал ниже 8 м.<sup>3</sup> В Ставропольском крае уве-

личение частоты дней с температурой выше 40°C наблюдалось на 12 метеостанциях из 16. За 18 последних лет произошло восемь катастрофических ливней с выпадением более 100 мм осадков<sup>4</sup>. В течение того же периода времени наблюдались три крупные продолжительные засухи (2010, 2012, 2014 гг.) (Кузнецова, 2019).

Российские СМИ регулярно описывают погодные трудности со ссылкой на местных сельхозпроизводителей и руководителей хозяйств. В этом отношении история рекордного урожая 2017 г. показательна. Весной и в начале июня в СМИ появились многочисленные сообщения о неблагоприятных погодных условиях. Нестабильная погода с дождями и очень сильными колебаниями температуры в июне наблюдалась в Центральном, Северо-Западном и Поволжском макрорегионах. Сообщалось, что многие районы на Урале в течение нескольких недель страдали от холодной и дождливой погоды. В конце мая заморозки повредили посевы различных культур на площади до 150 тыс. га в Мордовии, где местным властям пришлось объявить даже чрезвычайную ситуацию. Холодная погода с температурой 2–3°C ниже нормы и дождями, продолжающимися без перерыва в течение 2–5 дней, наблюдалась на Северном Кавказе. Гидрометеорологическая служба России сообщила, что зерно созревает слишком медленно из-за частых дождей и чрезмерной атмосферной влаги в сочетании с заболачиванием почв в некоторых регионах, что вызывает распространение грибка. Минсельхоз сообщил об уничтожении урожая от проливных дождей и града в некоторых районах Северного Кавказа. В местной прессе также отмечены публикации о гибели озимых посевов в Ярославской и Орловской областях. Первый официальный прогноз по производству зерна Минсельхозом предполагал урожай около 110 млн т. В начале июня министерство пересмотрело свой прогноз в сторону понижения, установив его на уровне 100–103 млн т. Снижение прогноза объяснялось тем, что погодные условия оказались значительно хуже, чем в 2016 г., когда было собрано 117 млн т<sup>5</sup>. Министерство ошиблось в своих прогнозах на 30 млн т. Фактическое производство в 2017 г. достигло исторического максимума в 134.1 млн т. Наибольшие урожаи были собраны в регионах Северного Кавказа и Центрального Черноземья.

Ухудшение климатических условий к 2020-м годам предсказывалось большинством моделей глобальной циркуляции (МГЦ), которые показывали либо уменьшение, либо незначительное увеличение осадков на фоне повышения температуры на юге Европейской России (Bobylyev et

<sup>2</sup> [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities\\_by\\_country\\_exports](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country_exports)

<sup>3</sup> <https://riavm.ru/districts/talovsky/vpervye-za-128-let-v-dokuchaevskom-gidrologicheskom-kolodtse-voronezhskoy-oblasti-ischezla-voda/> (дата обращения 08.09.2023).

<sup>4</sup> Влияние изменения климата Ставропольского края на экономику и экологию региона (APK-news.ru).

<sup>5</sup> <https://www.gazeta.ru/business/2017/06/15/10721987.shtml>.

al., 2012; Kiselev et al., 2013). В связи с изменением климата увеличивается вероятность сильных засух на Северном Кавказе и в Западной Сибири (Павлова, Варчева, 2017; Alcamo et al., 2007), что подтверждается более частыми засухами в 1999–2015 гг. по сравнению с 1982–1998 гг. (Вильфанд и др., 2016). Росгидромет оценивал возможное падение производства зерна на 10–20% к 2035 г. относительно конца XX в. из-за растущего дефицита влаги в основном зернопроизводящем поясе (Второй ..., 2014). В модели Алкамо и др. (Alcamo et al., 2007) климатически обусловленная урожайность (т.е. избавленная от агротехнического тренда) для 2020-х годов прогнозировалась на 6–12% ниже по сравнению с периодом 1960–1990 гг. Павлова и др. (Pavlova et al., 2018) оценивает снижение урожайности яровой пшеницы на 6% в 2030-х годах, особенно сильное падение ожидается в Центрально-Черноземном районе из-за значительного увеличения засушливости. Наш ранний прогноз (Lioubimtseva et al., 2015) производства зерна и зернового баланса России для 2020 г. разрабатывался для двух сценариев: трендового и с учетом климатических изменений. В трендовом сценарии средний объем производства зерна в России в 2020 г. оценивался на уровне не выше 100 млн т, а с учетом изменения климата – на уровне 90–93 млн т. Большинство МГЦ также предсказывали заметный рост урожаев в менее продуктивных центральных и северных районах лесной зоны, а также в Восточной Сибири, где климат становится значительно мягче с повышением температуры и увеличением количества осадков (Alcamo et al., 2007). Данные прогнозы пока не подтверждаются: юг европейской части России продолжает играть роль главного зернопроизводящего региона, тогда как вклад других регионов продолжается снижаться в силу экономических, демографических и инфраструктурных проблем.

Лобелл и др. (Lobell, 2009; Lobell et al., 2011) показали, что климатические изменения уже вызвали снижение климатически обусловленной урожайности российской пшеницы на 3.9–6.5% за десятилетие в период с 1980 по 2008 г. В (Сиротенко, Павлова, 2012), напротив, был обнаружен рост климатической урожайности за период с 1975 по 2006 г., равный 0.4% за десятилетие в Центральном экономическом регионе и до 2.8% за десятилетие в Поволжье, но авторы делали расчет для озимых культур. Однако в более поздней работе (Павлова, Карачёнок, 2020) показано, что тренды климатически обусловленной урожайности озимой и яровой пшеницы отрицательны на большей части территории юга Европейской России. Средняя за 2006–2015 гг. климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы, по данным этих авторов, составляет 75% от уровня 1961–1990 гг. Отрицательные

тренды климатически обусловленной урожайности в основных зерновых районах Европейской территории России на фоне продолжающегося потепления вызваны аридизацией и напряженностью термического режима вегетационного периода зерновых культур. Согласно моделям Беляевой и Бокушевой (Belyaeva and Bokusheva, 2018), снижение урожайности связано, прежде всего, с ростом летних температур. Каждый дополнительный тепловой день при базовой температуре 25°C должен вызывать снижение климатически обусловленной урожайности озимой пшеницы на 0.8%, ярового ячменя – на 1% и яровой пшеницы – на 1.44%.

Таким образом, рост урожайности зерновых в последнее десятилетие происходит на фоне ухудшения климатических условий в главной зернопроизводящей зоне страны. Соответственно, высокие урожаи в последнее десятилетие должны быть объяснены другими, не климатическими факторами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования была оценка степени соответствия реальной и климатически обусловленной урожайности зерновых в России (и соответственно в РСФСР, если это касается статистики советского периода) на основе регрессионной модели урожайность–погода на период 1958–2020 гг. Наша эмпирико-статистическая модель для периода 1958–2010 гг. показала высокую корреляцию (0.75) между наблюдаемой и климатической (моделируемой) урожайностью зерновых, и в этом отношении недавний период 2000–2010 гг. вполне соответствует паттерну исторической динамики урожайности (Dronin and Kirilenko, 2013). Расширение временного ряда до 2020 г. позволило оценить, насколько современный период рекордных урожаев отличается от других исторических периодов. Кроме того, мы усовершенствовали примененный подход за счет использования трех регрессионных моделей.

Статистика урожайности на региональном уровне, использованная в данном исследовании, взята из советских и российских официальных статистических сборников за соответствующие годы и представляется надежной (Дронин, 2014). В частности, в сборнике 2000 г. приводятся откорректированные данные по урожайности для позднесоветского периода, которые не меняют характер динамики урожайности за рассматриваемый период (Сельское ..., 2000). В (Растяников, Дерюгина, 2009) предложена авторская коррекция официальных данных до 1991 г., но с тем же результатом, показывающим возможность использования советских данных для ре-

грессионной модели на протяженный исторический период.

Следуя стандартной процедуре, следующим шагом являлось устранение так называемого агротехнического тренда из временных рядов урожайности, связанного с постепенными улучшениями в агротехнологиях. Понятие агротехнического тренда и способы его определения были впервые предложены российским (советским) статистиком В.М. Обуховым (1927). Полученные в результате исключения агротехнического тренда разностные величины используют в качестве зависимой переменной в модели множественной регрессии с климатическими переменными, такими как температура и осадки, используемыми в качестве предикторов (Lobell and Ortiz-Monasterio, 2007; Matiu et al., 2017; Nicholls, 1997).

В качестве климатических переменных использовались среднегодовые, сезонные и месячные температуры и осадки. Среднемесячные температуры воздуха были получены с помощью глобального продукта GISS GISTEMP v4 SBBX. Tsurf250 Института космических исследований имени Годдарда НАСА (GISS), представленного по сетке  $1^\circ \times 1^\circ$  с примененным фильтром сглаживания 250 км (Hansen et al., 1987; Lenssen et al., 2019). Для месячного количества осадков за 1958–2016 гг. мы использовали данные ежемесячного продукта V.2018 (V8) Глобального климатологического центра осадков (GPCC) (Schneider et al., 2018). Последние годы, отсутствующие в полностью проверенном продукте (2017–2019 гг.), были получены из ресурса First Guess (Schamm et al., 2014; Ziese et al., 2011). Осадки от обоих продуктов сравнивались за один перекрывающийся год (2016 г.) для обеспечения совместимости данных. Все данные были интерполированы в стандартную сетку  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  географической широты и долготы.

Климатические переменные были привязаны к административным единицам с использованием средневзвешенных значений. Весовые коэффициенты представляли собой площадь, занятую посевами в 1992 г. в каждой ячейке сетки (Ramankutty and Foley, 1998). Административные единицы с отсутствующими данными за 10 или более лет, а также административные единицы, в которых производство зерна было незначительным или отсутствовало вовсе, были исключены из рассмотрения, в результате чего было получено 59 территориальных единиц для дальнейшего анализа.

Для повышения надежности результатов мы использовали три модели: множественную линейную регрессию (MLR), регрессию Лассо (LR) и гребневую регрессию (RR). Для каждой модели были выбраны пять переменных с наилучшей объяснительной силой. Выбор перемен-

ных в моделях был индивидуальным для каждой административной единицы. Наиболее часто выбираемыми переменными (релевантными для не менее половины административных единиц) были количество осадков за вегетационный период (апрель–июль с положительными коэффициентами), количество осадков за период сбора урожая (август–сентябрь с отрицательными коэффициентами) и февральские осадки (с отрицательными коэффициентами). Из трех регрессий несколько лучший результат показала модель RR.

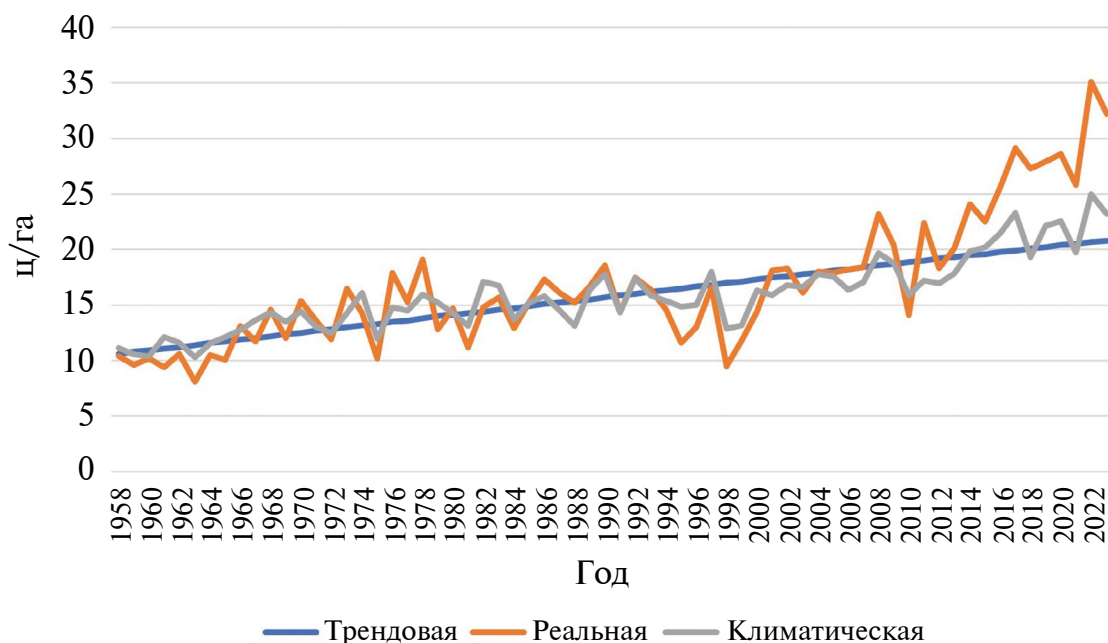
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты регрессионной модели показывают высокую корреляцию между реальной и климатически обусловленной урожайностью для периода 1958–2010 гг. и их отчетливую дивергенцию после 2010 г. (рис. 1). При этом климатическая урожайность не меняет характера своей динамики на протяжении всего периода, несколько повышаясь (в благоприятные годы) или понижаясь (в неблагоприятные годы) относительно трендовой урожайности. Ряд урожайности зерновых (1958–2023 гг.) имеет коэффициент вариации 9%, а климатической урожайности – 5%. Максимальные отклонения климатической урожайности от тренда находятся в диапазоне  $\pm 10\%$ . В последнее десятилетие это отклонение от тренда также составляет от  $-6\%$  (2011–2015 гг.) до  $+9\%$  (2016–2020 гг.) (табл. 1). Максимальные отклонения реальной урожайности от трендовых значений в исторический период более значительны – от  $-23\%$  (1995–2000 гг.) до  $+15\%$  (1976–1980 гг.) (см. табл. 1). Современный период (2016–2020 гг.) в этом отношении разительно отличается, так как превышение реальной урожайности над трендовыми значениями достигает исторического максимума в 42%, при этом модельная и наблюдаемая урожайность отчетливо расходятся (см. рис. 1).

В основе нашего подхода лежит предположение о том, что разница между смоделированной климатической и реальной урожайностью обусловлена влиянием политического фактора, под которым мы понимаем конкретные программы развития сельского хозяйства. Это предположение подтверждено следующим тестом. Основываясь на историческом анализе, экспертным образом присваивался каждому году либо положительный (+1), либо отрицательный (–1) индекс аграрной политики. Таким же образом были ранжированы отклонения реальной урожайности от расчетной климатической для всех регионов. Несмотря на упрощенный характер данного теста, между двумя рядами значений была получена относительно высокая корреляция (ранговая корреляция Спирмена), равная 0.53

**Таблица 1.** Средняя урожайность зерновых в России в 1958–2020 гг.: наблюдаемая, климатическая урожайность, прогнозируемая на основе погоды, разница между наблюдением и прогнозом (модель RR)

| Период (годы) | Агротехнический тренд, ц/га | Реальная урожайность, ц/га | Отклонение реальной урожайности от тренда, ц/га | Предсказанное отклонение климатически обусловленной урожайности от тренда, ц/га |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1958–1965     | 11.2                        | 9.8                        | –1.3                                            | +0.07                                                                           |
| 1966–1975     | 12.2                        | 13.4                       | +1.2                                            | +1.5                                                                            |
| 1976–1980     | 13.8                        | 15.9                       | +2.2                                            | +1.2                                                                            |
| 1981–1985     | 14.6                        | 13.9                       | –0.6                                            | +0.6                                                                            |
| 1986–1990     | 15.4                        | 17.3                       | +2.0                                            | –0.04                                                                           |
| 1991–1995     | 16.2                        | 14.9                       | –1.3                                            | +0.6                                                                            |
| 1995–2000     | 16.9                        | 13.1                       | –3.9                                            | –1.9                                                                            |
| 2001–2005     | 17.8                        | 17.7                       | –0.1                                            | –0.8                                                                            |
| 2006–2010     | 18.6                        | 18.9                       | +0.3                                            | –1.0                                                                            |
| 2011–2015     | 19.3                        | 21.5                       | +2.2                                            | –0.9                                                                            |
| 2016–2020     | 20.3                        | 28.9                       | +8.7                                            | +1.8                                                                            |

**Рис. 1.** Наблюдаемая и климатически обусловленная (модельная) урожайность зерновых (ц/га), осредненная по 59 регионам России (модель RR).

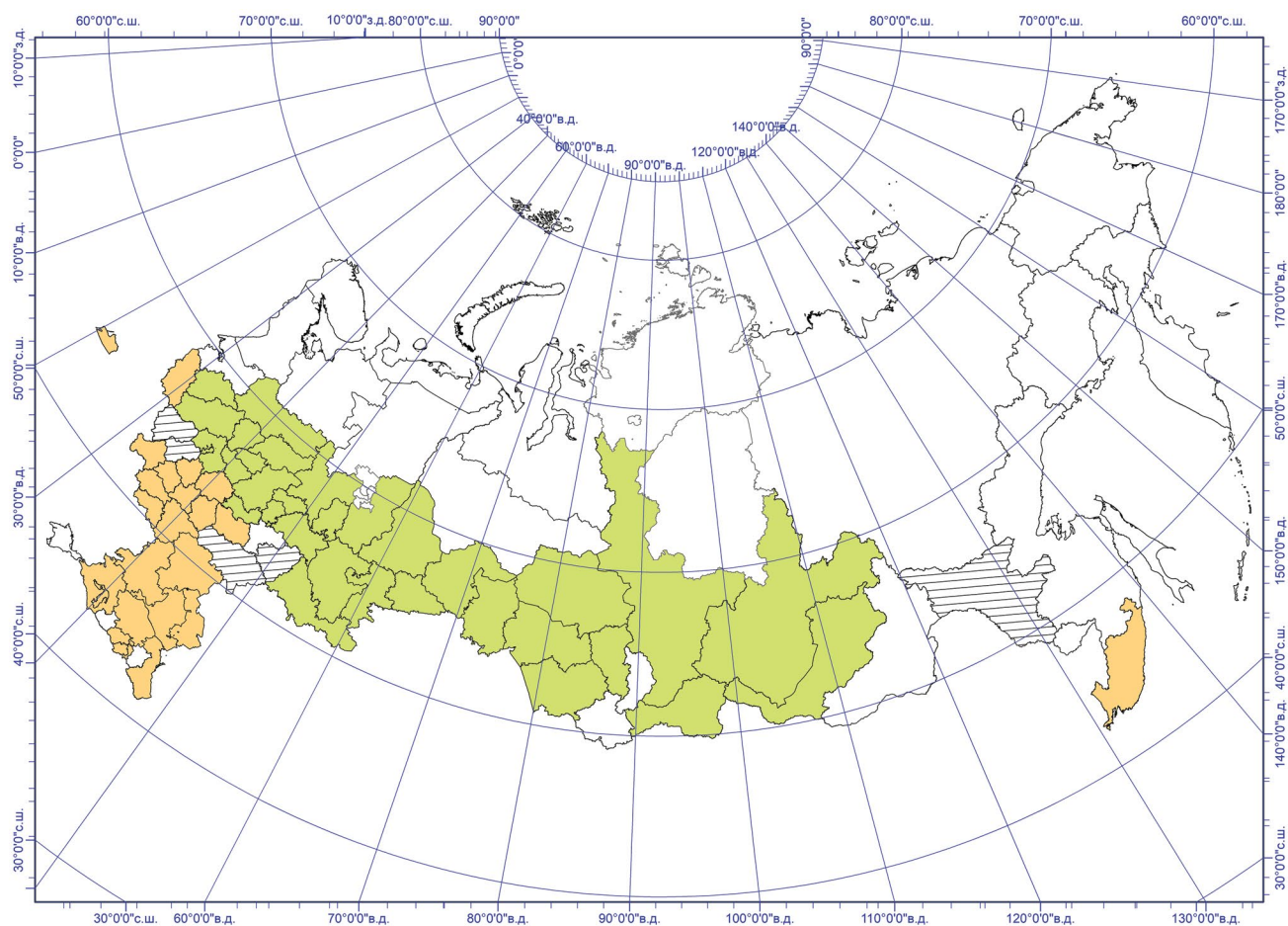
( $p < 0.01$ ), что подтверждает сильное влияние аграрной политики на динамику урожайности зерновых в России в период 1958–2010 гг. (Dronin and Kirilenko, 2013).

Пространственный анализ показывает, что регионы с усиливающейся после 2010 г. дивергенцией между реальной и моделируемой урожайностью образуют географически компактную группу и охватывают два района – Северный Кавказ и Центрально-Черноземный (рис. 2). Во всех остальных регионах (за исключением Приморского края) наблюдается по-прежнему хоро-

шее согласие между моделируемой и реальной урожайностью.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данной работе политический фактор определяется как конкретные государственные программы развития сельского хозяйства, которые имеют определенные временные исторические рамки. Если в пределах этих временных рамок разница между смоделированной климатической и реальной урожайностью показывает устойчивое отрицательное или положительное

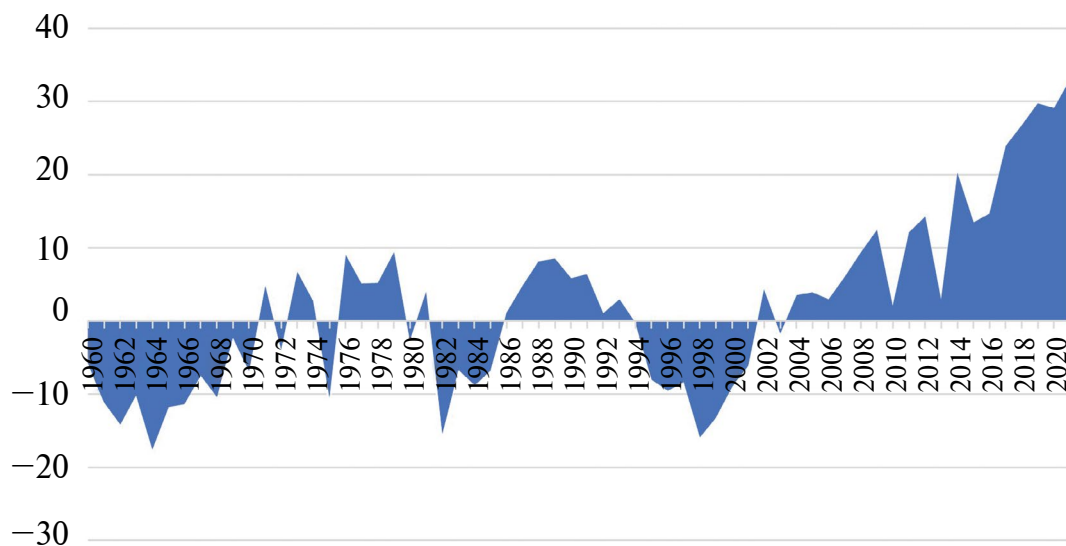


**Рис. 2.** Группы регионов России по степени дивергенции реальной и климатической урожайности зерновых: оранжевый цвет — регионы, где реальная урожайность заметно превышает климатически обусловленную; зеленый цвет — регионы, где расхождение реальной и климатической урожайности не наблюдается; штриховка — регионы, где превышение реальной урожайности над климатической не является статистически значимым.

отклонение, а не варьирует из года в год попеременно в положительную и отрицательную стороны, то есть основания считать, что эти систематические отклонения связаны с реализацией данной программы. В истории российского сельского хозяйства за последние 120 лет (начиная с реформ Столыпина) не было ни одного исторического периода, в котором аграрный сектор развивался вне какой-либо государственной программы развития (подъема, реформирования, ускорения и др.). Эти программы можно оценить по потерям потенциального (т.е. климатического) урожая в период их реализации (Dronin and Kirilenko, 2013). В 1995–2000 гг. потери потенциальной урожайности зерновых в размере 12% могут считаться ценой неудачных рыночных реформ в сельском хозяйстве в этот период. Программа освоения целинных земель 1957–1965 гг. стоила стране также 12% урожайности зерновых в Российской Федерации. Напротив, в периоды успешных (стимулирующих) программ развития, как в период реформ Косыгина (1965–1975 гг.), когда рост государственных инвестиций в сельское хозяйство СССР превы-

шал показатели США, производство зерновых (на единицу посевной площади) было на 10% выше моделируемых климатических урожаев. В рамках такой логики мы можем рассматривать и нынешний период рекордных урожаев, когда превышение реальных урожаев над климатическими составило более 30% (рис. 3).

Особенностью современного периода является то, что политика аграрных реформ началась в 2000 г. и в целом отличалась положительной динамикой урожайности, но быстрый рост урожайности начался только после 2012 г. (см. рис. 1, табл. 1). Первый период реформ в 2000-х годах позволил российскому сельскому хозяйству выйти из затяжного кризиса, но реальные урожаи были не выше трендовых показателей. Медленное развитие российского аграрного сектора в первое десятилетие реформ объяснялось многими причинами, такими как приоритет продовольственной безопасности и самообеспеченности, ограничение волатильности цен в поддержку животноводов (Wegren, 2013), экспортные ограничения при ограниченном внутреннем спросе (USDA, 2017), острая



**Рис. 3.** Отклонение реальной от климатически обусловленной урожайности зерновых в 1958–2020 гг. (трехлетняя скользящая средняя), % от трендовых значений.

нехватка современной сельскохозяйственной техники (Алабушев и др., 2010), перегруженность инфраструктуры, включая сеть железных дорог и порты, плохое состояние зернохранилищ, удаленность сибирских регионов от рынков, минимальное использование агрохимикатов и недостаточное применение удобрений, недостаточные субсидии на региональном уровне (Kiselev et al., 2013), плохое качество семян (USDA ..., 2017), рост стоимости ввозимых ресурсов, включая семена, химикаты, горюче-смазочные материалы. Эти проблемы называются в числе медленно решаемых и после 2010 г.

В аграрной политике могут формулироваться одни цели и инструменты их достижения, но в ходе ее реализации могут быть получены и незапланированные результаты, которые обеспечивают реальный прогресс в сельском хозяйстве. Таким важным результатом, на наш взгляд, стало появление агрохолдингов.

В 1990-х годах реформы в сельском хозяйстве страны предполагали ускоренное развитие частного (семейного) сельхозпроизводителя. Но эта ставка на индивидуального сельхозпроизводителя не оправдала себя. Прямым, но непреднамеренным (Davydova and Franks, 2015) результатом рыночных реформ в России стало появление в 2000-х годах сверх крупных корпоративных хозяйств — агрохолдингов. Агрохолдинги появились, прежде всего, в главных сельскохозяйственных регионах страны, поглотив многие земли бывших колхозов и индивидуальных хозяйств (Davydova and Franks, 2015). Это стало общей тенденцией для трех зернопроизводящих стран: в настоящее время Россия, Украина и Казахстан имеют самый высокий уровень концен-

трации обрабатываемых земель даже по мировым стандартам (Deininger and Byerlee, 2011).

Это увеличение концентрации сельского хозяйства, по-видимому, определяется тем, как распределяются сельскохозяйственные субсидии. Основной интерес государственного регулирования заключается в увеличении производства со стратегической целью достижения продовольственной независимости, и фактическая поддержка широко варьируется в зависимости от производительного потенциала регионов. Разделение ответственности между федеральным правительством и региональными властями бывает не совсем ясным, а сам механизм перераспределения субсидий является непрозрачным (Kvartiuk and Herzfeld, 2021). Крупные предприятия, такие как агрохолдинги, имеют больше возможностей влиять на принятие решений о распределении субсидий между регионами и внутри них. В свою очередь федеральное правительство неоднократно выражало приоритетную поддержку крупным сельскохозяйственным предприятиям, рассматривая их как локомотивы аграрного развития (Wegren, 2021). Еще одним важным фактором является то, что федеральное правительство использует сельскохозяйственные субсидии для укрепления доминирования элит в регионах и обеспечения большей поддержки в избирательных кампаниях (Kvartiuk and Herzfeld, 2021).

В результате доступ к государственной поддержке, кредитам, инфраструктуре и рынкам различается в разных аграрных структурах и среди регионов. Мелкие сельхозпроизводители страдают от отсутствия доступа к новым технологиям, плохой связи с розничной торговлей, производителями продуктов питания, отсут-

ствия транспорта, нехватки рабочей силы, доступа к кредитам и других ограничений (Wegren, 2018). Это привело к снижению их доли в производстве продовольствия с 57% в 1997 г. до 35% в 2016 г. В то время как крупные агрохолдинги обладают доступом к инвестициям, федеральной поддержке и политическим лобби, неуклонно увеличивая свою долю в производстве (Wegren, 2018). Недостаточная поддержка аграрного сектора в дотационных регионах наряду с приоритизацией крупных предприятий привела к ускорению дивергенции регионов в развитии сельского хозяйства (Узун и др., 2012; Узун, Шагайда, 2020; Uzun et al., 2019).

Нынешний бум производства зерна в основном обусловлен компактной группой регионов в Центрально-Черноземном экономическом районе и Северо-Кавказском федеральном округе. Эти регионы отличаются плодородными почвами и относительно мягким климатом и имеют явные природные преимущества, несмотря на повышенный риск возникновения засух. Регионы также имеют самый высокий процент пахотных земель, управляемых агрохолдингами, часто владеющими более одного миллиона гектаров земли. В Центральном Черноземье агрохолдингами эксплуатируется 45% пахотных земель, на Северном Кавказе эта доля составляет 21%, в Поволжье — 17%, на Южном Урале — 9%, а в Западной Сибири — только 7% (Grouiez, 2012). Среди 100 крупнейших производителей зерна в России — 88 находятся в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском районах, 2 — в Поволжье и 4 — в Сибири (ВИАПИ, 2009).

Статистический анализ экономической эффективности агрохолдингов затруднен (Visser et al., 2017), поскольку эти структуры до сих пор не выделены Госкомстатом России в отдельную категорию хозяйств (Узун, Шагайда, 2020). По данным (Узун и др., 2012), агрохолдинги существенно отличаются по рентабельности (% от затрат) — от 26% в хозяйствах, имеющих иностранных собственников (что более чем в два раза превышает средний показатель по всем остальным корпоративным хозяйствам в России), до —12.5% в муниципальных агрохолдингах. Во всяком случае, имеющиеся данные показывают, что использование удобрений в агрохолдингах на 260% выше, чем в других сельскохозяйственных компаниях (Узун и др., 2012). В 2009 г. средняя урожайность зерновых в России составила 1.79 т/га и 3.56 т/га в топ-100 крупнейших производителей зерна (ВИАПИ, 2009).

Воздействие на окружающую среду агрохолдингов может быть намного сильнее по сравнению со средними и мелкими хозяйствами из-за большей специализации, внесения удобрений и ядохимикатов, укрупнения полей и т.д. Многие агрохолдинги, следуя международной прак-

тике, добровольно принимают систему корпоративной социальной ответственности (КСО). Однако этот процесс все еще находится в зачаточном состоянии. Например, в Краснодарском крае только 7 из 20 крупнейших хозяйств упоминают деятельность в рамках КСО на своих сайтах (Visser et al., 2017). В других регионах страны такие программы единичны. Основной мотивацией для принятия концепции КСО российскими агрохолдингами является поддержание хороших отношений с местными властями и обеспечение доступа к земле путем развития социальной и физической инфраструктуры сельских районов (Davydova and Franks, 2015). Экологические инициативы со стороны агрохолдингов ограничиваются технологическими инновациями (безотвальная вспашка, капельное орошение, механическая борьба с сорняками и другие), тогда как развитие альтернативной энергетики или охрана биоразнообразия являются очень редкими в программах КСО (Gagalyuk and Schaft, 2018).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С точки зрения истории сельского хозяйства России за последние 120 лет современный период не имеет аналогов, так как впервые характеризуется отчетливой дивергенцией реальных и климатически обусловленных урожаев. Россия, возможно, смогла преодолеть фатальную зависимость сельскохозяйственного производства от климатических условий. В результате, Россия стала третьей по величине страной по экспорту зерна и первой — по экспорту пшеницы. Этот успех достигнут в основном за счет значительного повышения урожайности в двух макрорегионах: Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском. Между тем, как это было предсказано моделями глобальной циркуляции, климатические условия для сельского хозяйства в этих макрорегионах не улучшаются, а скорее создают новые проблемы для сельхозпроизводителей. В период бума (2012–2020 гг.) семь крупных засух затронули 4.4 млн га сельскохозяйственных угодий и принесли убытки в среднем на 10.2 млрд руб. (Wegren and Nilssen, 2022).

Но именно эти регионы с плодородными почвами, прямым выходом к морским портам и наибольшей долей земель у агрохолдингов стали основными бенефициарами сельскохозяйственных реформ. Возможная роль агрохолдингов в нынешних успехах российского сельского хозяйства, не только в зерновом, но и других секторах аграрного сектора, заслуживает обстоятельного анализа. Несмотря на то, что агрохолдинги как отдельная категория хозяйств до сих пор не входят в официальную статистику, они привлекают значительную часть государственной финансовой поддержки и играют решаю-

шую роль в реализации сельскохозяйственного потенциала России. Более мелкие операторы и отдаленные нечерноземные регионы отстают в этом отношении. В лесных зонах России многие участки сельскохозяйственных угодий остаются заброшенными и сейчас заросли лесом. Доступность государственной поддержки и кредитов, развитие инфраструктуры и близость к основным рынкам являются факторами растущей дивергенции российских регионов в отношении развития сельского хозяйства, что является еще одним (наряду с появлением агрохолдингов) непреднамеренным результатом государственной аграрной политики, которая была направлена на восстановление пахотных угодий во всех регионах в рамках доктрины усиления национальной продовольственной безопасности.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-55-76005.

### FUNDING

The study was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research, grant no. 20-55-76005.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алабушев А.В., Гуреева А.В., Раева С.А. Состояние и перспективы развития семеноводства зерновых культур в России // Зерновое хозяйство России. 2010. № 6 (12). С. 13–17.
- ВИАПИ. Рейтинги крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции России (2006–2008 гг.). М.: ВИАПИ, Энциклопедия российских деревень, 2009. 28 с.
- Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Тр. Гидрометцентра России. 2016. Вып. 360. С. 45–78.
- Второй оценочный докл. Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1009 с.
- Гордеев А.В., Турусов В.И. Изменение плодородия черноземных почв в результате антропогенеза и способы его воспроизводства в современных системах земледелия / ред. А.В. Гордеев. Каменная степь. Воронеж: Истоки, 2015. С. 9–23.
- Дронин Н.М. Изменение климата и продовольственная безопасность России: исторический анализ и модельные прогнозы. М.: ГЕОС, 2014. 306 с.
- Кузнецова Н.Ф. Засухи в лесостепной зоне Центрально-Черноземного региона и критерии оценки их интенсивности // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19. Вып. 3. С. 142–148.

- Обухов В.М. Движение урожаев зерновых культур в бывшей Европейской России в период 1883–1915 // Влияние неурожая на народное хозяйство России / под ред. В.Г. Громана. М.: РАНИИОН, 1927. С. 5–53.
- Павлова В.Н., Варчева С.Е. Оценки степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожая зерновых культур в зерносеющих регионах России // Метеорология и гидрология. 2017. № 8. С. 39–49.
- Павлова В.Н., Карачёнок А.А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78–94.
- Растянкин В.Г., Дерюгина И.В. Урожайность хлебов в России. 1795–2007 / РАН. Институт востоковедения. М.: ИВ РАН, 2009. 192 с.
- Сельское хозяйство России. Стат. сб. М.: Госкомстат России, 2000. 414 с.
- Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Методы оценки влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства. В кн: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет, 2012. С. 165–189.
- Узун В., Шагайда Н. Развитие сельского хозяйства: от крупного импортера до экспортера / В. Гуриев и др. Российская экономическая политика: турбулентная декада 2008–2018. М.: Дело, 2020. С. 407–32.
- Узун В., Шагайда Н., Сарайкин В. Агрохолдинги России и их роль в производстве зерна. Исследования по политике перехода сельского хозяйства. ФАО Региональное Бюро для Европы и Центральной Азии, 2012. 33 с.
- Alcamo J., Dronin N., Endejan M., Golubev G., Kirilenko A. A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia // Global Environ. Change. 2007. № 17 (3). P. 429–444.
- Belyaeva M., Bokusheva R. Will climate change benefit or hurt Russian grain production? A statistical evidence from a panel approach // Climatic Change. 2018. Vol. 149. P. 205–217.
- Bobylev S., Kiselev S., Romashkin R., Solov'eva S. The Adaptation Challenge: Key Issues for Crop Production and Livelihoods Under Climate Change in the Russian Federation. Oxford: Oxfam, 2012. 40 p.
- Davydova I., Franks J.R. The Rise and Rise of Large Farms: Why Agrohholdings Dominate Russia's Agricultural Sector // J. of the National Res. Univ. Higher School of Economics. 2015. Vol. 24 № 3. P. 133–159.
- Deininger K., Byerlee D. The Rise of Large Farms in Land Abundant Countries: Do They Have a Future // World Development. 2011. Vol. 40. № 4. P. 701–714.
- Dronin N.M., Kirilenko A.P. Weathering the soviet countryside: The impact of climate and agricultural policies on Russian grain yields, 1958–2010 // The Soviet and Post-Soviet Review. 2013. Vol. 40. № 1. P. 115–143.

- EBRD-FAO. Grain production and export potential in CIS countries. Fighting food inflation through sustainable investment. European Bank for Reconstruction and Development / Food and Agriculture Organization. London, 2008. 8 p.
- Gagalyuk T., Valentinov V., Schaft F. The corporate social responsibility of Ukrainian agroholdings: the stakeholder approach revisited // Systemic Practice and Action Research. 2018. № 31. P. 675–698.
- Grouiez P. Farming Strategies regarding the Production of Collective Goods in the Russian Agricultural Sector. LEMNA working paper EA 4272, Univ. of Nantes, 2012. 21 p.
- Hansen J.E., Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature // J. Geophys. Res. 1987. Vol. 92. P. 13345–13372.
- Kiselev S., Romashkin R., Nelson G.C., Mason-D'Croz D., Palazzo A. Russia's food security and climate change: looking into the future // Economics. 2013. Vol. 7. № 2013–39. P. 1–66.
- Kvartiuik V., Herzfeld T. Redistributive politics in Russia: The political economy of agricultural subsidies // Comparative Economic Studies. 2021. Vol. 63. № 1. P. 1–30.
- Lenzen N., Schmidt G., Hansen J., Menne M., Persin A., Ruedy R., Zyss D. Improvements in the GISTEMP uncertainty model // J. Geophys. Res. Atmos. 2019. Vol. 124. № 12. P. 6307–6326.
- Lioubimtseva E., Dronin N., Kirilenko A. Grain production trends in the Russian Federation, Ukraine and Kazakhstan in the context of climate change and international trade / A. Elbehri (Ed.). In: Climate change and food systems. Global assessments and implications for food security and trade. FAO: Rome, 2015. P. 212–237.
- Lobell D. Crop Responses to Climate: Time-Series Models / D.B. Lobell, M.B. Burke (Eds.). In: Climate Change and Food Security: Adapting Agriculture to a Warmer World. Springer, 2009. P. 85–98.
- Lobell D.B., Ortiz-Monasterio J.I. Impacts of day versus night temperatures on spring wheat yields: a comparison of empirical and CERES model predictions in three locations // Agron. J. 2007. Vol. 99. № 2. P. 469–477.
- Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts S. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980 // Science. 2011. P. 333–616.
- Matiu M., Ankerst D.P., Menzel A. Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961–2014 // PLoS ONE. 2017. Vol. 12. № 5. Art. e0178339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178339>
- Nicholls N. Increased Australian Wheat Yield Due to Recent Climate Trends // Nature. 1997. Vol. 387. P. 484–485.
- Pavlova V., Shkolnik I., Pikaleva A., Efimov S., Karachenkova A., Kattsov V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections // Environ. Res. Lett. 2018. Vol. 14. Art. 034010.
- Ramankutty N., Foley J.A. Characterizing patterns of global land use: an analysis of global croplands data // Global Biogeochemical Cycles. 1998. Vol. 12. № (4). P. 667–685.
- Schamm K., Ziese M., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Schneider U., Schröder M., Stender P. Global gridded precipitation over land: a description of the new GPCC First Guess Daily product // Earth System Science Data. 2014. Vol. 6. № 1. P. 49–60. <https://doi.org/10.5194/essd-6-49-2014>
- Schierhorn F., Faramarzi M., Prishchepov A.V., Koch F.J., Müller D. Quantifying yield gaps in wheat production in Russia // Environ. Res. Lett. 2014. Vol. 9. Art. 084017.
- Schierhorn F., Muller D., Prishchepov A., Balmann A. Grain potentials on abandoned cropland in European Russia. Paper prepared for presentation at the Annual World Bank Conference on Land and Poverty, World Bank. Washington, D.C., 23–26 April 2012.
- Schneider U., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Ziese M. GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 0.5°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data, 2018. [https://doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/FD\\_M\\_V2018\\_050](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_050)
- USDA. Foreign Agricultural Service. Russian Federation. Grain and Feed Annual, 2017. 34 p.
- Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: Growth and institutional challenges // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. P. 475–487.
- Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global “breadbasket”? Re-cultivation, agroholdings and grain production / S. Fortescue (Ed.). In: The Russian Economy. Critical Concepts in Economics. NY: Routledge, 2017. P. 1589–1610.
- Wegren S., Nilssen F. Introduction: Is Russia's Role in the International Agri-Food System Sustainable? In: Russia's Role in the Contemporary International Agri-Food Trade System. Switzerland: Palgrave Macmillan, Springer Nature, 2022. P. 1–34.
- Wegren S.K. Food security in the Russian Federation // Eurasian Geogr. Econ. 2013. Vol. 54. № 1. P. 22–41.
- Wegren S.K. Russian grain production: too much of a good thing? // Post Communist Economies. 2018. Vol. 30. № 6. P. 1–12. <https://doi.org/10.1080/14631377.2018.1470856>
- Wegren S.K. History, prospects, and scenarios for smallholders in Russia / D. Horváth (Ed.). In: Opportunities and Challenges of Smallholders and Smallholding. Nova Press, 2021. P. 1–60.
- Ziese M., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Rudolf B., Schneider U. GPCC First Guess Product at 1.0°: Near Real-Time First Guess monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges based on SYNOP Data. 2011. [https://doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/FG\\_M\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100)

## Dynamics of Grain Production in Russia: Influence of Political and Climatic Factors in the Historical Context

N. M. Dronin<sup>a,\*</sup> and D. I. Kovbashin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

\*e-mail: ndronin@gmail.com

In recent years, Russia has established itself as the world's leading grain exporter. The record increase in grain yields over the past decade has occurred against a backdrop of worsening climatic conditions predicted by most global circulation models. In the context of Russia's agricultural history, such an increase in cereal production looks exceptional, as the current annual growth rate of cereal production is about twice as high as in any historical period when the modernisation of Russia's agricultural sector took place. In this context, the nature of climate change and agricultural policy in the last decade and their contribution to the accelerated growth of grain production in the modern period are discussed on the basis of "yield-weather" regression models. Regression models for the period 1958–2020 show that the last decade has been characterised by a clear divergence between actual and climate-related (modelled) yields in the main grain-producing zone of the country. The regions with increasing divergence between regression model results and actual grain yields form a geographically compact group and include two regions, the North Caucasus and the Central Chernozem, while in the other regions there is still good agreement between regression models and yields. The success of cereal production in southern European Russia is difficult to explain in terms of climate, as there has been a marked increase in temperature with slight changes or even decreases in precipitation, leading to drier conditions during the growing season. We see the discrepancy between climate regression models and real yields in these regions as evidence of a larger contribution of agricultural reforms to higher yields. These reforms primarily benefit the farms that occupy most of the most productive land in the Central Chernozem and North Caucasus regions.

**Keywords:** statistical models, grain yield, climate yield, regions of Russia, agriculture, agrarian reforms, agricultural holdings

### REFERENCES

- Alabushev A.V., Gureeva A.V., Raeva S.A. Status and prospects of development of seed production of grain crops in Russia). *Zernov. Khoz. Rossii*, 2010, vol. 12, no. 6, pp. 13–17. (In Russ.).
- Alcamo J., Dronin N., Endejan M., Golubev G., Kirilenko A. A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. *Glob. Environ. Change*, 2007, vol. 17, no. 3–4, pp. 429–444.
- Belyaeva M., Bokusheva R. Will climate change benefit or hurt Russian grain production? A statistical evidence from a panel approach. *Clim. Change*, 2018, vol. 149, pp. 205–217.  
<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2221-3>
- Bobylov S., Kiselev S., Romashkin R., Solov'eva S. *The Adaptation Challenge: Key Issues for Crop Production and Livelihoods Under Climate Change in the Russian Federation*. Oxford: Oxfam, 2012. 40 p.
- Davydova I., Franks J.R. The rise and rise of large farms: Why agroholdings dominate Russia's agricultural sector. *Mir Rossii*, 2015, vol. 24, no. 3, pp. 133–159.
- Deininger K., Byerlee D. The rise of large farms in land abundant countries: Do they have a future. *World Dev.*, 2011, vol. 40, no. 4, pp. 701–714.
- Dronin N.M. *Izmenenie klimata i prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii: istoricheskii analiz i model'nye prognozy* [Climate Change and Food Security in Russia: Historical Analysis and Model Forecasts]. Moscow: GEOS Publ., 2014. 306 p.
- Dronin N.M., Kirilenko A.P. Weathering the soviet countryside: The impact of climate and agricultural policies on Russian grain yields, 1958–2010. *Post-Sov. Rev.*, 2013, vol. 40, no. 1, pp. 115–143.
- EBRD-FAO. *Grain production and export potential in CIS countries. Fighting food inflation through sustainable investment*. London: European Bank for Reconstruction and Development, FAO, 2008. 8 p.
- Gagalyuk T., Schaft F. Corporate social responsibility in agribusiness. In *Agricultural policy report series. German-Ukrainian Agricultural Policy Dialogue*. Kyiv, 2016, pp. 675–698.
- Gordeev A.V., Turusov V.I. Changes in the fertility of chernozem soils as a result of anthropogenesis and methods of its reproduction in modern farming systems). In *Kamennaya step' [Kamennaya Steppe]*. Gordeev A.V., Ed. Voronezh: Istoki Publ., 2015, pp. 9–23. (In Russ.).
- Grouiez P. *Farming Strategies regarding the Production of Collective Goods in the Russian Agricultural Sector*. LEMNA working paper. University of Nantes, 2012. 21 p.
- Hansen J.E., Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.*, 1987, vol. 92, pp. 13345–13372.  
<https://doi.org/10.1029/JD092iD11p13345>

- Kiselev S., Romashkin R., Nelson G.C., Mason-D'Croz D., Palazzo A. Russia's food security and climate change: Looking into the future. *Econ.*, 2013, pp. 1–66.
- Kuznetsova N.F. Droughts in the forest-steppe zone of the Central Black Earth Region and criteria for assessing their intensity. *Izv. Saratov. Univ. Nov. Ser. Ser. Nauki Zemle*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 142–148. (In Russ.).
- Kvartiuk V., Herzfeld T. Redistributive politics in Russia: The political economy of agricultural subsidies. *Comp. Econ. Stud.*, 2021, vol. 63, no. 1, pp. 1–30.
- Lenssen N., Schmidt G., Hansen J., Menne M., Persin A., Ruedy R., Zyss D. Improvements in the GISTEMP uncertainty model. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 2019, vol. 124, no. 12, pp. 6307–6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>
- Lioubimtseva E., Dronin N., Kirilenko A. Grain production trends in the Russian Federation, Ukraine and Kazakhstan in the context of climate change and international trade. In *Climate change and food systems. Global assessments and implications for food security and trade*. Elbehri A., Ed. Rome: FAO, 2015, pp. 212–237.
- Lobell D. Crop responses to climate: Time-series models. In *Climate Change and Food Security: Adapting Agriculture to a Warmer World*. Lobell D.B., Burke M.B., Eds. Springer, 2009, pp. 85–98.
- Lobell D.B., Ortiz-Monasterio J.I. Impacts of day versus night temperatures on spring wheat yields: a comparison of empirical and CERES model predictions in three locations. *Agron. J.*, 2007, vol. 99, no. 2, pp. 469–477.
- Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts S. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 2011, pp. 333–616.
- Matiu M., Ankerst D.P., Menzel A. Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961–2014. *PLoS ONE*, 2017, vol. 12, no. 5, art. e0178339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178339>
- Nicholls N. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. *Nature*, 1997, vol. 387, pp. 484–485.
- Obukhov V.M. Movement of grain crops harvests in the former European Russia in the period 1883–1915). In *Vliyanie neurozhaev na narodnoe khozyaistvo Rossii* [Influence of Crop Failures on the National Economy of Russia]. Groman V.G., Ed. Moscow: RANIION, 1927, pp. 5–53. (In Russ.).
- Pavlova V., Shkolnik I., Pikaleva A., Efimov S., Karachenkova A., Kattsov V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections. *Environ. Res. Lett.*, 2018, vol. 14, art. 034010.
- Pavlova V.N., Calanca P., Karachenkova A.A. Grain crops productivity in the European part of Russia under recent climate change. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2020, vol. 45, pp. 290–302. <https://doi.org/10.3103/S106837392004010X>
- Pavlova V.N., Varcheva S.E. Estimating the level of territory vulnerability and climate-related risk of significant grain crop failure in grain-producing regions of Russia. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2017, vol. 42, pp. 510–517. <https://doi.org/10.3103/S1068373917080040>
- Ramankutty N., Foley J.A. Characterizing patterns of global land use: an analysis of global croplands data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 1998, vol. 12, no. 4, pp. 667–685.
- Rastyannikov V.G., Deryugina I.V. *Urozhainnost' khlebov v Rossii. 1795–2007* [Yield of Bread in Russia. 1795–2007]. Moscow: IV RAN, 2009. 192 p.
- Reitingi krupneishikh proizvoditelei sel'skokhozyaistvennoi produktsii Rossii (2006–2008 gg.) [Ratings of the Largest Producers of Agricultural Products in Russia (2006–2008)]. Moscow: VIAPI, Entsiklopediya rossiiskikh dereven', 2009. 28 p.
- Schamm K., Ziese M., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Schneider U., Schröder M., Stender P. Global gridded precipitation over land: a description of the new GPCC First Guess Daily product. *Earth Syst. Sci. Data*, 2014, vol. 6, no. 1, pp. 49–60. <https://doi.org/10.5194/essd-6-49-2014>
- Schierhorn F., Muller D., Prishchepov A., Balmann A. Grain potentials on abandoned cropland in European Russia. In *The Annual World Bank Conference on Land and Poverty, 23–26 April 2012*. Washington: World Bank, 2012.
- Schierhorn F., Faramarzi M., Prishchepov A.V., Koch F.J., Müller D. Quantifying yield gaps in wheat production in Russia. *Environ. Res. Lett.*, 2014, vol. 9, art. 084017.
- Schneider U., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Ziese M. *GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 0.5°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data*, 2018. [https://doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/FD\\_M\\_V2018\\_050](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_050)
- Sel'skoe khozyaistvo Rossii. *Statisticheskii sbornik* [Agriculture of Russia. Statistical Collection]. Moscow: Goskomstat Rossii, 2000. 414 p.
- Sirotenko O.D., Pavlova V.N. Methods for assessing the impact of climate change on agricultural productivity. In *Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem* [Methods for Assessing the Effects of Climate Change on Physical and Biological Systems]. Moscow: Rosgidromet, 2012, pp. 165–189. (In Russ.).
- USDA. *Foreign Agricultural Service. Russian Federation. Grain and Feed Annual*, 2017. 34 p.
- Uzun V., Shagaida N. Agricultural development: from a major importer to an exporter. In *Rossiiskaya ekonomicheskaya politika: turbulentnaya dekada 2008–2018* [Russian Economic Policy: Turbulent Decade 2008–2018]. Moscow: Delo Publ., 2020, pp. 407–432. (In Russ.).
- Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: Growth and institutional challenges. *Land Use Policy*, 2019, vol. 83, pp. 475–487.

- Uzun V., Shagaida N., Saraikin V. *Agrokholdingi Rossii i ikh rol' v proizvodstve zerna. Issledovaniya po politike perekhoda sel'skogo khozyaistva* [Agricultural Holdings of Russia and Their Role in Grain Production. Agricultural Transition Policy Studies]. FAO Regional Office for Europe and Central Asia, 2012. 33 p.
- Vil'fand R.M., Strashnaya A.I., Bereza O.V. On the dynamics of agroclimatic indicators of sowing, wintering and formation of harvest of basic grain crops. *Tr. Gidromettsentra Rossii*, 2016, vol. 360, pp. 45–78. (In Russ.).
- Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global “breadbasket”? Re-cultivation, agroholdings and grain production. In *The Russian Economy. Critical Concepts in Economics*. Fortescue S., Ed. New York: Routledge, 2017, pp. 1589–1610.
- Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii [Second Assessment Report of Roshydromet on Climate Changes and Their Impact on the Territory of the Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2014. 1009 p.
- Wegren S., Nilssen F. Introduction: Is Russia's Role in the International Agri-Food System Sustainable? In *Russia's Role in the Contemporary International Agri-Food Trade System*. Switzerland: Palgrave Macmillan, Springer Nature, 2022, pp. 1–34.
- Wegren S.K. Food security in the Russian Federation. *Eurasian Geogr. Econ.*, 2013, pp. 22–41.
- Wegren S.K. Russian grain production: too much of a good thing? *Post-Communist Econ.*, 2018, vol. 30, no. 6, pp. 1–12.  
<https://doi.org/10.1080/14631377.2018.1470856>
- Wegren S.K. History, prospects, and scenarios for smallholders in Russia. In *Opportunities and Challenges of Smallholders and Smallholding*. Horváth D., Ed. Nova Press, 2021, pp. 1–60.
- Ziese M., Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., Rudolf B., Schneider U. *GPCC First Guess Product at 1.0°: Near Real-Time First Guess monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges based on SYNOP Data*, 2011.  
[https://doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/FG\\_M\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100)