

## ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ КРУПЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*И. С. Косцова, А. И. Лысенкова, Е. В. Годун*

Приведены результаты исследований биохимических и физических свойств зерна твердой пшеницы, выращенного в условиях РБ: геометрические размеры, сферичность, крупность, выравненность, натура, масса 1000 зерен, стекловидность, плотность и объем зерновки. Установлен ряд корреляционных зависимостей между отдельными признаками качества зерна. Впервые приведена комплексная оценка технологических свойств и изучена возможность использования в качестве сырья для крупяного производства зерна твердой пшеницы, выращиваемой в РБ.

### **Введение**

Крупяные продукты занимают основное место в структуре питания населения республики, восполняя значительную часть потребности человека в основных биологически важных веществах, имеют высокую пищевую и энергетическую ценность, относятся к продуктам здорового питания. В настоящее время к числу новых наиболее перспективных зерновых культур для крупяного производства в Республике Беларусь можно отнести твердую пшеницу. Необычайный интерес к этому злаку объясняется его химическим составом и прочной высокостекловидной структурой зерновки. Твердая пшеница обладает высокой ценностью и преимуществом перед мягкой пшеницей благодаря более высокому содержанию общего белка и клейковины. Прочная связь между белковой матрицей с крахмальными гранулами обеспечивает высокую стекловидность и механическую прочность зерновки твердой пшеницы, низкую биологическую доступность крахмала и медленное его усвоение организмом человека. В связи с чем можно предположить, что сохраняя максимально целым эндосперм зерновки твердой пшеницы при переработке, не разрушая связь белок-крахмал, получим крупу повышенной биологической и физиологической ценностью.

В настоящее время в республике в соответствии с постановлением правительства ведется большая работа по самообеспечению этой новой зерновой культурой. Активно осуществляется селекционная работа по созданию коллекции сортов твердой пшеницы, способных в условиях республики давать высокие урожаи зерна высокого качества, а также по выведению новых сортов твердой пшеницы, адаптированных к почвенно-климатическим условиям Республики Беларусь, что позволит обеспечить импортозамещение дорогостоящего зернового сырья. На сегодняшний день прошли испытания и внесены в госреестр РБ два сорта итальянской селекции (Ириде и Меридиано), два сорта белорусской селекции (Славица и Розалия) и три сорта российской селекции (Агат Донской, Аксинит, Амазонка).

Известно, что технологические свойства зерна в значительной степени определяются природно-климатическими условиями выращивания. Имеющиеся в литературе сведения о качестве зерна твердой пшеницы, выращенной в природно-климатических условиях Республики Беларусь, весьма не многочисленны, противоречивы, в большей мере, представляющие собой исследования свойств твердой пшеницы как сырья для макаронного производства. Поэтому для решения вопроса о возможности использования твердой пшеницы при получении недробленой крупы на начальном этапе необходимо проведение комплексной оценки ее технологических свойств, химического состава, что позволит разработать экономически эффективную технологию получения нового продукта – крупы пшеничной недробленой.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Проведено исследование технологических свойств пяти сортов твердой пшеницы урожая 2015 года – Толеса, Славица, Розалия, Дуняша, Валента, четырех сортов урожая 2016 года – Аксинит, Амазонка, Агат Донской, Славица, выращенной на опытных участках

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

При определении качества, пищевой ценности и потребительских достоинств пищевых продуктов важным является химический состав сырья. От количества и свойств веществ, находящихся в зерне, зависят показатели качества крупы – питательность, усвояемость, энергетическая и биологическая ценность, вкус, запах, цвет и консистенция каши, длительность хранения крупы. Результаты исследования химического состава твердой пшеницы урожая 2015 и 2016 годов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав твердой пшеницы

Наименование сорта	Содержание, %						
	Белок	Углеводы			Жир	Зола	Прочее
		Крахмал	Сахара	Клетчатка			
Урожай 2015 г.							
Славица	15,20±1,1	67,91±2,4	2,40±0,2	2,01±0,2	2,60±0,2	1,65±0,2	7,90
Розалия	16,20±1,6	67,01±2,2	2,61±0,4	2,05±0,3	2,31±0,2	1,67±0,2	8,93
Толеса	15,31±1,2	65,72±1,2	2,84±0,3	2,80±0,3	2,51±0,3	1,63±0,1	9,19
Валента	14,42±1,1	67,22±1,4	2,71±0,5	2,10±0,1	2,40±0,1	1,68±0,1	8,49
Дуняша	15,40±1,3	66,92±1,6	2,61±0,3	2,10±0,2	2,50±0,2	1,66±0,2	8,71
Урожай 2016 г.							
Аксинит	13,83±1,4	67,32±1,2	2,00±0,2	2,20±0,3	2,44±0,4	1,78±0,1	10,52
Амазонка	12,43±1,5	68,99±1,3	2,00±0,1	2,32±0,4	2,10±0,3	1,85±0,2	10,31
Агат							
Донской	14,29±1,3	67,42±1,6	2,10±0,3	2,13±0,3	2,43±0,4	1,72±0,2	10,01
Славица	10,20±1,7	69,85±1,8	1,95±0,4	2,50±0,3	2,15±0,3	1,78±0,2	11,77

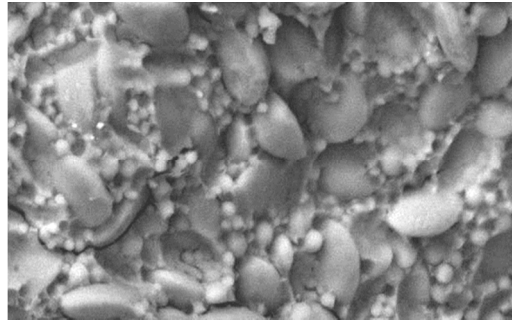
Белки пшеничного зерна – важнейшие компоненты питания. В рационе человека растительный белок составляет примерно треть потребляемого белка. В этом плане особый практический интерес представляет белковость зернопродуктов и, в частности, крупы.

Из литературы известно, что содержание белка в зерне твердой пшеницы колеблется в достаточно широких пределах от 9,2 % до 25,8 % [1]. Как показал анализ химического состава, содержание белка в исследуемых сортах пшеницы, выращиваемой на территории Республики Беларусь, колеблется в пределах от 10,2 % до 16,2 % в зависимости от сорта и природно-климатических условий произрастания. Из таблицы 1 видно, что природно-климатические условия созревания оказывают определяющее влияние на содержание белка. В твердой пшенице содержание белка выше, чем в мягкой, это подтверждают и наши исследования. Поэтому крупа, полученная из твердой пшеницы, будет обладать повышенным содержанием данного компонента, что значительно повысит ее пищевую ценность в сравнении с крупяными продуктами из пшеницы, имеющимися на рынке Беларуси.

Углеводы составляют главную массу зерна – примерно две трети. Это основной питательный и опорный материал растительных клеток и тканей. Велика роль углеводов и в питании человека, так как они представляют собой энергетический материал – главный источник калорий. Углеводный комплекс зерна твердой пшеницы включает содержание крахмала, собственных сахаров зерна и клетчатки. Содержание крахмала в исследуемых образцах твердой пшеницы изменяется незначительно от 65,72 до 69,85 % и находится на характерном уровне для твердой пшеницы, выращиваемой в традиционных зонах ее производства.

Крахмал в зерне пшеницы, как показывает микроструктура зерна, содержится в виде крахмальных зерен (гранул) различного размера и формы. Крахмальные зерна в большинстве случаев напоминают линзы сферической или овальной формы размером от 2 до 170 мкм с характерной слоистостью. Отличительной особенностью твердой пшеницы является то, что зерна крахмала представлены в основном мелкими гранулами (рисунок 1), которые находятся в тесной связи с белковой матрицей и практически не разрушаются при тепловой обработке. Это обеспечивает низкую биологическую доступность крахмала твердой пшеницы и придает особый статус продуктам, полученным из твердой пшеницы, особенно при условии

сохранения целостности эндосперма.



**Рисунок 1 – Микроструктура эндосперма твердой пшеницы**

Анализ специальной литературы показал, что крахмал не является индивидуальным веществом, на 96,1...98,6 % он состоит из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина; в нем найдены высокомолекулярные жирные кислоты (до 0,6 %) и минеральные вещества. Крахмал твердой пшеницы отличается повышенной долей в его структуре сложного амилозного компонента, что положительно влияет на усвоение в организме человека амилозы, представляющей собой длинную цепь спирально связанных молекул глюкозы. Поэтому ферменты, расщепляя амилозу, действуют только на крайние молекулы глюкозы, разделяя их на цепочки, состоящие из одной или двух молекул. Это обеспечивает крахмалу твердой пшеницы низкий гликемический индекс, который, в отличие от простых углеводов, не вызывает резкого всплеска инсулина в организме.

Наряду с крахмалом углеводы зерна пшеницы представлены сахарами, преимущественно сахарозой или отчасти редуцирующими сахарами – глюкозой и фруктозой. В зерне находится также рафиноза и, так называемые, левулезаны. Известно, что содержание сахаров в зерне твердой пшеницы составляет 1...6 %, из них редуцирующих всего 0,1...0,8 % [1]. Анализ содержания сахара в исследуемых образцах пшеницы показал, что количество сахара в твердой пшенице, выращиваемой на территории Республики Беларусь, ниже среднего уровня для данной культуры. Очевидно, это связано с природно-климатическими условиями выращивания.

Еще одним из углеводов зерна является клетчатка – наиболее распространенное органическое соединение, образующее, главным образом, структурную основу стенок клеток алейронового слоя и оболочек. Клетчатка имеет большую механическую прочность, не растворяется в воде и не усваивается организмом, поэтому при переработке зерна пшеницы в крупу главной задачей является удаление оболочек. Содержание клетчатки в исследуемых сортах твердой пшеницы изменяется незначительно от 2,0 % до 2,8 %, что соответствует среднему содержанию клетчатки для твердой пшеницы.

Липиды объединяют большую группу разнообразных по своим физико-химическим свойствам и биологическому значению веществ: собственно липиды (жиры), фосфолипиды, гликолипиды и липопротеиды.

В исследуемых сортах зерна были определены свободные липиды. На их долю приходится 63...65 % всех липидов зерна. Жиры (свободные липиды) являются запасными веществами и представляют собой наряду с углеводами концентрированный энергетический и строительный резерв организма. Содержание жира в зерне твердой пшеницы невелико (таблица 1) и в зависимости от сорта колеблется в пределах от 2,1 % до 2,6 %. Следует отметить, что содержание свободных липидов в твердой пшенице, выращенной на территории республики, находится на уровне выше средних значений для твердой пшеницы по данным, приведенным в литературе [1].

Зольность, будучи косвенным показателем соотношения частей зерна, имеет большое значение для контроля степени отделения оболочек от эндосперма и оценки качества крупы. Зольность исследуемых сортов составила от 1,63 % до 1,85 %, что соответствует минимальным значениям по данному показателю, приведенным в литературе для твердой пшеницы.

Таким образом, исследования химического состава твердой пшеницы, выращенной в природно-климатических условиях РБ, показали, что твердая пшеница содержит достаточно высокое количество белка, среднее количество крахмала, который обладает низкой биологической доступностью и низким гликемическим индексом. Зерно содержит незначительное количество жира, сахара и невысокую зольность. Следовательно, крупа, полученная из твердой пшеницы, потенциально будет обладать высокой биологической ценностью и ее можно будет отнести к продуктам здорового питания.

Для решения вопроса о возможности переработки твердой пшеницы на крупозаводах республики с высокой эффективностью и получения из нее крупы пшеничной недробленой необходимо изучить технологические свойства зерна как сырья для получения крупы.

Технологические свойства зерна в значительной степени определяются геометрической характеристикой зерна, которая характеризуется линейными размерами зерновки, крупностью и выравненностью, сферичностью.

Крупное, а главное, выравненное по размерам зерно лучше шелушится, при его переработке получают меньше дробленого ядра, эффективность технологических операций выше [2, 3]. Результаты исследования линейных размеров, крупности, сферичности образцов твердой пшеницы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние линейные размеры, крупность и сферичность твердой пшеницы

Сорт	Длина зерновки, мм	Толщина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм	Крупность (остаток на сите 2,5×20), %	Сферичность
Урожай 2015 г.					
Толеса	7,56±0,55	2,80±0,4	2,85±0,55	72,22	0,61
Дуняша	7,42±0,61	3,01±0,40	3,04±0,30	66,33	0,63
Славица	7,79±0,60	3,21±0,35	3,21±0,35	80,58	0,64
Валента	7,41±0,40	3,11±0,45	3,07±0,70	81,37	0,63
Розалия	7,22±0,40	3,24±0,40	3,10±0,45	75,50	0,65
Урожай 2016 г.					
Аксинит	7,00±0,27	2,79±0,17	3,20±0,22	84,36	0,64
Амазонка	6,90±0,27	2,80±0,12	3,15±0,18	84,69	0,63
Агат Донской	6,90±0,39	3,11±0,12	3,20±0,22	85,65	0,62
Славица	7,10±0,22	3,10±0,16	3,17±0,18	77,14	0,67

Анализ полученных данных показал, что зерновка твердой пшеницы имеет вытянутую заостренную форму. Длина зерновок исследуемых сортов изменяется в пределах от 6,9 мм до 7,79 мм. У основной массы зерновок исследуемых образцов толщина находится на уровне 2,79...3,24 мм, ширина на уровне 2,85...3,21 мм. Следует отметить, что ширина и толщина зерновок в большинстве практически одинаковы, что позволит при переработке партий такого зерна одинаково эффективно использовать как круглые, так и продолговатые сита.

Для более полной характеристики формы зерновки используется показатель сферичности, который представляет собой отношение площади внешней поверхности шара, эквивалентного зерну по объему, к действительной площади зерна [2, 4]. Сферичность исследуемых сортов колеблется в пределах 0,61–0,67, что значительно ниже сферичности мягкой пшеницы, т.к. зерно твердой пшеницы имеет вытянутую форму. Из таблицы 2 видно, что исследуемые образцы твердой пшеницы достаточно крупные, за исключением сорта Дуняша.

В технологии крупяного производства режим и стабильность технологического процесса, обеспечение высокого выхода и качества крупы в значительной степени зависят от выравненности зерна по размерам [5]. Для определения выравненности проводился ситовый анализ зерна, по итогам которого построены полигоны распределения зерна по фракциям крупности и накопительные кривые, которые представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что образцы урожая 2015 года относятся к средней группе выравненности (70–80 %) с преобладанием фракций зерна, полученных сходом двух сит с размером

ячеек  $2,5 \times 20$  мм и  $3,0 \times 20$  мм. Образцы урожая 2016 года отличаются более высокой выравненностью (более 80 %) с преобладанием фракции зерна, полученного сходом двух смежных сит  $2,5 \times 20$  мм и  $3,0 \times 20$  мм. Достаточно высокая выравненность положительно скажется на процессах шелушения и шлифования, потенциально снизит выход дробленого ядра и муки.

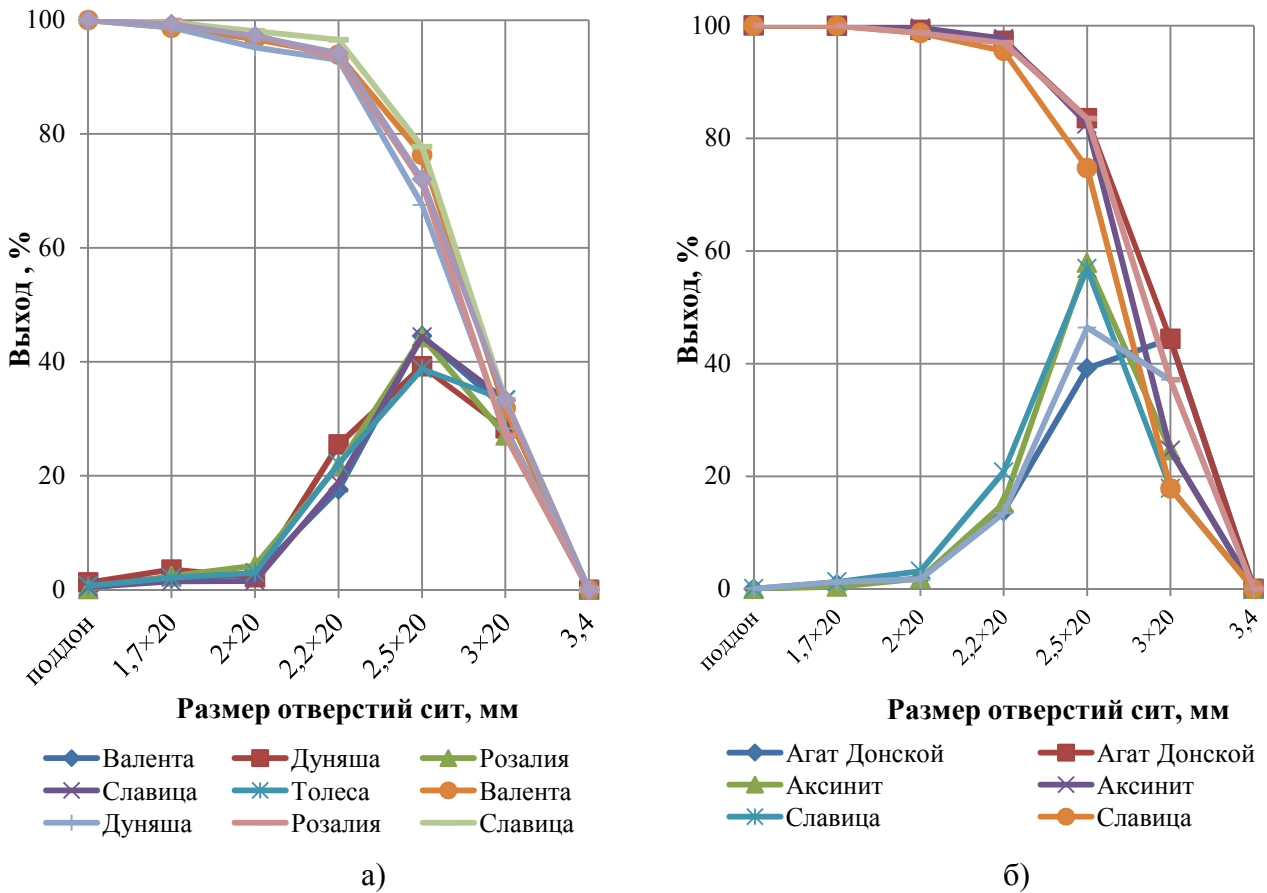


Рисунок 2 – Полигон распределения по фракциям крупности и накопительная кривая зерна твердой пшеницы урожая 2015 года (а), урожая 2016 года (б)

Для зерна как сырья для крупяной промышленности большое технологическое значение имеют такие показатели, как натура, стекловидность, масса 1000 зерен, плотность и объем зерновки, характеризующие качество зерна и влияющие на выбор технологических режимов переработки. Результаты исследования физических показателей качества твердой пшеницы представлены в таблице 3.

Известно, что из зерна с большей натурой при прочих равных условиях производится больший выход готовой продукции лучшего качества и с наименьшими энергозатратами [4]. Анализ полученных данных показал, что сорта Сластица, Валента, Розалия, Толеса характеризуются как высоконатурное зерно (свыше 785 г/л), согласно ГОСТ 9353–90 относятся к зерну твердой пшеницы 1 класса, остальные исследуемые сорта классифицируются как средненатурное зерно (745–759 г/л) и относятся ко 2 классу.

В результате анализа полученных данных установлена значимая корреляционная зависимость между показателем сферичности зерновки и натурой зерна твердой пшеницы, которая представлена на рисунке 3. Коэффициент корреляции составил 0,75.

Таблица 3 – Физические показатели качества твердой пшеницы

Сорт	Натура, г/л	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Объем зерновки, мм <sup>3</sup>
Урожай 2015 г.					
Толеса	788	92	37,5	1,31	28,0
Дуняша	756	94	36,5	1,35	27,0
Славица	804	96	45,9	1,36	33,0
Валента	803	95	44,7	1,34	34,0
Розалия	797	93	44,8	1,34	32,8
Урожай 2016 г.					
Аксинит	755	93	40,6	1,35	30,4
Амазонка	759	94	42,1	1,31	31,6
Агат Донской	745	96	40,1	1,34	29,8
Славица	747	76	36,2	1,28	28,1

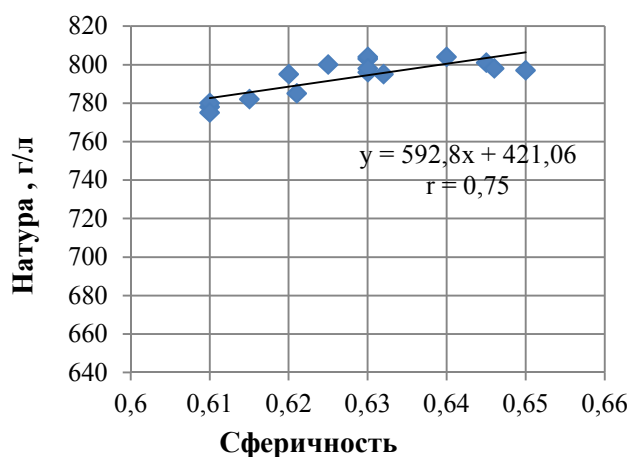


Рисунок 3 – Корреляционное поле и линия регрессии зависимости сферичности от натуры зерна твердой пшеницы

Одним из основных достоинств твердой пшеницы является ее высокая стекловидность. Стекловидность исследуемых образцов высокая (92...96 %). Все сорта по данному показателю относятся к 1 классу твердой пшеницы (ГОСТ 9353–90), за исключением сорта Славица урожая 2016 года (стекловидность 76 %), относимый к 3 классу. Учитывая, что стекловидность зерна оказывает основное влияние на его структурно-механические свойства, характеризует степень связи белковых веществ с крахмальными зёрнами, высокостекловидное ядро меньше дробится в процессе шелушения и шлифования и потенциально дает более низкий выход дробленого ядра и муки, а консистенция эндосперма существенно влияет на потребительские свойства крупы: цвет, увеличение объема при варке (привар), консистенцию и вкусовые достоинства приготавливаемых из нее каш. Можно предположить, что крупа пшеничная недробленая, полученная из твердой пшеницы, будет иметь лучший товарный вид, характерный блеск с янтарным оттенком, каша из такой крупы получит высокую балльную оценку потребительских свойств

Масса 1000 зерен комплексно отражает крупность зерна, связана со степенью зрелости, выполненности зерна, плотностью его тканей и количеством эндосперма, прогнозирует выход готовой продукции. Масса 1000 зерен исследуемых сортов зерна колеблется от 35,5 до 45,9 г, что находится на среднем уровне для данной культуры. Это показывает, что из твердой пшеницы можно получить потенциально достаточно высокий выход крупы.

Объем зерновки, который имеет значение при определении режимов очистки и переработки зерна, величины выхода готовой продукции, у исследуемых сортов изменяется в пределах от 27 до 34 мм<sup>3</sup>. Наибольшие значения соответствуют сортам Розалия, Валента, Славица (2015 г.), наименьшие значения у сортов Толеса, Дуняша, Славица (2016 г.).

Исследование плотности зерновки, комплексно характеризующей и суммарно отражающей объемную массу, химический состав, стекловидность, степень зрелости и выполненности, показало, что значения плотности у исследуемых сортов колеблются в пределах от 1,28 до 1,36 г/см<sup>3</sup>.

По результатам исследования физических показателей качества твердой пшеницы, выращенной в природно-климатических условиях Беларуси, был установлен ряд зависимостей между отдельными показателями. Поле корреляции, коэффициенты корреляции и уравнения регрессии представлены на рисунках 4, 5.

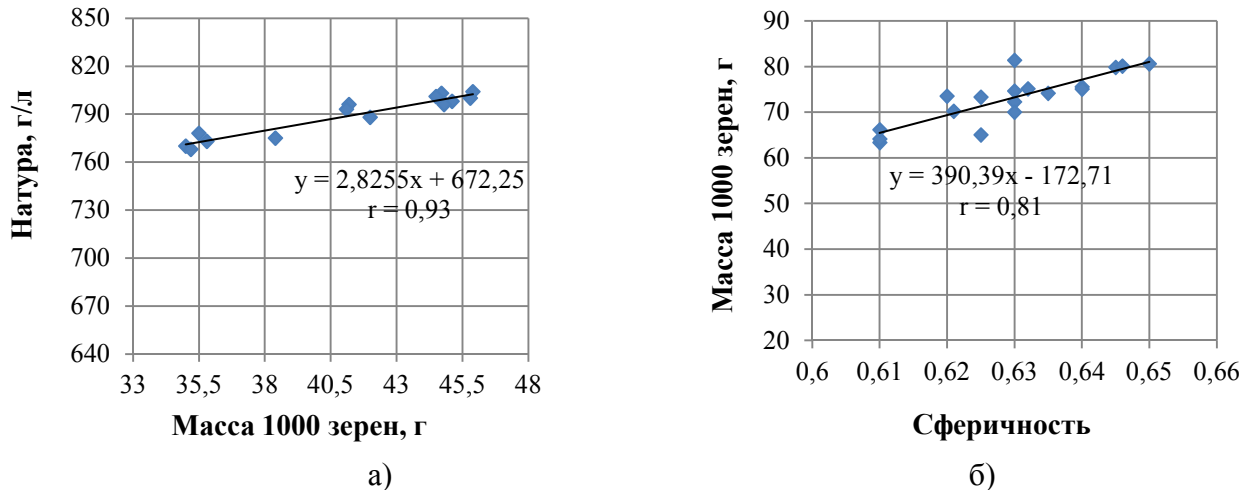


Рисунок 4 – Корреляционное поле и линия регрессии зависимости натурности от массы 1000 зерен (а), массы 1000 зерен от сферичности (б)

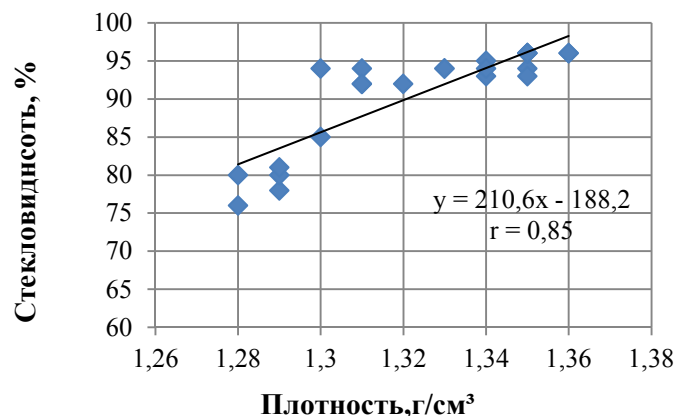


Рисунок 5 – Корреляционное поле и линия регрессии зависимости стекловидности от плотности зерна твердой пшеницы

В результате анализа выявлена высокая корреляционная зависимость между показателями натурности и массой 1000 зерен (коэффициент корреляции составил 0,93), между массой 1000 зерен и сферичностью (коэффициент корреляции 0,81), между стекловидностью и плотностью зерновки (коэффициент корреляции 0,85).

### Заклучение

Представлена комплексная характеристика 9 образцов твердой пшеницы, выращенной в условиях Республики Беларусь. По результатам исследования химического состава зерна отмечено, что исследуемые образцы зерна характеризуются высоким содержанием белка, отличаются низкой зольностью по таким компонентам, как крахмал, клетчатка, жиры, сахара, находятся на уровне, характерном для зерна твердой пшеницы, отражая влияние сортовых особенностей и условий произрастания. Проведенные исследования показали, что зерновка

удлиненная по ширине и толщине практически одинаковая. В целом линейные размеры зерновки находятся на среднем уровне для твердой пшеницы. В сравнении с мягкой пшеницей характеризуется невысокой сферичностью. В соответствии с проведенным ситовым анализом зерно является крупным, достаточно выравненным. Стекловидность, натура и масса 1000 зерен находится на среднем уровне, характерном для твердой пшеницы, выращенной в традиционных регионах возделывания. На основании полученных результатов исследования установлено несколько зависимостей между отдельными физическими показателями качества твердой пшеницы с достаточно высокими коэффициентами корреляции. Технологические свойства зерна полностью удовлетворяют требованиям крупяного сырья, все образцы можно отнести к твердой пшенице 1 и 2 класса, согласно ГОСТ 9353–90. Исследования показывают, твердая пшеница, выращенная на территории РБ, является перспективной зерновой культурой для производства крупяных продуктов с высокой биологической и питательной ценностью, обладающих диетическими свойствами.

### **Литература**

- 1 Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
- 2 Гинзбург, М.Е. Технология крупяного производства / М.Е. Гинзбург. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
- 3 Казаков, Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е.Д. Казаков. – М.: Колос, 1983. – 217 с.
- 4 Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы / Г.А. Егоров. – М.: Колос, 2005. – 296 с.
- 5 Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов – н/Д.: Издательский центр «МарТ», 2004. – 688 с.

*Поступила в редакцию 22.06.2018*