

Авторефер
М 80

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

Для служебного пользования

Экз. № 00089

МОРОЗОВ ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛОВИДНОСТИ И ПОВРЕЖДЕННОСТИ
ЗАГОТОВЛЯЕМОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И РИСА
ИНФРАКРАСНЫМИ МЕТОДАМИ

Специальность 05.18.03 - хранение зерна
(элеваторно-складское хозяйство) и других
сельскохозяйственных продуктов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1980

Работа выполнена на кафедре технологии хранения пищевых продуктов и зерноводения Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова

ОНАХТ 14.09.10
Исследование стекол



v017859

Официальные оппоненты:

кандидат технических наук,
доцент ЯКОВЕНКО В.А.

кандидат технических наук,
доцент НАРЕМСКИЙ Н.К.

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор БРАТЕРСКИЙ Ф.Д.

кандидат технических наук,
доцент ИЛЬВИЦКИЙ Н.А.

Ведущая организация:

Всесоюзный ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени селекционно-генетический институт

v017859

ОНАХТ
БИБЛИОТЕКА

Защита состоится "30" мая 1980 г. в 14 час.
на заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова (270039, г.Одесса-39, ул.Свердлова, 112)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан "23" апреля 1980 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
К.Т.Н., доцент

И.К. ЧАЙКА

13

Актуальность работы. В соответствии с решениями XXV съезда КПСС в планах развития сельского хозяйства особое внимание уделено производству зерна мягкой и твердой пшеницы и основной крупяной культуры - риса.

Одной из важнейших задач, стоящих перед системой заготовок СССР является формирование на хлебоприемных предприятиях (ХПП) однородных по технологическим достоинствам партий заготавливаемого зерна. Однако ее реализации препятствует отсутствие методов и средств экспрессного и достоверного определения качества зерна.

Разработкой методов оценки качества зерна пшеницы и риса занимались в нашей стране Казаков Е.Д., Красников В.В., Платонов П.Н., Кравцова Б.Е., Грибкова Г.Н., Яцкова Т.И., Ильвицкий Н.А., Яковенко В.А. с сотрудниками и др., а также зарубежные исследователи: Норрис К.Х., Уотсон С.А., Стермер Р.А., Джонсон Р.М. и др. Созданным способом и средствами определения различных показателей качества зерна присущи те или иные недостатки, методы комплексной (одновременно нескольких показателей) оценки вообще отсутствуют.

Анализ литературных источников показал:

- для формирования на ХПП однородных по технологическим достоинствам партий зерна в качестве контролируемых признаков следует использовать стекловидность и поврежденность клопом-черепашкой;
- целесообразно решить вопрос о возможности унификации контроля трещиноватости и консистенции риса со способами определения стекловидности и поврежденности пшеницы клопом-черепашкой на базе оптических методов;
- экспрессность и достоверность выявления зараженности зерна вредителями хлебных запасов можно повысить путем использования также оптических методов.

Цель и задачи исследования. Цель работы заключается в исследовании стекловидности и поврежденности зерна пшеницы и риса

и совершенствовании методов их оценки. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать методические вопросы оценки стекловидности зерна и поврежденности пшеницы клопом-черепашкой;
- исследовать структурные и оптические свойства пшеницы и риса различного качества;
- определить требования к методам и средствам экспрессной и комплексной оценки качества зерна;
- изучить связь между определяемыми с помощью разработанных методов признаками качества зерна и некоторыми его биохимическими и технологическими свойствами.

Научная новизна работы заключается в разработке теоретических основ оценки качества зерна пшеницы (стекловидность, поврежденность клопом-черепашкой, зараженность вредителями хлебных запасов и риса (стекловидность, трещиноватость, разделение мучнистых и глютиновых зерен) с использованием коротковолнового инфракрасного (ИК) излучения. Впервые установлено и исследовано влияния частично стекловидных зерен на точность оценки стекловидности и показана необходимость определения качества зерна в динамике путем сканирования всей поверхности анализируемых зерновок. Изучены некоторые оптические и структурные свойства пшеницы и риса с позиции разработки методов оценки качества зерна.

Практическая ценность работы состоит в разработке методов оценки качества зерна и исходных требований к средствам их реализации. Выбраны технические средства для определения стекловидности и поврежденности зерна клопом-черепашкой по интегральному методу. Созданы экспериментальные ИК-приборы ИД-3 и ИНЗЕРАН-основа промышленного ИК-зернового микроскопа МИЗ-1. Определена экономическая эффективность от использования разработанных методов, оценки качества зерна.

Апробация работы. По результатам исследований сделаны доклады и сообщения на: научно-технических конференциях профессорско-пре-

подавательского состава и научных работников ОТИП им. М.В. Ломоносова (1976-1979 гг.); Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности", г.Одесса, 1977г.; Всесоюзной научной конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов", г.Воронеж, 1977г.; Координационном совете Министерства заготовок СССР, г.Москва, 1977г.; Республиканской научно-технической конференции "Пути сохранения сельскохозяйственной продукции", г.Одесса, 1978г.; Республиканском совещании руководителей патентных служб, г.Жданов, 1979г.

Созданные в рамках данной работы ИК-приборы экспонировались на:

- ВДНХ СССР, 1976г. - инфракрасный дефектоскоп ИД-3 -Бронзовая медаль;
- выставке "Методы снижения потерь сельскохозяйственного сырья", Госплан СССР, 1979г.; ВДНХ СССР, 1979г. -инфракрасный зерновой анализатор ИНЗЕРАН -Серебряная и две Бронзовые медали.

По результатам исследований разработаны "Временная методика определения поврежденности клопом-черепашкой пшеницы и стекловидности зерна с помощью инфракрасного дефектоскопа ИД-3", согласованная с Министерством заготовок РСФСР и испытанная в производственных условиях, а также исходные требования на разработку промышленных образцов дефектоскопа ИД-3, утвержденные Минзагом СССР и проект технического задания на разработку ГОСТ на метод определения поврежденности зерна клопом-черепашкой. Результаты исследований использованы предприятием п/я А-1705 при разработке инфракрасного микроскопа МИЗ-1, служащего для определения поврежденности зерна клопом-черепашкой и стекловидности, и вычислительного устройства КМИЗ-1. Инфракрасный дефектоскоп ИД-3 испытан на Горьковской МИС; приборы ИД-3 и ИНЗЕРАН прошли производственную проверку на хлебоприемных предприятиях г.Одессы и Оренбургской области в период заготовки зерна урожая 1978 г.

Публикация. Основные положения диссертации опубликованы в 19 работах, в том числе защищены 6 авторскими свидетельствами.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы, включающего 334 источника и приложений.

Работа изложена на 161 странице машинописного текста, включает 75 рисунков, 23 таблицы и 25 приложений.

I. Материал и методы исследований

I.1. Экспериментальный материал

Использовали 30 сортообразцов пшеницы I-LY типов, полученных во Всесоюзном селекционно-генетическом институте, Всесоюзном институте растениеводства, а также Оренбургской и Кустанайской областях. Статистические исследования метода определения степени поврежденности зерна клопом-черепашкой выполняли на 408 образцах пшеницы различных сортов и районов произрастания. Рис представлен 9 сортообразцами, выращенными в Краснодарском и Приморском краях.

I.2. Методы исследований

Микротвердость оценивали с помощью прибора ПМТ-3, микроструктуру сканирующего электронного микроскопа JSM-35, степень кристалличности эндосперма - электронографа ЭГ-100М.

Оптические свойства зерна и его компонентов исследовали с помощью микрофотометров МФ-2 и МФ-4, спектрофотометров ИКС-1А, СФ-4А, фотометра с интегрирующей сферой ФМШ-56М, а также специально разработанной экспериментальной электронно-оптической установки УЭОЭ, состоящей из блоков: БО-оптического, БОЭИ-оптического интегрирующего, БП-питания, БК-контроля. Базовый элемент установки - блок БО содержит осветитель (лампа накаливания, ИК-фильтр, щелевой канал), ось которого пересекает продольную ось стеклянной цилиндри-

ческой кассеты для зерен, и оптическую систему, состоящую из объектива, ИК-электронно-оптического преобразователя (ЭОП), окуляра. Оси осветителя и оптической системы рассогласованы на угол, исключающий попадание прямых лучей света в объектив. Для получения объективной информации о консистенции исследуемых зерен экран ЭОПа стыковали с фотоумножителем ФЭУ-85.

Биохимические и технологические показатели контролировали по стандартным и общепринятым методам.

Результаты определений обрабатывали методами математической статистики.

I.3. Некоторые методические вопросы оценки стекловидности и поврежденности зерна клопом-черепашкой

Вероятность P получения достоверного результата определения общей O_c или полной P_c стекловидности находится в обратной связи с содержанием желтобоких зерен $n_{ж}$. Эта зависимость подчиняется нормальному закону распределения. При $P = 0,95$ интервал $n_{ж, крит.} = 20-28\%$ является критическим с точки зрения точности контроля O_c , при оценке же P_c опасность получения неверного результата анализа проявляется уже при $n_{ж} = 8-11\%$. Следовательно, P_c как показатель качества зерна более, чем O_c уязвим при оценке его достоверности при статическом анализе зерна в оптической системе. При использовании оптических приборов для получения достоверной информации о стекловидности (а также поврежденности клопом-черепашкой) сканирование необходимо осуществлять по всей поверхности зерновок, вращая их относительно продольной оси.

При определении O_c высокостекловидных пшениц, а также риса приходится сосредотачивать зрительное внимание на абсолютном большинстве всех просматриваемых зерен и соответственно производить их регистрацию. Нами предложен метод определения стекловидности по содержанию мучнистых M и частично стекловидных зерен $Ч_c$.

При контроле стекловидности по 100 зернам:

$$P_c = 100 - M - 4c \quad (1)$$

Тогда формула расчета общей стекловидности:

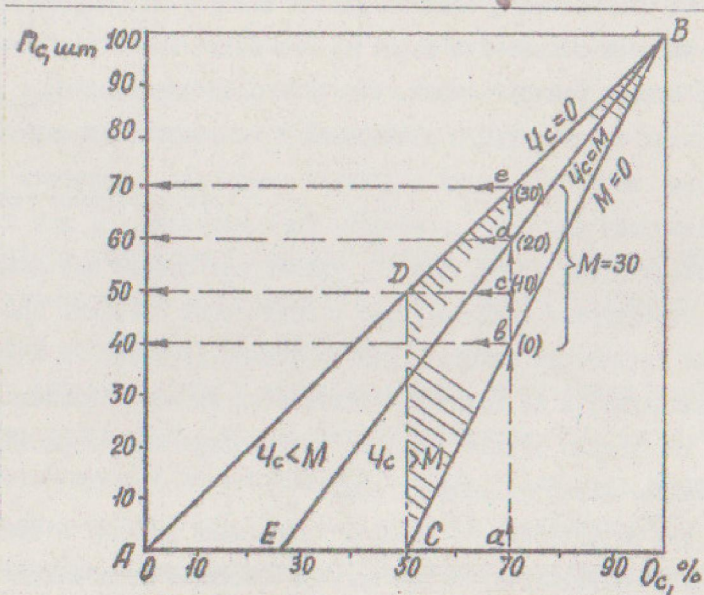
$$O_c = P_c + \frac{4c}{2} = \frac{1}{2}(200 - 2M - 4c) = 100 - M - \frac{4c}{2} \quad (2)$$

В диссертации приведены номограммы для экспрессного определения стекловидности по формулам (1) или (2).

Преимущество предложенного ($M \wedge 4c$) метода по сравнению со стандартным ($P_c \wedge 4c$) по минимизации операций регистрации проявляется при условии: $P_c > M$.

Совокупность всех возможных значений P_c при различных O_c ограничена треугольником ΔABC (рис. I). Прямые $P_c = f(O_c)$ можно использовать как номограммы для определения содержания фракций стекловидности при задаваемых значениях O_c .

Рис. I



Стекловидность определяют по 100 зернам, поэтому:

$$O_c = \left\{ \begin{array}{l} \max (P_c = M) = 50, \quad 4c = 0 \\ \min (P_c = M) = 0, \quad 4c = 100 \end{array} \right\} = 50\% \quad (3)$$

Следовательно, отрезок BC (точка C соответствует $O_c = 50\%$), делящий ΔABC на два равновеликих ΔADC и ΔDBC , является линией индифферентности, т.е. независимо от числовых значений фракций $P_c, M, 4c$ справедливо равенство $P_c = M$ и оба метода — стандартный и предложенный — в этом случае равноценны. Площадь ΔADC является областью целесообразного использования стандартного метода для оценки O_c низкостекловидных пшениц ($O_c < 50\%$).

Зоной преимущества нового метода является площадь ΔDBC . При $O_c > 50\%$ применение предложенного метода безусловно и альтернативы ему нет.

По ГОСТ 1084I-64 поврежденность пшеницы клопом-черепашкой оценивается процентным содержанием поврежденных зерновок. При этом не учитывается величина дефектности поврежденных зерновок и, следовательно, различные образцы при одинаковом процентном содержании поврежденных зерен могут иметь разные биохимические свойства. Нами разработан и исследован метод объемной оценки очага повреждения за счет просмотра зерновки со всех сторон при ее вращении вокруг продольной оси и отрезающий степень поврежденности образца в целом.

В этом случае степень N поврежденности образца:

$$N = \frac{D}{K} = \frac{1}{K} (0,25 \cdot n_{25} + 0,5 \cdot n_{50} + 0,75 \cdot n_{75} + n_{100}), \quad (4)$$

где: D — условное количество полностью поврежденных зерен, шт.; $n_{25}, n_{50}, n_{75}, n_{100}$ — количество зерен, поврежденных соответственно на 25, 50, 75, 100%, шт.; K — количество зерен в исследуемом образце, шт.

В числовом выражении N может варьировать от 0, когда отсутствуют поврежденные зерна, до 1, если все зерна полностью повреждены. В работе приведена номограмма для определения N по P_i .

Вероятностно-статистическими исследованиями установлено, что для экспрессного контроля поврежденности в период массовых хлебо-заготовок целесообразно использовать 100 зерновок. Это позволит унифицировать данный анализ с процедурой определения стекло-

видности, а за счет использования тех же зерновок- получить более достоверную обобщенную оценку качества зерна. Когда же первостепенной является точность анализа, число контролируемых зерен следует увеличить до 300 -количества, соответствующего Ю-граммовой навеске по ГОСТ Ю84I-64.

Закономерность в изменении фракций стекловидности и O_c в зависимости от крупности зерна отсутствует. Величина P_c более лабильна, чем O_c . В большинстве случаев различия O_c, N и процентного содержания поврежденных зерновок P_c по фракциям крупности во всех рассмотренных сортообразцах превышают пороги погрешностей, допускаемые ГОСТ Ю987-76 и ГОСТ Ю84I-64. Значительно поврежденные зерновки (n_{75}, n_{100}), как правило, встречаются в мелких фракциях. В целом прослеживается тенденция увеличения P_c и N по мере уменьшения размеров сита. Подвергаемые анализу зерновки должны максимально адекватно представлять специфические для данной партии зерна, особенности, характеризующие его качество. Поэтому, для достоверной оценки показателей стекловидности и поврежденности клопом-черепашкой их необходимо определять по произвольно отобраным в требуемом количестве зернам согласно ГОСТ Ю839-64.

2. Исследование структурных и оптических свойств пшеницы и риса различного качества

Как видно из сводных данных (табл. I) исследования микротвердости H пшениц Ю2 сортообразцов различных типов, значения H здорового и поврежденного эндосперма существенно различны.

Таблица I

Консистенция контролируемого участка	$H \cdot 10^7 \text{ Па}$		D	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Стекловидная	13,4I	0,8I	1,69	0,79
Мучнистая	8,12	0,72	2,08	0,8I
Очаг повреждения	8,12	0,74	2,4I	0,74

Полученные данные подтверждены результатами электронографического контроля и исследований, выполненных методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

В диссертации приведены СЭМ-фотографии, показывающие различия в микроструктуре стекловидных и мучнистых зерновок твердых и мягких пшениц, а также специфические изменения, характеризующие повреждения зерне клопом-черепашкой.

Основные различия между стекловидным и мучнистым эндоспермом риса заключается в преобладании во втором случае разрозненных групп мелких зерен крахмала. Для стекловидного эндосперма наблюдается сравнительно плотная упаковка крахмальных гранул, скомпанованных в виде своеобразных монолитных блоков. Крупные крахмальные гранулы эндосперма риса примерно в 2 раза меньше соответствующих гранул пшеницы, но зато они отличаются более плотной упаковкой. Очевидно, эти структурные особенности эндосперма риса обуславливают его большую, чем у пшеницы, прозрачность. На всех полученных СЭМ-снимках (увеличение 1000^x) риса отмечалась обширная сеть микротрещин (с помощью диафаноскопа эти трещины не контролировались). Микротрещины, вероятно, обуславливают хрупкость рисовых зерновок и способствуют образованию под воздействием тепла и влаги макротрещин, обнаруживаемых визуально обычными методами.

В табл. I представлены сводные данные оптической плотности D срезов толщиной I,2 мм зерен пшеницы. При исследовании целых зерен замечено существенное влияние на D ориентации поврежденных участков на зерновке относительно фотоприемника. Только при ориентации очага повреждения в сторону приемника света фиксируются различия D здоровых и дефектных участков (табл. 2, точки 4-7).

С целью нахождения области наиболее существенных различий по контролируемым признакам качества зерен пшеницы и риса определяли спектральную пропускательную ζ и отражательную ρ_λ способ-

ности.

Таблица 2

Ориентация очага повреждения	D в различных точках при сканировании вдоль зерна, шаг 1 мм							
	1	2	3	4	5	6	7	8
В сторону фото- приемника	2,30	2,25	2,29	2,41	2,54	2,58	2,49	2,31
От фотоприемника	2,32	2,27	2,29	2,32	2,34	2,32	2,31	2,30

Наибольшую τ_λ , но наименьшую β_λ имеют стекловидные зерна пшеницы. Мучнистые зерна характеризуются меньшей τ_λ и большей β_λ . Величины τ_λ и β_λ частично стекловидных зерен занимают промежуточные значения между полностью стекловидными и мучнистыми. Наименьшей τ_λ и наибольшей β_λ отличаются поврежденные клопом-черепашкой зерна. Максимальные различия как по τ_λ так и по β_λ поврежденных зерен со здоровыми с одной стороны, и мучнистых со стекловидными с другой наблюдаются в ближней ИК-области (0,75 -1,1 мкм) с максимумом по длине волны $\lambda = 0,93$ мкм.

Данные по τ_λ здоровых и поврежденных зерен подтверждаются оптическими исследованиями белков, извлеченных из этих зерен.

С увеличением λ для стекловидных, глютинозных, пожелтевших и красных зерен риса наблюдается увеличение τ до $\lambda = 0,87$ мкм. Наибольшие различия τ стекловидных и мучнистых зерен наблюдаются в интервале 0,75 -1,1 мкм, что позволяет рекомендовать контроль стекловидности риса в ближней ИК-излучении. Глютинозные зерна риса пропускают коротковолновое ИК-излучение лучше мучнистых, но хуже пожелтевших. Указанное свойство пожелтевших зерен может быть использовано для контроля указанных групп оптическими методами взамен химического способа по ГОСТ 10936-64. При использовании отраженного излучения контроль качества зерна риса различной окраски целесообразно осуществлять в видимой области спектра, а разделение

зерен по их консистенции - в ИК-коротковолновом излучении.

3. Разработка методов и требований к средствам экспрессного определения качества зерна

3.1. Визуальный контроль качества зерна с помощью ИК-излучения

В качестве приемника излучения, взаимодействующего с контролируемыми зёрнами, целесообразно использовать электронно-оптический преобразователь (ЭОП), чувствительный к коротковолновому ИК-излучению. Главным критерием выбора именно ЭОПа является его индифферентность к таким факторам как влажность, толщина зерновок, их цвет, типовая и сортовая принадлежность. С помощью ЭОПа изображение контролируется в моноцветном свечении, что обеспечивает однозначную идентификацию объекта независимо от пигментации оболочек зерен и оптимальные условия их визуальной оценки. Для проверки разработанных методов созданы экспериментальные устройства: ИД-3 и ИНЗЕРАН.

Инфракрасный дефектоскоп ИД-3. Основой его оптической схемы является блок УЭС-Б0. Прибор содержит приводной механизм для обеспечения кассеты с зёрнами вращательно-поступательного движения, а также четырехклавишный счетчик для регистрации и суммирования в соответствии с формулой (4) поврежденных зерен, а также зерновок различной стекловидности - по формулам (1) и (2). Прибор ИД-3 защищен авторским свидетельством № 573750.

Инфракрасный зерновой анализатор ИНЗЕРАН позволяет одновременно определять стекловидность и поврежденность клопом-черепашкой зерна пшеницы, а также трещиноватость и стекловидность риса, разделять мучнистые и глютинозные зерна. Он содержит (рис.2): источники проходящего 1 и отраженного 8 ИК-излучения, кассету 2 для зерен 3, направляющую 4 со сквозным окном 5, валик 6, пружину 7, объектив 9,

ЭОП 10, окуляр 11, призму 12, регулировочные резисторы 13, 14, блок управления 15, низковольтный (26В) 16 и высоковольтный (18кВ) 17 блоки питания.

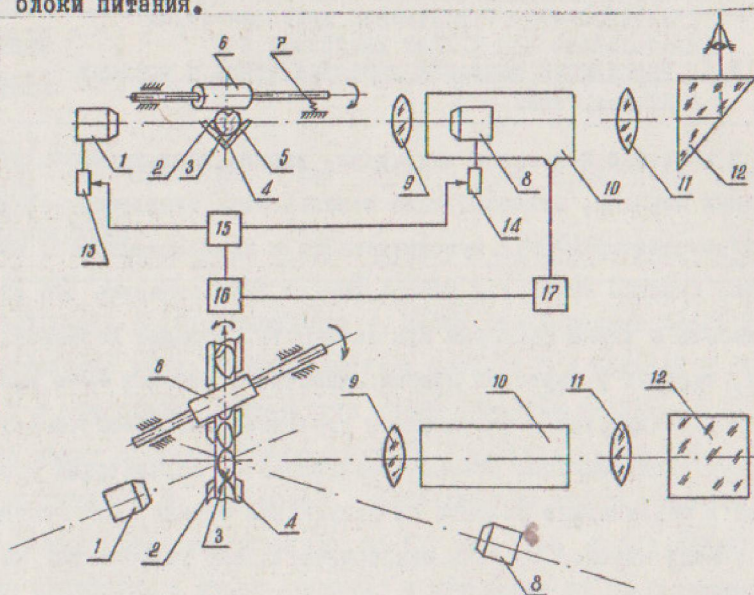


Рис.2

Основным режимом является анализ в проходящем ИК-излучении. Стекловидные зерна в этом случае видны наиболее светлыми — зеленоватыми — цвета свечения люминофора экрана ЭОПа, мучнистые и поврежденные клопом-черепашкой зерна имеют соответственно серые и черные пятна. Трещины в зернах риса, в основном, имеют поперечное расположение, поэтому за счет рассогласования осей осветителя I и главной оси оптической системы достигается четкое изображение той же трещин. В отраженном ИК-свете осуществляют анализ поверхности зерен (контроль морщин, вмятин, точек укуса зерна насекомыми). При этом между интенсивностью свечения люминофора экрана и характером консистенции зерна наблюдается обратная зависимость: очаги повреждения видны наиболее светлыми, мучнистые участки — темными, стекловидные — наиболее темными. Таким образом, проходящее и отраженное ИК-излучение информационно дополняют друг друга, позволяют

значительно повысить разрешающую способность метода. Продолжительность одного комплексного анализа "стекловидность-поврежденность" с помощью приборов ИД-3 или ИНЭРАН составляет 2-3 мин или в 4-7 раз меньше стандартных методов. Максимальная погрешность определения поврежденности зерна — 0,5-1,0%, стекловидности — 1-2%. ИК-анализатор защищен авторским свидетельством по заявке №2523099.

3.2. Интегральный метод объективного контроля стекловидности и поврежденности зерна клопом-черепашкой

Полезна метода (защита а.с. № 612593) заключается в том, что о качестве зерна судят по интегральной величине электрического сигнала, соответствующего световому потоку, прошедшему (или отраженному) через зерно в течение одного полного оборота относительно продольной оси.

В общем случае суммарную консистенцию K_0 можно выразить как:

$$K_0 = \int_0^{t_n} I dt, \quad (6)$$

где: I — текущее значение электрического сигнала, t_n — период одного полного оборота зерновки.

В работе рассмотрена задача выбора эталонов: определены контрольные значения $K_{0\text{контр}}$ полностью стекловидных, мучнистых, поврежденных клопом-черепашкой зерен, с помощью которых можно сравнивать полученную интегральную величину K_{0i} конкретной исследуемой зерновки, а также приведены контрольные значения I_k этих зерен.

Если по данным предварительной оценки качества зерна в хозяйствах-хлебодатчиках известно, что в зерновой массе поврежденные клопом-черепашкой зерна отсутствуют, или требуется определение только стекловидности при малом содержании дефектных зерен, то задача интегральной оценки консистенции K_0 сводится к контролю стекловидности.

При этом аналоговая величина стекловидности C_a каждой зерновки определяется выражением:

$$C_a = \frac{\int_0^{t_n} I dt}{I_{cr} \cdot t_n} \quad (7)$$

Для полностью стекловидных зерен, ввиду равенства в формуле (7) числителя и знаменателя:

$$C_a^{nc} = 1. \quad (8)$$

Аналоговая интегральная величина стекловидности всего образца при контроле по 100 зернам по данному методу:

$$O_{C_a} = \sum_{i=1}^{100} C_a; \quad O_{C_a}^{nc} = 100 \text{ при } P_c = 100 \quad (9)$$

По интегральному методу идентификация зерен соответствующего качества осуществляется следующим образом:

- для полностью стекловидных зерен: $K_o^{nc} = \left\{ I_{cr} \wedge (t_{cr} = t_n) \right\} \quad (10)$

- для частично стекловидных: $K_o^{uc} = \left\{ \frac{\int_0^{t_n} I dt}{I_{cr} \cdot t_n} \right\}_{I_{повр} = 0} \quad (11)$

- для полностью мучнистых: $K_o^M = \left\{ I_M \wedge (t_M = t_n) \right\} \quad (12)$

- для поврежденных клопом-черепашкой: $K_o^{повр} = \left\{ \frac{I_{повр} \wedge (t_{повр}/t_n = n_i)}{I_{cr} = 0, I_M = 0 \text{ при } n_{100}} \right\} \quad (13)$

В работе произведен выбор средств реализации интегрального метода: на базе экспериментальной установки УЭЭ-БОИ и других, два из которых защищены авторскими свидетельствами.

3.3. Совершенствование и разработка методов определения зараженности зерна вредителями хлебных запасов

Повышенная светобоязнь долгоносиков и других насекомых затрудняет выявление самого факта зараженности либо разделение живых вредителей от мертвых. Предложено анализ проводить не в белом, а в невидимом для насекомых ИК-коротковолновом излучении и вести наблюдение, используя ЭОП. Определение скрытой зараженности можно вести в проходящем ИК-свете с помощью приборов ИД-3 или ИНЗЕРАН с предварительной обработкой (5-10 мин) зерен для повышения контрастности одним из "осветителей": 5-10%-ным едким калием или натрием, 0,1%-ной карболовой кислотой либо различными маслами.

Разработан также ИК-тепловой метод (а.с. № 612598), заключавшийся в том, что зерна нагревают до 45-47°C, располагают в плоскости, перпендикулярной направлению сканирования приемника теплового излучения (использовали тепловизор АГА-665), синхронно вращают их относительно продольной оси и регистрируют интенсивность ИК-излучения зерен в процессе их остывания в интервале длин волн 3-10 мкм, по которой судят о наличии и фазе развития вредителей.

4. Связь стекловидности и поврежденности зерна клопом-черепашкой, определяемых с помощью разработанных методов, с некоторыми показателями качества зерна

Как видно из рис.3, при одинаковом процентном содержании поврежденных зерновок $D_2 = 5\%$ образцам, сформированным из зерновок разной степени поврежденности n_{25} ($N = 0,0125$), n_{50} ($N = 0,0250$), n_{75} ($N = 0,0375$), соответствуют различные биохимические показатели. С другой стороны, из зерновок одинаковой степени поврежденности при их различном содержании $D_2 = 10, 15, 100\%$ могут быть сформированы образцы разной степени поврежденности $N = 0,0250$;

✓ 017859
ОНАХТ
БИБЛИОТЕКА

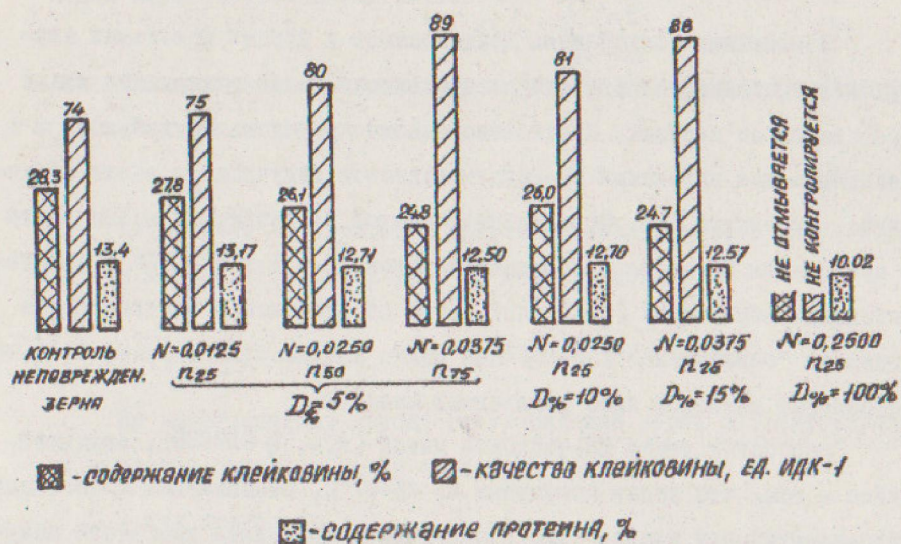


Рис. 3

0,0375; 0,2500. При этом заметно варьируют все исследуемые показатели. Установлено, что даже при незначительных перепадах уровня поврежденности ($D\% = 5\%$, $n = 25, 50, 75\%$) заметна характерная тенденция изменения содержания белковых фракций: увеличение водорастворимого и уменьшение целочес- и спирторастворимого азота. Следовательно, N более тесно отражает связь с биохимическими свойствами, чем традиционно определяемое процентное содержание $D\%$ поврежденных зерен.

Спектрофотометрическими исследованиями установлено, что наибольшим количественным изменениям подвержена водорастворимая фракция, причем ее наименьшее содержание соответствует полностью стекловидным зернам (оптическая плотность $D = 0,60$), наибольшее - поврежденным ($D = 1,29$), мучнистые зерна занимают промежуточное положение. Для спирторастворимой фракции имеет место качественное изменение. Стекловидные зерна характеризуются полосой $\lambda = 0,275\text{ мкм}$,

мучнистым - соответствует дополнительная полоса $\lambda = 0,285\text{ мкм}$. Повреждение зерна клопом-черепашкой характеризуется появлением новой полосы поглощения при $\lambda = 0,230\text{ мкм}$, что свидетельствует об образовании новых низкомолекулярных групп.

Методом полного факторного эксперимента $PO_2 2^2$ установлено, что на упругие свойства клейковины влияет N , изменение O_c существенной роли не играет. Величина O_c не оказывает влияния на амилитическую активность, с ростом же N она возрастает. Изменение N и O_c воздействует на общий и белковый азот в том же направлении, что и на содержание клейковины.

Полученные данные подтверждают правильность выбора O_c и N как показателей качества заготавливаемой пшеницы, комплексно контролируемых инфракрасными приборами ИД-3 и ИНЗЕРАН.

Экономическая эффективность от внедрения разработанных экспресс-методов составит по отрасли хлебозаготовок не менее 1,3 млн. руб. в год.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы, разработаны и испытаны методы оценки некоторых показателей качества зерна пшеницы и риса:

- общей стекловидности по содержанию мучнистых и частично стекловидных зерен;
- степени поврежденности пшеницы клопом-черепашкой с учетом степени поврежденности отдельных зерновок;
- стекловидности и степени поврежденности, основанный на интегральной оценке светового потока, взаимодействующего с зерновкой при ее вращении на полный оборот относительно продольной оси; определены требования к средствам реализации метода;
- установлена возможность определения скрытой зараженности зерна вредителями хлебных запасов путем контроля интенсивности

ИК-теплого излучения, испускаемого предварительно нагретыми (до 45-47°C) зёрнами в процессе их остывания.

2. Установлено влияние частично стекловидных зёрен на точность определения стекловидности стандартными методами:

а) при контроле в статике полная стекловидность характеризуется меньшей, чем общая стекловидность, воспроизводимостью и достоверностью;

б) для получения достоверной информации о стекловидности и поврежденности клопом-черепашкой необходимо осуществлять сканирование по всей поверхности зёрен.

3. Контроль поврежденности зёрна клопом-черепашкой можно унифицировать с методом определения стекловидности на основе использования электронно-оптического преобразователя (ЭОП), чувствительного к коротковолновому ИК-излучению ($\lambda = 0,83 - 0,93$ мкм).

Показана возможность применения ИК-ЭОПа для определения зараженности зёрна вредителями хлебных запасов, контроля трещиноватости риса и разделения мучнистых и глатинозных зёрен. Установлено, что инфракрасный ЭОП индифферентен к таким факторам как цвет оболочек, размеры, влажность и тип зёрна.

4. Показатели стекловидности и поврежденности имеют большой разброс в зависимости от крупности зёрна, поэтому их следует контролировать по произвольно отобраным зёрнам согласно ГОСТ 10889-64.

5. Показана связь стекловидности и степени поврежденности, определяемых по разработанным методам, с рядом показателей качества пшеницы. Установлено, что на упругие свойства клейковины и амилотическую активность влияет степень поврежденности зёрна, стекловидность - не влияет.

6. Спектрофотометрическим методом установлено, что при повреждении зёрна клопом-черепашкой качественные изменения спирторастворимой фракции проявляются в деструкции белковых молекул.

Стекловидные и мучнистые зёрна характеризуются полосой поглощения $\lambda = 0,275 - 0,285$ мкм, поврежденным соответствует дополнительная, более интенсивная полоса $\lambda = 0,230$ мкм.

7. Созданы и испытаны в производственных условиях экспериментальные инфракрасные приборы ИД-3 и ИНЗЕРАН, реализующие разработанные экспресс-методы комплексной оценки качества зёрна пшеницы и риса, и обеспечивающие определение стекловидности (погрешность 1-2%) и поврежденности клопом-черепашкой (погрешность 0,5-1,0%). Продолжительность одного комплексного анализа "стекловидность-поврежденность" 2-3 мин.

8. Использование разработанных методов экспрессного контроля качества зёрна позволяет решить задачу формирования на хлебоприемных предприятиях однородных по технологическим достоинствам партий заготавливаемого зёрна. Экономический эффект от внедрения этих методов составит по отрасли хлебопродуктов не менее 1,3 млн. руб. в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. 573750 (СССР). Устройство для определения качества зёрна / В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, В.Г.Морозов, В.П.Добренко. - Оpubл. в Б.И., 1977, № 35.

2. А.с. 612593 (СССР). Способ определения качества зёрна / В.А.Яковенко, В.Г.Морозов. - Не подлежит опублик. в откр. печати.

3. А.с. 612598 (СССР). Способ определения скрытой зараженности зёрна вредителями / В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, В.Г. Морозов. - Не подлежит опублик. в откр. печати.

4. А.с. 618672 (СССР). Устройство для определения качества зёрна / В.А. Яковенко, Н.К.Наремский, В.Г. Морозов, В.П.Добренко. -

Опубл. в Б.И., 1978, № 29.

5. А.с. 678396 (СССР). Прибор для определения стекловидности и поврежденности зерна / В.Г.Морозов, В.А. Яковенко, Н.К.Наремский. - Опубл. в Б.И., 1979, № 29.

6. Заявка 2523099/28-13 (СССР), Устройство для определения качества зерна / В.Г.Морозов, В.А.Яковенко, Н.К.Наремский. - Решение о выдаче а.с. от 10.07.78.

7. Исследование факторов, влияющих на точность определения качества зерна в инфракрасном излучении / В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, В.Г.Морозов, Н.А.Белицкая, М.В.Гириня - Одесса, 1977. - 6с. - Рукопись представлена Одесским технол. ин-том пищ. пром-ти им. М.В. Ломоносова. Деп. в ЦНИИТЭИ Минзема СССР 1 ноября 1977, № 78.

8. Методы контроля поврежденности зерна пшеницы / В.Г.Морозов, В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, С.Г.Белицкая. - Изв. вузов СССР. Пищ. технол. 1978, №6, с. 114-118.

9. Морозов В.Г., Яковенко В.А., Наремский Н.К. Инфракрасный тепловой метод выявления скрытой зараженности зерна вредителями. - В кн.: Электрофиз. методы обработки пищ. продуктов: Тез. докл. Всесоюзной научной конф. Воронеж, 1977, с. 102-103.

10. Применение инфракрасного излучения для определения зерен, поврежденных клопом-черепашкой / В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, В.Г. Морозов, В.П.Добренко. - Научно-техн. реф. сб. - Сер.: Элеват. пром-сть, М.: ЦНИИТЭИ Минзема СССР, 1976, вып. 3, с. 9-12.

11. Спектральная пропускная способность зерен пшеницы различного качества / В.Г.Морозов, В.А.Яковенко, Н.К.Наремский, С.Г.Белицкая. - Мукомольно-элеват. и комбикорм. пром-сть, 1978, №1, с. 40-41.

12. Яковенко В.А., Морозов В.Г. Инфракрасный зерновой анализатор ИНЗЕРАН серии ИД-3. - Одесса: Проспект ВДНХ СССР, 1978. - 8с.

13. Яковенко В.А., Морозов В.Г. Исследование клейковинных белков зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой, методом ИК-спектрофотометрии. - В кн.: Пути сохранения с.-х. продукции: Тез. Респ. научно-техн. конф. Одесса, 1978, с. 122-123.

14. Яковенко В.А., Морозов В.Г. Методы повышения точности и автоматизация контроля поврежденности и стекловидности пшеницы и риса оптическими способами. - Информ. листок Одесского ЦНТИ, 1978, № 8-78. - 4с.

15. Яковенко В.А., Морозов В.Г. Обоснование параметров инфракрасного анализатора "ИНЗЕРАН" и методика его применения для контроля качества растительных продуктов. - В кн.: Пути сохранения с.-х. продукции: Тез. Респ. научно-техн. конф. Одесса, 1978, с. 120-122.

16. Яковенко В.А., Морозов В.Г. Электрично-оптический метод определения качества зерна. - Реф. информ. о НИР в вузах УССР. Пищ. пром-сть, 1978, вып. 14, с. 60-61.

17. Яковенко В.А., Наремский Н.К., Морозов В.Г. Исследование оптических методов для определения качества зерна пшеницы и риса. - В кн.: Научно-техн. прогресс в зерноперераб. пром-сти: Тез. докл. Всесоюзной конф. Одесса, 1977, с. 22-23.

18. Яковенко В.А., Наремский Н.К., Морозов В.Г. Контроль качества зерновых продуктов с помощью инфракрасного коротковолнового излучения. - В кн.: Электрофиз. методы обработки пищ. продуктов. Тез. докл. Всесоюзной конф. Воронеж, 1977, с. 102.

19. Яковенко В., Наремский Н., Морозов В. Экспрессное определение степени поврежденности зерна клопом-черепашкой. - Мукомольно-элеват. и комбикорм. пром-сть, 1977, №1, с. 34-35.