

Научная статья

УДК 633.1:631.559(470.51)''19/20''

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_21-27

ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ НА РУБЕЖЕ XX-XXI ВЕКОВ

Пономарева Светлана Яковлевна[✉], Иванова Анна Михайловна,
Ленточкин Александр Михайлович

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

[✉]pnmrvsvt@mail.ru

Аннотация. Цель исследования предполагала установить современные тенденции динамики экзогенных и эндогенных факторов и оценить характер их влияния на урожайность зерновых культур в Удмуртской Республике. Проведен корреляционно-регрессионный анализ данных урожайности, температуры и осадков в Удмуртской Республике за два периода, граничащих с 2000 г. Сделаны выводы о динамике урожайности зерновых культур, экзогенных факторов – температуры и осадков. Анализ динамики температуры за вегетационный период в Удмуртской Республике показал увеличение среднего прироста температуры с 0,1 °C/10 лет в 1976–1999 гг. («период I») до 0,7 °C/10 лет в 2000–2023 гг. («период II»). С другой стороны, в периоде I влияние температуры на урожайность было сильным и отрицательным с коэффициентом корреляции $r = -0,79$ и коэффициентом детерминации $d = 63$ %. Эти цифры говорят о том, что увеличение температуры отрицательно и сильно влияло на урожайность. А в периоде II отрицательное влияние увеличения температуры уменьшилось и стало слабым: $r = -0,17$ с коэффициентом детерминации $d = 3$ %. Анализ влияния суммы осадков на урожайность показал, что в периоде I эта зависимость была положительной слабой с коэффициентом корреляции $r = 0,30$ и коэффициентом детерминации $d = 9$ %, а в периоде II – слабой отрицательной ($r = -0,21$ и $d = 4$ %). Таким образом, сила влияния экзогенных факторов (температура и осадки) на урожайность за рассматриваемые промежутки времени 1976–1999 и 2000–2023 гг. снизилась по температуре с 63 до 3 %, по осадкам – с 9 до 4 %. Такое снижение влияния экзогенных факторов на урожайность произошло на фоне увеличения силы влияния эндогенных факторов (биологические и организационно-техногенные) с 1 до 44 %. Поэтому, несмотря на снижение благоприятности экзогенных факторов, в периоде II наблюдается рост урожайности зерновых культур на 21 % (с 13,2 до 16,0 ц/га).

Ключевые слова: урожайность, температура, осадки, линейная регрессия, коэффициенты корреляции, регрессии и детерминации, эндогенные и экзогенные факторы.

Для цитирования: Пономарева С. Я., Иванова А. М., Ленточкин А. М. Динамика урожайности зерновых культур в Удмуртской Республике на рубеже XX-XXI веков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3(79). С. 21-27. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_21-27.

Актуальность. Производство зерна в Удмуртской Республике традиционно является одним из ведущих направлений в агропромышленном комплексе. В сложившихся недостаточно благоприятных для сельскохозяйственных товаропроизводителей экономических условиях происходит уменьшение посевных площадей зерновых культур, при этом чаще всего отчуждаются из оборота наименее плодородные участки сельскохозяйственных угодий. Так, с 1981 по 2015 г. посевная площадь зерновых культур в Удмуртской Республике уменьшилась почти вдвое [6]. В результате значительное уменьшение посевных площадей и небольшое повышение урожайности зерновых культур ведут к падению валового сбора зерна, что является нежелательной тенденцией с позиций продовольственной безопасности Удмуртской Республики [8]. Поэтому в настоя-

щее время поиску резервов роста валового сбора зерна уделяется большое внимание [2, 4, 7, 9].

Урожайность зерновых культур зависит от большого количества экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) факторов. Экзогенными факторами называют те внешние факторы, которыми человек управлять не может. К ним в земледелии относят природно-климатические факторы: температура, осадки, естественное плодородие почв, направление и скорость ветра, солнечная радиация и т. д. Эндогенными называют те внутренние факторы, которые формируются целенаправленной деятельностью человека. К ним относят биологические (семена, сельскохозяйственные культуры, почвенная биота) и организационно-техногенные факторы (способы обработки почвы, агрохимикаты, сельскохозяйственная техника, технологии и др.).

В двухтысячные годы в России начат сложный процесс социально-экономических преобразований, одним из направлений которого является совершенствование производства в агропромышленном комплексе. В результате этих преобразований произошли изменения, в частности, и в эндогенных факторах, влияющих на урожайность зерновых культур. В эти же годы в связи с усилением влияния глобального потепления [1, 5] изменилось и действие экзогенных факторов.

Цель исследования – установить современные тенденции динамики экзогенных и эндогенных факторов и оценить характер их влияния на урожайность зерновых культур в Удмуртской Республике.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1) определить динамику урожайности зерновых культур по временным периодам, граничащим с 2000 г.;

2) провести сравнительный анализ динамики основных экзогенных факторов – температуры и осадков в рассматриваемые периоды;

3) провести сравнительный анализ характера влияния основных экзогенных факторов на урожайность зерновых культур.

Материалы и методы. Статистические данные по урожайности зерновых культур в Удмуртской Республике взяты из бюллетеней о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) на сайте «РОССТАТ» [10], по среднемесячной температуре и количеству осадков за вегетационный период (май–август) – с сайта архива погоды [3]. 2000 г. нами был взят как переходный в развитии эндогенных и экзогенных факторов, влияющих на урожайность зерновых культур, и для их анализа рассмотрены два периода, смежных с 2000 г.: I период – с 1976 по 1999 г. и II период – с 2000 по 2023 г.

В работе использованы методы математической статистики – корреляционный и регрессионный анализ. При выполнении исследования применялся математический и графический инструментарий, пакет статистических программ Microsoft Excel.

Результаты исследования. Наиболее важными для формирования урожайности являются такие экзогенные факторы, как температура воздуха и сумма осадков в течение вегетационного периода. В таблице 1 приведены данные урожайности, температуры (средняя за май–август) и осадков (сумма за май–август) в Удмуртской Республике по рассматри-

ваемым периодам, их среднее значение и коэффициенты вариации.

Из анализа представленных данных выявлено, что если в I периоде средняя температура воздуха составляла 15,7 °С, то во II периоде она была выше на 1,1 °С (на 7 %). Сравнительный анализ динамики температуры по изучаемым периодам показал увеличение ее прироста с 0,1 °С/10 лет в 1976–1999 гг. до 0,7 °С/10 лет в 2000–2023 гг. Сумма атмосферных осадков в рассматриваемые периоды практически не изменялась: в I периоде она составляла 223 мм, а во II периоде – 225 мм.

Таблица 1 – Статистические данные урожайности зерновых культур, температуры и осадков в I и II периоды

год	I период			год	II период		
	урожайность, ц/га	средняя температура, °С	сумма осадков, мм		урожайность, ц/га	средняя температура, °С	сумма осадков, мм
1976	14,2	15,2	261	2000	11,2	15,9	276
1977	10,1	17,0	228	2001	16,5	15,7	282
1978	14,0	13,4	275	2002	14,9	14,3	154
1979	13,0	15,3	275	2003	15,2	16,3	295
1980	11,0	15,3	223	2004	10,7	16,8	356
1981	6,5	18,0	92	2005	12,2	16,4	281
1982	13,8	15,4	134	2006	13,7	16,5	206
1983	15,1	15,2	235	2007	13,4	16,7	248
1984	12,8	16,2	472	2008	15,4	16,1	193
1985	15,0	14,9	252	2009	16,8	16,2	188
1986	18,8	13,5	301	2010	11,4	19,6	122
1987	10,7	17,0	181	2011	17,2	17,0	183
1988	9,8	17,8	158	2012	13,8	18,0	319
1989	10,2	17,3	257	2013	10,1	17,8	149
1990	18,0	15,0	287	2014	17,0	16,6	221
1991	13,3	17,0	200	2015	14,8	16,3	325
1992	17,4	13,8	129	2016	15,0	19,0	148
1993	14,2	15,7	331	2017	19,8	15,1	312
1994	16,3	14,1	264	2018	18,2	16,3	172
1995	11,2	17,0	190	2019	21,3	15,5	321
1996	15,1	16,3	160	2020	20,2	16,5	201
1997	15,9	14,7	255	2021	15,8	19,6	179
1998	10,3	17,4	187	2022	29,0	17,0	139
1999	10,8	14,8	282	2023	20,9	17,9	132
\bar{x}	13,2	15,7	223	\bar{x}	16,0	16,8	225
V, %	22,2	8,3	33,9	V, %	25,7	7,6	31,5

В I периоде средняя урожайность (\bar{x}) зерновых культур составила 13,2 ц/га, во II периоде – 16,0 ц/га. Получается, что средняя урожайность возросла на 2,8 ц/га, что составляет 21 %. Варьирование уровня урожай-

ности по годам в оба периода характеризуется как сильное.

Динамика урожайности зерновых культур за 1976–2023 гг. показала неоднозначность этого показателя в рассматриваемые периоды (рис. 1).

На рисунке 1 видно, что график урожайности асимметричен относительно 2000 г., поэтому его можно разделить на два периода:

- 1976–1999 гг. – I период, характеризующийся относительно стабильным уровнем невысокой урожайности;
- 2000–2023 гг. – II период, характеризующийся ростом урожайности.

Поэтому имеет смысл рассмотреть зависимости урожайности от условий года (совокупность экзогенных и эндогенных факторов) отдельно на каждом из рассматриваемых периодов, их статистические характеристики (рис. 2–3), результаты проведенных расчетов представлены в таблице 2.

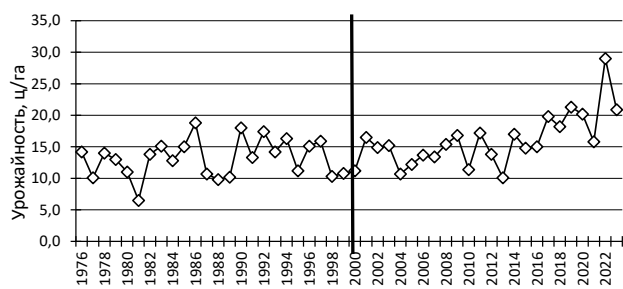


Рисунок 1 – Динамика урожайности зерновых культур в Удмуртской Республике на рубеже 2000-х годов

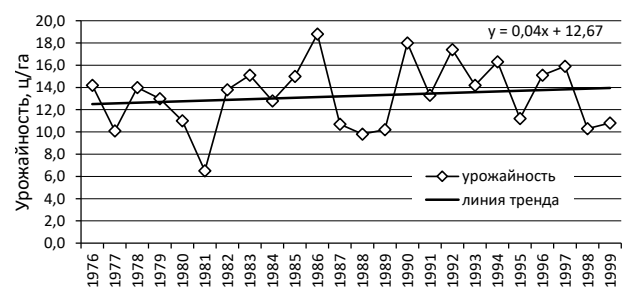


Рисунок 2 – Динамика урожайности зерновых культур в I периоде

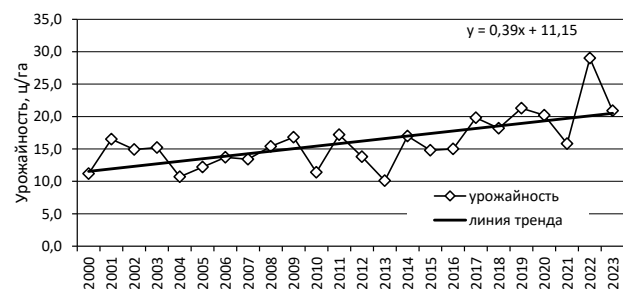


Рисунок 3 – Динамика урожайности зерновых культур во II периоде

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции, детерминации и уравнение регрессии между урожайностью и совокупными факторами года

Годы	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Уравнение линии регрессии
I период	0,09 ± 0,003	~1	$y = 0,04x + 12,67$
II период	0,66 ± 0,001	~44	$y = 0,39x + 11,15$

По данным таблицы 2 можно сделать следующие выводы:

- 1) урожайность в среднем за один год в I периоде возрастала незначительно – на 0,04 ц/га, а во II периоде – существенно, на 0,39 ц/га, что составляет почти десятикратное увеличение по сравнению с предшествующим периодом;
- 2) совокупное влияние экзогенных и эндогенных факторов на урожайность в I периоде составило около 1 %, а во II периоде – 44 %.

Результаты исследования динамики экзогенного фактора «температура» на двух выделенных временных периодах представлены на рисунках 4–5.

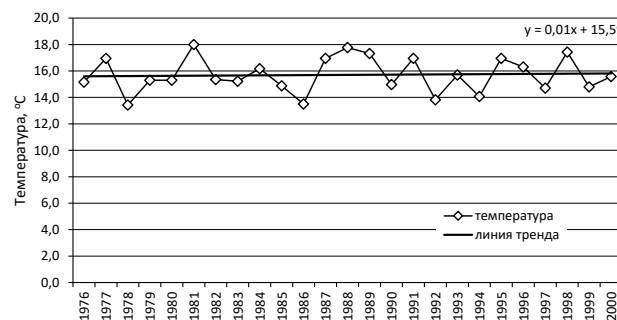


Рисунок 4 – Динамика температуры в I периоде

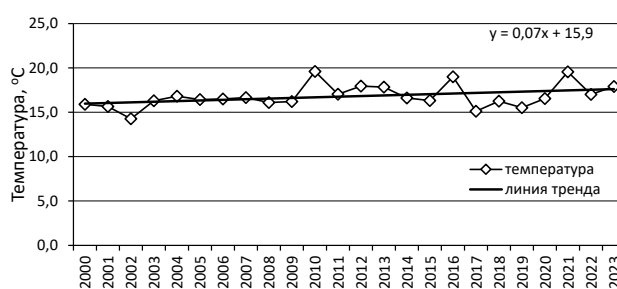


Рисунок 5 – Динамика температуры во II периоде

Анализируя динамику температуры по рассматриваемым периодам, можно сказать, что если в первый период изменения были незначительными и составляли 0,01 °C в год, то во второй период температура увеличивалась со средней ежегодной скоростью 0,07 °C.

В отличие от температуры, динамика осадков в рассматриваемые периоды была разнонаправленной (рис. 6–7). Так, если в I периоде происходило слабое увеличение объема выпадающих осадков, составившее около 1 мм в год, то во II периоде отмечено уменьшение количества выпадающих осадков, в среднем в год составившее 3,4 мм.

Наблюдая различную динамику основных экзогенных факторов по рассматриваемым временным периодам, важно проследить зависимость изменения урожайности зерновых культур от такого экзогенного фактора, как «температура» в эти периоды (рис. 8–9).

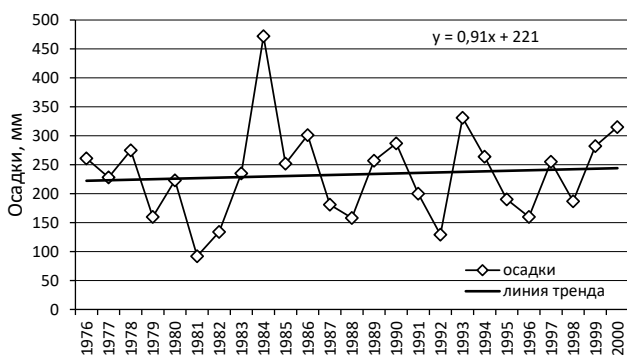


Рисунок 6 – Динамика осадков в I периоде

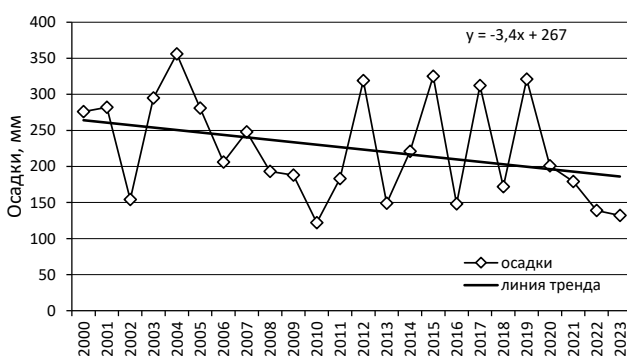


Рисунок 7 – Динамика осадков во II периоде

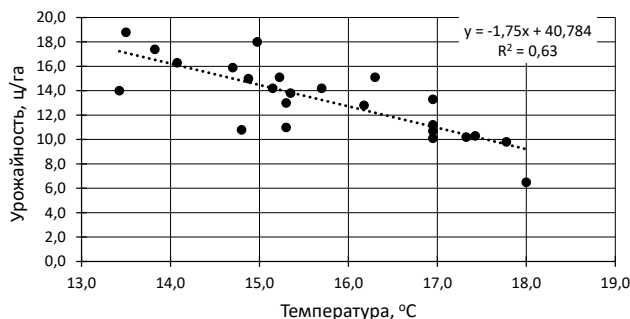


Рисунок 8 – Зависимость урожайности от температуры в I периоде

Анализируя зависимость урожайности зерновых культур от температуры, очевидно, что в I периоде с повышением температу-

ры на 1 °C происходило снижение урожайности на 1,75 ц/га. Достоверность этой аппроксимации довольно высока – $R^2 = 0,63$. Во II периоде эта зависимость проявляется значительно слабее: с повышением температуры на 1 °C происходило снижение урожайности на 0,55 ц/га. При этом достоверность аппроксимации (R^2) составила всего 0,03, что свидетельствует о слабой зависимости функции (урожайность) от аргумента (температура).

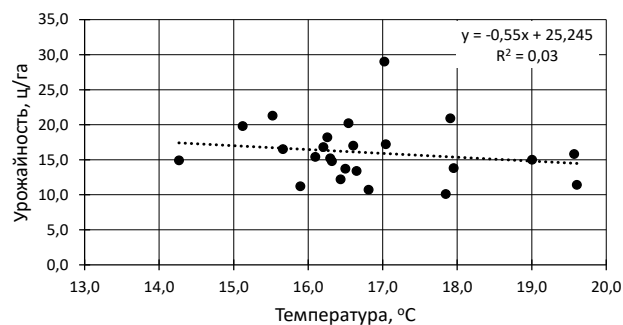


Рисунок 9 – Зависимость урожайности от температуры во II периоде

Результаты исследования зависимости урожайности от другого экзогенного фактора «осадки» (сумма осадков за май–август) представлены на рисунках 10–11.

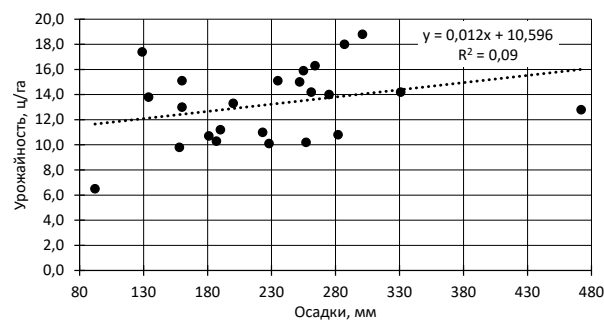


Рисунок 10 – Зависимость урожайности от суммы осадков в I периоде

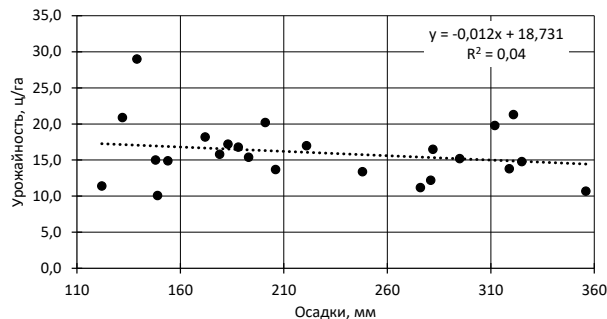


Рисунок 11 – Зависимость урожайности от суммы осадков во II периоде

Расчеты показывают, что в I периоде увеличение суммы осадков на 10 мм приводит к увеличению урожайности зерновых культур

на 0,12 ц/га. Но достоверность этой зависимости невысокая ($R^2 = 0,09$). Во II периоде получена такая же величина зависимости урожайности от суммы осадков, но отрицательная, т. е. с увеличением суммы осадков на 10 мм происходит снижение урожайности на 0,12 ц/га. Эта закономерность в данном периоде также невысокая ($R^2 = 0,04$).

Сводные значения зависимости урожайности зерновых культур от средней температуры воздуха за оба анализируемых временных периода представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения зависимости урожайности зерновых культур от средней температуры воздуха за период май–август по анализируемым временным периодам

Годы	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Коэффициент регрессии
I период	$-0,79 \pm 0,13$	~63	-1,75
II период	$-0,17 \pm 0,21$	~3	-0,55

Очевидно, что зависимость урожайности от такого экзогенного фактора, как «температура», в I период была отрицательной сильной, а во II период – отрицательной слабой.

Сводные значения зависимости урожайности зерновых культур от экзогенного фактора «осадки» за рассматриваемые временные периоды представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения зависимости урожайности зерновых культур от суммы осадков за период май–август по анализируемым временным периодам

Годы	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Коэффициент регрессии
I период	$0,30 \pm 0,20$	9	0,012
II период	$-0,21 \pm 0,21$	4	-0,012

Получены однозначные результаты – в оба рассматриваемых периода наблюдается слабая зависимость урожайности зерновых культур от выпадающих атмосферных осадков.

Таким образом, если в рассматриваемом II периоде (2000–2023 гг.) действие основных экзогенных факторов (температура, осадки), влияющих на урожайность зерновых культур, было малозначимым, то фактический рост урожайности в данный период можно связать с эндогенными факторами (биологические и организационно-техногенные), применяя которые, работники АПК в значительной степени нивелируют негативное влияние экзогенных факторов.

Выводы:

1. Исследование уровня урожайности зерновых культур в Удмуртской Республике позволяет выделить два периода: I период (1976–1999 гг.) – зона относительно стабильного уровня невысокой урожайности и II период (2000–2023 гг.) – зона роста урожайности.

2. Средняя урожайность зерновых культур в I периоде составила 13,2 ц/га, во II периоде урожайность увеличилась на 2,8 ц/га, или на 21 %. Варьирование уровня урожайности по годам в оба периода характеризовалось как сильное.

3. Если конец XX в. характеризовался в течение вегетационного периода (май–август) незначительным изменением температуры и несущественным увеличением выпадающих осадков, то начало XXI в. на территории Удмуртской Республики характеризуется ежегодным средним повышением температуры воздуха на 0,07 °C и снижением количества выпадающих атмосферных осадков на 3,4 мм.

4. Установлено, что если зависимость урожайности зерновых культур в период 1976–1999 гг. от таких экзогенных факторов, как температура воздуха, была отрицательной сильной и от осадков – слабой, то в период 2000–2023 гг. – слабой как от температуры, так и от осадков.

5. Совокупное влияние экзогенных и эндогенных факторов на урожайность зерновых культур в I периоде составило около 1 %, а во II периоде – 44 %, что свидетельствует, главным образом, о действенности эндогенных факторов (биологические и организационно-техногенные), аккумулирующих в себе результат целенаправленной деятельности человека.

Список источников

1. Академик Семенов: Каждое десятилетие климат теплеет! [Электронный ресурс] // Интерфакс: интернет-портал. Дата публикации: 24 февраля 2024. URL: <https://www.interfax.ru/interview/947467> (дата обращения 15.03.2024).
2. Акмаров П. Б., Князева О. П., Рысин И. И. Агроклиматический потенциал эффективности земледелия (на примере зерновых культур Удмуртии) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2014. Вып. 2. С. 89–96.
3. Архив погоды городов Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://gr5.ru/Архив_погоды_в_Ижевске (дата обращения: 30.10.2023).
4. Бабайцева Т. А., Курылева С. Г., Чиркова М. Е. Состояние семеноводства зерновых культур

в Удмуртской Республике и пути ее улучшения // Современному земледелию – адаптивные технологии: труды научно-практической конференции, Ижевск, 01–31 января 2001 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2001. С. 7–11.

5. Ленточкин А. М., Бабайцева Т. А. Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 6. С. 826–834. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834.

6. Ленточкин А. М. Состояние и динамика зернового производства // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции в 3-х томах, Ижевск, 14–17 февраля 2017 г. / Мин-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. Т. 1. С. 52–59.

7. Макаров В. И. Агроклиматические ресурсы Удмуртии и их связь с урожайностью зерновых культур (на примере Ижевской ГМС) / В. И. Макаров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26, № 3. С. 112–121.

8. Пономарева С. Я., Акмаров П. Б. Целевое прогнозирование производства зерна в регионе // Материалы XLII научно-технической конференции: в 3-х частях, Челябинск, 30 января – 01 февраля 2003 г. / Мин-во с.-х. РФ, Деп. кадровой политики и образования, Челябинский гос. агроинж. ун-т. Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2003. Ч. 1. С. 148–153.

9. Рысин И. И., Акмаров П. Б., Князева О. П. Моделирование влияния климатических факторов на урожайность зерновых культур (на материалах Удмуртии) // Вестник Удмуртского университета. 2020. Т. 30, вып. 4. С. 465–471.

10. Урожайность сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] // РОССТАТ: интернет-портал. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13277> (дата обращения: 30.10.2023).

References

1. Akademik Semenov: Kazhdoe desyatiletie klimat tepleet! [Elektronnyj resurs] // Interfaks: internet-portal. Data publikacii: 24 fevralya 2024. URL: <https://www.interfax.ru/interview/947467> (data obrashcheniya 15.03.2024).

2. Akmarov P. B., Knyazeva O. P., Rysin I. I. Agroklimaticheskij potencial effektivnosti zemledeliya (na primere zernovyh kul'tur Udmurtii) // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2014. Vyp. 2. S. 89–96.

3. Arhiv pogody gorodov Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. URL: https://rp5.ru/Arhiv_pogody_v_Izhevsk (data obrashcheniya: 30.10.2023).

4. Babajceva T. A., Kuryleva S. G., Chirkova M. E. Sostoyanie semenovodstva zernovyh kul'tur v Udmurtskoj Respublike i puti ee uluchsheniya // Sovremennomu zemledeliyu – adaptivnye tekhnologii: trudy nauchno-prakticheskoy konferencii, Izhevsk, 01–31 yanvarya 2001 g. / FGOU VPO Izhevskaya GSKHA. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2001. S. 7–11.

5. Lentochkin A. M., Babajceva T. A. Global'noe poteplenie i izmenenie uslovij vedeniya rastenievodstva v Srednem Predural'e // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. T. 22, № 6. S. 826–834. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834.

6. Lentochkin A. M. Sostoyanie i dinamika zernovogo proizvodstva // Nauchno obosnovannye tekhnologii intensivkacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 3-h tomah, Izhevsk, 14–17 fevralya 2017 g. / Min-vo s.-h. RF, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. T. 1. S. 52–59.


7. Makarov V. I. Agroklimaticheskie resursy Udmurtii i ih svyaz' s urozhajnost'yu zernovyh kul'tur (na primere Izhevskoj GMS) / V. I. Makarov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2016. T. 26, № 3. S. 112–121.

8. Ponomareva S. Ya., Akmarov P. B. Celevoe prognozirovanie proizvodstva zerna v regione // Materialy XLII nauchno-tekhnicheskoy konferencii: v 3-h chastyah, Chelyabinsk, 30 yanvarya – 01 fevralya 2003 g. / Min-vo s.-h. RF, Dep. kadrovoj politiki i obrazovaniya, Chelyabinskij gos. agroinzh. un-t. Chelyabinsk: Chelyabinskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya, 2003. Ch. 1. S. 148–153.

9. Rysin I. I., Akmarov P. B., Knyazeva O. P. Modelirovanie vliyaniya klimaticheskikh faktorov na urozhajnost' zernovyh kul'tur (na materialah Udmurtii) // Vestnik Udmurtskogo universiteta. 2020. T. 30, vyp. 4. S. 465–471.

10. Urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Elektronnyj resurs] // ROSSTAT: internet-portal. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13277> (data obrashcheniya: 30.10.2023).

Сведения об авторах:

С. Я. Пономарева , кандидат экономических наук, доцент;

А. М. Иванова, старший преподаватель;

А. М. Ленточкин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-0256-489X>

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

 pnmrvsvt@mail.ru

Original article

DYNAMICS OF GRAIN CROPS YIELD IN THE UDMURT REPUBLIC AT THE TURN OF THE XX-XXI CENTURIES

Svetlana Ya. Ponomareva✉, Anna M. Ivanova, Alexander M. Lentochkin

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

✉pnmrvsvt@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to establish current trends in the dynamics of exogenous and endogenous factors and to assess the nature of their impact on grain crops yields in the Udmurt Republic. A correlation and regression analysis of yield, temperature and precipitation data in the Udmurt Republic for two periods limited by 2000 was carried out. Conclusions were drawn about the dynamics of grain crops yields, of exogenous factors – temperature and precipitation. The analysis of temperature dynamics during the growing season in the Udmurt Republic showed an increase in the average temperature increment from 0.1 °C/10 years in 1976–1999 (period I) to 0.7 °C/10 years in 2000–2023 (period II). On the other hand, during the period I the effect of temperature on yield was strong and negative with a correlation coefficient $r = -0.79$ and a coefficient of determination $d = 63\%$. These figures indicate that the increase in temperature had a negative and strong effect on yields. During the period II the negative effect of an increase in temperature decreased and became weak: $r = -0.17$ with a coefficient of determination $d = 3\%$. The analysis of the effect of precipitation on yield showed that in the period I this dependence was positive, weak with a correlation coefficient $r = 0.30$ and a determination coefficient $d = 9\%$, and in the period II it was weakly negative ($r = -0.21$ and $d = 4\%$). Thus, the strength of the influence of exogenous factors (temperature and precipitation) on yields over the considered time periods 1976–1999 and 2000–2023 decreased in temperature from 63 to 3%, in precipitation from 9 to 4%. Such a decrease in the influence of exogenous factors on productivity occurred with an increase in the influence of endogenous factors (biological and organizational-technogenic) from 1 to 44%. Therefore, despite the decrease in the favorability of exogenous factors the grain crops yields increased by 21% (from 13.2 to 16.0 c/ha) in the period II.

Key words: yield, temperature, precipitation, linear regression, coefficients of correlation, regression and determination, endogenous and exogenous factors.

For citation: Ponomareva S. Ya., Ivanova A. M., Lentochkin A. M. Dynamics of grain crops yield in the Udmurt Republic at the turn of the XX-XXI centuries. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024; 3(79): 21-27. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_21-27.

Authors:

S. Ya. Ponomareva✉, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor;

A. M. Ivanova, Senior Lecturer;

A. M. Lentochkin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0256-489X>

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

✉pnmrvsvt@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 29.07.2024;

принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 29.07.2024; accepted for publication 06.09.2024.