

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11 «324» 664.6/7

DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-71-76

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОЗЁРНОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР)

О. И. Бундина¹, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела безопасности и качества зерна и зернопродуктов, o.bundina@fncps.ru, ORCID ID: 0000-0002-7821-6042;

С. Н. Коломиец¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела безопасности и качества зерна и зернопродуктов, s.kolomiets@fncps.ru, ORCID ID: 0000-0002-3130-2285;

А. Ю. Герасина¹, научный сотрудник отдела безопасности и качества зерна и зернопродуктов, a.gerasina@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8079-6381>;

В. В. Бумба², старший преподаватель кафедры ФП УНК СП, eveline_85@mail.ru

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 127434, Россия, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 11;*

² *ФГКОУ ВО «Московский ордена Почета университет Министерства внутренних дел Российской Федерации им. В.Я. Кикотя», 117997, г. Москва, ул. Академика Волгина, д. 12.*

В данном обзоре рассмотрены работы российских и зарубежных учёных, посвящённые влиянию твердозёрности на технологические свойства пшеницы, а также представлены основные методы её определения. Твердозёрность – числовая характеристика структурно-механических (прочностных) и мукомольных свойств пшеницы, характеризующая показателем степени измельчения и существенно влияющая на его мукомольные характеристики. В настоящее время нет общепринятого метода определения твердозёрности. При этом существуют различные методы определения твердозёрности, которые можно разделить на следующие группы: 1) группа методов, основанных на анализе физических характеристик процесса измельчения зерна; 2) гранулометрические методы; 3) гранулометрические-фрактографические методы (фрактография); 4) методы, основанные на анализе физико-химических показателей размола зерна; 5) методы определения микротвёрдости зерна; 6) седиментационный анализ; 7) метод Тейлора; 8) методы экспрессного анализа. Однако имеющиеся на сегодняшний день методики определения твердозёрности имеют высокую трудоёмкость выполнения измерений, длительную продолжительность определения, несопоставимость результатов с другими методами, что ограничивает их использование. Классификация зерна пшеницы по показателю твердозёрности не нашла широкого применения в России. В некоторых странах, таких как Канада, США и Австралия пшеницу делят на твердозёрную (hard) и мягкозёрную (soft). В американской системе классификации в отличие от российской пшеницу вида *Triticum aestivum* подразделяют на типы по признаку твердозёрности, и в названии типов это определение стоит на первом месте: твердозёрная (hard) или мягкозёрная (soft) пшеница. Это является принципиально важным, так как вследствие различий в технологических свойствах твердозёрные и мягкозёрные пшеницы имеют разное целевое назначение.

Ключевые слова: зерно, пшеница, твердозёрность, мягкозёрная, твердозёрная, среднетвердозёрная, методы определения твердозёрности.

Для цитирования: Бундина О. И., Коломиец С. Н., Герасина А. Ю., Бумба В. В. Влияние твердозёрности на технологические показатели (обзор) // *Зерновое хозяйство России*. 2026. Т. 18, № 2. С. 71-76. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-71-76

**THE INFLUENCE OF GRAIN HARDNESS ON TECHNOLOGICAL INDICATORS OF WHEAT (REVIEW)**

O.I. Bundina¹, Candidate of Economic Sciences, senior researcher of the department of grain and grain products' safety and quality, o.bundina@fncps.ru, ORCID ID: 0000-0002-7821-6042;

S.N. Kolomiets¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of grain and grain products' safety and quality, s.kolomiets@fncps.ru, ORCID ID: 0000-0002-3130-2285;

A.Yu. Gerasina¹, researcher of the department of grain and grain products' safety and quality, a.gerasina@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8079-6381>;

V.V. Bumba², senior lecturer of the department of PT ESC ST, eveline_85@mail.ru

¹ *All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 127434, Moscow, Dmitrovskoe Hw, 11;*

² *FSPEE HE "Moscow Order of Honor University of the Ministry of the Interior of the Russian Federation named after V.Y. Kikot", 117997, Moscow, Akademik Volgin Str., 12.*

The current review has considered the works of Russian and foreign scientists devoted to the influence of grain hardness on the technological properties of wheat and has presented the main methods for its determination. Grain hardness is a numerical characteristic of the structural, mechanical (strength), and milling properties of wheat, characterized by a grinding degree, and significantly affecting its milling characteristics. Currently, there is no generally accepted method for determining grain hardness. There are various methods for determining grain hardness, which can be divided into the following groups: 1) a group of methods based on the analysis of the physical characteristics of a grain grinding process; 2) granulometric methods; 3) granulometric-fractographic methods (fractography); 4) methods based on the analysis of physical and chemical indicators of grain grinding; 5) methods for determining microhardness of grain; 6) a sedimentation analysis; 7) a Taylor method; 8) express analysis methods. However, currently available methods for determining grain hardness are labor-intensive, time-consuming, and lack comparability with other methods, limiting their use. Classifying wheat grain according to grain hardness has not found a widespread use in Russia. In some countries, such as Canada, the United States, and Australia, wheat grain is divided into hard and soft. In the American classification system, unlike the Russian one, *Triticum aestivum* wheat is divided into types based on grain hardness, and this distinction appears first in the type names, i.e. hard or soft wheat. This is crucial, as due to differences in their technological properties, hard and soft wheat have different intended uses.

Keywords: grain, wheat, grain hardness, soft grain, hard grain, medium-hard grain, methods for determining grain hardness.

Введение. Классификация зерна пшеницы по показателю твердозёрности не нашла широкого применения в России. Это связано с тем, что аграрная политика в странах, ранее входивших в состав СССР, была направлена на производство зерна сильной и ценной пшеницы (Федотов В.А., 2017; Кошкин М.Н. и др., 2025). Зерно одного и того же качества зачастую используют и на производство хлеба, круп, макарон и на кормовые, технические цели. Термин «мягкая», используемый для обозначения данного вида пшеницы согласно российскому стандарту, не характеризует твёрдость зерна, так как мягкая пшеница различается по степени твердозёрности на мягкозёрную, среднезёрную и высокотвердозёрную. Мягкую пшеницу обычно применяют для выпечки хлебулочных, кондитерских и кулинарных изделий. В российском стандарте сорта мягкой пшеницы по степени твердозёрности с генетически обусловленными различиями в технологических характеристиках объединены в один тип, который может включать как высокотвердозёрные, среднезёрные так и мягкозёрные сорта. При этом в России подавляющее большинство сортов пшениц, зарегистрированных в государственном реестре и относящихся к виду *Triticum aestivum*, являются твердозёрными, а мягкозёрных сортов крайне мало. В отличие от американской классификации, в которой такие пшеницы выделены в отдельные типы – мягкозёрные («soft»), в российской – отсутствуют, в которой мягкозёрные сорта пшеницы в отдельный тип не выделяют (Мелешкина Е.П., 2019).

Цель исследований – изучение методов определения твердозёрности и ее влияния на другие технологические показатели качества пшеницы.

Результаты и их обсуждение. Твердозёрность – числовая характеристика структурно-механических (прочностных) и, следовательно, мукомольных свойств пшеницы, характеризующая показателем степени измельчения и существенно влияющая на его мукомольные характеристики, формируя особенности помола различных сортов наряду со стекловидностью. В отличие от стекловидности, которая подвержена колебаниям под воздействием климатических факторов (от 90% до 0%), твердозёрность практически не зависит от погодных условий (Медведев П.В. и др., 2022).

Признак твердозёрности зерна является в большей степени генетически детерминированной характеристикой зерна, незначительно изменяемой

от погодно-климатических условий выращивания (Абугалиева А.И. и др., 2012). В ранних работах по исследованию твердозёрности было показано наличие одного или двух генов, а также нескольких второстепенных генов, которые модифицируют активность главного гена твердозёрности (Симонов А.В. и др., 2017).

Согласно результатам, полученным Ефремовой Т.Т. и Арбузовой В.С., исследование, направленное на определение уровня белка в зерне и анализ признака твердозёрности у модифицированных линий пшеницы Саратовская 29 с хромосомным замещением 5A и 5D, показало значительное влияние хромосомы 5D на этот признак, независимо от типа эндосперма (мягкого или твёрдого). Эксперименты проводились в теплице и на полевых участках. Авторам удалось выделить линии пшеницы Саратовская 29 с замещённой хромосомой 5D, демонстрирующие наилучшие значения исследуемых параметров (Ефремова Т.Т. и др., 2011; Жиганова Е.С. и др., 2024).

В работах других авторов по оценке влияния различных факторов на мукомольные свойства пшеницы на массе 200 образцов при помощи множественного регрессионного линейного анализа получили стандартизированное уравнение регрессии: $Y = -0,64X_1 - 0,73X_2 - 1,18X_3$, где X_1, X_2, X_3 – показатели стекловидности, натуре и твердозёрности, соответственно. Коэффициенты частной корреляции: $Y-X_1 = 0,792$; $Y-X_2 = 0,776$; $Y-X_3 = 0,915$, свидетельствующие, что показатель твердозёрности в наибольшей степени определяет выход муки. При стекловидности не ниже 40% и натуре 750 г/л этот предел, представляющий собой показатель степени измельчения (ПСИ₁₄, % (по методике ВНИИ зерна), составляет 18,5%.

Комплексная оценка показателей: натуре, стекловидности, зольности, «числа падения», количества и качества клейковины не может в полной мере охарактеризовать потребительские достоинства зерна и муки (Нецветаев В.П. и др., 2020).

Показатель твердозёрности тесно связан с физико-химическими свойствами зерна, а значит может служить в качестве комплексного показателя.

В ходе исследований, выполненных Медведевым П.В., Федотовым В.А. изучалось влияние продолжительности замеса на характеристики формового и подового хлеба, который выпекали из зерна, имеющего одинаковую твердозёрность.

При этом влажность теста была 45,5%, а продолжительность замеса менялась от 10 до 30 минут. На основе проведенного анализа 175 образцов хлеба разрабатывались математические модели, характеризующие взаимосвязь между объёмным выходом хлеба и его органолептической оценкой, а также ключевыми параметрами, определяющими качество хлеба (твердозёрность зерна T , кг/мм²; влажность теста W , %; интенсивность его замеса H , мин). При этом установлена зависимость объёмного выхода хлеба от указанных факторов с высокой степенью достоверности ($R=0,84$; $R^2=0,71$),

$$V_b = -3,064 * H^2 + 82,334 * H + 2,835 * W - 0,078 * T^2 + 3,817 * T - 201,7.$$

Также была построена модель, отражающая связь между балльной оценкой качества хлеба и влияющими на неё факторами ($R=0,73$; $R^2=0,53$).

$$Est = -0,661 * H^2 + 18,120 * H + 1,260 * W - 0,035 * T^2 + 1,638 * T - 113,75.$$

Погрешность прогнозирования показателей качества хлеба с использованием предложенных моделей составила не более 8% для объёмного выхода и не более 15% для балльной оценки (Медведев П.В. и др., 2022).

В опытах по изучению мукомольных свойств пшеницы, в том числе твердозёрности, после хранения в течение 3-4 лет установлено, что показатель твердозёрности испытанных образцов пшеницы колебался в пределах 20,4-23,7 мкм, что характеризовало все образцы как среднетвердозёрные и твердозёрные.

На основе опытов по изучению свойств пшеницы после хранения в течение 6 лет установлено, что в большей степени на снижение значения комплексного показателя качества (квалиметрический анализ) оказала группа «Показатели сохраняемости», коэффициент весомости – 0,35 (массовая доля влаги, кислотное число жира). Влияние таких групп, как «Технологические показатели», (количество и качество клейковины, натура, число падения, стекловидность), «Мукомольные показатели» (общий выход муки, кислотность, белизна, седиментация, твердозёрность) и «Хлебопекарные показатели» (объёмный выход хлеба, водопоглощение, сила муки, пористость мякиша, цвет мякиша, органолептическая оценка хлеба) по сравнению с начальными показателями было незначительным, коэффициент весомости – 0,3; 0,15 и 0,2 соответственно. Все образцы пшеницы на последнем этапе хранения соответствовали нормам, характеризующим пшеницу как твердозёрную, как и при закладке на хранение (Гурьева К.Б. и др., 2023).

В настоящее время нет общепринятого метода определения твердозёрности. Имеющиеся на сегодняшний день методики определения твердозёрности имеют высокую трудоёмкость выполнения измерений, длительную продолжительность определения, несопоставимость результатов с другими методами, что ограничивает их использование. «Твёрдость пшеницы обуславливает количество энергии, затрачиваемое на помол, степень разрушенности крахмала, средний эквивалентный диаметр частиц и водопоглощение муки, с учётом её сорта». Твёрдость зерна пшеницы связана с различиями в свойствах эндосперма таких, как в прочностных, так и

в пластических. На прочность при сжатии эндосперма зерна пшеницы влияют содержание влаги, скорость деформации и направление сил напряжения (Campbell G.M., 2007).

Методы определения твердозёрности можно разделить на несколько групп:

1. Первая группа методов включает ряд подходов, основанных на анализе физических характеристик процесса измельчения зерна. Изначально, наиболее эффективные методы оценки прочностных свойств зерна основывались на использовании электродинамометра, необходимого для разрушения зерна. На основании изучения разрушения зерна различных сортов пшеницы была разработана шкала технологической «твёрдости» зерна. При этом выявлено существенное влияние влажности зерна на прочность зерновой массы, что снижает точность и усложняет процедуру проведения таких испытаний. Черных В.Я. и его соавторы предварительно классифицировали пшеницу по твердозёрности в соответствии с установленными значениями показателя индекса твёрдости Ih ($H * мм / %$). Было выделено три группы: I – >25 – высокотвердозёрная (для выработки макаронных изделий); II – 22-25 – среднетвердозёрная (для хлебопекарной промышленности); III – <22 – мягкозёрная (для выработки кондитерских изделий) (Черных В.Я. и др., 2023).

2. Гранулометрические методы – методы, основанные на анализе гранулометрического состава муки, включающие в себя различные методики ситового анализа продуктов его размола по проходу определённого сита, косвенно характеризующие степень твердозёрности, что дает низкую точность определения, или в просеивании исследуемой пробы через набор сит, определении процентного содержания остатка на каждом из них по отношению к весу исходной пробы. Сюда же относится метод, предложенный Беркутовой Н.С. и соавторами, по индексу размера частиц (ИРЧ) – массе прохода сита №0071 муки 70%-ного выхода, выраженную в процентах к исходной навеске. Твердозёрные сорта характеризуются меньшими значениями ИРЧ (18-33%), мягкозёрные сорта – 34-42%.

Во ВНИИЗ (1981-1983 гг.) разработана методика определения показателя твердозёрности по степени измельчения (ПСИ), которая неоднократно уточнялась (2001 г., 2003 г.) ввиду изменения качества пшеницы. По результатам урожая 2001-2002 гг. установлено, что в основном зерно представлено 1 классом твердозёрности – высокотвердозёрный, незначительно – 2-ым классом – средней твердозёрности. Третий класс твердозёрности отсутствовал. Было изучено влияние влажности на показатель твердозёрности на искусственно-увлажнённых пробах зерна пшеницы в диапазоне влажности 9-17%. Метод заключается в определении прочностных свойств зерна пшеницы путём измельчения навески зерна в лабораторной мельнице и выделении определённой фракции измельчённого продукта ситовым анализом. Наряду с показателями ПСИ_{факт} для сравнения проб пшеницы разной влажности по твердозёрности полученную величину показателя степени измельчения приводят к единой влажности 14,0% (ПСИ₁₄) в соответствии с формулой пересчёта (таблица 1).

Таблица 1. Классификация пшеницы по показателю степени измельчения (ПСИ) для I, II, III и IV типов
Table 1. Classification of wheat according to a grinding degree index (GDI) for types I, II, III, and IV

Вид пшеницы	Класс твердозёрности	ПСИ % _{факт} ^{х)}	ПСИ ₁₄ , %	Выход круподунстовых продуктов на I-III драных системах, % (мельница МЛУ-202)
Твёрдая	-	7-11	6-9	-
Мягкая твёрдозёрная	1 – высокотвёрдозёрный	14-23	11-18	более 61
	2 – средней твёрдозёрности	24-28	19-22	61-55
	3 ^{х)} – ниже средней твердозёрности	29-33	23-26	-
Мягкая мягкозёрная	-	34 и бо- лее	27 и более	менее 55

^{х)} – 3-й класс отсутствовал

Гранулометрический состав различных видов продуктов мукомольного производства оказывает существенное влияние на весь технологический процесс, как на параметры рабочих органов, так и режим работы технологического оборудования. С учетом гранулометрических характеристик продуктов размола (размер, форма частиц), возможно разрабатывать баланс помола, оптимизировать работу технологических машин и в целом управлять технологическим процессом мукомольного производства. Размеры и форма частиц муки оказывают существенное влияние на ход биохимических и реологических реакций, происходящих в тесте. Контроль над этими характеристиками позволяет улучшить показатели и качество выпечки (Панкратов Г.Н., 2015).

1. Гранулометрический-фрактографический метод (фрактография), позволяющий учитывать размеры и форму частиц продуктов размола зерна. Анализ фрактографии предполагает изучение характера изломов на поверхности зерновки после её разрушения. Для исследования частиц, полученных в результате помола зерна, наиболее эффективными являются методы оптической микроскопии. Микроскопическое исследование включает в себя измерение условных размеров частиц и подсчёт их количества в заданном диапазоне размеров – как визуально, так и с использованием микрофотографий препарата. Оценка твердозёрности по микротвёрдости является одним из немногих непосредственных способов определения этого показателя и может служить основополагающей методикой. Метод, предложенный Медведевым П.В. и Федотовым В.А., основан на (отличии от обычного размола зерна и измерения максимального усилия) определении максимального разрушающего усилия посредством оптического микроскопирования муки, полученной в процессе размола (Медведев П.В. и др., 2022). Для этого делают снимки, на которых из центра масс каждой частицы муки проводят не менее 300 линий до её контура в разных направлениях. Затем вычисляют среднюю длину этих линий (X , мкм) и коэффициент их вариации (K , %). Максимальное разрушающее усилие (P_m а х, в условных единицах пластографа) рассчитывается по формуле:

$$P_m \text{ а х} = 9,51 \cdot X \text{ р . с т .} + 6,02 \cdot K \text{ с р . с т .} + 112,04, \text{ где}$$

$X \text{ р . с т .}$ – среднестатистические значения X при измерении не менее 5000 частиц зерна, мкм,

$K \text{ с р . с т .}$ – среднестатистические значения K при измерении не менее 5000 частиц зерна. Практическая

ценность разработки заключается в повышении точности определения твердозёрности пшеницы, сокращении времени проведения анализа и уменьшении затрат труда.

2. Методы, основанные на анализе физико-химических показателей размола зерна, например, дисперсности. Измерение дисперсности проводят на поверхностемере, который измеряет удельную поверхность разлома. При этом методе необходимо условие, все частицы продукта (шрота или муки) имеют сферическую форму, что оказывает существенное влияние на точность получаемых результатов.

Альтернативный подход к определению гранулометрического состава лигноуглеводных материалов, разработанный Титовым О.И. и соавторами, использует прямой оптический метод, основанный на компьютерном анализе изображений. В рамках этого метода с помощью специализированной программы измеряют массу и площадь частиц. Отличительной особенностью метода является предварительная обработка измельченных лигноуглеводных материалов ультразвуком и последующее нанесение их в виде суспензии в органическом растворителе на стекло, закрытое другим стеклом, а затем сканирование. Кроме определения гранулометрического состава, дополнительно оценивается степень разрушения материала, что позволяет получить более достоверные сведения о форме и размере частиц, а также прогнозировать характеристики продуктов, образующихся в результате химических реакций.

3. Метод определения микротвёрдости зерна, которую выражают в единицах, соответствующих усилию на вдавливание к площади получившегося следа (кг/мм^2), определяют на микротвердомере ПМТ-3, микротвердомере Брабендера или приставке-твердомере к фаринографу. При анализе оценивается твёрдость каждого зерна по отдельности. Затем вычисляется либо среднее значение этой характеристики, либо формируется распределение по ней. Недостатком подхода является то, что требуется проводить измерения на различных участках одного и того же зерна, а для получения надёжных статистических данных о твёрдости всей партии необходимо выполнить несколько сотен измерений, что исключает возможность использования метода в промышленных масштабах.

4. Седиментационный анализ (или набухание мелкой и крупной фракции муки), основанный на зависимости скорости осаждения однородных частиц

в вязкой среде от их размеров. Данный показатель у твердозёрных сортов пшеницы, как правило, близок к 1, у мягкозёрных – не превышает 0,5-0,7. Допустимое отклонение между результатами повторных измерений – не более 2%. Среди недостатков данного метода можно выделить: его трудозатратность и существенное влияние различных факторов (например, состав белков в зерне, влажность) на точность определения.

5. Метод Тейлора, позволяющий оценивать твердозёрность зерна путём установления «индекса шелушения». Данный индекс основан на измерении удельного веса массы, оставшейся после отделения оболочки от определенного количества пшеницы в лабораторном шелушителе, работающем в заданном режиме. Однако точность данного подхода невысока, так как количество отделившихся оболочек зависит не только от твердости зерна, но на этот показатель влияют также природные, климатические и сельскохозяйственные условия. В этой связи данный показатель только косвенно свидетельствует о твердозёрности зерна.

6. Методы экспрессного анализа твердозёрности, которые применяют на начальных стадиях переработки зерна.

В ходе исследования, проведённого В.А. Федотовым и соавторами на 13 сортах яровой пшеницы различной твердозёрностью, трёх зон районирования Оренбургской области (западной, центральной и восточной), были

проведены пробные лабораторные помолы и выпечка хлеба безопасным способом. Выявлено, что в большей степени варьировали влажность теста и интенсивность его замеса, что отражалось на объёмном выходе хлеба и его органолептической оценки. Для муки из зерна с одинаковой твердозёрностью при влажности теста 45,5%, варьируя только продолжительность замеса, объёмный выход хлеба и балльная оценка изменялись нелинейно (Федотов В.А., 2017).

Для муки, полученной из зерна, имеющего повышенную твердозёрность, было установлено, что для получения хлеба с максимальным объёмным выходом и наивысшей органолептической оценкой оптимальные условия достигались при замесе теста с повышенной влажностью и увеличенной продолжительностью замеса теста. Полученные данные оценки твердозёрности показали высокую степень соответствия результатам, полученным с использованием стандартного метода измерения микротвёрдости на приборе ПМТ-3. На основе экспериментальных данных авторами было разработано регрессионное уравнение, позволяющее определять твердозёрность зерна с погрешностью не более 3%.

Согласно результатам, полученным при определении твёрдости зерна по показателю микротвёрдости, диапазон значений твёрдости (в кг/мм²) варьируется от 10 до 25 и более кг/мм² (таблица 2).

Таблица 2. Классы твердозёрности зерна пшеницы
Table 2. Classes of wheat grain hardness

Класс твердозёрности зерна	Диапазон микротвёрдости, кг/мм ²
Сверхтвердозёрное	более 20
Высокотвердозёрное	15-20
Среднетвердозёрное	10-15
Низкотвердозёрное	менее 10

В ходе десятилетнего исследования, охватившего 196 образцов, изучавшего воздействие твердозёрности на характеристики муки и выпечки – в частности, на сахарное печенье, изготовленное из пшеницы пяти различных групп по степени твердости, было выявлено, что время выпечки изделий из мягкозёрной пшеницы сокращается из-за более быстрой потери влаги в процессе нагрева. Приобретение печеньем характерного цвета, похожего на сахарное, наблюдается у изделий из мягкозёрной пшеницы на шестой минуте выпечки, при этом влажность снижается

до 4%. В то же время, у печенья, приготовленного из сверхтвердозёрной пшеницы, влажность падает до 4% уже на третьей минуте (Медведев П.В. и др., 2022).

Заключение. Для установления уточнённых норм по твердозёрности с целью дальнейшего введения в целевую классификацию по физико-химическим и реологическим показателям, рассматриваемый вопрос нуждается в дальнейшей проработке на большом количестве проб муки с широким диапазоном качества.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания № FGUS-2025–0002.

Библиографический список

- Абугалиева А.И., Пеня Х.Р., Буць А.А., Савин Т.В. Твердозёрность и состав глютеина озимой пшеницы и ее гибридов с дикими сородичами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 2 (225). С. 105-112
- Гурьева К.Б., Хаба Н.А., Белецкий С.Л. Комплексный подход к оценке пшеницы при длительном хранении // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. Монография. МЦНС «Наука и просвещение». Пенза, 2023. С. 194-220
- Ефремова Т.Т., Арбузова В.С. Роль хромосом 5-й гомеологической группы в контроле твёрдозёрности и содержания белка в зерне замещённых линий мягкой пшеницы Саратовская 29 // Генетика. 2011. Т.47, № 5. С. 624-632
- Жиганова Е.С., Садыгова М.К., Черных В.Я., Цвета Н.М., Соловова Н.С., Осыка И.А. Комплексная оценка технологических свойств новых сортов пшеницы саратовской селекции для производства макаронных изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. 2024. № 3. С. 92-103. DOI: 10.36107/spfr.2024.3.587
- Кошкин М.Н., Виноградова А.О., Потоцкая И.В. Анализ урожайности и качества зерна отечественных и зарубежных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2025. № 1 (214). С. 25-32. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-1-25-32
- Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А., Лукьянова Е.С. Формирование хлебопекарных свойств муки под влиянием структурно-механических качеств зерна пшеницы // Международный научно-исследовательский

журнал. 2022. № 7-1 (121). С. 6-8. DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.001

7. Мелешкина Е.П. Особенности и основные отличия стандартов на пшеницу в США и в России // Хлебопродукты. 2019. № 11. С. 22-26. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-11-22-26

8. Нецветаев В.П., Козелец Я.О., Ащеулова А.П., Нерубенко О.Е., Акиншина О.В. Показатели качества зерна озимой мягкой пшеницы и роль в этом наследственных факторов, связанных с углеводным комплексом эндосперма // Генетика. 2020. Т. 56, № 12. С. 1399-1409. DOI: 10.31857/S0016675820120115

9. Панкратов Г.Н. Гранулометрический состав продуктов размола // Хлебопродукты. 2015. № 5. С. 46-49

10. Симонов А.В., Чистякова А.К., Морозова Е.В., Щукина Л.В., Бёрнер А., Пшеничникова Т.А. Создание нового для мягкой пшеницы генотипа -носителя двух локусов мягкозерности эндосперма // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 3. С. 341-346. DOI: 10.18699/VJ17.251

11. Федотов В.А. К вопросу оценки качества пшеницы по структурно-механическим свойствам зерна // Международный научный исследовательский журнал. 2017. № 8-3 (62). С. 80-82. DOI: 10.23670/IRJ.2017.62.028

12. Черных В.Я., Максимов А.С., Балуюн Х.А. Классификация технологических свойств пшеницы по показателям твердозёрности // Хлебопродукты. 2023. № 6. С. 54-60. DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-6-54-60

13. Campbell G.M. On Predicting Roller Milling Performance VI: Effect of Kernel Hardness and Shape on the Particle Size Distribution from First Break Milling of Wheat / G.M. Campbell, C. Fang. I.I. Muhamad // Food and Bioproducts Processing. 2007. 85 (1). PP. 7-23. <https://doi.org/10.1205/FBP06005/>

References

1. Abugalieva A.I., Pen'ya Kh.R., Buts' A.A., Savin T.V. Tverdozernost' i sostav glyutenina ozimoi pshenitsy i ee gibridov s dikimi sorodichami [Grain hardness and glutenin composition of winter wheat and its hybrids with wild relatives] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2012. № 2 (225). С. 105-112

2. Gur'eva K.B., Khaba N.A., Beletskii S.L. Kompleksnyi podkhod k otsenke pshenitsy pri dlitel'nom khranении [An integrated approach to assessing wheat during a long-term storage] // Sovremennaya nauka: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii. Monografiya. MTsNS «Nauka i prosveshchenie». Penza, 2023. С. 194-220

3. Efremova T.T., Arbuzova V.S. Rol' khromosom 5-i gomeologicheskoi gruppy v kontrole tverdozernosti i sodержaniya belka v zerne zameshchennykh linii myagkoi pshenitsy Saratovskaya 29 [The role of chromosomes of the 5th homeologous group in controlling grain hardness and protein percentage in grain of substituted lines of common wheat Saratovskaya 29] // Генетика. 2011. Т.47, № 5. С. 624-632

4. Zhiganova E.S., Sadygova M.K., Chernykh V.Ya., Tsetva N.M., Solovova N.S., Osyka I.A. Kompleksnaya otsenka tekhnologicheskikh svoystv novykh sortov pshenitsy saratovskoi selektsii dlya proizvodstva makaronnykh izdelii [A comprehensive assessment of the technological properties of new wheat varieties bred in Saratov for pasta production] // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. 2024. № 3. С. 92-103. DOI: 10.36107/spfp.2024.3.587

5. Koshkin M.N., Vinogradova A.O., Pototskaya I.V. Analiz urozhainosti i kachestva zerna otechestvennykh i zarubezhnykh sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh zapadnoi Sibiri [Analysis of productivity and grain quality of domestic and foreign spring common wheat varieties in Western Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2025. № 1 (214). С. 25-32. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-1-25-32

6. Medvedev P.V., Fedotov V.A., Bochkareva I.A., Luk'yanova E.S. Formirovanie khlebopekarnykh svoystv muki pod vliyaniem strukturno-mekhanicheskikh kachestv zerna pshenitsy [Formation of flour baking properties under the effect of the structural and mechanical properties of wheat grain] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2022. № 7-1 (121). С. 6-8. DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.001

7. Meleshkina E.P. Osobennosti i osnovnye otlichiya standartov na pshenitsu v SShA i v Rossii [Characteristics and main differences among wheat standards in the USA and Russia] // Khleboпродукты. 2019. № 11. С. 22-26. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-11-22-26

8. Netsvetaev V.P., Kozelets Ya.O., Ashcheuлова A.P., Nerubenko O.E., Akinshina O.V. Pokazateli kachestva zerna ozimoi myagkoi pshenitsy i rol' v etom nasledstvennykh faktorov, svyazannykh s uglevodnym kompleksom endosperma [Grain quality indicators of winter common wheat and the role of hereditary factors associated with the carbohydrate complex of the endosperm] // Генетика. 2020. Т. 56, № 12. С. 1399-1409. DOI: 10.31857/S0016675820120115

9. Pankratov G.N. Granulometricheskii sostav produktov razmola [Particle size composition of milled grains] // Khleboпродукты. 2015. № 5. С. 46-49

10. Simonov A.V., Chistyakova A.K., Morozova E.V., Shchukina L.V., Berner A., Pshenichnikova T.A. Sozdanie novogo dlya myagkoi pshenitsy genotipa -nositelya dvukh lokusov myagkozernosti endosperma [Development of a new common wheat genotype carrying two endosperm softness loci] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2017. Т. 21, № 3. С. 341-346. DOI: 10.18699/VJ17.251

11. Fedotov V.A. K voprosu otsenki kachestva pshenitsy po strukturno-mekhanicheskim svoystvam zerna [On the issue of evaluating wheat quality according to the structural and mechanical properties of grain] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2017. № 8-3 (62). С. 80-82. DOI: 10.23670/IRJ.2017.62.028

12. Chernykh V.Ya., Maksimov A.S., Baluyan Kh.A. Klassifikatsiya tekhnologicheskikh svoystv pshenitsy po pokazatelyam tverdozernosti [Classification of technological properties of wheat according to indicators of grain hardness] // Khleboпродукты. 2023. № 6. С. 54-60. DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-6-54-60

13. Campbell, G.M. On Predicting Roller Milling Performance VI: Effect of Kernel Hardness and Shape on the Particle Size Distribution from First Break Milling of Wheat / G.M. Campbell, C. Fang. I.I. Muhamad // Food and Bioproducts Processing. 2007. 85 (1). PP. 7-23. <https://doi.org/10.1205/FBP06005/>

Поступила: 16.07.25; доработана после рецензирования: 21.10.25; принята к публикации: 24.11.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Бундина О.И. – научное руководство, написание текста статьи; Коломиец С. Н. – сбор и анализ данных; Герасина А. Ю. и В. В. Бумба – анализ литературных источников.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.