

## Экологическая оценка сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в зоне южных черноземов Оренбургского Предуралья

И. Н. Бесалиев ✉

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ E-mail: [orniish\\_tzk@mail.ru](mailto:orniish_tzk@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследования – оценить параметры адаптивности сортов яровой мягкой и яровой твердой пшеницы, возделываемой в Оренбургском Предуралье, в условиях нарастания засушливости климата. **Методы.** Применялись два метода исследований: полевой с посевом сортов в опытах по экологической пластичности и расчетный для анализа полученных результатов согласно методики по агроэкологической адаптивности. Опыты по экологическому изучению сортов яровой пшеницы проводились на базе опытного поля ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в 2016–2020 и в 2022–2023 гг. Сорта высевались по предшественнику пар черный в 4-кратной повторности с соблюдением технологии возделывания зерновых культур, принятых в зоне исследований. В опытах изучены наиболее распространенные в данном регионе сорта яровой мягкой и яровой твердой пшеницы. **Результаты.** Погодные условия в годы проведения опытов отличались значительной изменчивостью по гидротермическому коэффициенту по месяцам вегетации, но основная характеристика этих условий определялась нарастанием засушливости климата, характерным в последние годы. Нарастание температуры воздуха сопровождалось неравномерностью выпадения осадков или их отсутствием, что отражалось в формировании средней урожайности сортов по годам. Для агроэкологической оценки использована методика, представленная Самарским федеральным исследовательским центром Российской академии наук (САМ ИЦ РАН). Рассчитаны показатели средней урожайности изученных культур, индекс урожайности сортов, индекс условий года, относительное значение индекса урожайности сорта, степень отзывчивости сорта, степень депрессии урожайности сорта, степень агроэкологической оценки адаптированности сортов. По результатам расчета агроэкологической адаптивности проведено ранжирование сортов по группам их экологической приспособленности. Полученные результаты исследований позволяют отметить сорта с высокой степенью адаптированности: это сорта мягкой пшеницы Ульяновская 105, Альбидум 32, Саратовская 70 и Тулайковская золотистая, а также сорта твердой пшеницы Оренбургская 10, Безенчукская нива и Безенчукская 210. **Научная новизна.** Использованная методика расчета и эффективность полученных оценок изученных сортов мягкой и твердой пшеницы позволяют ее оценить как приемлемую для этих целей. Сорта с высокой степенью экологической адаптивности могут представлять интерес как источники доноров устойчивости к неблагоприятным климатическим факторам.

**Ключевые слова:** адаптивность, сорт, яровая мягкая пшеница, яровая твердая пшеница, урожайность, Оренбургское Предуралье

**Благодарности.** Работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2024–2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2022-0014).

**Для цитирования:** Бесалиев И. Н. Экологическая оценка сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в зоне южных черноземов Оренбургского Предуралья // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1576–1585. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585>.

**Дата поступления статьи:** 31.03.2024, **дата рецензирования:** 15.04.2024, **дата принятия:** 27.04.2024.

# Ecological assessment of spring soft and durum wheat varieties in the zone of southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals

I. N. Besaliev✉

Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

✉E-mail: orniish\_tzk@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to evaluate the adaptability parameters of spring soft and spring durum wheat varieties cultivated in the Orenburg Cis-Ural region under conditions of increasing climate aridity. **Methods.** Two research methods were used: field with sowing varieties in experiments on ecological plasticity and calculation for analyzing the results obtained according to the methodology for agroecological adaptability. Experiments on the ecological study of spring wheat varieties were carried out on the basis of the experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences in 2016–2020 and in 2022–2023. The varieties were sown according to the predecessor of the black pairs in four repetitions in compliance with the technology for cultivating grain crops adopted in the research area. The most common varieties of spring soft and spring durum wheat in this region were studied in the experiments. **Results.** Weather conditions during the years of the experiments were characterized by significant variability in terms of the hydrothermal coefficient over the months of the growing season, but the main characteristic of these conditions was determined by the increase in climate aridity, which has been characteristic in recent years. An increase in air temperature was accompanied by uneven precipitation or its absence, which was reflected in the formation of the average yield of varieties over the years. For the agroecological assessment, the methodology presented by the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SAM IC RAS) was used. Indicators of the average yield of the studied crops, the variety yield index, the index of year conditions, the relative value of the variety yield index, the degree of responsiveness of the variety, the degree of depression in the yield of the variety, the degree of agroecological assessment of the adaptability of varieties were calculated. Based on the results of calculating the agroecological adaptability of the variety, the varieties were ranked according to the groups of their environmental adaptability. The obtained research results allow us to note varieties with a high degree of adaptation: these are the soft wheat varieties Ul'yanovskaya 105, Al'bidum 32, Saratovskaya 70 and Tulaykovskaya Zolotistaya, as well as the durum wheat varieties Orenburgskaya 10, Bezenchukskaya Niva and Bezenchukskaya 210. **Scientific novelty** lies in the practical application and effectiveness of the obtained assessments of the studied varieties of soft and durum wheat for high, medium and low degrees of adaptation. The results obtained may be of interest to them as sources of donors of resistance to adverse climatic factors.

**Keywords:** adaptability, variety, spring soft wheat, spring durum wheat, productivity, Orenburg Cis-Urals

**Acknowledgements.** The work was carried out in accordance with the research plan for 2024–2030. Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center BST RAS (FNWZ- 2022-0014).

**For citation:** Besaliev I. N. Ecological assessment of spring soft and durum wheat varieties in the zone of southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1576–1585. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 31.03.2024, **date of review:** 15.04.2024, **date of acceptance:** 27.04.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

Сорт является одним из основных средств производства, определяющих в значительной степени повышение эффективности отрасли растениеводства. В условиях климатических изменений, особо резко проявляющихся в последние десятилетия, адаптивность сортов, создание засухоустойчивых, высокоурожайных и эффективных в использовании сортов, является наиболее экономичной стратегией [1]. За последние 60 лет антропогенное изменение климата привело к сокращению общего производ-

ства в сельском хозяйстве во всем мире на 21 %, причем более сильные последствия наблюдались в более засушливых регионах [2].

По оценке международного центра улучшения кукурузы и пшеницы [3], климатические факторы объяснили более 70 % межгодовой изменчивости их урожайности. Как оценивают В. Н. Павлова и др. [4], наиболее чувствительными к изменению климата на территории России оказываются основные зернопроизводящие регионы европейской части России – Центральный, Приволжский и Юж-

ный федеральные округа. При этом положительные тренды фактической урожайности за период с 1998 по 2017 годы обусловлены в том числе достижениями отечественной селекции – внедрением высокоурожайных сортов и гибридов.

В работе В. В. Нейфельда, М. Е. Кадомцевой [5] даже рассматривается необходимость внесения Саратовской и Оренбургской областей в перечень субъектов РФ, территории которых относятся к неблагоприятным для ведения сельскохозяйственного производства.

Для удовлетворения прогнозируемого роста спроса зерна пшеницы урожайность данной культуры имеет практический интерес [6].

Внедрение более пластичных сортов надо рассматривать как инновационный фактор экономики для повышения рентабельности и стабилизации рынка семян [7].

В результате изучения сдвигов генетико-статистических характеристик (ГСХ) за 80-летний период в условиях Северного Зауралья установлено [8], что современные интенсивные сорта в настоящее время с урожайностью до 34,3 ц/га (+ 70,0 % к базовой, т. е. урожайности 1940-х годов) отличаются высокой чувствительностью к изменениям условий среды, что подтверждается углом наклона линии регрессии 50–54° в сравнении с углом наклона линии регрессии от 31° до 39°, характерным для начала изучения.

Генетическая обусловленность реакции сортов изучена при посеве их при разных приемах обработки почвы [9], интенсивности начальных ростовых процессов [10], откликах сортов на сменяющиеся погодные факторы в условиях жарких и засушливых лет [11]. Основное внимание при изучении адаптивности сортов уделяется урожайности сортов и линий при разных погодно-климатических условиях возделывания. К числу наиболее распространенных показателей оценки сортов относятся коэффициент регрессии, параметры стабильности, экологической пластичности, генетической гибкости и др., которые в целом позволяют оценить экологическую приспособленность сорта. Используемые нами в работе методические рекомендации с применением новых показателей оценки сортов позволяют оценить их экологическую приспособленность.

#### Методология и методы исследований (Methods)

Для анализа адаптивной реакции сортов яровой мягкой и твердой пшеницы использованы данные экологического испытания на опытном поле отдела технологии зерновых и кормовых культур Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, расположенного в центральной зоне Оренбургской области. Кадастровый номер участка 56:21:1409001:1. Почва опытного участка – чернозем южный карбонатный.

Сорта яровой мягкой и твердой пшеницы ежегодно высевались по предшественнику черный пар в четырехкратной повторности. Агротехника опыта соответствовала принятым в зоне исследований, посев проводился в первый срок. Уборка осуществлялась прямым комбайнированием комбайном Terrion SR2010. В экологическом изучении были сорта селекции НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов), Ульяновского НИИСХ, Самарского НИИСХ и сорта местной селекции.

Для изучения агробиологической адаптивности сортов яровой пшеницы были использованы методические рекомендации, разработанные в НИИСС – филиале Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук и опубликованные в статье [12]. По приведенным в статье формулам нами рассчитаны следующие показатели:

- средняя урожайность каждого сорта за годы испытаний;
- средняя урожайность культуры по годам испытаний;
- средняя урожайность всех сортов по опыту;
- индекс урожайности сорта как разница между средней урожайностью сорта по опыту и средней урожайностью каждого сорта в опыте; показатель может иметь как положительные, так и отрицательные значения;
- относительное значение индекса урожайности сорта – отношение разности средней урожайности сортов и средней урожайности по опыту к средней урожайности по опыту, выраженное в процентах;
- индекс условий года – разность между средней урожайностью сортов за год и средней урожайностью сортов в опыте.
- степень отзывчивости сорта на благоприятный год – отношение разности урожайности в благоприятный год и средней урожайности по сорту к средней урожайности по сорту;
- степень депрессии сорта – отношение разности урожайности сорта в неблагоприятный год и средней урожайности в благоприятный год к урожайности в благоприятный год, выраженное в процентах; имеет отрицательное значение;
- степень агроэкологической адаптивности сорта (DAA) определяется путём сложения трёх показателей: относительного значения индекса урожайности, степени отзывчивости на благоприятные условия и степени депрессии.

По результатам расчета DAA проведено ранжирование сортов по группам экологической адаптированности. Выполнен расчет достоверности различий по вариантам и повторениям опыта с использованием методики Б. А. Доспехова [13], который показал превышение  $F_{\text{факт.}}$  над  $F_{\text{теор.}}$  по источнику информации, что отвергло нулевую гипотезу и давало возможность рассчитать наименьшую существенную разность (НСР) между сортами.

Таблица 1

## Гидротермический коэффициент за май – июль в 2016–2023 гг.

Месяцы	Гидротермический коэффициент по годам						
	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2023
За май – июль	0,52	0,39	0,32	0,61	0,38	1,10	0,54
В том числе за: май	0,98	0,60	0,60	0,18	0,60	3,35	0,27
июнь	0,22	0,66	0,19	0,50	0,34	0,30	0,55
июль	0,47	0,06	0,22	1,36	0,28	0,59	0,76

Table 1

## Hydrothermal coefficient for May – July in 2016–2023

Months	Hydrothermal coefficient by year						
	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2023
For May – July	0.52	0.39	0.32	0.61	0.38	1.10	0.54
Including for: May	0.98	0.60	0.60	0.18	0.60	3.35	0.27
June	0.22	0.66	0.19	0.50	0.34	0.30	0.55
July	0.47	0.06	0.22	1.36	0.28	0.59	0.76

Таблица 2

## Урожайность зерна и индексы урожайности сортов пшеницы мягкой яровой в экологическом сортоиспытании за 2016–2020, 2022–2023 гг.

Сорт	Урожайность зерна, т/га							Средняя	Индекс урожайности сорта, т/га
	Годы								
	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2023		
Саратовская 42	1,00	2,63	1,63	0,78	1,29	1,23	1,08	1,38	-1,6
Учитель	0,97	2,23	1,53	0,84	0,92	1,07	0,89	1,21	-3,3
Альбидум 32	1,32	2,79	1,73	0,95	1,46	1,33	1,04	1,52	-0,2
Саратовская 70	1,33	2,77	1,65	1,09	1,56	1,71	1,18	1,61	+0,7
Тулайковская золотистая	1,14	2,70	1,38	1,14	1,49	1,85	1,36	1,58	+0,4
Ульяновская 105	1,36	3,85	1,73	1,42	1,68	2,62	1,70	2,05	+5,1
Оренбургская 23	1,14	2,54	1,39	1,05	1,34	1,85	1,27	1,51	-0,3
Оренбургская юбилейная	1,24	2,32	1,62	1,14	1,23	1,63	1,33	1,50	-0,4
Оренбургская 30	1,12	2,48	1,58	0,95	1,47	1,78	1,31	1,53	-0,1
<b>Средняя</b>	<b>1,18</b>	<b>2,70</b>	<b>1,58</b>	<b>1,04</b>	<b>1,38</b>	<b>1,67</b>	<b>1,24</b>	<b>1,54</b>	–
НСР <sub>05</sub>	0,24	0,28	0,30	0,24	0,28	0,29	0,15	–	–
Индекс условий года, т/га	-0,36	+1,16	+0,04	-0,50	-0,16	+ 0,13	-0,28	–	–

Table 2

## Grain yield and yield indices of soft spring wheat varieties in ecological variety testing for 2016–2020, 2022–2023

Variety	Grain yield, tons per 1 ha							Average	The yield index of the variety, tons per 1 ha
	Years								
	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2023		
Saratovskaya 42	1.00	2.63	1.63	0.78	1.29	1.23	1.08	1.38	-1.6
Uchitel	0.97	2.23	1.53	0.84	0.92	1.07	0.89	1.21	-3.3
Al'bidum 32	1.32	2.79	1.73	0.95	1.46	1.33	1.04	1.52	-0.2
Saratovskaya 70	1.33	2.77	1.65	1.09	1.56	1.71	1.18	1.61	+0.7
Tulaykovskaya zolotistaya	1.14	2.70	1.38	1.14	1.49	1.85	1.36	1.58	+0.4
Ul'yanovskaya 105	1.36	3.85	1.73	1.42	1.68	2.62	1.70	2.05	+5.1
Orenburgskaya 23	1.14	2.54	1.39	1.05	1.34	1.85	1.27	1.51	-0.3
Orenburgskaya Yubileynaya)	1.24	2.32	1.62	1.14	1.23	1.63	1.33	1.50	-0.4
Orenburgskaya 30	1.12	2.48	1.58	0.95	1.47	1.78	1.31	1.53	-0.1
<b>Average</b>	<b>1.18</b>	<b>2.70</b>	<b>1.58</b>	<b>1.04</b>	<b>1.38</b>	<b>1.67</b>	<b>1.24</b>	<b>1.54</b>	–
LCD <sub>05</sub>	0.24	0.28	0.30	0.24	0.28	0.29	0.15	–	–
Index of the conditions of the year, tons per 1 ha	-0.36	+1.16	+0.04	-0.50	-0.16	+ 0.13	0.28	–	–

**Результаты (Results)**

Погодные условия по годам опытов характеризовались значительной засушливостью (таблица 1). Гидротермический коэффициент как в целом за период вегетации (май – июль), так и по месяцам отдельно характеризовался как очень засушливый (0,4–0,7 по шкале ГТК Г. Т. Селянинова).

Особой засушливостью в годы проведения исследований отличались условия мая 2019 и 2023 годов, условия июня 2016, 2018, 2020 и 2023 годов, условия июля 2017, 2018, 2020 годов. В мае 2023 года выпало рекордное (в четыре раза выше нормы) количество осадков. В 2017 году условия мая и июня оказались наиболее благоприятными для формирования продуктивности яровой пшеницы, при котором сочетание недостаточного количества осадков с низкими значениями температуры воздуха способствовали слабой испаряемости. Но в целом надо отметить, что погодные факторы в годы проведения опытов отличались крайней неблагоприятностью.

Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, а также индексы урожайности сорта и индексы условий года представлены в таблице 2. Средняя уро-

жайность сортов мягкой пшеницы по годам изменялась от 10,4 ц/га (2019 год) до 27,0 ц/га (2017 год).

Индекс условий года показывает значительное преимущество показателей 2017 года (+1,16 т с 1 га, или 7,5 %). Следует дополнительно отметить, что в этом году в фазы от всходов до выхода в трубку отмечались низкие температуры воздуха, что оказалось немаловажным фактором формирования продуктивности. Значительный отрицательный индекс года получен в 2019 году (–0,50 т с 1 га, или 32,5 %), в 2016 году (–0,36 т с 1 га, или 23,4 %) и в 2023 году (–0,28 ц т 1 га, или 18,2 %).

Наивысший положительный индекс урожайности получен по сорту Ульяновская 105 (+5,1 т с 1 га, или 33,1 %), а наиболее отрицательный индекс – у сорта Учитель (–3,3 т с 1 га, или 21,4 %). Следует отметить также низкий индекс урожайности у сорта Саратовская 42 (–1,6 т с 1 га), остальные сорта имели незначительные индексы данного показателя.

Урожайность сортов яровой твёрдой пшеницы в годы опытов с соответствующими индексами представлены в таблице 3.

**Таблица 3**  
**Урожайность зерна и индексы урожайности сортов яровой твердой пшеницы в экологическом сортоиспытании за 2016–2020, 2022–2023 гг.**

Сорт	Урожайность зерна, т/га							Индекс урожайности сорта, т/га
	Годы						Средняя	
	2016	2017	2018	2020	2022	2023		
Оренбургская 10	0,98	3,42	1,46	0,96	0,88	0,76	1,41	0,00
Оренбургская 21	0,93	3,26	1,47	0,87	0,88	0,63	1,34	–0,07
Безенчукская нива	1,37	3,34	1,47	1,07	1,36	0,86	1,58	+0,17
Безенчукская 210	1,14	3,45	1,50	1,38	1,42	0,81	1,62	+0,24
Безенчукская степная	0,97	3,25	1,54	0,99	1,48	0,70	1,49	+0,08
Безенчукская 205	0,93	3,25	1,68	1,00	1,00	0,49	1,39	–0,02
Луч-25	1,00	2,94	1,21	0,94	1,20	0,57	1,31	–0,10
Харьковская 46	0,90	3,01	1,12	0,78	0,74	0,50	1,18	–0,23
<b>Средняя</b>	<b>1,03</b>	<b>3,24</b>	<b>1,43</b>	<b>1,00</b>	<b>1,12</b>	<b>0,66</b>	<b>1,41</b>	–
LSD <sub>05</sub>	0,15	0,24	0,08	0,19	0,23	0,16	–	–
Индекс условий года, т/га	–0,38	+1,83	+0,02	–0,41	–0,29	–0,75	–	–

**Table 3**  
**Grain yield and yield indices of spring durum wheat varieties in ecological variety testing for 2016–2020, 2022–2023**

Variety	Grain yield, tons per 1 ha							The yield index of the variety, tons per 1 ha
	Years						Average	
	2016	2017	2018	2020	2022	2023		
<i>Orenburgskaya 10</i>	0.98	3.42	1.46	0.96	0.88	0.76	1.41	0.00
<i>Orenburgskaya 21</i>	0.93	3.26	1.47	0.87	0.88	0.63	1.34	–0.07
<i>Bezenchukskaya niva</i>	1.37	3.34	1.47	1.07	1.36	0.86	1.58	+0.17
<i>Bezenchukskaya 210</i>	1.14	3.45	1.50	1.38	1.42	0.81	1.62	+0.24
<i>Bezenchukskaya stepnaya</i>	0.97	3.25	1.54	0.99	1.48	0.70	1.49	+0.08
<i>Bezenchukskaya 205</i>	0.93	3.25	1.68	1.00	1.00	0.49	1.39	–0.02
<i>Luch-25</i>	1.00	2.94	1.21	0.94	1.20	0.57	1.31	–0.10
<i>Khar'kovskaya 46</i>	0.90	3.01	1.12	0.78	0.74	0.50	1.18	–0.23
<b>Average</b>	<b>1.03</b>	<b>3.24</b>	<b>1.43</b>	<b>1.00</b>	<b>1.12</b>	<b>0.66</b>	<b>1.41</b>	–
LSD <sub>05</sub>	0,15	0,24	0,08	0,19	0,23	0,16	–	–
<i>Index of the conditions of the year, tons per 1 ha</i>	–0.38	+1.83	+0.02	–0.41	–0.29	–0.75	–	–

## Агроэкологическая адаптивность сортов яровой мягкой пшеницы (DAA) и значения составляющих его показателей (%), ранг и степень адаптированности

Сорт	Составляющие показатели			DAA		Степень адаптированности
	$L_p$ , %	$R_p$ , %	$D_p$ , %	%	Ранг	
Саратовская 42	-10,4	81,1	-70,3	0,4	6	Низкая
Учитель	-21,4	66,2	-62,3	-17,5	9	Низкая
Альбидум 32	-1,3	82,5	-66,0	15,2	4	Средняя
Саратовская 70	+4,6	75,3	-60,6	19,3	2	Средняя
Тулайковская золотистая	+2,6	72,7	-57,8	17,5	3	Средняя
Ульяновская 105	+33,1	116,9	-64,7	85,3	1	Высокая
Оренбургская 23	-1,9	66,9	-58,7	5,3	5	Средняя
Оренбургская юбилейная	-2,6	53,2	-50,9	-0,3	7	Низкая
Оренбургская 30	-0,6	61,7	-61,7	-0,6	8	Низкая

Примечание. Относительное значение  $L_p$ , % – индекс урожайности сорта,  $R_p$ , % – степень отзывчивости сорта,  $D_p$ , % – степень депрессии сорта, DAA – степень агроэкологической адаптивности сорта.

Table 4

## Agroecological adaptability of spring soft wheat (DAA) varieties and the values of its constituent indicators (%), rank and degree of adaptability

Variety	Component indicators			DAA		Degree of adaptability
	$L_p$ , %	$R_p$ , %	$D_i$ , %	%	Rank	
Saratovskaya 42	-10.4	81.1	-70.3	0.4	6	Low
Uchitel'	-21.4	66.2	-62.3	-17.5	9	Low
Al'bidum 32	-1.3	82.5	-66.0	15.2	4	Average
Saratovskaya 70	+4.6	75.3	-60.6	19.3	2	Average
Tulaykovskaya zolotistaya	+2.6	72.7	-57.8	17.5	3	Average
Ul'yankovskaya 105	+33.1	116.9	-64.7	85.3	1	High
Orenburgskaya 23	-1.9	66.9	-58.7	5.3	5	Average
Orenburgskaya yubileynaya	-2.6	53.2	-50.9	-0.3	7	Low
Orenburgskaya 30	-0.6	61.7	-61.7	-0.6	8	Low

Note. The relative value of  $L_p$ , % is the yield index of the variety,  $R_p$ , % is the degree of responsiveness of the variety,  $D_p$ , % is the degree of depression of the variety, DAA is the degree of agroecological adaptability of the variety.

Индекс условий года по сортам твердой пшеницы значительно превысил в 2017 году значения других лет с существенно низким значением в 2023 году. Индекс урожайности у двух сортов (Безенчукская 210 и Безенчукская нива) существенно превысил по данному показателю другие изученные сорта. Наиболее низкий индекс получен по сорту Харьковская 46.

Агроэкологическая адаптивность охарактеризована через показатели: индекс урожайности ( $L_p$ , %), степень отзывчивости ( $R_p$ , %), степень депрессии ( $D_p$ , %) сорта.

У сорта Ульяновская 105 получено самое высокое из изученного набора сортов относительное значение индекса урожайности (+33,1 %); также положительный, но значительно меньший индекс у двух сортов – Саратовская 70 и Тулайковская золотистая: соответственно +4,6 % и +2,6 %. Низкие индексы урожайности у сортов Учитель (-21,4%) и Саратовская 42 (-10,4 %). По степени отзывчивости на благоприятные условия индексы у сортов изменялась от самой высокой (116,9 %) у сорта

Ульяновская 105, средней (81,1 и 82,5 %) у сортов Саратовская 42 и Альбидум 32 и до самой низкой – у сортов Оренбургская 30 (61,7 %) и Оренбургская юбилейная (53,2 %).

По степени депрессии урожайности зерна минимальное значение у сорта Оренбургская юбилейная (50,9 %). У большинства сортов данный показатель укладывается в рамки значений 57,8–66,0 %. Высокая степень депрессивности получена у сорта Саратовская 42 с самой низкой урожайностью за годы опытов среди набора изученных сортов.

Расчет комплексной оценки степени агроэкологической адаптивности приведен через показатель DAA (степень агроэкологической адаптивности сорта). Полученные результаты позволили оценить адаптированность сортов в интервале значений от -17,50 % до 85,3 %. Особо следует показатель сорта Ульяновская 105 со значениями DAA = 83,5 %. В значительной степени этот сорт оказался самым урожайным в 2017 году, более чем на 10 ц/га превысив среднюю урожайность всех сортов. Он показал значительное увеличение урожайности в среднем

за 7 лет опытов над другими изученными сортами. По итоговой оценке степени адаптированности изученных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья отмечаем высокую степень адаптированности сорта Ульяновская 105, среднюю у сортов Альбидум 32, Саратовская 70, Тулайковская золотистая и Оренбургская 23. Низкую степень адаптированности показали сорта Саратовская 42, Учитель, Оренбургская юбилейная и Оренбургская 30.

По показателю индекса урожайности у сортов твердой пшеницы самый высокий результат получен у сортов Безенчукская нива и Безенчукская 210 со значительным преимуществом над другими сортами (таблица 5). Существенно низкий индекс урожайности у сорта Харьковская 46.

По степени отзывчивости на благоприятные условия различия между сортами твердой пшеницы менее значительны, чем индекс урожайности, и преимущество отмечено у сорта Оренбургская 10,

наименьший показатель – у сорта Луч-25. Остальные сорта имели практически равные значения степени отзывчивости на благоприятные условия.

Степень депрессии сортов твердой пшеницы укладывался в две группы:

1) с более высокими значениями депрессии (от –80,6 % до –84,9 %): сорта Оренбургская 21, Безенчукская 205, Луч 25 и Харьковская 46;

2) с относительно низкой депрессивностью сортов (–74,3... –78,5 %), в которую входят остальные сорта: Оренбургская 10, Безенчукская 210, Безенчукская степная и Безенчукская нива.

Обобщенный показатель сорта – степень агроэкологической адаптивности (DAA) – выявил высокую степень адаптированности у трех сортов: Оренбургская 10, Безенчукская нива и Безенчукская 210. Средняя степень адаптированности получена по сортам Оренбургская 21, Безенчукская степная и Безенчукская 205. Сорта Луч 25 и Харьковская 46 показали низкую степень адаптированности.

Таблица 5  
Агроэкологическая адаптивность сортов яровой твердой пшеницы (DAA) и значения составляющих его показателей (%), ранг и степень адаптированности

Сорт	Составляющие показатели			DAA		Степень адаптированности
	$L_p$ %	$R_p$ %	$D_p$ %	%	Ранг	
Оренбургская 10	0,0	142,6	–77,8	64,8	2	Высокая
Оренбургская 21	–5,0	136,2	–80,7	50,5	5	Средняя
Безенчукская нива	12,0	124,8	–74,3	62,5	3	Высокая
Безенчукская 210	14,9	129,8	–76,5	68,2	1	Высокая
Безенчукская степная	5,7	124,8	–78,5	52,0	4	Средняя
Безенчукская 205	–1,4	131,9	–84,9	45,6	6	Средняя
Луч-25	–7,1	115,6	–80,6	27,9	8	Низкая
Харьковская 46	–16,3	129,8	–83,4	30,1	7	Низкая

Примечание. Относительное значение  $L_p$  % – индекс урожайности сорта,  $R_p$  % – степень отзывчивости сорта,  $D_p$  % – степень депрессии сорта, DAA – степень агроэкологической адаптивности сорта.

Table 5  
Agroecological adaptability of spring durum wheat (DAA) varieties and the values of its constituent indicators (%), rank and degree of adaptability

Variety	Component indicators			DAA		Degree of adaptability
	$L_p$ %	$R_p$ %	$D_p$ %	%	Rank	
Orenburgskaya 10	0.0	142.6	–77.8	64.8	2	High
Orenburgskaya 21	–5.0	136.2	–80.7	50.5	5	Average
Bezenchukskaya niva	12.0	124.8	–74.3	62.5	3	High
Bezenchukskaya 210	14.9	129.8	–76.5	68.2	1	High
Bezenchukskaya stepnaya	5.7	124.8	–78.5	52.0	4	Average
Bezenchukskaya 205	–1.4	131.9	–8.49	45.6	6	Average
Luch-25	–7.1	115.6	–80.6	27.9	8	Low
Khar'kovskaya 46	–16.3	129.8	–83.4	30.1	7	Low

Note. The relative value of  $L_p$  % is the yield index of the variety,  $R_p$  % is the degree of responsiveness of the variety,  $D_i$  % is the degree of depression of the variety, DAA is the degree of agroecological adaptability of the variety.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Производство зерна является сейчас и останется на ближайшее будущее основной задачей для решения продовольственной безопасности нашей страны. В связи изменениями климата (особенно в зерносеющих регионах) производители сталкиваются с вопросами адаптации технологий возделывания к условиям недостатка продуктивной влаги в почве при нарастании температурного режима воздуха. Одним из элементов этой технологической цепи является выведение новых сортов и увеличение площадей под сортами, приспособленными к этим экстремальным условиям.

Возделывание экологически адаптивных сортов является одним из основных принципов современного земледелия, так как наиболее приспособленные из них могут соответствовать изменениям климатических факторов [14; 15]. Высокая урожайность сорта не всегда тождественна ее приспособительным характеристикам. Важна оценка реализация их продуктивности при контрастных условиях

среды [16]. В представленных исследованиях для оценки экологической адаптированности сортов рассмотрены новые комплексные показатели, позволившие ответить на поставленные задачи.

Погодные факторы в зоне проведения научно-исследовательской работы по экологической оценке, сортов яровой мягкой и яровой твердой пшеницы отличались наличием контрастных показателей по температуре воздуха, недостатку продуктивных осадков периодов вегетации.

Урожайность возделываемых сортов изменялась от максимальных значений (3,85 т/га по мягкой и 3,45 т/га по твердой пшенице) до минимальных (0,78 т/га по мягкой и 0,50 т/га по твердой пшенице), что подчеркивает экстремальность условий вегетации в зоне.

Полученные результаты исследований позволяют отметить сорта с высокой степенью адаптированности: это сорта мягкой пшеницы Ульяновская 105, Альбидум 32, Саратовская 70 и Тулайковская золотистая, а также сорта твердой пшеницы Оренбургская 10, Безенчукская нива и Безенчукская 210.

**Библиографический список**

1. Bapela T., Shimelis H., Tsilo T. J., Mathew I. Genetic Improvement of Wheat for Drought Tolerance: Progress, Challenges and Opportunities // *Plants*. 2022. Vol. 11, No. 10. Article number 1331. DOI: 10.3390/plants11101331.
2. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth // *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11, No. 4. Pp. 306–312. DOI: 10.1038/s41558-021-01000-1.
3. Xiong W., Reynolds M. P., Crossa J., Schulthess U., Sonder K., Montes C., Addimando N., Singh R. P., Ammar K., Gerard B., Payne T. Increased ranking change in wheat breeding under climate change // *Nature Plants*. 2021. No. 7 (9). Pp. 1207–1212. DOI: 10.1038/s41477-021-00988-w.
4. Павлова В. Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории России за последние десятилетия // *Метеорология и гидрография*. 2020. № 1. С. 78–94.
5. Нейфельд В. В., Кадомцева М. Е. Механизмы адаптации растениеводства регионов ПФО к последствиям глобальных климатических изменений // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 4. С. 37–43. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp37-43.
6. Liu H., Mullan D., Zhao S., Zhang Y., Ye J., Wang Y., Zhang A., Zhao X., Liu G., Zhang C., Chan K., Lu Z., Yan G. Genomic regions controlling yield-related traits in spring wheat: a mini review and a case study for rainfed environments in Australia and China // *Genomics*. 2022. No. 114 (2). Article number 110268. DOI: 10.1016/j.ygeno.2022.110268.
7. Яковлева О. Д. Внедрение новых, пластичных сортов как инновационный фактор экономики в условиях изменений климата // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2019. Т. 21, № 6. С. 116–121.
8. Новохатин В. В., Шеломенцева Т. В., Драгавцев В. А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57, № 1. С. 81–97.
9. Бесалиев И. Н., Мухитов Л. А., Панфилов А. Л., Каравайцев А. Я. Экологическая пластичность сортов твердой пшеницы по показателям качества зерна в Оренбургском Приуралье // *Известия ОГАУ*. 2020. № 4 (84). С. 29–33.
10. Марченкова Л. А., Давыдова Н. В., Павлова О. В., Чавдарь Л. Ф., Орлова Т. Г., Широколава А. В. Изучение особенностей морфофизиологических параметров растений сортов яровой пшеницы на ранних этапах онтогенеза во взаимосвязи с урожайностью и продуктивностью // *Агрофизика*. 2023. № 2. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.02.01.
11. Кинчаров А. И., Демина Е. А. Анализ и краткосрочный прогноз изменения климатических условий в адаптивной селекции яровых зерновых // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2022. № 1. С. 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057.

12. Кинчаров А. И., Демина Е. А., Кинчарова М. Н., Таранова Т. Ю., Муллаянова О. С., Чекмасова К. Ю. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (4). С. 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 531 с.

14. Поползухина Н. А., Паршуткин Ю. Ю., Поползухин П. В., Василевский В. Д., Гайдар А. А. Адаптивный потенциал сортов твердой яровой пшеницы по урожайности зерна в зависимости от предшественника в Южной Лесостепи Западной Сибири // Вестник ОГАУ. 2019. № 4 (36). С. 40–52.

15. Мадьякин Е. В., Горянин О. И. Исследования по адаптивности сортов яровой пшеницы в Поволжье // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-1-40-45.

16. Марченкова Л. А., Давыдова Н. В., Павлова О. В., Чавдарь Л. Ф., Орлова Т. Г. Оценка селекционного материала яровой мягкой пшеницы на устойчивость к искусственно создаваемым стрессовым ситуациям // Вестник аграрной науки. 2021. № 1 (88). С. 26–32. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.26.

### Об авторе:

**Ишен Насанович Бесалиев**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0001-9389-1938, AuthorID 274295.

E-mail: orniish\_tzk@mail.ru

### References

1. Bapela T., Shimelis H., Tsilo T. J., Mathew I. Genetic Improvement of Wheat for Drought Tolerance: Progress, Challenges and Opportunities. *Plants*. 2022; 11 (10): 1331. DOI: 10.3390/plants11101331.

2. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*. 2021; 11 (4): 306–312. DOI: 10.1038/s41558-021-01000-1.

3. Xiong W., Reynolds M. P., Crossa J., Schulthess U., Sonder K., Montes C., Addimando N., Singh R. P., Ammar K., Gerard B., Payne T. Increased ranking change in wheat breeding under climate change. *Nature Plants*. 2021; 7 (9): 1207–1212. DOI: 10.1038/s41477-021-00988-w.

4. Pavlova V. N., Kalanka P., Karachenkova A. A. Productivity of grain crops in Russia over the past decades. *Meteorology and Hydrography*. 2020; 1: 78–94. (In Russ.)

5. Neyfeld V. V., Kadomtseva M. E. Mechanisms of adaptation of crop production in the regions of the Volga Federal District to the consequences of global climate change. *Agrarian Scientific Journal*. 2022; 4: 37–43. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp37-43. (In Russ.)

6. Liu H., Mullan D., Zhao S., Zhang Y., Ye J., Wang Y., Zhang A., Zhao X., Liu G., Zhang C., Chan K., Lu Z., Yan G. Genomic regions controlling yield-related traits in spring wheat: a mini review and a case study for rainfed environments in Australia and China. *Genomics*. 2022; 14 (2): 110268. DOI: 10.1016/j.ygeno.2022.110268.

7. Yakovleva O. D. Introduction of new, plastic varieties as an innovative factor in the economy in conditions of climate change. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2019; 21 (6): 116–121. (In Russ.)

8. Novokhatin V. V., Shelomentseva T. V., Dragavtsev V. A. A new integrated approach to studying the dynamics of increasing adaptability and homeostaticity in soft spring wheat varieties (using the example of a long history of selection in the Northern Trans-Urals). *Agricultural Biology*. 2022; 57 (1): 81–97. (In Russ.)

9. Besaliev I. N., Mukhitov L. A., Panfilov A. L., Karavaytsev A. Ya. Ecological plasticity of durum wheat varieties in terms of grain quality in the Orenburg Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 4 (84): 29–33. (In Russ.)

10. Marchenkova L. A., Davydova N. V., Pavlova O. V., Chavdar L. F., Orlova T. G., Shirokolava A. V. Study of the characteristics of the morphophysiological parameters of plants of spring wheat varieties at the early stages of ontogenesis in relation to yield and productivity. *Agrophysics*. 2023; 2. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.02.01. (In Russ.)

11. Kincharov A. I., Demina E. A. Analysis and short-term forecast of changes in climatic conditions in adaptive selection of spring grain crops. *Russian Agricultural Science*. 2022; 1: 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057. (In Russ.)

12. Kincharov A. I., Demina E. A., Kincharova M. N., Taranova T. Yu., Mullayanova O. S., Chekmasova K. Yu. Methodology for assessing the agroecological adaptability of genotypes in conditions of global warming. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Selection*. 2022; 183 (4): 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47. (In Russ.)

13. Dosphehov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. 5th ed., revised. Moscow: Agropromizdat, 1985. 531 p. (In Russ.)

14. Popolzukhina N. A., Parshutkin Yu. Yu., Popolzukhin P. V., Vasilevskiy V. D., Gaydar A. A. Adaptive potential of durum spring wheat varieties for grain yield depending on the predecessor in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; 4 (36): 40–52. (In Russ.)

15. Madyakin E. V., Goryanin O. I. Research on the adaptability of spring wheat varieties in the Volga region. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023; 1 (61): 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-1-40-45. (In Russ.)

16. Marchenkova L. A., Davydova N. V., Pavlova O. V., Chavdar L. F., Orlova T. G. Assessment of breeding material of spring soft wheat for resistance to artificially created stress situations. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021; 1 (88): 26–32. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.26. (In Russ.)

**Author's information:**

**Ishen N. Besaliev**, doctor of agricultural sciences, head of the department of technology of grain and fodder crops, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0001-9389-1938, AuthorID 274295. *E-mail: orniish\_tzk@mail.ru*