

Автореф.
9 93

д.т.н., проф. Чайковскому В. З.

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Инженер ЯЦКОВА
ТАМИЛА ИОСИФОВНА

ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОСТИ
ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Специальность 05.18.03—Хранение зерна
(элеваторно-складское [хозяйство) и других
сельскохозяйственных продуктов

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Держу: ер: 19 93

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Инженер ЯЦКОВА
Тамила Иосифовна

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОСТИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Специальность 05.18.03 - Хранение зерна /элеваторно-склад-
ское хозяйство/ и других сельскохозяйственных
п р о д у к т о в

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ОНАХТ 19.04.12
Исследования и разра



v014427

Одесса - 1975 г.

Работа выполнена на кафедре автоматизации производственных процессов Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова.

Научные руководители – доктор технических наук,
профессор Платонов П.Н.
– кандидат технических наук,
доцент Алтухов А.М.

Официальные оппоненты – Заслуженный деятель науки РСФСР,
доктор биологических наук,
профессор Козьмина Н.П.
– кандидат технических наук,
доцент Торжинская Л.Р.
– кандидат физико-математических наук,
доцент Шиманский В.К.

Ведущее предприятие – Всесоюзный ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени селекционно-генетический институт.

Автореферат разослан " 20 " марта 1975 г.

Защита диссертации состоится 25 апреля 1975 г.

в 13 часов на заседании Совета по присуждению ученых степеней факультетов технологии зерна и технологии консервирования Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова / ауд. 272 /.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 270039, Одесса-39, ул.Свердлова, 112, ОТИШ им. М.В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
ОТИШ им. М.В. Ломоносова
К.Т.Н.

В. 0.14427
Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова

БИБЛИОТЕКА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность работы. Современные поточные технологические процессы приемки зерна, повышение требований к точности и скорости его обработки приводят к необходимости поиска новых методов и устройств получения объективной экспрессной информации о качественных параметрах зерна.

Цель работы заключается в исследовании и разработке объективного экспрессного метода определения стекловидности зерна пшеницы.

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что в ней изучены связи общего ослабления света со структурой зерна и его основными качественными показателями. Результаты этих исследований позволили раскрыть природу различной светопроницаемости зерна.

Практическая ценность заключается в разработке оптического метода измерения стекловидности зерна пшеницы и рекомендаций на проектирование автоматического прибора, реализующего указанный метод.

Реализация научно-технических результатов работы. Предложенный метод положен в основу разработки прибора для измерения стекловидности зерна пшеницы, защищенного авторским свидетельством.

Структура и объем диссертационной работы. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографического указателя, в котором приводится 129 источников. Объем диссертации составляет 130 страниц машинописного текста, содержит 27 таблиц и 24 рисунка.

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975г.г. предусмотрены мероприятия, направленные на значительное улучшение качества, технологических свойств и ассортимента сельскохозяйственного сырья.

В свете этих задач особое внимание необходимо обратить на улучшение технологических достоинств зерна основной продовольственной культуры — пшеницы, а также на создание объективных, научно обоснованных методов их оценки.

В результате перевооружения технической базы хлебоприемных предприятий отрасль перешла на поточные технологические процессы приема зерна от хлебодатчиков. Вместе с тем большинство стандартизованных методов определения качества зерна основано на применении ручного труда, органолептических приемах, следствием чего является длительность, субъективность и часто недостаточная точность получаемых результатов.

В связи с этим необходимо искать новые пути получения информации о качественных параметрах зерна, которые позволили бы в отведенное технологией время получить объективные данные если не о всех, то хотя бы о наиболее важных качественных показателях зерна, поступающего на государственные предприятия.

В частности, это касается стандарта на определение такого важного показателя качества зерна пшеницы как стекловидность. Трудоемкость, низкая точность определения стекловидности не позволяют производить контроль партий зерна. Это приводит к смешиванию разносортного зерна, ухудшению качества семенного фонда, трудностям в расчетах заготовительных организаций с колхозами и совхозами. Мукомольная промышленность получает неоднородное по качеству зерна, что усложняет ведение технологического процесса на мельницах.

Настоящая работа посвящена исследованию и разработке экспрессного объективного метода определения стекловидности, который может быть использован в условиях поточного технологического процесса обработки зерна пшеницы.

Г л а в а I.

СТЕКЛОВИДНОСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Стекловидность положена в основу стандартизации зерна пшеницы и включена в комплекс основных показателей его качества.

Многочисленными исследованиями установлено, что различия внешнего вида стекловидного и мучнистого зерна являются выражением глубоких различий их структуры, химического состава. Стекловидность пшеницы оказывает влияние на технологический процесс и удельный расход энергии при размоле зерна.

Работами Я.Н.Куприца, В.Я.Гиршсона, С.А.Чистова установлены различия механических свойств стекловидного и мучнистого эндоспермов.

Многие исследователи отмечают, что стекловидное зерно содержит большее количество белка и клейковины, чем мучнистое, и дает муку с лучшими хлебопекарными свойствами. Мука из стекловидных зерен отличается более высоким содержанием белка, жира и минеральных веществ.

В основу определения стекловидности положена визуальная информация о структуре поперечного среза зерновки или степени ее прозрачности по одному из следующих методов: непосредственное наблюдение срезов зерна, произведенных лезвием или фаринотомом, или наблюдение целого зерна с помощью диафаноскопа.

Анализ стандартных методов определения стекловидности показывает, что они имеют существенные недостатки /субъективность,

несоответствие метрологическим требованиям, длительность получения результатов/, не позволяющие использовать эти методы для экспрессных оценок стекловидности. Фотоэлектрические приборы для определения стекловидности зерна пшеницы имеют ряд существенных недостатков, обусловленных тем, что их разработка велась без предварительных исследований связи стекловидности зерна с его оптическими свойствами и поэтому эти приборы не нашли применения.

На основании обзора отечественной и зарубежной литературы можно сделать выводы, что

- стекловидность определяется структурой эндосперма и является одним из основных природных признаков качества зерна пшеницы;
- в связи с большим практическим значением стекловидности и проводимого в системе заготовки большого числа ее измерений оценка стекловидности должна производиться объективно и экспрессно;
- существующие стандартные методы определения стекловидности зерна пшеницы субъективны и трудоемки. Механически заимствованные из других областей науки и техники фотоэлектрические методы, не имея научного обоснования связей оптических параметров зерна с его стекловидностью, не имея физического эталона, также обладают рядом существенных недостатков.

В соответствии с изложенным, целью настоящей работы является исследование и разработка объективного метода количественной оценки стекловидности, основанного на измерении светопроницаемости зерна пшеницы. При этом метод должен иметь физический эталон, обеспечить простую, надежную и недорогую приборную реализацию.

Решение поставленной задачи разбито на два этапа. Результаты первого этапа должны показать принципиальную возможность измерения стекловидности фотоэлектрическим методом. В связи с этим на первом этапе рассматриваются следующие вопросы:

1. Применение фотоэлектрических методов при исследовании качественных показателей растительных объектов.

2. Анализ и выбор оптимальных с технико-экономической точки зрения оптического параметра и спектра излучения источника света для оценки стекловидности.

3. Исследование характерных особенностей структуры эндосперма зерна стекловидных и мучнистых сортов пшениц в зависимости от значения выбранного по п.2 оптического параметра.

Задачи, подлежащие решению на втором этапе, определяются результатами исследований на первом этапе.

Г л а в а II.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОСТИ ЗЕРНА ПО СВЕТОПРОНИЦАЕМОСТИ

Во второй главе рассматриваются вопросы взаимодействия света с веществом, которое проявляется в процессе поглощения, испускания, преломления, оптической активности, поляризации и рассеяния.

В зависимости от природы атомов и молекул вещества, а также от того, находится ли вещество в твердом, жидком или газообразном состоянии, тела по-разному отражают, преломляют, поглощают и рассеивают свет.

На практике для характеристики оптических свойств объектов часто измеряют общее ослабление световых пучков, проходящих через исследуемый слой, так как полный учет всех потерь, не связанных с истинным поглощением /отражение света на передней и задней поверхностях, ограничивающих поглощающий слой, рассеяние, поглощение посторонними примесями/ не всегда возможен и в большинстве случаев не очень важен.

В настоящее время одним из перспективных направлений является изучение оптических свойств объектов биологического и растительного происхождения, процессов переноса и трансформации в них лучистой энергии. Результаты этих исследований могут позволить улучшить качество и сохранность продуктов, а также создать объективные методы оценки качества.

В изучение оптических свойств растительных и пищевых объектов значительный вклад внесли В.П. Рвачев, И.А. Будзко, Е.Д. Казаков, В.В. Красников, С.С. Шевель, В.А. Зайцев, В.П. Кононов и другие. Результаты многочисленных и разносторонних исследований свидетельствуют о том, что оптические показатели могут служить критерием состояния и качества указанных выше объектов.

Для упрощения и удешевления устройства получения информации об объектах, рассеивающих световой поток, к которым, в частности, относится зерно пшеницы, целесообразно использовать белый свет и характеризовать оптические свойства объектов коэффициентом пропускания, учитывающим общее ослабление света.

Для раскрытия физической сущности различной светопрозрачности зерна и влияющих на нее факторов, было проведено исследование структуры эндосперма. При этом изучалась мозаика эндосперма на микроскопе "Ergava" при увеличении $1000\times$, микроструктура белка на электронном микроскопе УЭМВ-100В, а также структура эндосперма, крахмальных зерен и белка рентгеновским и электронографическим методами.

При изучении мозаики эндосперма регистрировались геометрические размеры крахмальных зерен. Установлено, что возрастание светопрозрачности связано с уменьшением содержания мелких крахмальных зерен и увеличением количества средних и крупных. При этом форма средних и крупных крахмальных зерен становится более круглой. Расчет микроэлектронограмм от крахмальных зерен показал, что

они имеют тетрагональную кристаллическую решетку. Белок по структуре аморфное вещество.

Из изложенного следует, что:

1. Фотоэлектрические методы успешно применяются при изучении параметров растительных объектов.

2. При измерении оптических свойств объектов, рассеивающих и пропускающих свет, целесообразно принимать в расчет светопроницаемость, косвенно учитывающую отражение, рассеяние и поглощение световой энергии в объекте.

3. Зависимость результатов контроля оптических параметров от интенсивности и геометрии пучка света, от разброса размеров, формы и внутренней структуры объектов одного класса требует, во-первых, стабилизации интенсивности и геометрии пучка и, во-вторых, статистического подхода к исследованиям.

4. Светопроницаемость, как и стекловидность, зерна пшеницы определяется микроструктурой белка и его содержанием, обусловленным размерами, формой и количественным соотношением крахмальных зерен различной величины, что свидетельствует о принципиальной возможности измерения стекловидности фотоэлектрическим методом.

5. Структурные исследования показали, что крахмальные зерна имеют кристаллическую тетрагональную решетку, белок — аморфное вещество.

Результаты первого этапа исследований показали, что светопроницаемость более полно и объективно отражает структуру эндосперма, так как зерновка при этом контролируется физическим методом по объему, в то время как консистенция является результатом визуального контроля картины площади одного ориентировочно выбранного посередине зерновки среза. Это позволяет предположить наличие более высокой корреляции между светопроницаемостью и качественными показателями зерна по сравнению с корреляцией между стекло-

видностью и аналогичными показателями. При выполнении этого предположения целесообразно в практике использовать светопрозрачность взамен стекловидности, не имеющей физического эталона.

Для проверки указанного предположения необходимо разработать методики, экспериментальную установку и провести на втором этапе работы такие исследования:

1. Оценку светопрозрачности составных частей зерна — оболочек и срезов эндосперма, а также изменение светопрозрачности вдоль зерна. При этом необходимо выбрать направление просвечивания, оптимальный просвечиваемый участок зерна и оценить уровень сигнала фотоэлектрического преобразователя при использовании белого и монохроматического источников света.

2. Изменение светопрозрачности при увлажнении зерна с целью учета этого изменения в других исследованиях.

3. Установить связь светопрозрачности зерна с его стекловидностью. Для этого необходимо предварительно изучить закон распределения зерен по толщине /направлению просвечивания/ для выбора наиболее вероятного размера зерна.

4. Установить связь светопрозрачности с такими важными показателями качества зерна, как содержание сырой клейковины, белка, крахмала, показатель седиментации, выход крупы. При этом необходимо произвести сравнительную оценку корреляции указанных выше связей и корреляции связей перечисленных качественных показателей со стекловидностью.

5. Исследовать изменение светопрозрачности в процессе созревания и хранения зерна, что может быть использовано для определения сроков созревания.

На основании проведенных исследований разработать методику экспрессного объективного определения стекловидности и техническое задание на прибор, реализующий этот метод.

Глава III.

МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее распространенные районированные сорта пшеницы всех типов и подтипов, а также новые сорта, выведенные во Всесоюзном селекционно-генетическом институте. Исследования проводились на зерне, выращенном в различных природно-климатических и агротехнических условиях. Из них сорта сильных пшениц - Саратовская 29, Цезиум III, Безостая I, Саратовская 38, Мироновская 808; наиболее ценные сорта мягких пшениц - Одесская 26, Одесская 5I, Альбидум 43 и другие. Из сортов твердых пшениц использовались как яровые - Харьковская 46, Дружба, так и озимые - Новомичуринка, Одесская юбилейная. Характеристика зерна представлена в табл. I.

Оптические свойства зерновки /коэффициент пропускания, оптическая плотность/ определялись на регистрирующем микрофотометре МФ-4, позволяющем увеличивать объект в $6\times$ и $21\times$ и производить измерения в различных участках зерна. Кроме того, была изготовлена установка, дающая возможность измерять коэффициент пропускания всей зерновки.

Биохимические свойства зерна определялись общепринятыми методами: содержание сырой клейковины по ГОСТу 13586.1-68; "сырого" протеина - по Кьельдалю, крахмала по ГОСТу 10845 - 64, показатель седиментации - макрометодом с использованием уксусной кислоты.

Влажность зерна определялась по ГОСТу 10856-64, стекловидность по ГОСТу 10987-64.

Результаты экспериментальных исследований обработаны методами математической статистики.

Таблица I

Тип подтип	Сорт	Год урожа	Район произрастания	Плотность насаждения	Площадь насаждения	Степень зрелости	Кол-во клейкови- ны, %	Качество клейко- вины	Влаж- ность, %
I-1	Цезиум III Саратовская 29	1969 1972	Алтайский край Саратовская обл.	708 800	70 74	40 42	I I	II,0 II,3	
I-2	Саратовская 29 Рядовая Рядовая	1969 1969 1969	Алтайский край Томонская обл. Челябинская обл.	804 740 792	64 53 60	30 20 28	II II I	II,0 II,2 II,6	
I-3	Саратовская 29 Рядовая	1971 1969	Одесская обл. Челябинская обл.	797 729	63 62	30 22	I II	II,4 II,6	
I-4	Саратовская 29	1969	Томонская обл.	804	55	31	I	II,0	
I-5	Рядовая	1969	Челябинская обл.	723	34	не отмыта	-	II,3	
II-1	Одесская обильная Рядовая Харьковская 46 Новомичуринская	1972 1969 1970 1972	Одесская обл. Тамбовская обл. Оренбургская обл. Одесская обл.	807 805 820 793	95 90 90 92	28 29 32 26	I II I I	II,5 II,4 II,6 II,0	
	Швер рядовая Дружба	1969 1971	Тамбовская обл. Одесская обл.	820 824	90 95	21 28	II I	II,0 II,3	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ш-1	Альбидум 43	1971	Саратовская обл.	782	62	28	I	12,8
	Саратовская 38	1969	Саратовская обл.	795	70	30	I	12,5
	Саратовская 38	1968	Саратовская обл.	804	65	25	I	11,6
	Псевдомеридианале	1970	Среднеазиатская оп.ст.	768	68	27	I	13,4
Ш-2	Альбидум 45	1969	Оренбургская обл.	770	46	22	II	14,6
	Саратовская 38	1969	Саратовская обл.	794	56	25	I	12,2
У-1	Безостая I	1969	Краснодарский край	810	79	26	I	10,8
	Безостая I	1972	Одесская обл.	809	88	27	I	12,2
	Безостая I	1972	Киргизская ССР	802	84	28	I	12,5
	Одесская 26	1969	Одесская обл.	805	75	25	I	10,4
	Одесская 51	1969	Одесская обл.	798	90	30	I	11,2
	Новостепенька	1970	Одесская обл.	800	82	26	I	11,6
У-3	Безостая I	1969	Ростовская обл.	808	68	28	I	12,0
У-4	Широковская 808	1969	Ростовская обл.	795	59	20	I	11,8
У	Клядовая	1969	Псковская обл.	748	15	20	II	13,6
	Клядовая	1969	Псковская обл.	792	14	19	II	14,3

Глава IV.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗИ СВЕТОПРОНИЦАЕМОСТИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ СО СТЕКЛОВИДНОСТЬЮ И ДРУГИМИ ПОКА- ЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА

I. Светопроницаемость зерна и его составных частей

Изучение светопроницаемости плодовых и семенных оболочек, алейронового слоя и эндосперма зерна всех типов и подтипов показало, что оптическая плотность составных частей зерна выше у краснозерных пшениц I и IV типов по сравнению с белозерными и твердыми сортами.

Сравнительные исследования светопроницаемости эндосперма и плодовых оболочек в белом и монохроматическом свете показали, что с увеличением длины волны коэффициент пропускания слоя как стекловидного, так и мучнистого эндосперма увеличивается, максимальное значение наблюдается для всех исследованных сортов в белом свете.

На рис. I показана зависимость оптической плотности слоя стекловидного эндосперма толщиной 1 мм /кривые 1, 2, 3/ и плодовых оболочек /кривые 1', 2', 3'/ от длины волны монохроматического света, а также для белого света. Кривые 1, 1' - Харьковская 46; 2, 2' - Альбидум 43; 3, 3' - Безостая I.

При исследовании светопроницаемости целых зерен установлено, что стекловидные зерна меньше ослабляют свет по сравнению с мучнистыми. Между стекловидными и мучнистыми зернами имеется область, разделяющая указанные два вида зерен по светопроницаемости, ширина которой изменяется в зависимости от типа зерна. Общее влияние оболочек и алейронового слоя на ослабление света зерном не превышает 3%.

Если измерить на узком участке в центре зерна коэффициент пропускания и затем расширить щель прибора, увеличивая тем самым

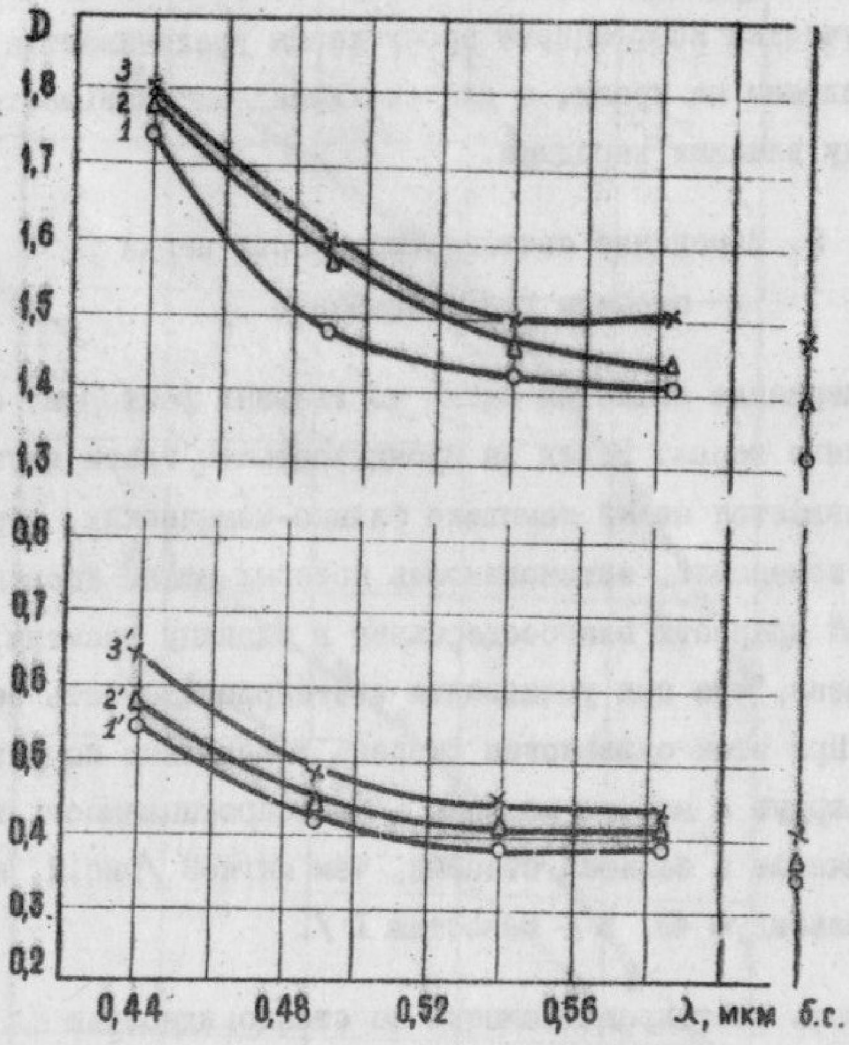


Рис. 1

объем просвечиваемой части зерна, то обнаруживается интересный факт: среднее значение коэффициента пропускания остается постоянным в центральной части зерна на длине примерно равной 1 мм. Для мучнистых и частично стекловидных зерен при увеличении длины просвечиваемого участка коэффициент пропускания увеличивается за счет уменьшения толщины на краях, а для стекловидных уменьшается в основном ввиду влияния зародыша.

2. Изменение светопрозрачности зерна пшеницы при увлажнении

Влагосодержание является одним из главных факторов, определяющих состояние зерна. Вслед за проникновением влаги внутрь зерна в нем развивается целый комплекс физико-химических, структурных и других изменений, интенсивность которых можно косвенно оценить величиной прироста влагосодержания в единицу времени.

Установлено, что при увлажнении светопрозрачность зерна уменьшается. При этом одинаковая степень увлажнения по разному влияет на твердую и мягкую пшеницы — светопрозрачность твердой пшеницы изменяется в большей степени, чем мягкой /рис.2, кривая 1- Дружба, 2 - Альбидум 43, 3 - Безостая 1 /.

3. Связь светопрозрачности со стекловидностью

Для характеристики качества зерна по светопрозрачности необходимо его калибровать в направлении просвечивания. За направление просвечивания выбрана толщина зерна, так как она в наибольшей степени характеризует мукомольные качества и для мягкой пшеницы коррелирует с содержанием эндосперма. С целью получения сравнительной характеристики зерна всех типов и подтипов по светопрозрачности необходимо определить толщину зерна, которая была бы представительной для всех партий. Для этого был изучен закон распределения зерна по толщине. Применяя к исследуемому распре-

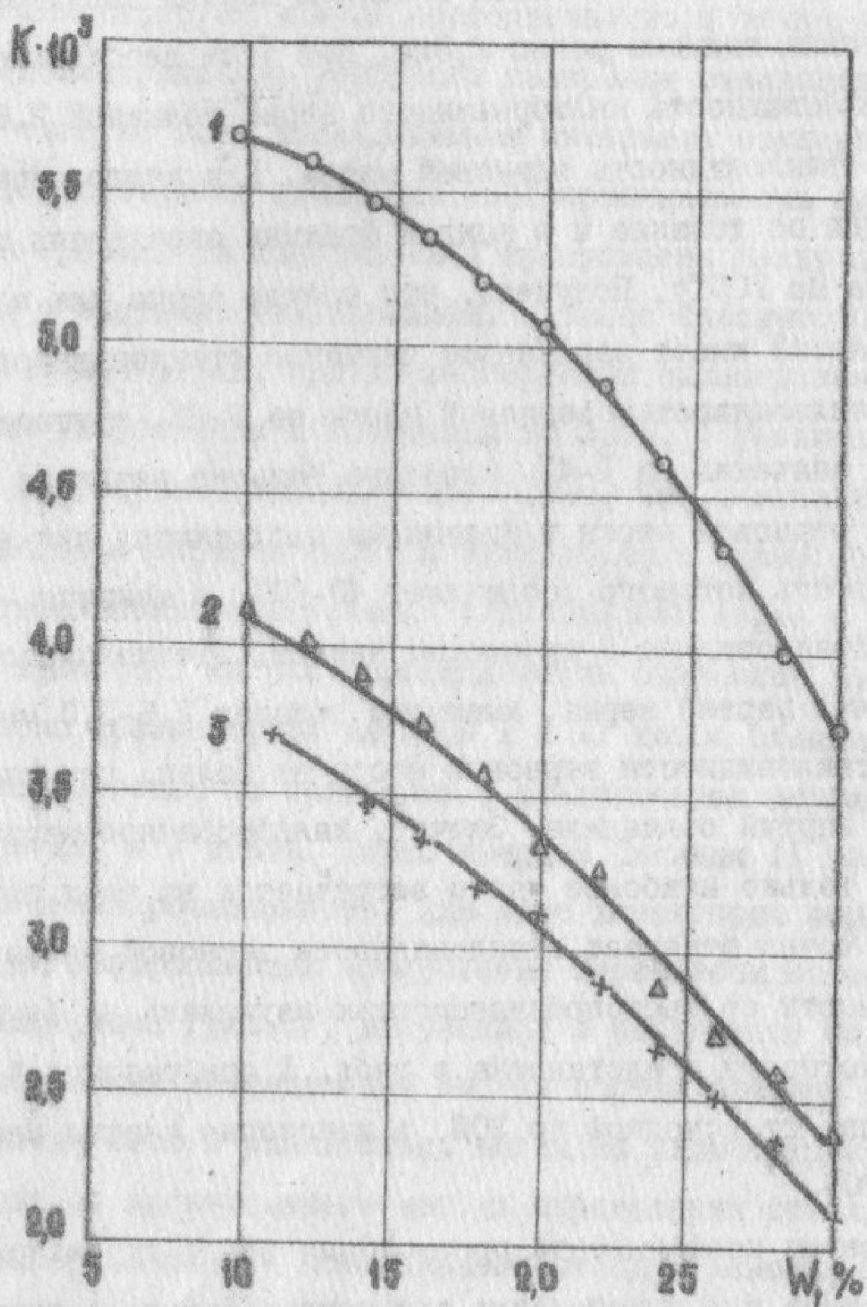


Рис. 2

VO 14427

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. Г. С. Бажарева
БИБЛИОТЕКА

делению критерий Пирсона и Колмогорова, получаем, что зерно по толщине распределено нормально. Вычисление средних и моды вариационных рядов позволило выбрать такую толщину зерна, которая была бы общей для всех партий и встречалась в каждой партии достаточно часто. Это значение толщины равно 2,8мм. При этом необходимо установить, как стекловидность калиброванного зерна толщиной 2,8мм отражает общую стекловидность зерновой массы. Для этого зерно разбивали на фракции по толщине и в каждой фракции определяли стекловидность зерна по ГОСТу. Получено, что мелкое зерно для всех исследованных партий имеет заниженное значение стекловидности по сравнению со стекловидностью зерновой массы на 3-9%, крупное зерно - завышенное значение на 1-4%. Особенно большие различия между стекловидностью зерновой массы и фракциями наблюдаются для зерна, общая стекловидность которого составляет 40-60%, и меньшие - для партий с высокостекловидным и мучнистым зерном. Стекловидность всех исследованных партий зерна, имеющего толщину 2,6-3,0 мм отличалась от стекловидности зерновой массы не более, чем на 2%, а для некоторых партий совпадала. Значит, калиброванное зерно толщиной 2,8 мм не только наиболее часто встречается во всех партиях, но и достаточно точно отражает стекловидность зерновой массы. Связь стекловидности со светопрозрачностью изучалась на зерне, характеристика которого представлена в табл. I при различной влажности, начиная от исходной до 20%, а некоторые партии зерна увлажнялись до 30%.

После измерения коэффициента пропускания зерно просматривалось на диафаноскопе для определения его консистенции, а также дополнительно разрезалось в средней части лезвием для просмотра срезов. Таким образом, зерно с определенным значением коэффициента пропускания относилось к стекловидным, частично стекловидным или мучнистым зернам. Для каждой консистенции зерна установ-

лена определенная область значений коэффициентов пропускания.

Результаты исследования связи светопрозрачности зерна со стекловидностью представлены диаграммой /рис.3/. Диаграмма наглядно иллюстрирует важное обстоятельство с точки зрения разработки фотоэлектрических устройств измерения стекловидности — в пределах типа во всем исследованном интервале изменения влажности зерна, несмотря на изменение светопрозрачности существуют неизменные границы по коэффициенту пропускания между областями мучнистых и частично стекловидных, а также частично стекловидных и стекловидных зерен. Причем эксперимент спланирован так, что эти границы установлены с точностью до 0,5%. С увеличением влажности зерна светопрозрачность уменьшается, что оказывает влияние лишь на положение верхней границы стекловидных зерен: область изменения коэффициента пропускания стекловидных зерен с увеличением влажности сужается. На светопрозрачность оказывает влияние цвет зерна. Зерно краснозерной пшеницы I и IV типов обладает меньшей светопрозрачностью по сравнению с аналогичными зёрнами белозерной пшеницы III и V типов. Зерно твердой пшеницы II типа имеет повышенную светопрозрачность. Для него характерны широкие области значений коэффициентов пропускания зерен всех консистенций.

Диаграмма /рис.3/, полученная в результате большого объема статистических исследований многих сортов пшеницы с различной стекловидностью и влажностью, наглядно иллюстрирует возможность перехода от субъективного метода определения стекловидности к фотоэлектрическому — объективному методу. Измеряя коэффициенты пропускания зерен, можно отнести их к определенной консистенции и в соответствии с ГОСТом вычислить общую стекловидность.

Метод позволяет разграничивать зерна по светопрозрачности в пределах каждой из консистенций.

В качестве аталона в предлагаемом методе могут быть исполь-

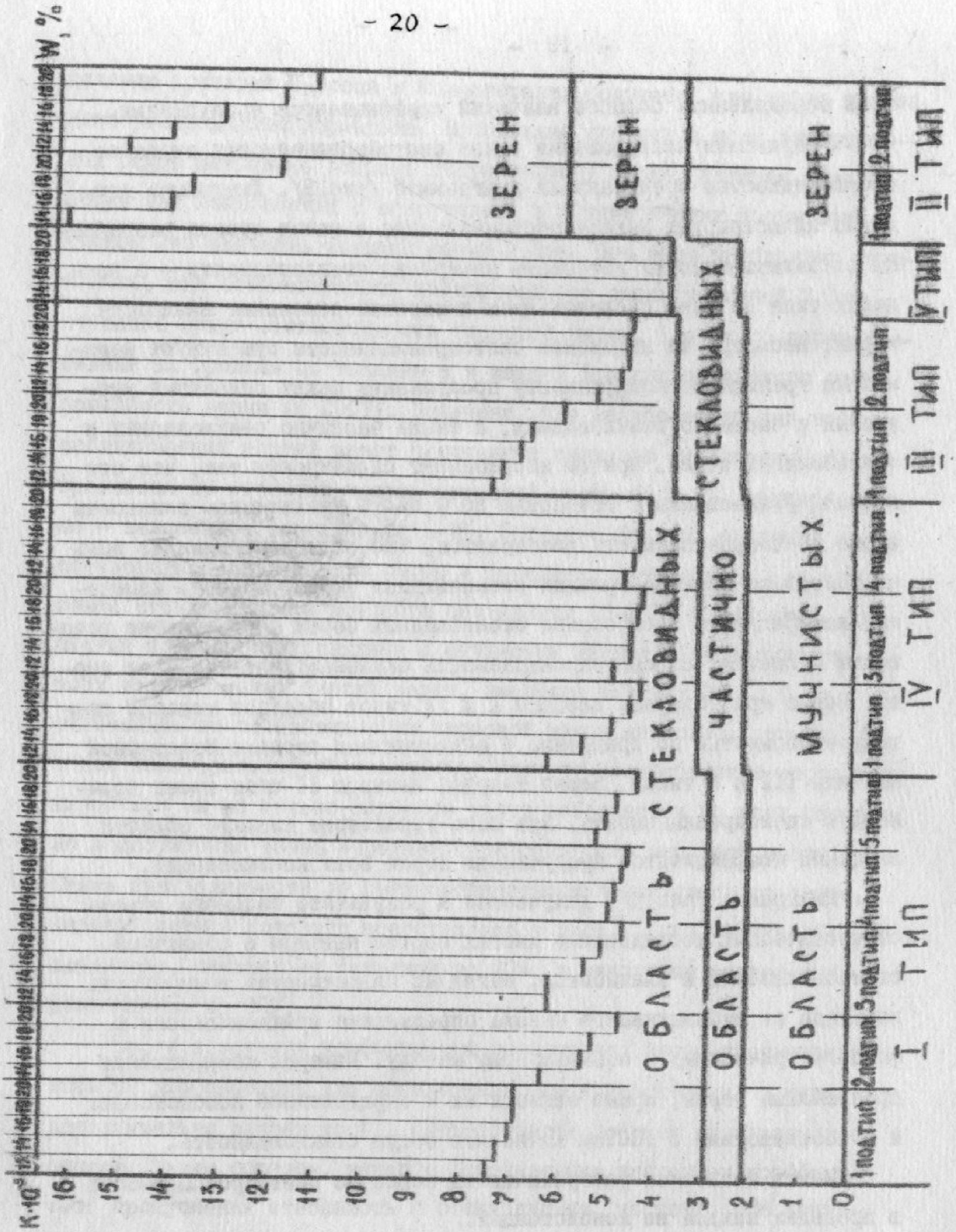


Рис. 3

зованы нейтральные фильтры, имеющие коэффициент пропускания границ между областями мучнистых и частично стекловидных зерен, а также частично стекловидных и стекловидных зерен.

4. Связь светопропускаемости зерна с некоторыми показателями качества

Стекловидность, являясь показателем мукомольных свойств, в определенной степени характеризует содержание белка и клейковины в зерне. Поэтому представляло интерес исследовать связь светопропускаемости зерна с некоторыми показателями качества: содержанием сырой клейковины, белка, крахмала, показателем седиментации, выходом крупок.

а/ Связь светопропускаемости с выходом сырой клейковины

Содержание и качество клейковины в зерне пшеницы — важный показатель его хлебопекарных свойств. С клейковиной связаны: объемный выход хлеба, пористость, усвояемость. Этот показатель используется в расчетах за зерно с колхозами и совхозами. Многими исследователями установлена прямая зависимость между содержанием клейковины и стекловидностью. Поэтому целесообразно изучить для исследуемых образцов зерна связь выхода сырой клейковины с коэффициентом пропускания и параллельно — со стекловидностью по ГОСТу. Корреляционная зависимость между содержанием клейковины и стекловидностью неодинакова для различных образцов зерна, коэффициент корреляции составлял 0,79-0,92.

Графики зависимости коэффициента пропускания зерна от выхода сырой клейковины для всех исследованных сортов показана на рис. 4. Расчеты показали, что эти кривые описываются параболическим уравнением третьей степени. Корреляционное отношение близко к 1 для всех кривых, значит найденная связь близка к функциональной.

Определим по одному из графиков, например, для Харьковской 46,

связь трех переменных: содержания клейковины, коэффициента пропускания и стекловидности по ГОСТу. В интервале коэффициентов пропускания $/3,54-5,87/ \cdot 10^{-3}$ выход сырой клейковины изменяется в пределах 24-30%, в то время как стекловидность по ГОСТу остается неизменной и равной 50%. 100-процентной стекловидности по ГОСТу соответствует интервал коэффициентов пропускания $/ 5,87-11/ \cdot 10^{-3}$, в котором выход сырой клейковины изменяется в пределах 30-36%.

Полученные данные позволяют объяснить отсутствие высокой корреляции между стекловидностью по ГОСТу и содержанием сырой клейковины. ГОСТ не предусматривает дополнительного разграничения зерна в областях мучнистых, частично стекловидных и стекловидных зерен. Это подтверждается также результатами исследований выхода сырой клейковины из двухкомпонентных по светопрозрачности смесей зерен, характеризующихся 100-процентной стекловидностью по ГОСТу. Установлено, что выход сырой клейковины увеличивается с ростом интегральной светопрозрачности смеси.

б/ Связь светопрозрачности зерна пшеницы
с содержанием белка и крахмала

Для исследований были выбраны два контрастных по свойствам и использованию сортов пшеницы - Харьковская 46 и Безостая I. Для полученных экспериментальных кривых связей коэффициентов пропускания с содержанием белка и крахмала найдены уравнения параболической регрессии вида:

$$y = a_0 + a_1 k + a_2 k^2,$$

где y - содержание белка /крахмала/, %,

a_0, a_1, a_2 - коэффициенты регрессии,

k - коэффициент пропускания зерна.

Корреляционное отношение для кривых находится в пределах 0,987-0,999.

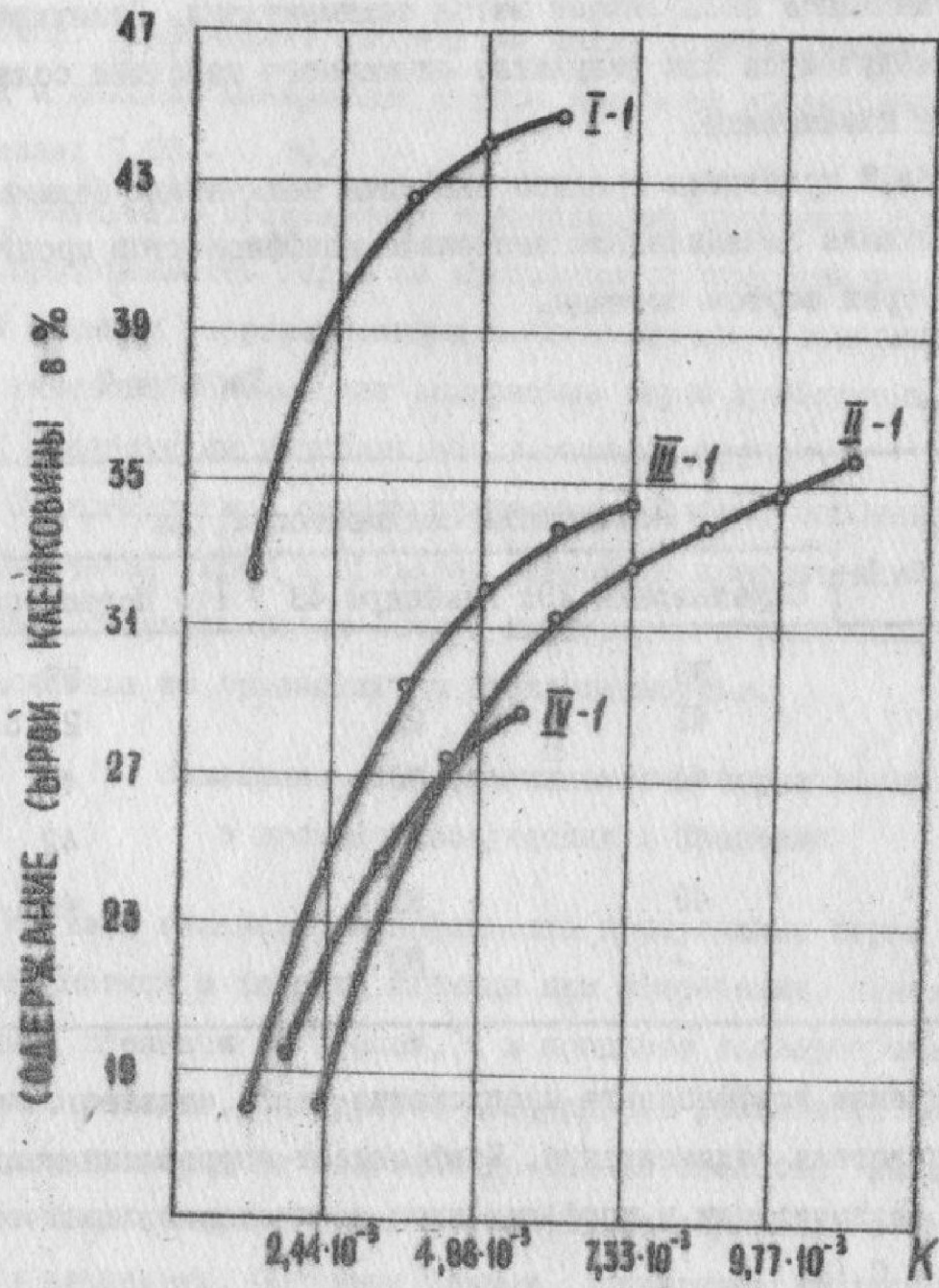


Рис. 4

в/ Связь светопроницаемости зерна
с показателем седиментации

Из косвенных методов оценки хлебопекарных качеств пшеницы большого внимания заслуживает метод седиментации. Величина седиментации получается как результат суммарного действия содержания и качества клейковины.

В табл. 2 приведены средние значения показателя седиментации, соответствующие определенным значениям коэффициентов пропускания зерна для трех сортов пшеницы.

Таблица 2

K · 10 ³	Показатель седиментации, мл		
	Саратовская 29	Альбидум 43	Новостепнячка
1,38	33	-	28
2,06	41	22	27,5
2,75	44	28	40
3,44	48	30	42
4,12	49	31,5	44
4,81	-	33	-

Увеличение коэффициента пропускания зерна связано с возрастанием показателя седиментации. Коэффициент корреляции между показателем седиментации и коэффициентом пропускания зерна составляет 0,96 - 0,98.

г/ Связь светопроницаемости с выходом крупок

Изучена зависимость выхода продуктов помола зерна от светопроницаемости для трех сортов: Дружба, Альбидум 43 и Новостепнячка.

С увеличением светопроницаемости зерна выход макаронной крупки и общий выход продуктов помола увеличивается, количество мелких отрубей уменьшается, а выход муки и крупной крупки практически не меняется. Коэффициент корреляции между коэффициентом пропускания зерна и выходом макаронных крупок для всех исследованных сортов составлял 0,90 - 0,96.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод: светопроницаемость зерна по сравнению со стекловидностью связана более тесными корреляционными зависимостями с основными показателями качества, такими как содержание сырой клейковины, белка, крахмала, показателем седиментации и выходом крупок.

Следовательно, светопроницаемость зерна, особенно с учетом разграничения зерен в пределах каждой из консистенций, дает возможность получить более точную информацию о различных признаках его качества по сравнению со стекловидностью.

5. Изменение светопроницаемости зерна пшеницы в процессе созревания и хранения

Изучено изменение коэффициента пропускания зерна яровой и озимой, мягкой и твердой пшеницы при созревании, начиная от фазы молочной спелости до полной, и в процессе послеуборочного созревания и хранения. Обнаружено непрерывное увеличение коэффициента пропускания зерна от молочной до полной спелости, вызванное биохимическими процессами при формировании зерновки, а также уменьшением влажности. Основные данные, полученные при исследовании, приведены в табл.3.

Пшеницы различного вида достигают нижней границы коэффициента пропускания стекловидных зерен одновременно. Общей закономерностью является то, что стекловидность у озимых культур формируется на 3-5 дней раньше и при более низкой влажности по сравне-

Таблица 3

В и д	С о р т	Нижняя граница K стекловидных зерен		Данные, характеризующие K		Значение K через 10 дней после уборки		
		$K \cdot 10^3$	кол-во дней от лошения	$K \cdot 10^3$	$W, \%$	кол-во дней от колосения	$W, \%$	
О з и м ь е	Твердые	Н-Мичуринка	5,87	36	14,60	32	46	9,22
		Од-юбилейная		36	14,78	31	46	10,86
		Прибой		30	9,13	40	44	4,44
	Мягкие	Одесская 26	3,18	32	7,71	44	44	3,85
		Новостепнячка		30	8,26	37	45	4,81
		Дружба		40	14,08	35	46	7,87
Я р о в ь е	Твердые	Накат	5,87	40	14,34	34	46	9,34
		Одесская 13		35	5,87	38	43	3,53
	Мягкие	Свитаюк	2,7	36	4,59	41	45	3,24

нию с яровыми. У твердых пшениц, как яровых, так и озимых, этот процесс длится на 4-6 дней больше, чем у мягких. Как видно из табл. 3 формирование стекловидности у пшениц происходит при снижении влажности до 32-40%, т.е. в начальный период восковой спелости. Именно в это время прекращается поступление пластических веществ из вегетативных органов в зерно, т.е. оно достигает конечного веса. В период полной спелости, когда влажность зерна составляла 13-15%, коэффициент пропускания достигает максимального значения одновременно для твердой и мягкой пшеницы на 44-46 день от колошения. Статистическая обработка результатов измерений позволила сделать вывод, что различные максимальные значения коэффициентов пропускания для различных сортов не связаны с ошибками измерений, а являются признаком сорта. Твердые пшеницы значительно прозрачнее мягких. Начальный период послеуборочного созревания /6-7 дней после уборки/ связан с резким уменьшением светопрозрачности зерна, после чего она достигает почти постоянного значения, незначительно изменяясь в сторону уменьшения.

После хранения в течение года светопрозрачность как стекловидных, так и мучнистых зерен уменьшалась. Светопрозрачность стекловидных зерен при хранении испытывает большие изменения, чем мучнистых. Эти изменения особенно значительны для стекловидных зерен твердой пшеницы.

На основании проведенных исследований разработан метод и рекомендации по реализации метода определения стекловидности зерна пшеницы, который использует различия коэффициентов пропускания света стекловидных, частично стекловидных и мучнистых зерен.носителем информации о консистенции анализируемых зерновок является световой поток, прошедший через объект при освещении его белым светом.

Предложенные в работе метод и рекомендации по реализации положены в основу разработанного в ОТИШ им. М.В.Ломоносова прибора для экспрессного и объективного определения стекловидности зерна пшеницы.

В ы в о д ы

1. Стекловидность, измеряемая субъективно методом ГОСТ 10987-64, не может достаточно полно характеризовать качество зерна пшеницы.

2. Светопроницаемость более полно и объективно характеризует структуру эндосперма и тесно связана с основными качественными показателями зерна, так как зерновка при этом контролируется физическим методом по объему. Поэтому она может быть рекомендована для объективной и экспрессной оценки стекловидности вместо соотношения мучнистых и стекловидных площадей на срезе зерновки, как это предусмотрено ГОСТ 10987-64.

3. Разработанный оптический метод измерения стекловидности с учетом калибровки зерна в направлении просвечивания основан на том, что между стекловидностью и коэффициентом пропускания существует однонаправленная связь: каждой консистенции зерна соответствует определенная область значений коэффициентов пропускания, в пределах типа существуют границы по коэффициенту пропускания между областями мучнистых, частично стекловидных и стекловидных зерен в большом интервале влажности. Метод позволяет разграничивать зерна по светопроницаемости в пределах каждой из консистенций.

4. В качестве эталона в предлагаемом методе используются нейтральные фильтры, коэффициент пропускания которых равен коэффициенту пропускания границ между областями мучнистых и частично стекловидных, а также частично стекловидных и стекловидных зерен.

5. Предложенные в работе метод и техническое задание поло-

жены в основу разработанного в ОТИП им. М. В. Ломоносова прибора для экспрессного объективного определения стекловидности зерна пшеницы.

6. Светопроницаемость зерна пшеницы по сравнению со стекловидностью связана более тесными корреляционными зависимостями с основными показателями качества, такими как содержание сырой клейковины, белка крахмала, показателем седиментации, выходом крупок. Следовательно светопроницаемость зерна, особенно с учетом разграничения зерен в пределах каждой из консистенций, дает возможность получить более полную информацию о различных признаках качества зерна по сравнению со стекловидностью.

7. При определении стекловидности по светопроницаемости зерно целесообразно просвечивать по толщине. Оптимальный просвечиваемый участок составляет $1 \times 2 \text{ мм}^2$ и расположен в центральной части зерна, где не оказывают влияние зародыш, краевые эффекты и изменения толщины зерна незначительны.

8. Светопроницаемость составных частей зерна зависит от его цвета. Как оболочки, так и слой эндосперма определенной толщины и консистенции белозерной пшеницы III и V типов более прозрачны по сравнению с красной зерной пшеницей I и IV типов, но уступают по светопроницаемости твердой пшенице II типа. Общий вклад оболочек и алейронового слоя в ослабление света зерном не превышает 3%.

9. При увлажнении светопроницаемость зерна уменьшается. Для твердой пшеницы изменение светопроницаемости при равных условиях увлажнения выражено больше, чем для мягкой.

10. Распределение зерен по толщине для всех исследованных типов /сортов/ подчиняется нормальному закону. Наиболее представительной толщиной является толщина зерна 2,8 мм. Исследования также показали, что при таком размере имеет место незначительное изменение коэффициента пропускания зерна в зависимости от измене-

ния толщины.

II. Исследование светопрозрачности зерна в процессе созревания показывает, что формирование стекловидности происходит в начальный период восковой спелости, причем у мягких пшениц, как озимых так и яровых, на 4-6 дней раньше, чем у твердых. Коэффициент пропускания достигает максимального значения при полной спелости. При послеуборочном созревании и хранении светопрозрачность зерна уменьшается.

12. Полученные результаты позволяют также предположить, что дополнительные исследования связей светопрозрачности с содержанием сырой клейковины, белка, крахмала, показателем седиментации и выходом крупок могут выявить возможность автоматического измерения указанных показателей качества зерна.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Оптическая плотность зерна пшеницы. "Известия вузов СССР. Пищевая технология", № 5, 1971.

2. Изменение оптической плотности зерна пшеницы при увлажнении и сушке. "Известия вузов СССР. Пищевая технология", № 3, 1972.

3. Оценка качества зерна по его оптическим свойствам. Актуальные вопросы послеуборочной обработки и хранения зерна. Тезисы докладов II Всесоюзного научно-технического совещания. М., ВИМ, 1973.

4. О связи светопрозрачности зерна пшеницы с некоторыми его качественными показателями. В сб. "Хранение и переработка зерна", ЦНИИТЭИ, № 3, 1973.

5. Über die Möglichkeit der Qualitätsbestimmung von Korn nach der Lichtdurchlässigkeit. "Die Mühle", № 1, 1974.

По вопросам, рассматриваемым в диссертации, автором сделаны следующие доклады:

1. На XXXII и XXXIII научных конференциях Одесского технологи-

ческого института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова
/ 1971, 1972 г.г./.

2. На заседании секции по качеству и хранению зерна Координационного Совета ВНИИЗ 10 апреля и 7 декабря 1972 г.