

## СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ

*А. А. Волчек, д. г. н., профессор, профессор кафедры природообустройства,  
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,  
e-mail: volchak@tut.by*

*Ю. П. Городнюк, магистр, ассистент кафедры природообустройства,  
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,  
e-mail: juliagirodniuk99@gmail.com*

### Реферат

Климат как одна из физико-географических особенностей окружающей среды играет важную роль в хозяйственной деятельности человека. В последние десятилетия активно обсуждается вопрос о влиянии изменения климата на отдельные отрасли хозяйственной деятельности и в частности, на сельское хозяйство. Температура воздуха и атмосферные осадки являются основными факторами, влияющими на урожайность сельскохозяйственных культур и особенно, на озимые зерновые культуры, так как современные климатические изменения характеризуются значительным ростом зимних температур.

Анализ среднегодовых, среднемесячных температур воздуха за период инструментальных наблюдений показывает наличие ярко выраженного положительного тренда, при этом во временных рядах атмосферных осадков тенденции изменения не наблюдается.

**Ключевые слова:** температура воздуха, климат, глобальное потепление, осадки.

## MODERN CLIMATIC FLUCTUATIONS IN THE BREST REGION AND THEIR IMPACT ON WINTER GRAIN YIELD

**A. A. Volchek, Y. P. Haradniuk**

### Abstract

Climate, as one of the physical and geographical features of the environment, plays an important role in human economic activity. In recent decades, the issue of the impact of climate change on certain industries on economic activity and, in particular, on agriculture has been actively discussed. Air temperature and precipitation are the main factors affecting the yield of agricultural crops and especially winter crops, since modern climatic changes are characterized by a significant increase in winter temperatures.

Analysis of average annual and average monthly air temperatures for the period of instrumental observations shows the presence of a pronounced positive trend, while there is no trend in the time series of precipitation.

**Keywords:** air temperature, climate, global warming, precipitation.

### Введение

Одним из основных направлений развития экономики Брестской области является сельское хозяйство. Этому способствует ее географическое положение, климатические особенности, а также крупномасштабные мелиорации,

проводимые во второй половине прошлого столетия. Современные климатические колебания оказывают существенное влияние на возделывание сельскохозяйственных культур. Особенно это сказывается на озимых культурах, так как основные климатические изменения в большей степени коснулись зимних температур. Поэтому данный факт необходимо учитывать при выращивании озимых культур для обеспечения стабильных высоких урожаев.

Рост температуры воздуха при практически постоянной годовой сумме атмосферных осадков способствует увеличению частоты и длительности атмосферных и почвенных засух, которые наносят серьезный ущерб сельскому хозяйству [1].

Повышение температуры воздуха по метеостанциям Брестской области наблюдается во все месяцы года и наиболее выражено в зимний период. В работе исследованы следующие характеристики климата: среднегодовые, среднемесячные температуры воздуха, атмосферные осадки и урожайность озимых культур, которые представлены в виде пространственно-временных характеристик колебания климата, актуализированные с учетом последних лет, что позволило с использованием современных методов выделить тренды и циклические компоненты временных рядов [2].

В условиях продолжающегося глобального изменения климата становится все более важным осуществлять мониторинг климатических изменений в различных районах. Только точная оценка произошедших изменений и адекватное прогнозирование будущих тенденций, позволят разработать стратегии адаптации к климатическим изменениям, снизить негативное воздействие, а также выявить положительные аспекты изменений климата. Температура и осадки являются ключевыми факторами, формирующими климат любой территории, поэтому их изучение представляет особую значимость.

#### **Исходные данные и методика исследования**

Исследование основано на многолетних данных урожайности озимой ржи по районам Брестской области, среднемесячных температурах воздуха, осадках по метеостанциям Пружаны, Брест, Ивацевичи, Пинск, Ганцевичи за период с 1995 по 2023 гг. Для описания многолетних колебаний урожайности использованы следующие статистические модели: последовательность независимых случайных величин; простая и сложная цепь Маркова. Детально методика исследования описана в работе [1].

Динамика изменения температурного режима и режима осадков по исследуемым метеостанциям (Пружаны, Брест, Ивацевичи, Пинск, Ганцевичи) за последние 30 лет показывает наличие тенденции возрастания температур воздуха.

Факторы, влияющие на урожайность озимых культур, можно условно разделить на две группы: к первой группе относятся плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки и т. д.; ко второй – климатические условия. Тогда урожайность можно представить, как

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t), \quad (1)$$

где  $Y(t)$  – планируемая урожайность в расчетном календарном году, ц/га;  $Y_{\phi}(t)$  – фоновая урожайность в том же году;  $\pm \Delta Y$  – отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, таких как плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки с достаточной для практики точностью можно описать многочленом второй степени

$$Y_{\phi}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c, \quad (2)$$

где  $t$  – календарный год, ц/га;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – эмпирические коэффициенты.

Уравнение (2) описывает фоновую урожайность, а разность между фактической урожайностью и фоновой составит отклонения, которые определяются, в основном, погодными условиями.

Динамика погодной составляющей урожайности  $\pm \Delta Y(t)$  может быть представлена в виде аддитивной функции

$$\Delta Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (3)$$

где  $u(t)$  – детерминированная функция,  $\eta(t)$  – случайная составляющая.

### Результаты и их обсуждение

Анализ взаимосвязи урожайности и климатических параметров проводился в два этапа. На первом этапе находились отклонения фактической урожайности от фоновой. На втором – анализ полученных временных рядов и агроклиматических показателей.

В таблице 1 приведены статистические значения фактической урожайности.

Таблица 1 – Статистические значения фактической урожайности озимых культур

Район	Средняя урожайность, ц/га	Стандартное отклонение, ц/га	Коэффициенты R				корреляции
			вариации	регрессии уравнения (1)			
				$\alpha$	$b$	$c$	
Брестский	22,1	11,1	0,50	0,0006	-0,066	2,463	0,80
Ивацевичский	20,7	8,6	0,41	0,0002	-0,0299	1,48	0,84
Пинский	21,0	8,5	0,39	0,0003	-0,04	1,811	0,85
Пружанский	22,1	10,1	0,46	0,0004	-0,044	1,76	0,88
Ганцевичский	18,8	8,7	0,46	0,0004	-0,05	1,998	0,69

Максимум озимых зерновых с 1 га было собрано в Брестском и Пружанском районе (22,1 ц/га), меньше всего урожайность составила – в Ганцевичском районе (18,8 ц/га). Различие урожайности обусловлено плодородием почв.

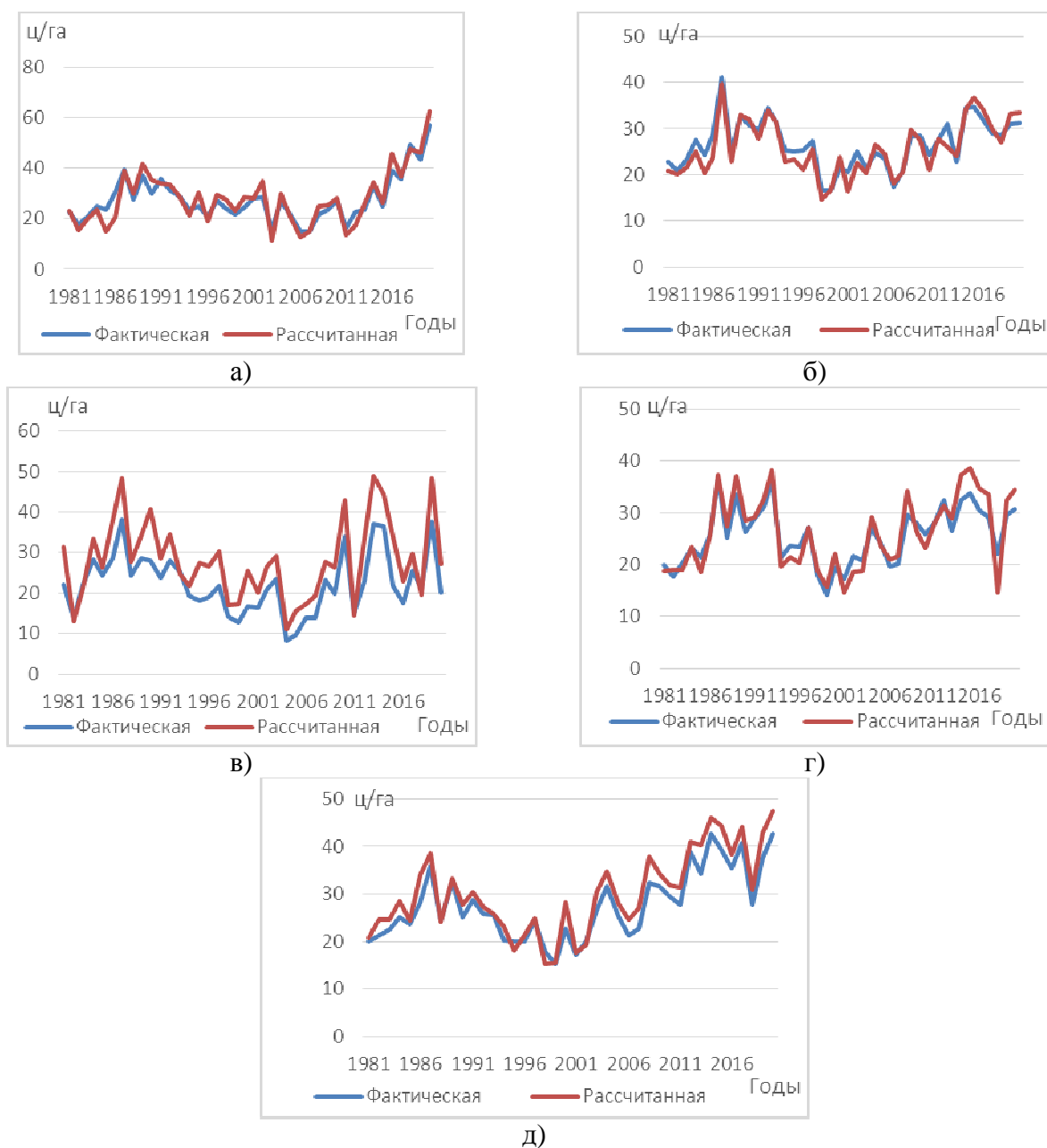
Проведенный регрессионный анализ позволил описать погодную составляющую урожайности озимой ржи полиномом первой степени. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уравнения детерминированной составляющей урожайности озимой ржи районов Брестской области

Район	Уравнение
Брестский	$u = 0,016 \cdot \Delta P_{11} + 0,059 \cdot \Delta P_2 + 0,526 \cdot \Delta T_{B2} + 0,464 \cdot \Delta T_{П12}$
Пинский	$u = 0,038 \cdot \Delta P_2 + 0,318 \cdot \Delta T_{B2} + 0,162 \cdot \Delta T_{B12} + 0,464 \cdot \Delta T_{П12}$
Ганцевичский	$u = 0,045 \cdot \Delta P_{11} + 0,794 \cdot \Delta T_{B2} - 0,673 \cdot \Delta T_{П2} + 0,879 \cdot \Delta T_{П11}$
Ивацевичский	$u = 0,016 \cdot \Delta P_1 + 2,47 \cdot \Delta T_{B2} + 0,693 \cdot \Delta T_{B12} - 2,197 \cdot \Delta T_{П2}$
Пружанский	$u = 0,054 \cdot \Delta P_1 + 0,555 \cdot \Delta T_{B11} + 0,405 \cdot \Delta T_{П12}$

Где  $\Delta T_s$ ;  $\Delta T_n$ ,  $\Delta P$  – отклонение от средней величины температуры воздуха, температуры почвы, атмосферных осадков; индекс – порядковый месяца.

Продуктивность озимых культур обеспечивается, как правило, за счет осенних побегов, а слабо развитые растения дают невысокий урожай даже в случае благоприятной перезимовки. Как видно из таблицы 2, оказывают влияние на урожайность озимой ржи осадки и температуры декабря, января, февраля, которые обуславливают перезимовку растений. В более теплое время происходит образование генеративных органов и определяется полная спелость культуры. Полученные уравнения позволяют описать урожайность озимой ржи в указанных районах. На рисунке 1 приведены наблюдаемые и рассчитанные по уравнениям значения урожайности.



Районы: а) Брестский; б) Пинский; в) Ганцевичский; г) Ивацевичский; д) Пружанский  
**Рисунок 1 – Фактическая и рассчитанная динамика урожайности в Брестской области**

Ошибки расчета урожайности озимой ржи по Брестской области входят в 20–35 %. Таким образом, можно констатировать, что полученная модель адекватно отражает реальную картину урожайности сельскохозяйственных культур в Брестской области.

Смоделированные таким образом ряды урожайности отличаются от фактических меньшей изменчивостью, поэтому при моделировании необходимо в погодные данные вводить случайную составляющую  $\eta(P)$ . Случайная составляющая моделируется по формуле (3).

Представление о величине случайной составляющей и ее статистических характеристиках полученной как разности между фактической урожайностью и фоновой и погодной составляющей, можно получить из таблицы 3.

Таблица 3 – Статистические характеристики случайной составляющей урожайности

Районы	Обеспеченные величины, ц/га				
	5	10	25	75	95
Озимая рожь					
Брест	6,4	5,3	2,9	-1,82	-8,55
Ганцевичи	12	10,87	8,9	3,32	-0,8
Ивацевичи	4,68	4,34	2,32	-1,48	-3,22
Пинск	2,26	2,15	1,08	-2,157	-4,77
Пружаны	5,8	5,55	3,64	0,61	-1,97

Проанализировав данные, за исследуемый период в каждом районе, выявили благоприятные по урожайности года для исследуемой культуры (таблица 4).

Таблица 4 – Благоприятные года по урожайности Брестской области

Район	Год
Брест	2019–2020
Ганцевичи	1986–1987
Ивацевичи	1986–1987
Пинск	1986–1987
Пружаны	2013–2014

Климатические параметры по районам представлены в таблицах 5–9.

Случайные составляющие вносят определенный вклад и в ряде случаев должны учитываться при моделировании урожайности озимых культур.

Таблица 5 – Климатические параметры за период с 2019–2020 гг., Брестский район

Месяцы	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Атмосферные осадки												
значение	26,0	37	37	31	40	22	18	75	151	35	38	47
P, %	65,8	56,1	46,3	58,5	31,7	68,2	85,3	34,1	4,88	90,2	82,9	48,7
Температура воздуха												
значение	11,0	6,3	2,9	1,7	3,0	4,7	8,7	11,9	19,8	19,6	20,6	15,8
P, %	2,44	4,8	7,3	12,2	12,2	21,9	60,9	95,1	7,3	46,3	14,6	4,8
Температура почвы												
значение	10	6	2	1	2	5	12	15	22	24	24	17
P, %	21,9	9,7	7,3	12,2	14,6	21,9	17,0	97,5	53,6	48,7	12,2	26,8

Таблица 6 – Климатические параметры за период с 1986–1987 гг., Ганцевичский район

Месяцы	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Атмосферные осадки												
значение	24	36	34	35	17	54	18	43	115	68	71	45
P, %	70,7	68,2	65,8	58,5	90,2	17,0	90,2	73,1	24,3	65,8	29,2	58,5
Температура воздуха												
значение	6,3	3,0	-3,5	-15,6	-3,3	-5,5	5,0	12,6	16,5	17,5	14,3	11,1
P, %	68,2	36,5	73,1	97,5	56,1	97,5	92,6	78,0	51,2	73,1	97,5	82,9
Температура почвы												
значение	6	3	-4	-17	-5	-7	6	14	19	22	17	12
P, %	65,8	26,8	73,1	97,5	63,4	97,5	85,3	87,8	75,6	51,2	92,6	85,3

Таблица 7 – Климатические параметры за период с 1986–1987 гг., Ивацевичский район

Месяцы	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Атмосферные осадки												
значение	20	42	38	37	19	49	21	88	93	64	61	50
P, %	82,9	51,2	58,5	53,6	85,3	24,3	82,9	26,8	29,2	58,5	34,1	48,7
Температура воздуха												
значение	7,0	3,3	-2,9	-15,4	-3,0	-4,7	5,3	12,7	16,4	17,7	14,8	11,6
P, %	65,85	34,15	73,17	97,56	56,10	97,56	92,68	82,93	65,85	80,49	97,56	82,9
Температура почвы												
значение	7	3	-3	-16	-4	-6	6	15	20	21	17	13
P, %	56,1	29,2	65,8	97,5	56,1	97,5	85,3	73,1	63,4	70,7	92,6	65,8

Таблица 8 – Климатические параметры за период с 1986–1987 гг., Пинский район

Месяцы	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Атмосферные осадки												
значение	14	36	24	34	19	50	26	63	85	71	51	80
P, %	90,2	56,1	85,3	53,6	80,4	21,9	63,4	41,4	41,4	56,1	48,7	26,8
Температура воздуха												
значение	7,1	3,2	-3,0	-15,2	-2,8	-4,4	5,5	13,1	17,0	18,6	15,2	12,0
P, %	65,8	41,4	75,6	97,5	56,1	97,5	92,6	80,4	58,5	63,4	97,5	82,9
Температура почвы												
значение	3	3	-4	-16	-4	-5	7	15	20	23	18	12
P, %	97,5	34,1	75,6	97,5	60,9	97,5	90,2	92,6	68,2	48,7	95,1	87,8

Таблица 9 – Климатические параметры за период с 1986–1987 гг., Пружанский район

Месяцы	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Атмосферные осадки												
значение	23	51	22	49	19	16	29	98	50	59	93	25
P, %	65,8	26,8	87,8	21,9	82,9	87,8	58,5	17,0	68,2	70,7	21,9	80,4
Температура воздуха												
значение	9,1	5,1	0,9	-5,3	-0,1	5,9	9,2	13,5	15,5	20,8	18,3	13,5
P, %	19,5	9,7	14,6	78,0	31,7	2,4	21,9	58,5	80,4	14,6	41,4	36,5
Температура почвы												
значение	9	5	0	-5	-2	5	11	17	20	25	22	14
P, %	29,2	12,2	36,5	73,1	36,5	4,8	17,0	53,6	75,6	14,6	24,3	48,7

## **Заключение**

Проведен детальный анализ динамики урожайности озимой ржи Брестской области, что позволило установить основные факторы, определяющие урожайность. Использование методов математического моделирования в прогнозировании урожайности зерновых культур свидетельствует о высокой их эффективности.

Прогнозирование наступления неблагоприятных климатических факторов для урожайности зерновых культур может быть использовано в целях предотвращения ущерба. Для более углубленного изучения влияния факторов на урожайность зерновых и выявления направления их оптимизации был использован метод корреляционного моделирования. Выявлена тенденция повышения температуры воздуха и уменьшения количества атмосферных осадков, а также увеличения засушливых условий за период апрель – июнь, что является неблагоприятным для сельского хозяйства. Для снижения негативных последствий влияния засух необходимо принять комплекс мер по использованию систем орошения.

За последние тридцать лет в Брестской области характеризуется заметное увеличение среднемесячных температур, что сокращает оптимальный для сева период и уменьшает сроки вегетации зерновых культур. Безопасный способ возделывания сельскохозяйственных культур, соблюдение оптимальных сроков посевов, а также своевременное проведение комплексного исследования по оценке воздействия погодных рисков на сельскохозяйственное производство на территории Брестской области.

## **Список цитированных источников**

1. Логинов, В. Ф. Оценка влияния климатических факторов на динамику урожайности основных сельскохозяйственных культур в Брестской области / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек // Природные ресурсы, 2006. – № 3. – С. 5–22.

2. Волчек, А. А. Влияние изменения температур холодного периода на урожайность озимых зерновых в Беларуси / А. А. Волчек, Ю. П. Городнюк // материалы Междунар. науч.-практич. конф., 5–6 дек. 2022 г. Хазарский ун-тет, г. Баку. – Баку, Азербайджан, 2023. – С. 209 – 212.

## **References**

1. Loginov V. F., Volchek A. A., Volchek A. A. Assessment of the influence of climatic factors on the dynamics of yield of major crops in the Brest region// Natural Resources, 2006. – No.3. pp. 5-22.

2. Volchek, A. A. The influence of changes in cold period temperatures on the yield of winter cereals in Belarus / A. A. Volchek, Y. P. Haradniuk// International scientific and practical conference Khazar University, Baku, December 5 - 6, 2022. – Baku, Azerbaijan, 2023. – pp. 209-212.