

Авторефер.
Д 20

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. И. В. ЛОМОНОСОВА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

ДАРМАНЬЯН
ПАВЕЛ МЕЛИКОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
ПРИ ГРАНУЛИРОВАНИИ КОМБИКОРМОВ

Специальность 05.18.02—технология зерновых,
бобовых, крупяных товаров и комбикормов

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ОДЕССА — 1974

Министерство высшего и среднего специального образования
У С С Р

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ДАРМАНЬЯН Павел Меликович

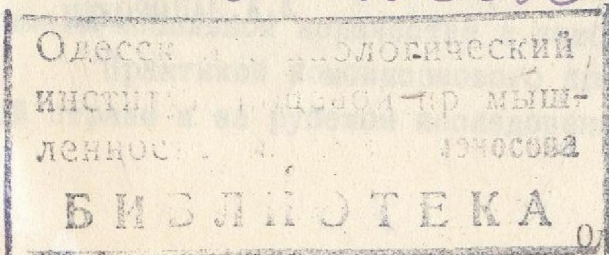
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
ПРИ ГРАНУЛИРОВАНИИ КОМБИКОРМОВ

Специальность 05.18.02 - технология зерновых,
бобовых, крупяных товаров и комбикормов

Переучет 19.87.А.

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

с. в. 42352



ОНАХТ 21.07.11
Исследование химико-



v012352

v012352

Работа выполнена на кафедре органической химии Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова

Научный руководитель - доктор химических наук, профессор
М.С.ДУДКИН

Официальные оппоненты :

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.Я.МАКСАКОВ

Кандидат технических наук, доцент А.Д.ЧМЫРЬ

Ведущее предприятие: Управление комбикормовой промышленности Министерства Заготовок Лит.ССР

Автореферат разослан "20 сентября" 1974 года

Защита диссертации состоится "31" октября 1974 года на заседании Совета Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направить в Совет института по адресу: г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
кандидат технических наук

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ

Актуальность проблемы. В построении материально-технической базы коммунизма огромная роль отводится созданию прочной кормовой базы животноводства и птицеводства. Одним из факторов, обеспечивающих успешное решение этой задачи, является ускоренное развитие комбикормовой промышленности. Согласно решениям XXIV съезда КПСС, объем производства комбикормов в 9-й пятилетке увеличится более, чем в 1,7 раза и к концу 1975 года достигнет уровня 34-40 млн. т.

Значительную часть комбикормов намечается вырабатывать в гранулированном виде, что дает большие преимущества в сравнении с производством рассыпных комбикормов.

Гранулирование улучшает физические свойства комбикормов, благодаря чему обеспечивается их хорошая сохранность, более эффективно используются транспортные средства и складские помещения, сокращаются потери корма при транспортировке и раздаче на местах.

Несмотря на несколько большую стоимость гранулированных комбикормов, кормление ими животных дает значительный физиологический и экономический эффект. При скармливании комбикормов в гранулированном виде повышается усвояемость их животными и птицами, сокращается расход кормов на единицу продукции, что обеспечивает увеличение продуктивности животноводства и птицеводства на 10-20%. Еще больший эффект гранулированные комбикорма дают при кормлении ими рыб, а комбикорма, обогащенные балансирующими добавками и премиксами, целесообразно скармливать только в гранулированном виде.

В связи с высокой эффективностью гранулированных комбикормов, выпуск их в нашей стране к концу 1975 года достигнет уровня 6 млн. т.

Одновременно с ростом производства гранулированных комбикормов стоит задача улучшения их физических свойств, повышения кормовой ценности и расширения ассортимента. Наряду с другими направлениями, для решения этой задачи в последние годы в нашей стране и за рубежом стали использовать так называемые "связующие вещества" (вспомогательные прессующие добавки, связующие агенты и т.д.), представляющие собой разнообразные продукты растительного, животного, минерального и синтетического происхождения, вводимые в небольшом количестве в комбикорма при гранулировании.

Практикой комбикормового производства и проведенными в нашей стране и за рубежом исследованиями Н.И.Полуниной, М.Я.Зицер-

ман, В.Я.Мансакова, Г.И.Вайстиха, А.Д.Чмыря, Э.И.Веркауускаса, В.И.Левченко, Н.А.Пархоменко, Х.Ифоста, Н.Брюггеманна, В.Эберхардта, Г.Вальтера, Г.Харта, А.Хейдемманна и другими установлена значительная эффективность применения связующих веществ (СВ) при гранулировании кормовых продуктов и комбикормов.

Благодаря использованию СВ, стало возможным на 20-40 % и более уменьшить крошимость гранул, сократить потери корма в процессе их выработки и по пути к потребителю.

Добавление СВ в комбикорма при гранулировании способствует повышению эффективности работы прессовой установки: уменьшает износ матрицы, увеличивает производительность пресса, снижает расход пара и электроэнергии и т.д.

СВ, содержащие ценные питательные компоненты, повышают кормовую ценность гранул, являясь для них дополнительным источником энергии, азотистых и минеральных веществ, витаминов.

Использование ряда СВ позволяет вырабатывать гранулированные комбикорма со специальными свойствами, например, с повышенной водостойкостью и т.д.

Целесообразность использования СВ в комбикормовом производстве обусловлена также их доступностью, значительными запасами, относительно низкой стоимостью, присутствием ценных питательных компонентов.

В то же время проведенный анализ состояния использования СВ в комбикормовом производстве показал, что несмотря на развитие этого направления, число СВ, нашедших широкое применение, остается незначительным. Подбор их осуществляется большей частью стихийно, не определены возможные источники для их получения.

Требуется обобщения накопленный в достаточной мере фактический материал по использованию СВ в комбикормовом производстве. До настоящего времени нет единой классификации СВ, не разработана научная основа, определяющая их подбор и направление использования.

Недостаточно изучена специфика ряда СВ, химическая природа и свойства их основных компонентов и их взаимосвязь со связующим действием применяемых продуктов. Остается открытым вопрос о механизме связывания частиц в гранулах с участием СВ, отсутствуют теоретические представления о характере взаимодействия СВ с массой

комбикорма.

Таким образом, обобщение опыта использования СВ в комбикормовой промышленности, создание научных основ для их подбора и использования с целью увеличения числа применяемых СВ, расширения их ассортимента и повышения эффективности действия, является необходимым этапом успешного решения задач, стоящих перед комбикормовой промышленностью.

Цель и основные задачи исследования. Исходя из вышеизложенного, целью нашей работы явилось обобщение опыта использования существующих СВ, исследование химии и технологии новых СВ как основы их применения при гранулировании комбикормов и разработка конкретных рекомендаций для их промышленного внедрения. В соответствии с целью исследования поставлены следующие задачи :

1. Обобщить имеющийся опыт применения СВ при гранулировании комбикормов, сформировать основные требования к их качеству и подбору, разработать классификацию связующих веществ на основе их химической природы.

2. Осуществить подбор новых СВ, разработать технологию их получения из исходного сырья, дать характеристику их химико-технологическим свойствам.

3. Исследовать процесс гранулирования комбикормов с применением СВ, определить его оптимальные условия, обеспечивающие наибольшую эффективность действия СВ.

4. Изучить взаимодействие СВ с массой комбикорма по комплексу физических, химических и физико-химических показателей.

5. Осуществить производственную проверку и обосновать технологическую схему производства гранулированных комбикормов с применением СВ.

6. Провести зоотехническую оценку качества гранул, выработанных в производственных условиях, определить экономическую эффективность применения исследуемых СВ в комбикормовом производстве.

Объем работы. Диссертация состоит из введения и трех глав с выводами. Работа содержит 148 страниц машинописного текста, 17 рисунков, 46 таблиц и 17 приложений. Библиография включает 200 наименований, из которых 50 иностранных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были выбраны два вида комбикормов, изготовленных по рецепту III-I мелкого размола для товарной рыбы и по рецепту 60-I среднего размола для крупного рогатого скота. Выбор этих видов комбикормов обусловлен тем, что они резко отличаются между собой как по составу ингредиентов, так и по химическому составу (таблица I). Первый относится к комбикормам с высоким содержанием белковых веществ, второй - углеводов.

Таблица I
Характеристика исходных комбикормов

№ рецепта	Состав ингредиентов, %								
	жмых подсолнечн.	шрот хлопк	овес	горох	отруби пшеничн	зерноотходы	рыбная мука	соль	мел
III-I	7	7	20	-	55	10,2	-	0,8	-
60-I	30	25	11	20	10	-	3	-	1

№ рецепта	Химический состав, %					
	влажность	ЛПН	клетчатка	сырой жир	сырой протеин	сырая зола
III-I	9,13	49,32	8,16	2,76	14,23	9,45
60-I	8,96	38,12	7,53	3,65	26,76	8,60

Гранулирование исходных комбикормов в лабораторных условиях проводили на стенде, включающем в себя электрический парогенератор, смеситель, прессформу и измерительное оборудование.

Смеситель представляет собой вертикальный цилиндр, внутри которого расположен вал с лопатками. Для ввода пара и СВ он оборудован штуцерами. Прессформа состоит из пуансона и стакана, средняя часть которого представляет собой матрицу, обогреваемую с помощью пара, поступающего в паровую рубашку стакана. В ходе исследования использовали матрицу с диаметром отверстий и длиной канала, принятыми на производстве.

Качество исследуемых продуктов оценивали по химическому составу и физическим свойствам. Химический состав исходного сырья и выделенных из него СВ характеризовали по содержанию легкогидроли-

зуемых полисахаридов (ЛП) - путем гидролиза сырья 2 %-ной HCl в течение 3-х часов при 100°C; крахмала - по Эверсу; клетчатки - по методу Геннеберга и Штомана в модификации П.В.Попова; пентозанов - по количеству образующегося фурфурола; общего азота - по Кьельдалю; "сырого" протеина - исходя из содержания общего азота; лигнина - по весу обезволенного остатка после удаления гемицеллюлоз и целлюлозы; "сырого" жира - по обезжиренному остатку; зольных веществ - путем прямого сжигания без ускорителей; каротина - колориметрическим методом; витаминов B₁ и B₂ - флюориметрическим методом; никотиновой кислоты - по реакции с бромистым роданом; аминокислотного состава белков - методом восходящей бумажной хроматографии.

Физико-химические свойства СВ характеризовали по следующим показателям: вязкость растворов с помощью вискозиметров Оствальда и Гепплера; молекулярную массу полисахаридов - вискозиметрическим методом; плотность растворов - с помощью пикнометра; концентрацию водородных ионов - Рн-метром, плотность студня - по прибору Валента; поверхностное натяжение растворов - сталагмометром; содержание сухих веществ в растворе - по рефрактометру.

Для оценки влияния СВ на качество гранулированных комбикормов изучали основные физические характеристики гранул. Крошимость образцов определяли на вращающемся барабане со скоростью 24 об/мин; ударную прочность - с помощью лабораторного копра со свободно падающим бойком; прочность гранул на сжатие в осевом и продольном направлении - на машине МР-0,05, снабженной реверсивным устройством для сжатия; насыпную массу - в литровой пурке по ГОСТу 108-40-64; плотность гранул - по объему вытесненного масла.

Для определения водостойкости гранул нами был разработан новый более точный метод и прибор, который защищен авторским свидетельством. Метод основан на объективной оценке момента разрушения в воде 25 % массы гранул, соответствующего потере ими первоначальной формы.

Влияние СВ на сохранность гранулированных комбикормов изучали в процессе их хранения в помещении насыпью в течение 6 месяцев. Периодически через каждый месяц отбирались пробы на анализ по следующим показателям: влажность, сырой жир, иодное число жира - по методу Гануса, общая кислотность - по титрованию щелочью, редуци-

рущие сахара - по Бертрану. Одновременно проводили микробиологический контроль общего количества микроорганизмов и оценку загрязнения комбикормов амбарными вредителями.

Гигроскопические свойства рассыпных и гранулированных комбикормов оценивали статическим методом.

Способность СВ повышать водостойкость гранул характеризовали по изменению скорости водопоглощения гранулами, степени их набухания и экстрагируемости в воду растворимых компонентов комбикорма (сухих веществ, свободных сахаров, аминокислот и низкомолекулярных пептидов, минеральных веществ, водорастворимых белков и полисахаридов). Эти показатели оценивали следующими методами: коэффициент водопоглощения - весовым методом по количеству поглощенной гранулами влаги по отношению к сухому веществу комбикорма; степень набухания - по изменению объема гранул по отношению к исходному; экстрагируемость - путем химического анализа водного экстракта и сухого остатка.

Степень химических превращений, происходящих в комбикормах при гранулировании с применением СВ, характеризовали по изменению ферментативной атакуемости белков и крахмала комбикорма, результатом химического анализа водных экстрактов образцов комбикорма (содержание свободных сахаров, ЛПН, общего азота, рН), хроматографического анализа состава водорастворимых углеводов, изменения числа функциональных групп - химическими методами и методом инфракрасной спектроскопии.

Определение ферментализации белков комбикорма проводили по методике А.А.Покровского и И.Д.Ертанова, используя кристаллический пепсин и трипсин. Гидролизуемость крахмала комбикорма ферментами солодового диастаза исследовали по измененному методу З.Ф.Фалуниной и Р.Г.Рахманкуловой.

Моносахаридный состав углеводов устанавливали методом нисходящей хроматографии на бумаге, применяя растворитель н-бутанол-пиридин-бензол-вода в соотношении 5:3:1:3.

Для оценки изменений числа функциональных групп использовали следующие химические методы: альдегидных - по реакции с гидроксиламином, карбоксильных - кальций-ацетатным методом, гидроксильных - по реакции с янтарным ангидридом, аминогрупп - по методу Попе-Стивенсена.

Снятие инфракрасных спектров изучаемых продуктов осуществ-

ляли на инфракрасном спектрофотометре ИКС-14а в спектральной области 4000-700 см⁻¹.

Изучение микроструктуры гранулированного комбикорма проводили с помощью микроскопа в отраженном свете, применяя цветную микрофотографию.

Результаты экспериментов обрабатывали методами математической статистики. При обработке результатов планируемых экспериментов использовали математический аппарат регрессионного анализа.

Производственные испытания процесса гранулирования комбикормов с применением СВ осуществляли на Каунасском, Рокишкисском, Николаевском комбинатах хлебобудочков и Воронежском комбикормовом заводе с использованием отечественных и импортных прессов-грануляторов марки ДГ, "Сенчюри-125" и технологических линий для ввода жидких компонентов на базе отечественного оборудования.

Зоотехническую оценку качества производственных партий гранул проводили:

- гранул для рыб - путем скармливания их в прудах товарной рыбе в производственных условиях по методике, принятой для рыбных хозяйств;
- гранул для крупного рогатого скота - путем скармливания их молодняку крупного рогатого скота на откорме в институте животноводства "Аскания-Нова" по методике, разработанной этим институтом.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ИХ ОБОБЩЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

I. Подбор, выделение и характеристика связующих веществ

Классификация СВ. На основании обзора литературы, анализа и обобщения характеристики СВ, применяемых в комбикормовом производстве, они были систематизированы нами на группы по характеру действия, источникам сырья и химической природе основного связующего компонента.

По характеру действия известные СВ целесообразно разделить на следующие основные группы :

- 1) улучшающие прочностные свойства гранулированных комбикормов (главным образом за счет снижения их крошимости);
- 2) повышающие эффективность работы прессовой установки

(уменьшение износа матрицы, снижение расхода пара и электроэнергии, повышение производительности пресса и т.д.) ;

3) повышающие кормовую ценность гранул (обогащение питательными компонентами, улучшение вкусовых качеств комбикорма) ;

4) СВ специального назначения (повышающие водостойкость гранул для рыб и т.д.).

Большинство СВ выполняет одновременно две или три перечисленные выше функции.

Эффективность СВ в значительной степени определяется их химическими свойствами. С химической точки зрения продукты, применяемые в качестве СВ, чаще всего представляют собой смесь разнообразных соединений, отличающихся качественным и количественным соотношением компонентов. В их числе присутствует один или несколько основных компонентов, обуславливающих связующие свойства применяемых продуктов. Такими связующими компонентами являются преимущественно высокомолекулярные вещества, продукты коллоидного характера, введение которых в комбикорма при гранулировании вызывает улучшение качества гранул и повышение эффективности работы прессового оборудования.

Исходя из этого, нами предложена классификация СВ, основанная на химической природе основного связующего компонента.

Классификация СВ

Органические СВ

1. Углеводсодержащие (меласса, соленый гидрол, крахмал, декстрины и др.)
2. Белковые (кукурузный экстракт, пептидный концентрат, альбумин и др.)
3. Жиродержащие (животные жиры, масла, фосфатидный концентрат и др.)
4. Лигнинсодержащие (сульфитные щелока, бардные концентраты и др.)
5. Комплексные (отходы микробиологического производства, сапронели и др.)
6. Синтетические (поливиниловый спирт, препараты "ОТИ" и др.).

Неорганические СВ (бентонит, каолин и др.).

В каждой из представленных групп объединены продукты, основу которых составляют связующие компоненты органического и неорганического происхождения, относящиеся к определенному классу химических соединений (углеводы, белки, жиры и т.д.). Группу комплексных СВ составляют продукты, содержащие два и более связующих компонентов. Каждая из представленных групп характеризуется определенными свойствами, которые являются основой для подбора и определения направления использования СВ.

Подбор и характеристика исходного сырья. При подборе СВ должны отвечать следующим основным требованиям :

- обладать способностью улучшать процесс прессования и качество вырабатываемых гранул;
- не оказывать токсического действия и не разрушать биологически активных веществ;
- быть дешевыми, доступными и находиться в достаточных количествах;
- хорошо храниться и быть удобными для ввода в комбикорма.

В наших исследованиях в качестве источника для подбора новых СВ использовали растительное сырье и отходы его промышленной переработки. Из всего многообразия видов данного сырья были выбраны следующие представители, наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к подбору СВ :

- концентрат сульфитно-спиртовой барды - отход производства целлюлозы сульфитным способом;
- отходы переработки зерна и древесины, включающие лузгу овса, ячменя, риса, кукурузные стержни и опилки березовой древесины;

- препараты "ОТИ" - новые восполнители кормового белка, фосфора, серы в рационах жвачных животных, созданные в ОТИП им.М.В. Ломоносова профессором М.С.Дудкиным с сотрудниками. Содержат в своем составе гликозилмочевины - продукты химического взаимодействия мочевины и моносахаридов, полученных при гидролизе олигосахаридов мелассы серной ("ОТИ-2") или фосфорной кислотами ("ОТИ-3");

- морские водоросли - филлофора *peruvosa*, цистозира *Varvata* (Черное море), фуцеллярия *fastigiata* (Балтийское море), ламинария *digitata* (Белое море), являющиеся промышленным сырьем для получения пищевых и технических продуктов;

- сапропели - органические илы озер и водоемов.

Отличительной особенностью исследуемых видов сырья является их доступность, значительные запасы и невысокая стоимость.

В наших опытах использовали бардяной концентрат, выработанный на целлюлозно-бумажном комбинате в г.Слока. По данным химического анализа основную часть в нем составляет связующий компонент - лигносульфонат, присутствуют также свободные сахара и ценные минеральные вещества. Бардяной концентрат не является токсичным продуктом и применялся в качестве СВ для приготовления гранулированных комбикормов для птицы. В нашей работе изучена возможность использования данного СВ со специальной целью - для повышения водостойкости гранул для рыб.

В составе отходов переработки зерна и древесины, выбранных для исследования, присутствует 60-75% углеводов, основную массу которых составляют гемицеллюлозы и целлюлоза, являющиеся источником энергии в кормах. Однако, использование этих отходов для непосредственного скармливания ограничено вследствие низкой переваримости клетчатки и ряда других компонентов. В то же время присутствие в данном сырье 22-36 % гемицеллюлоз характеризует его как один из перспективных источников для получения СВ.

Высокая кормовая ценность препаратов "ОТИ-2" и "ОТИ-3" обусловлена наличием в них гликозилмочевин, обладающих замедленной скоростью распада в рубце жвачных животных. В препаратах содержится: гликозилмочевин - 24-25 %, свободных сахаров - 21-23 %, азота - 8-10 %, серы - 1,5 %, фосфора - 3,0%. Многолетний опыт производства и скармливания препаратов "ОТИ" показал, что 1 кг их восполняет в кормовых рационах жвачных животных 460-500 г переваримого протеина, что способствует увеличению прироста мяса при одновременной экономии кормов на единицу продукции.

Кормовую ценность изучаемых видов водорослей, заготовленных в различный период соответствующими водорослевыми заводами, и сапропеля, добытого в озере Лиелауцес Латв.ССР устанавливали по содержанию ЛПН, сырого протеина, зольных веществ, аминокислотному составу белков и количеству витаминов. Для данного сырья характерно высокое содержание ЛПН - 20-35 %, белков - 10-30 % и минеральных веществ - 11-19 %. Белковые вещества содержат значительное количество незаменимых аминокислот, присутствующих в различных соотношениях. В составе минеральных веществ водорослей и сапропеля присутствует целый ряд необходимых организму животных макро- и

Таблица 4
Влияние СВ на качество гранулированных комбикормов

Связующее вещество	Рецепт III-I			Рецепт 60-I	
	Влаж- ность, %	Гирошк- ность, %	Вводе- стой- кость, мин	Влажность, %	Крошимость, %
Контроль (без СВ)	12,2	1,90	40	11,4	2,81
Бардяной концентрат	12,5	0,98	130	-	-
Экстракты гемицел- люлов	12,0-	0,99-	83-	-	-
	12,5	1,72	133		
Экстракты водорос- лей	12,0-	1,07-	82-	11,7	0,98
	12,3	1,21	100		
Сапропель	12,4	1,06	115	11,4	1,02
Препараты "ОТИ"	-	-	-	11,5-	1,26-
				11,6	1,36

Из числа исследуемых экстрактов ГМЦ наиболее эффективными являются СВ, полученные из лузги овса и ячменя, содержащие наибольшее количество связующего компонента. Среди экстрактов водорослей лучшие связующие свойства проявляют экстракты филофоры и фуцеллярии, содержащие в качестве связующего компонента сульфированные полисахариды, обладающие высокой способностью к межмолекулярному взаимодействию.

В результате применения СВ улучшились также структурно-механические свойства гранул. В частности, при введении в комбикорм для рыб бардяного концентрата увеличилась прочность гранул на удар с 916 до 1040 дж/кг и прочность на статическое сжатие в осевом направлении на 70 % и в поперечном - на 53 %.

Улучшение структурно-механических свойств гранул при введении СВ позволило повысить выход целевого продукта при получении из гранул крупки для молодняка рыбы на вальцевых станках. Сравнительное изучение эффективности измельчения контрольных гранул (без СВ) и опытных (полученных с введением бардяного концентрата) показало, что при взаимноперпендикулярной нарезке валков и величине рабочего зазора 0,5-1,0 мм выход крупки для опытных гранул увеличивается на 3,8-4,8 %, а при обычной мельничной нарезке валков - на 5,3-6,7 % с одновременным снижением выхода мучнистой фракции.

СВ/ВО 12352

Благодаря введению СВ улучшилась сохранность гранулированного комбикорма для рыб. При хранении опытных гранул в течение 3-х месяцев насыпью их основные качественные показатели практически не изменились, в отличие от контрольных гранул.

При гранулировании комбикорма для крупного рогатого скота в найденных оптимальных условиях введение СВ обеспечило уменьшение крошимости гранул более, чем вдвое (таблица 3). Одновременно с этим повысилась кормовая ценность продукта за счет обогащения его белковыми веществами, макро- и микроэлементами, витаминами и другими ценными питательными компонентами, присутствующими в составе СВ.

Кроме того, введение СВ, в частности препаратов "ОТИ", способствовало улучшению сохранности гранулированного продукта. При хранении образцов комбикорма в течение 6-ти месяцев насыпью не наблюдалось существенных изменений основных показателей химического состава в опытных гранулах, в отличие от контрольных и рассыпного комбикорма. Микробиологический контроль исследуемых образцов также показал лучшую сохранность гранулированных комбикормов, содержащих препараты "ОТИ".

3. Характеристика процесса взаимодействия связующих веществ с массой комбикорма

Проведенные исследования позволили установить, что изучаемые СВ в процессе гранулирования вызывают изменение характера связей между частицами комбикорма, в результате чего улучшаются структурно-механические свойства гранул и повышается их водостойкость. В связи с этим было проведено изучение характера взаимодействия СВ с массой комбикорма. Из всего многообразия характеристик процессов, протекающих в комбикормах при гранулировании в введении СВ был выбран ряд показателей, отражающих на наш взгляд, различные стороны этого взаимодействия.

Как отмечалось ранее, при использовании изучаемых продуктов основное влияние на качество гранул оказывают связующие компоненты. Для подтверждения этого положения нами из исследуемых связующих добавок были выделены полимерные компоненты и дана характеристика их химической структуры и физико-химических свойств (П.2.3.дисс.). Выделенные связующие компоненты затем были введены в одинаковом количестве в комбикорм для рыб при гранулировании.

Характеристика физических свойств полученных гранул (табл.5) показала, что исследуемые полимерные вещества проявляют высокие связующие свойства : увеличивают прочность гранул, повышают плотность упаковки частиц и устойчивость связей между ними к действию воды.

Таблица 5

Влияние связующих компонентов на качество гранул

Исходный продукт	Связующий компонент	Характеристика гранул		
		Кроши- мость, %	Плот- ность 10^3 г/м^3	Водостой- кость, мин
Гранулы без СВ (контроль)	-	1,90	1,28	40
Бардной концентрат	Лигносульфонат	1,10	1,34	104
Экстракт луэги осяа	Гемицеллюлозы	0,97	1,35	139
Экстракт филлофори	Филлофоран	1,02	1,34	145
Экстракт цистозаиры	Альгинат	1,13	1,32	102
Сапропель	Гуминовые кислоты	1,07	1,35	113

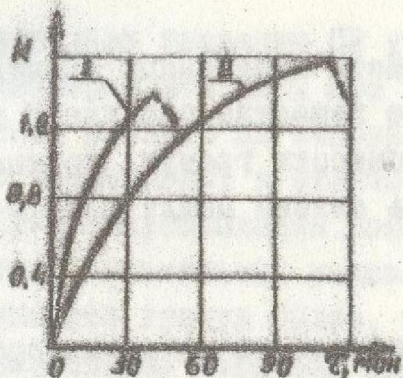
Эффективность каждого из связующих компонентов зависит от его химической природы и определяется целым рядом свойств таких, как величина молекулярной массы, гибкость полимерной цепи, число функциональных групп в макромолекуле, специфика ее вторичной структуры и другие. По комплексу этих показателей наиболее эффективными связующими компонентами являются сульфированные полисахариды водорослей и гемицеллюлозы.

Одним из основных свойств исследуемых СВ является способность их повышать водостойкость гранул. Для выяснения причины этого явления, нами на примере бардного концентрата изучено влияние СВ на основные факторы, определяющие устойчивость гранул в воде : скорость проникновения воды вглубь продукта, степень набухания биополимеров во всем объеме гранул и экстрагируемость в воду растворимых компонентов комбикорма.

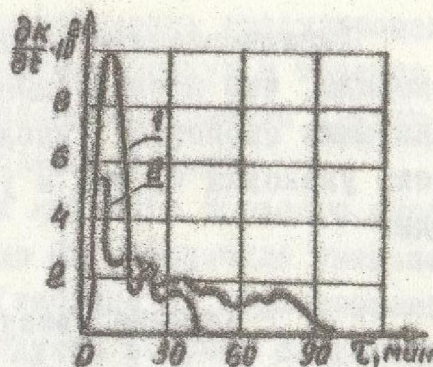
Исследование динамики и скорости водопоглощения контрольными и опытными гранулами (рис.1) показало, что для обоих видов гранул процесс протекает ступенчато, что связано с различием в составе и структуре частиц, вызывающем анизотропию. Для опытных гранул скорость поглощения воды, особенно в начальный период, значительно ниже вследствие их более плотной структуры.

С.В.О 12352

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. С. П. Ломоносова

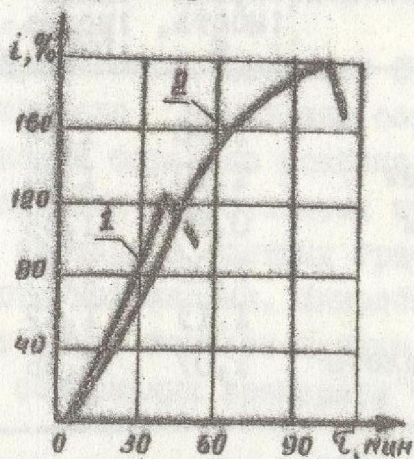


а) динамика водопоглощения

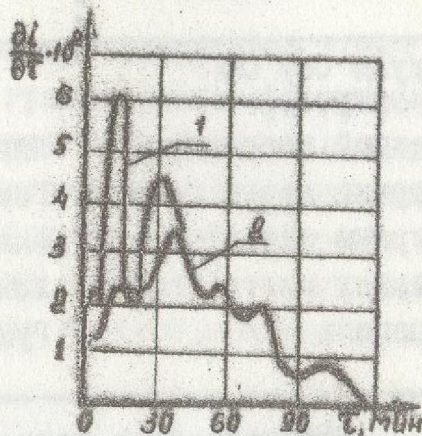


б) скорость водопоглощения

Характеристика водопоглощения гранулами.



а) динамика набухания



б) скорость набухания

Характеристика набухания гранул.

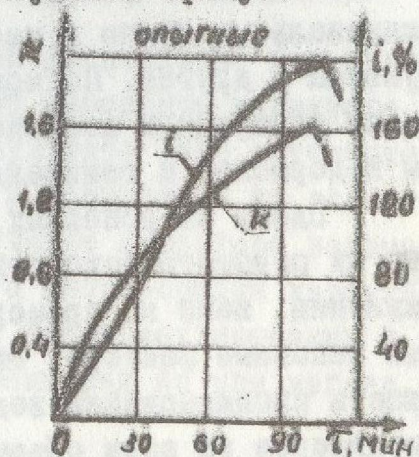
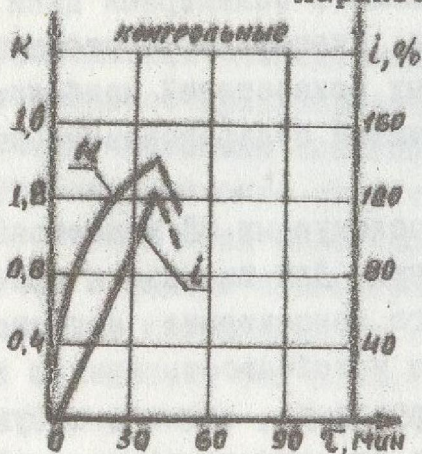


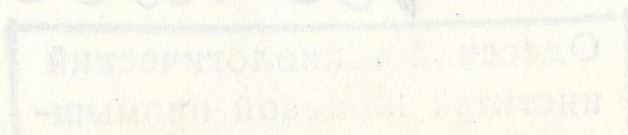
Рис. I. Характеристика процессов набухания и водопоглощения гранулами.

1 - контрольные гранулы; 2 - опытные гранулы

--- начало разрушения гранул

i - степень набухания; K - коэффициент водопоглощения

5281025



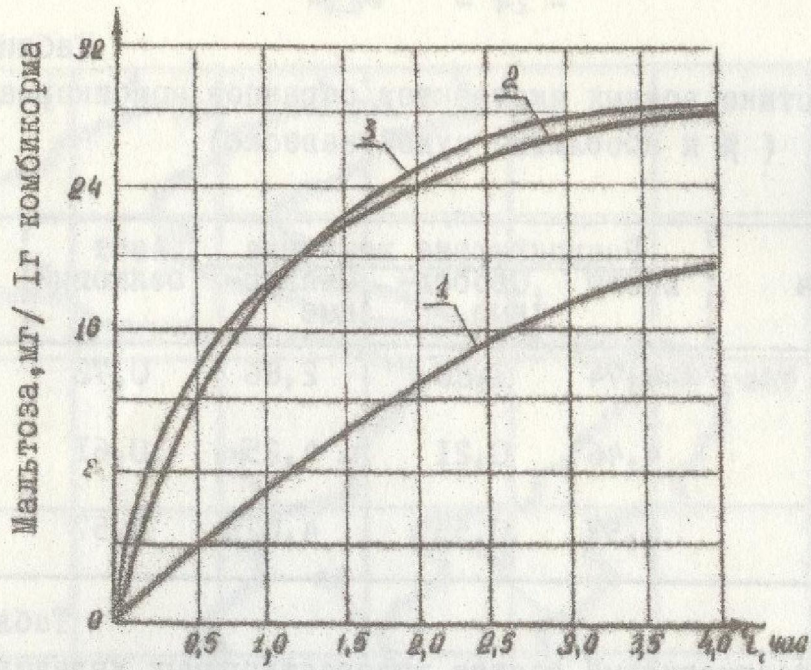


Рис. 4. Атакуемость крахмала комбикорма ферментами солодового диастаза.

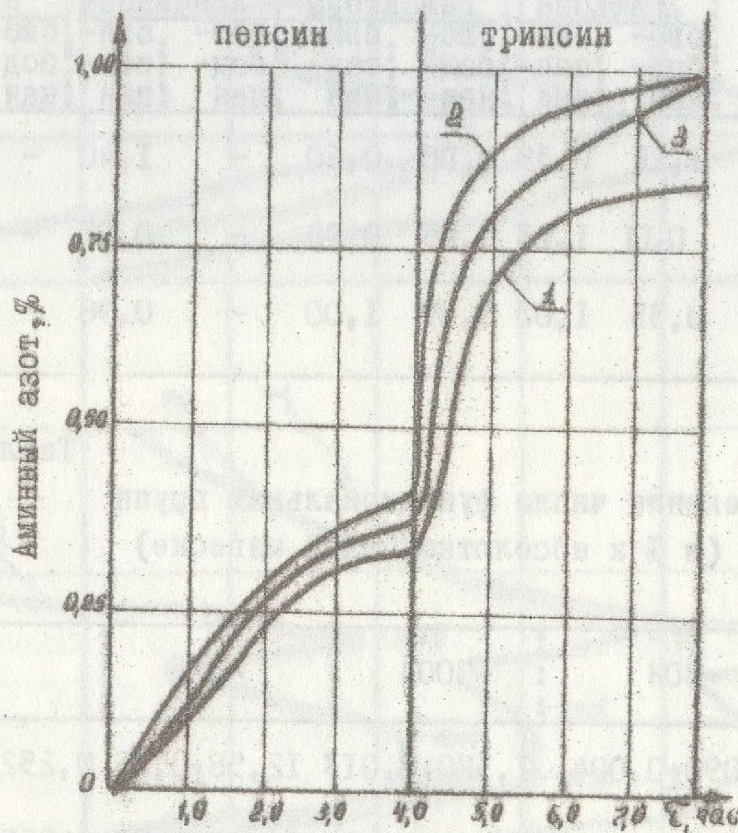


Рис. 5. Атакуемость белков комбикорма протеолитическими ферментами

1 - рассыпной комбикорм; 2 - контрольные гранулы;

3 - опытные гранулы.

Таблица 6

Характеристика водных экстрактов образцов комбикорма
(% к абсолютно сухой навеске)

Образец комбикорма	Редуцирующие вещества			Азот белковый	РН
	Всего	Свободные	Связанные		
Рассыпной	4,74	1,88	2,86	0,72	6,25
Гранулы (контроль)	4,46	0,21	4,25	0,61	6,34
Гранулы (опытные)	4,57	0,55	4,02	0,57	6,37

Таблица 7

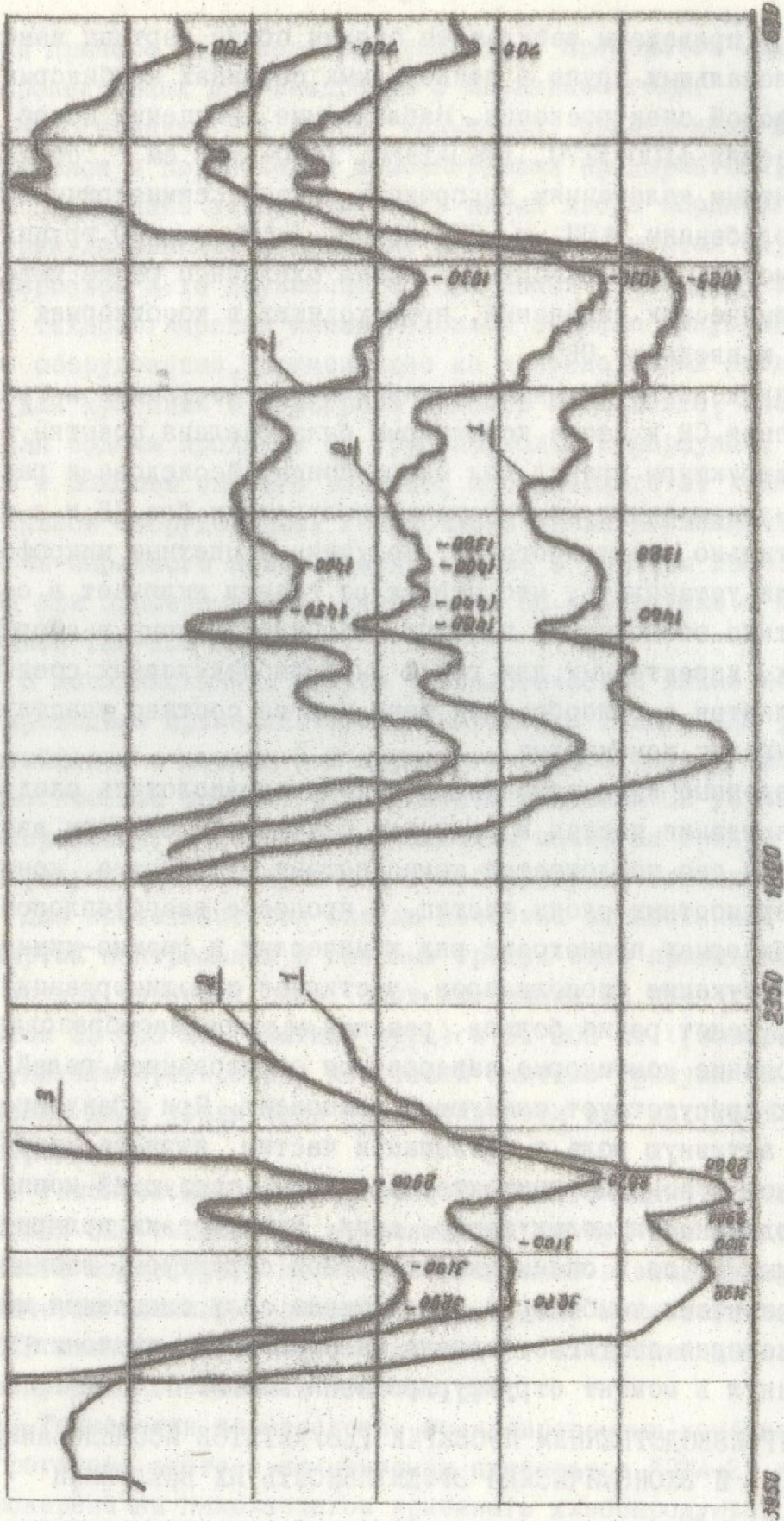
Моносахаридный состав водорастворимых углеводов
(в % к абсолютно сухой навеске)

Образец комбикорма	Глюкоза		Галактоза		Арабиноза		Ксилоза	
	свободная	связанная	свободная	связанная	свободная	связанная	свободная	связанная
Рассыпной	1,28	0,39	0,30	0,60	-	1,40	-	0,24
Гранулы (контроль)	0,11	1,23	0,05	0,99	-	0,93	-	0,45
Гранулы (опытные)	0,35	1,03	0,09	1,00	-	0,96	-	0,40

Таблица 8

Изменение числа функциональных групп
(в % к абсолютно сухой навеске)

Образец комбикорма	-СОН	-СООН	-ОН	-NH ₂
Рассыпной	0,090±0,004	1,320±0,013	12,58±0,15	0,252±0,005
Гранулы (контроль)	0,126±0,008	1,452±0,013	10,96±0,33	0,228±0,005
Гранулы (опытные)	0,117±0,004	1,476±0,021	9,60 ±0,22	0,210±0,005



Гис. 6. Инфракрасные спектры образцов комбикорма.

1 - рассыпной комбикорм; 2 - контрольные гранулы; 3 - сыпучие гранулы

На рис.6 приведены результаты оценки общей картины изменения числа функциональных групп в исследуемых образцах комбикорма методом инфракрасной спектроскопии. Наблюдаемые изменения полос поглощения в областях 3100-3270, 1460-1380, 1640-1500 см^{-1} , соответствующих валентным колебаниям водородных связей, симметричным и асимметричным колебаниям $=\text{CH}_2$ и $-\text{CH}_3$ групп, $=\text{NH}$ и $=\text{CO}$ групп пептидной связи, могут служить подтверждением сделанным ранее выводам о характере химических изменений, происходящих в комбикормах при гранулировании и введении СВ.

Для определения характера связей между частицами в гранулах и распределения СВ в массе комбикорма была сделана попытка визуальной оценки структуры гранул под микроскопом. Исследовали различные участки гранулированных комбикормов, полученных без СВ и с введением предварительно окрашенного СВ. Полученные цветные микрофотографии позволили установить, что структура гранул включает в себя отдельные жесткие оболочечные частицы, зафиксированные в аморфных набухших зонах, характерных для гелей высокомолекулярных соединений. СВ распределяется в гелеобразной фазе и в ее составе участвует в связывании частиц комбикорма.

Проведенные исследования позволили предположить следующий механизм связывания частиц в гранулах с участием СВ. При введении в комбикорм СВ оно поглощается компонентами комбикорма, концентрируясь в поверхностных слоях частиц. В процессе влаготепловой обработки в комбикормах происходит ряд химических и физико-химических процессов: набухание биополимеров, частичная денополимеризация полисахаридов, денатурация белков, реакция меланоидинообразования и др. Кондиционирование комбикорма завершается образованием гелей, в составе которых присутствует связующий компонент. При гранулировании гели играют активную роль в связывании частиц, являясь цементирующим материалом в зоне их контакта. При этом, связующий компонент, благодаря подвижности молекулярной цепи, присутствию полярных функциональных групп и специфике вторичной структуры, взаимодействует с компонентами комбикорма, увеличивая силу сцепления между частицами, которая достигает своего максимального значения при охлаждении гранул в момент структурирования гелей.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

Эффективность исследуемых СВ в условиях производства изу-

чали на примере бардяного концентрата и препаратов ОТИ, как наиболее перспективных для внедрения в ближайшие годы.

На основании 3-х летних испытаний, проведенных на Каунасском, Рокишкисском и Воронежском комбикормовых предприятиях, была обоснована и предложена технологическая линия ввода бардяного концентрата в гранулированные комбикорма для рыб. Ее монтаж осуществлен в комбикормовом цехе Каунасского управления хлебопродуктов. В основу данной технологической линии положено серийно выпускаемое отечественное оборудование, применяемое на комбикормовых предприятиях: емкости для хранения и подогрева жидкого компонента, шестеренчатые насосы для подачи продукта по трубопроводам к форсунке, где СВ распылялось с помощью сжатого воздуха, поступающего от компрессора, и измерительное оборудование. Установлена также возможность дозирования и подачи бардяного концентрата в пресс с помощью насоса-дозатора серии ИД при одновременном распылении СВ в форсунке с помощью пара давлением 120-150 кПа.

С использованием данной технологической линии на прессе "С-125" была проведена производственная выработка гранул для рыб повышенной водостойкости с вводом 5 % бардяного концентрата в рекомендованном технологическом режиме. В результате введения СВ улучшился процесс гранулирования, а основные показатели качества гранул были аналогичны результатам, полученным в лабораторных опытах.

Для зоотехнической оценки качества выработанных производственных партий контрольных и опытных гранул было проведено скармливание их в прудах товарной рыбы. Опыт проводили на карпах-трехлетках в количестве 22 000 шт. (опытный пруд) и 51 000 шт. (контрольный пруд). В результате проведенных испытаний опытные гранулы за 20 суток кормления дали увеличение продуктивности рыб на 6,8 % по сравнению с контрольными.

Решением Научно-технического Совета Министерства заготовок Литовской ССР технология производства гранул для рыб с применением бардяного концентрата принята к внедрению в этой республике. Согласно расчетам планово-экономического отдела Министерства заготовок Лит. ССР экономическая эффективность от внедрения данной технологии по республике составляет 396 тыс. руб.

Технология производства гранулированных комбикормов для крупного рогатого скота с применением препаратов "ОТИ-2" и "ОТИ-3" была проверена на Николаевском комбинате хлебопродуктов на прессе ДГ. В процессе выработки опытных партий гранул препараты, полученные на

производственной установке, вводили в комбикорм в количестве 8,5 % по линии, аналогичной линии ввода мелассы.

В ходе гранулирования снизилась нагрузка на электродвигатель пресса, сократился расход пара и уменьшилась температура прессуемого комбикорма с 70⁰С до 45-50⁰С. В результате введения СВ снизилась крошимость гранул, повысилась их кормовая ценность, в частности, на 30% увеличилось содержание переваримого протеина.

Для зоотехнической оценки качества выработанных производственных партий гранул было проведено опытное скармливание их молодняку крупного рогатого скота в институте животноводства "Аскания-Нова". Животные получали исходный рассыпной комбикорм, гранулы контрольные и опытные - содержащие препараты "ОТИ". В результате трехмесячного кормления в опытных группах увеличился весовой прирост животных на 6,73 % ("ОТИ-2") и 14,61 % ("ОТИ-3"), снизились затраты корма на единицу привеса на 10-15 %.

По заданию Министерства заготовок СССР технология производства гранулированных комбикормов с применением препарата "ОТИ-3" внедряется в комбикормовой промышленности Молдавской ССР и РСФСР.

Использование промышленных установок по производству препарата "ОТИ-3" при откормочных хозяйствах, насчитывающих в среднем 10 тыс. голов крупного рогатого скота, введение и скармливание препарата в составе гранулированных комбикормов даст этим хозяйствам экономический эффект в размере 68,4 тыс.руб. Срок окупаемости установки по производству препарата составляет менее 1 месяца.

На основании разработанного нами нового метода определения водостойкости гранул, совместно с ВНИИКИ был подготовлен и предложен его модифицированный вариант, предназначенный для промышленного использования. Производственная проверка на ряде комбикормовых предприятий и рыбных хозяйств Литвы, РСФСР, Украины, а также испытания, проведенные Харьковской машиноиспытательной станцией Министерства Заготовок СССР, показали объективность, повышенную точность и надежность нового метода по сравнению со стандартным. На основании проведенных испытаний и заключения Харьковской МИС, метод принят к внедрению и введен в проект нового отраслевого стандарта на гранулированные комбикорма для рыб. Согласно расчетам, внедрение нового метода обеспечит экономический эффект в размере 480 руб в год с каждого прибора.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. На основании обобщения характеристики существующих СВ предложена их классификация, основанная на химической природе присутствующих в них связующих компонентов.

2. Установлена возможность использования ряда видов растительного сырья и продуктов его переработки в качестве источников СВ: бардяного концентрата, отходов переработки зерна и древесины, препаратов "ОТИ", морских водорослей, сапропелей. Оптимальными условиями выделения связующих компонентов из исходного сырья являются :

а) гемицеллюлоз - из отходов переработки зерна и древесины: экстракция 6 %-ной щелочью, модуль 5:1, в течение 1-2 часов, при 100°C;

б) коллоидных полисахаридов - из водорослей: экстракция водой, модуль 10:1, в течение 1,5-2,0 часа при 98-103°C (филлофора, фурцеллярия) и 2,3%-ным раствором соды, модуль 10:1, в течение 1,0-1,5 час, при 68-70°C (цистозира, ламинария).

3. В исследуемых продуктах основную часть составляют связующие компоненты - природные полимеры различного характера. Кроме того, в них содержатся белковые вещества, углеводы, микроэлементы, витамины, присутствующие в различных соотношениях.

4. По физическим свойствам изучаемые связующие добавки, за исключением сапропеля, представляют собой жидкие продукты, которые могут вводиться в комбикорма распылением с предварительным подогревом до 60°C, либо без подогрева (экстракты гемицеллюлоз). Исследуемые продукты хорошо хранятся, имеют среду, близкую к нейтральной.

5. Разработан новый метод и прибор для определения водостойкости гранулированных комбикормов, основанный на объективной оценке момента разрушения в воде 25 % массы гранул, соответствующего потере ими первоначальной формы.

6. Изучение условий гранулирования комбикормов для товарной рыбы и крупного рогатого скота с использованием СВ и оценка их влияния на качество гранул позволили рекомендовать следующие параметры прессования, при которых достигается наибольшая эффективность действия изученных СВ :

а) комбикорм для рыб - давление пара 400-500 кПа, температура комбикорма - 80-85°C, влажность смеси - 17,0-17,5%, коли-

чество СВ - 5-10 % к весу комбикорма;

б) комбикорм для крупного рогатого скота - давление пара 200-250 кПа, температура комбикорма - 50-55⁰С, влажность смеси - 15,5-16,0%, количество СВ - 5-10 %.

7. Установлено, что введение 5-7 % бардяного концентрата, содержащего лигносульфонат, обеспечивает повышение водостойкости гранул для рыб до 2-х часов. Одновременно улучшаются их структурно-механические свойства: вдвое снижается крошимость гранул, увеличивается прочность их на удар - на 15% и на статическое сжатие - на 53-70 %. Это обеспечивает увеличение выхода крупки на 3,8-6,7 % при измельчении гранул на вальцовых станках.

При использовании 10% экстрактов ГМЦ, 10% экстрактов водорослей, 5% сапропеля водостойкость гранул для рыб достигает 83-133 мин, уменьшается их крошимость на 10-50%.

Показано, что при введении в комбикорм для крупного рогатого скота 7% препаратов "ОТИ", 10% экстракта филофоры, 5% сапропеля крошимость гранул снижается на 50-65%, повышается их кормовая ценность за счет обогащения питательными компонентами, присутствующими в составе СВ.

8. Сравнительное изучение изменений физических свойств, химического состава и микрофлоры образцов комбикорма показало, что благодаря введению СВ, в частности препаратов "ОТИ", гранулы могут храниться в помещении насыпью в течение 6-ти месяцев без существенных изменений их основных показателей, в отличие от рассыпного комбикорма и контрольных гранул.

9. Эффективность действия СВ зависит от химической природы связующего компонента. Из числа выделенных полимерных компонентов наиболее высокие связующие свойства проявляют сульфированные галактаны водорослей и гемицеллюлозы, характеризующиеся специфичной вторичной структурой и наличием реакционноспособных центров в молекулярной цепи.

10. Установлено, что увеличение водостойкости гранул для рыб при введении СВ достигается в результате снижения скорости водопоглощения и набухания гранул, уменьшения экстрагируемости в воду растворимых компонентов комбикорма. Интенсивность указанных процессов изменяется вследствие увеличения плотности структуры гранул и взаимодействия СВ с компонентами комбикорма.

11. Введение СВ в гранулированные комбикорма способствует уменьшению скорости поглощения паров воды и величины равновесной

влажности продукта, что обеспечивает его лучшую сохранность.

12. Установлено, что в результате гранулирования изменяется устойчивость биополимеров комбикорма к действию ферментов: увеличивается атакуемость крахмала ферментами солодового диастаза на 50,8%, возрастает гидролизуемость белковых веществ пепсином и трипсином на 19,8%. Введение СВ оказывает незначительное влияние на характер и степень ферментативного гидролиза белков и крахмала комбикорма.

13. На основании проведенного комплекса химических и физико-химических исследований, а также изучения микроструктуры гранул установлено, что в процессе гранулирования в комбикормах протекает ряд химических и физико-химических процессов: набухание биополимеров, частичная деполимеризация полисахаридов, денатурация белков, реакция меланоидинообразования и другие. Связующий компонент (лигносульфонат) взаимодействует с биополимерами комбикорма, главным образом с белковыми веществами, вызывая снижение их растворимости.

Предложен механизм связывания частиц в гранулах с участием СВ, основанный на способности связующего компонента увеличивать степень межмолекулярного взаимодействия в зоне контакта частиц.

14. По результатам проведенных исследований предложена и испытана в производстве технологическая линия львода бардяного концентрата в гранулированные комбикорма для рыб. Скармливание выработанных гранул повышенной водостойкости карповым рыбам дало увеличение весового прироста рыб на 6,8% по сравнению с контрольными гранулами без СВ. Данная технология принята к внедрению в комбикормовой промышленности ЛитССР, ожидаемый экономический эффект по этой республике составляет 369 тыс руб.

15. Проведена производственная проверка технологического режима гранулирования комбикормов для крупного рогатого скота с применением препаратов "ОТИ". Скармливание выработанных гранул молодняку крупного рогатого скота дало дополнительное увеличение прироста животных на 6,73% ("ОТИ-2") и 14,61% ("ОТИ-3"), снижение затрат корма на 10-15% по сравнению с контролем. Экономическая эффективность применения препарата "ОТИ-3" в составе гранул для жвачных животных для откормочных хозяйств на 10 тыс голов составляет 68,4 тыс руб. Срок окупаемости установки по производству препарата для данного хозяйства равен 0,64 месяца.

16. Совместно с ВНИИКП разработан промышленный вариант нового метода определения водостойкости гранул. На основании производственной проверки и испытаний Харьковской МИС метод принят к внедрению и введен в проект нового отраслевого стандарта на гранулированные комби-

корма для рыб. Внедрение нового метода обеспечит экономический эффект в размере 480 руб в год с каждого прибора.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах :

1. П.М.Дарманьян, К.А.Серова. Применение растительных полимеров для получения водостойких гранулированных кормов. Тезисы докладов IV городской конференции по химии молодых ученых и производственников. Одесса, 1970, с.108-109.
2. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян, К.А.Серова, А.А.Кочетова. Гранулированные комбикорма повышенной водостойкости для рыбы. - "Хранение и переработка зерна", № 8, 1970, с.23-25.
3. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян. Использование водорослей при гранулировании комбикормов. - "Хранение и переработка зерна", № 8, 1971, с.30-32.
4. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян, Э.И.Веркаускас. Бардные концентраты для гранулирования комбикормов. - "Гидролизная и лесохимическая промышленность", № 7, 1971, с.8.
5. П.М.Дарманьян, М.С.Дудкин. Определение водостойкости гранулированных комбикормов. - "Хранение и переработка зерна". Серия "Комбикормовая промышленность", вып.3, 1972, с.1-3.
6. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян. Использование сапропелей при гранулировании комбикормов. - "Хранение и переработка зерна". Серия "Комбикормовая промышленность", вып.1, 1972, с.23-27.
7. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян, С.И.Гриншпун, Б.М.Мусюк, А.Д.Легкий, М.А.Комиссаренко. Препарат ОТИ для приготовления кормов. "Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность", № 7, 1973, с.35-36.
8. П.М.Дарманьян, М.С.Дудкин. Связующие вещества при гранулировании комбикормов. М., ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973.
9. М.С.Дудкин, П.М.Дарманьян. Гемиллелюлозы - новые связующие вещества при гранулировании комбикормов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Продукты переработки древесины" - сельскому хозяйству", Рига, "Зинатне", 1973, ч.Ш, с.12-32.
10. П.М.Дарманьян, М.С.Дудкин. Разработка метода определения водостойкости гранулированных комбикормов для рыб. "Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность" Киев, "Вища школа", вып.7, 1973, с.53.

11. М.А.Комісаренко, О.М.Іванова, М.С.Дудкін, С.І.Гріншпун, Н.Г.Шкантова, П.М.Дарманьян. "ОТІ-3 в складі гранульованого комбікорму". "Тваринництво України", № 2, 1973, с.36-37.
12. П.М.Дарманьян, М.С.Дудкин. Повышение водостойкости гранулированного комбикорма для рыб за счет применения новых связующих веществ. "Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность". Киев, "Вища школа", вып.7, 1973, с.54.
13. М.С.Дудкин, И.В.Аршидзе, П.М.Дарманьян, Е.И.Козарез, Е.Ф.Селич. Новые направления комплексного использования растительных ресурсов Черного моря. Материалы Всесоюзного симпозиума по "Изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов", Киев, "Наукова думка", 1973, ч.Ш, с.32-36.
14. М.С.Дудкин, С.И.Гриншпун, П.М.Дарманьян. Новый восполнитель протеина в комбикормах для жвачных животных. Экспресс-информация. М., ЦНИИТЭИ Минзага СССР, вып.2, 1974.
15. П.М.Дарманьян, М.С.Дудкин. Устройство для определения водостойкости гранулированных комбикормов. Авторская заявка на изобретение № 1496428/28-13 от 23.XI.1970. Решение Комитета по делам изобретений о выдаче авторского свидетельства от 2.XI.1973.
По результатам работы сделаны доклады на оледующих научных конференциях :
 1. На Всесоюзной научной конференции по "Перспективам развития комбикормовой промышленности", Воронеж, ноябрь, 1972.
 2. На Всесоюзном симпозиуме по "Изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов", Севастополь, октябрь, 1973.
 3. На Всесоюзной научной конференции "Продукты переработки древесины - сельскому хозяйству", Рига, октябрь, 1973.
 4. На Всесоюзном совещании "Морская альгология - макрофитобентос", Москва, сентябрь, 1974.
 5. На IV городской конференции по химии молодых ученых и производителей, Одесса, сентябрь, 1970.
 6. На XXX-XXXVI научно-технических конференциях Одесского технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоносова, Одесса, 1969-1974.