

ДВОР ер.  
Л 38

Министерство высшего и среднего специального образования УССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

---

На правах рукописи

Аспирант

ЛЕВЧЕНКО ВАЛЕНТИН ИВАНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Специальность 05.18.02. Технология зерновых,  
бобовых, крупяных товаров и комбикормов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1976

Министерство высшего и среднего специального образования СССР  
Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. М. В. Ломоносова

На правах рукописи

Аспирант

ЛЕВЧЕНКО ВАЛЕНТИН ИВАНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Специальность 05.18.02. Технология зерновых,  
бобовых, крупяных товаров и комбикормов

Переучет 1987

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

v012939

Одесский технологический  
институт пищевой промыш-  
ленности им. М. В. Ломоносова  
Б И Б Л И О Т Е К А

ОНАХТ 29.06.12  
Исследование и разра

Одесса, 1976



v012939

Диссертационная работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова и Украинском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности.

Научные руководители :

доктор технических наук, профессор И.Т. Мерко,  
доктор химических наук, профессор М.С.Дудкин.

Официальные оппоненты :

Заслуженный деятель науки УССР доктор технических наук,  
профессор А.Г.Забродский,  
кандидат технических наук, доцент А.Д. Чмырь.

Ведущая организация

Главное управление комбикормовой промышленности Министерства заготовок УССР.

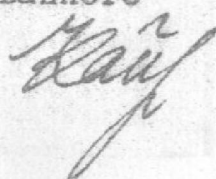
Автореферат разослан "24 ноября 1976 года.

Защита диссертации состоится "27 " декабря 1976 года  
в 14.00 часов на заседании специализированного Совета МК0683502  
Одесского технологического института пищевой промышленности  
им. М.В.Ломоносова.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направить в Совет института по адресу:  
279039, Одесса-39, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь специализированного  
Совета к.т.н., доцент



И.К.ЧАЙКА

## І. В В Е Д Е Н И Е

В настоящее время ставится задача максимально удовлетворить потребность населения в белковых продуктах питания. Перспективным источником полноценного пищевого белка является рыба, которая с каждым годом занимает все большее место в питании человека. В соответствии с основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы производство прудовой рыбы в десятой пятилетке должно быть увеличено в 1,7 раза, в основном за счет таких видов рыб /карп, форель, бестер и другие/, которые в силу своих биологических особенностей обеспечивают высокую продуктивность в условиях массового целенаправленного выращивания и кормления. Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить рыбоводство страны высококачественными комбикормами.

**А к т у а л ь н о с т ь п р о б л е м ы .** При выращивании прудовой рыбы до 80% продукции получают за счет использования искусственных кормовых смесей. Производимые же промышленностью гранулированные комбикорма для рыб не обладают требуемым качеством /прочность, водостойчивость, питательность/, что приводит к значительным /до 40%/ потерям при хранении, перемещении, раздаче и скармливании. Снижается также и питательная ценность гранул в водной среде. Поэтому затраты корма на единицу прироста рыбы составляют в среднем 5 кормовых единиц при имеющихся принципиальных возможностях их сокращения. Кроме того, распад гранул в воде приводит к ухудшению гидрохимических условий водоемов и уменьшению рыбопродуктивности. В связи с этим разработка технологии производства водостойчивых гранулированных комбикормов, отвечающих физиологическим потребностям рыбы, является одной из важных народнохозяйственных задач.

**С о с т о я н и е в о п р о с а .** Существующие технологические приемы выработки комбикормов для рыб - замешивание рассыпных

комбикормов до тестообразного состояния, "сухое" гранулирование, гранулирование методом накатывания, брикетирование и другие - не обеспечивают требуемых показателей качества корма. Анализ опубликованных материалов и практика работы предприятий показали, что несмотря на определенную эффективность некоторых из них /"влажное" гранулирование, брикетирование/, наиболее перспективным по технологическим условиям является способ "сухого" гранулирования кормовых смесей на прессах с вращающейся кольцевой матрицей. В то же время технология "сухого" прессования направлена на изготовление, в основном, комбикормов для птиц и недостаточно приемлема для производства рыбных кормов.

Одним из важных показателей качества гранулированных комбикормов для рыб является способность гранул размягчаться и продолжительное время находиться в воде. При набухании гранула должна сохранять первоначальную форму и питательность. Фактическая "разбухаемость" гранулированных комбикормов промышленной выработки находится в пределах 5-10 мин при норме для карпа 30-90 и бестера 20-30 мин, а потери питательных веществ корма в воде за указанное время составляют более 20%. Крошимость гранул превышает 7%.

Разработке технологии производства комбикормов для рыб у нас и за рубежом уделяют внимание многие научно-исследовательские учреждения. К изучаемому вопросу непосредственное отношение имеют работы Н.И.Полуниной и М.Я.Зицерман /ВНИИЗ, 1968-1971/; В.Н.Логвиновой, Э.Н.Лысенко, Н.А.Пархоменко и Г.Я.Вайстиха /ВНИИЖП, 1968-1972/; И.Ш.Тюктяева, А.П.Сиверцова, В.Я.Лысенко /ВНИИПРХ, 1969-1976/; М.С.Дудкина, П.М.Дарманьяна и А.А.Кочетовой /ОТИПП им.М.В.Ломоносова, 1970-1973/; О.П.Калиновской /ЛОЛПИ, 1970-1976/; Я.Ф.Мартыненко /Краснодар, КПИ, 1973/, а из зарубежных - В.Гастингса /1969-1971/.

Ц е л ь ю р а б о т ы является повышение качества гранулированных комбикормов для рыб на основе совершенствования существующих

и разработки новых технологических приемов их производства. Для достижения указанной цели определены задачи исследования:

- обосновать принципиальные возможности выработки водоустойчивых гранул способом "сухого" гранулирования комбикормов;
- установить зависимости показателей качества гранул от основных технологических факторов и определить режимы процесса гранулирования;
- разработать принципиальную схему технологического процесса производства гранулированных комбикормов для товарных карповых рыб;
- провести производственную проверку установленных технологических режимов и дать рекомендации промышленности;
- оценить эффективность выработки гранулированных комбикормов для рыб по усовершенствованной технологии.

Научная новизна работы состоит в установлении основных закономерностей технологического процесса производства гранулированных комбикормов для рыб и обосновании новых способов повышения их качества, которые защищены авторскими свидетельствами.

Практическое значение. На основании данных исследований разработана принципиальная схема технологического процесса и рекомендации промышленности по производству гранулированных комбикормов повышенного качества для товарного выращивания карповых рыб, которые приняты к внедрению Главным управлением комбикормовой промышленности Министерства заготовок СССР. Результаты исследований использованы при разработке технической документации по переоборудованию ряда комбикормовых предприятий страны /Доброполье, Вендичаны, Красне и другие/. Экономический эффект по заводу, суточной производительностью 315 т /ТЦ 415-2-7/ от выработки комбикормов составляет 123 тыс. рублей в год.

А п р о б а ц и я р а б о т ы . Основные положения диссертации

ционной работы доложены на совещаниях по обобщению опыта и определению направления дальнейших исследовательских работ по технологии приготовления комбикормов для рыб /Москва, ВНИИПРХ, 1970, 1971/, семинаре по прогрессивной технологии выработки комбикормов /Москва, ВДНХ, 1971/; ученых советах ВНИИ комбикормовой промышленности /Воронеж, 1972, 1973/, Украинского филиала ВНИИКП /Киев, 1972-1975/; совещании по биологическим основам разработки рецептуры гранулированных кормов для выращивания товарной рыбы /Ленинград, ГОСНИОРХ, 1976/ и на президиуме АН УССР /Киев, 1976/. Образцы гранул и разработанная технология экспонировались на международной выставке "Ирыбпром-75" /Ленинград/.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, основных выводов и предложений промышленности. Работа изложена на 133 страницах машинописного текста, содержит 34 рисунка, 27 таблиц и приложения. Список литературы включает 180 наименований, из них 29 зарубежных источника.

## 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

Целью экспериментов являлось установление зависимостей показателей качества гранул от основных технологических факторов и определение режимов процесса гранулирования комбикормов. Исследовано влияние на качество гранул подготовки рассыпного комбикорма к прессованию /изменение крупности, влажности прессуемой смеси и наличия в комбикорме пленок и оболочек; предварительное прессование исходных ингредиентов/, введения в состав корма определенных связующих веществ и послепрессовой влаготепловой обработки гранул. В качестве объекта исследований приняты рассыпные комбикорма для товарных карповых рыб по рецептам № III-1 и III-2, отличающиеся наличием ингредиентов животного происхождения. В исходных партиях комбикормов было 25-27% сырого протеина, сырой клетчатки в пределах 9-10%, сырого

жир 2,5–3,0%; влажность рассыпного комбикорма не превышала 14%.

Для проведения экспериментального исследования разработана и изготовлена стендовая установка, включающая основное оборудование для гранулирования партий /пресс ДПБ, охладительная колонка/, вспомогательное оборудование для подготовки рассыпных комбикормов /дробилка ДДК, просеиватель ДПС, смеситель периодического действия МС-50 и др./ и измерительную аппаратуру. Выработку партий на стендовой установке осуществляли в соответствии с принципиальной схемой "сухого" способа гранулирования комбикормов. Параметры прессования выдерживали в пределах: производительность пресса /1,1±0,1/ т/ч, давление пара /2,5±0,5/·10<sup>5</sup> Па, температура пара /120±10/°С, расход пара 55–60 кг на тонну комбикорма, влажность прессуемой смеси /16±1/% и температура смеси /70±5/°С. Диаметр отверстий в матрице принят 4,7 мм, что обусловлено рыбоводными требованиями. Гранулы охлаждали в колонке шахтного типа, а затем помещали в емкости для 24-х часовой отлежки. Послепрессовую обработку гранул насыщенным паром проводили в автоклаве АВ-1 с последующим охлаждением гранул.

Оценку качества ингредиентов, вводимых связующих веществ, рассыпных и гранулированных комбикормов осуществляли стандартизованными методами.

### 3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При скармливании гранулированные комбикорма для рыб подвержены непосредственному воздействию воды, в результате чего изменяют свои свойства и теряют питательность. Анализ литературных данных по влиянию влаги на процессы, протекающие в зерне и продуктах его переработки /Я.Н.Куприц, 1946; Н.П.Козьмина, В.Л.Кретович, 1950; И.Т.Мерко, 1973, 1974; М.С.Дудкин, 1973, 1974; Г.А.Егоров, 1973; П.М.Дарманьян, 1974 и другие/, и материалы наших исследований позволили описать процесс разрушения гранул в воде. Доказано, что для получения во-

доустойчивых комбикормов необходимо создать условия, затрудняющие проникновение воды в гранулы. Принята рабочая гипотеза, основные положения которой заключаются в следующем:

- предпосылки, непосредственно влияющие на качество гранул, создаются при подготовке рассыпного комбикорма к прессованию;
- положительное влияние на водоустойчивость и уменьшение крошимости гранул оказывает образование в процессе прессования плотной и прочной структуры комбикорма. Результаты экспериментальной части исследований подтвердили принятые положения рабочей гипотезы.

### 3.1. Влияние крупности рассыпного комбикорма на качество гранул

Результаты исследований, представленные в обобщенном виде на рис. 3.1, свидетельствуют, что крупность поступающего на прессование комбикорма оказывает существенное влияние на качество гранул. Водоустойчивость и прочность гранул возрастают с уменьшением крупности прессуемого комбикорма. Если при среднем размере частиц смеси  $d_{\text{ср}} = 1,40-1,20$  мм "разбухаемость" гранул была в пределах 15-35 мин и крошимость 1,25-1,10%, то при  $d_{\text{ср}} = 0,60-0,20$  мм "разбухаемость" гранул возросла до 120-200 мин, а крошимость их не превышала 1%. Ударная прочность и прочность при продольном раздавливании гранул изменились, соответственно, с 272 Дж/кг и 2,04 МН/м<sup>2</sup> до 520 Дж/кг и 4,54 МН/м<sup>2</sup>. В исследованном диапазоне крупности комбикорма коэффициент водопоглощения гранул снизился с 1,45 до 1,23. Потери сырого протеина опытных партий гранул в воде не превышали 5-8%. Наблюдалось увеличение плотности с 1150 до 1230 кг/м<sup>3</sup> и объемной массы гранул с 640 до 675 кг/м<sup>3</sup>. При прессовании комбикорма с  $d_{\text{ср}} = 0,80-0,60$  мм гранулы имели глянцевую поверхность и ровные без изломов торцевые стороны. Снизилось число трещин в изделии, а в гранулах с более мелким размолот комбикорма  $d_{\text{ср}} = 0,40-0,20$  мм трещины не замечены. Расход электроэнергии на прессование был в пределах 8,0-8,5 кВт. час на

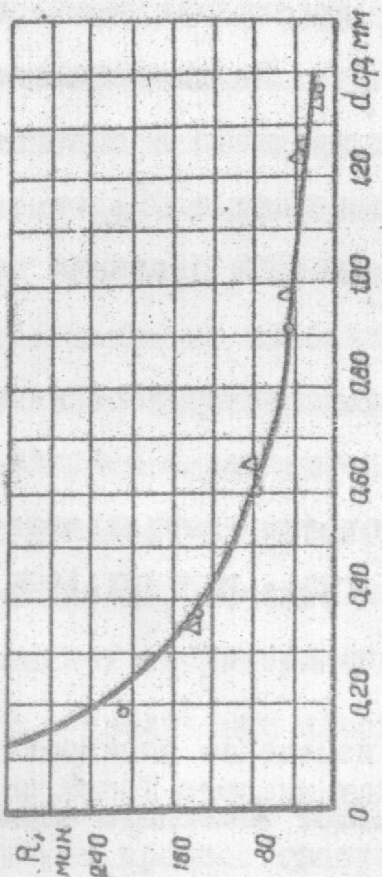


Рис. 3.1. Зависимость "разбухаемости" /R / гранул от крупности /d<sub>ср</sub>/ комбикорма.

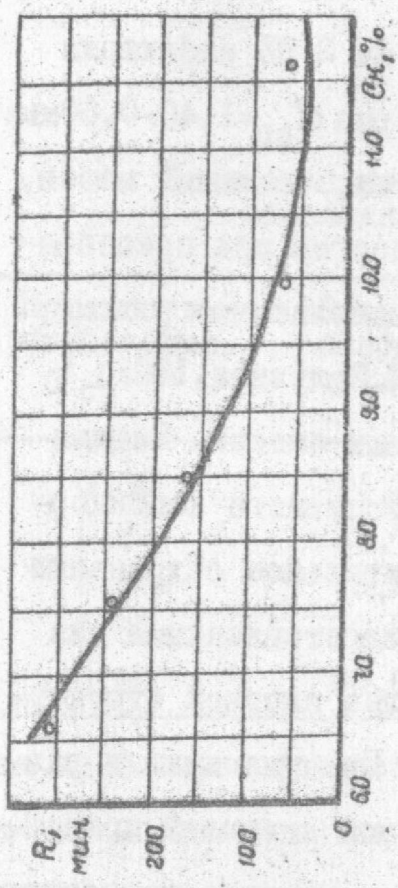


Рис. 3.2. Зависимость "разбухаемости" /R / гранул от содержания клетчатки /C<sub>к</sub>/ в комбикорме.

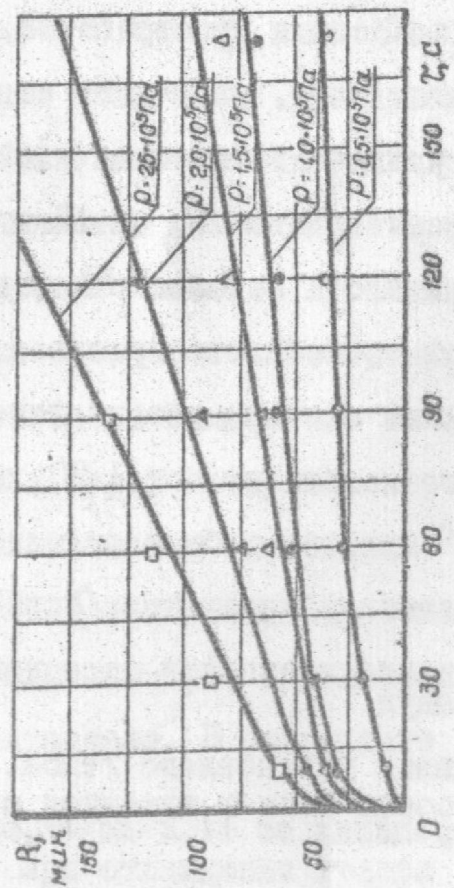


Рис. 3.3. Зависимость "разбухаемости" /R / гранул от обработки их паром.

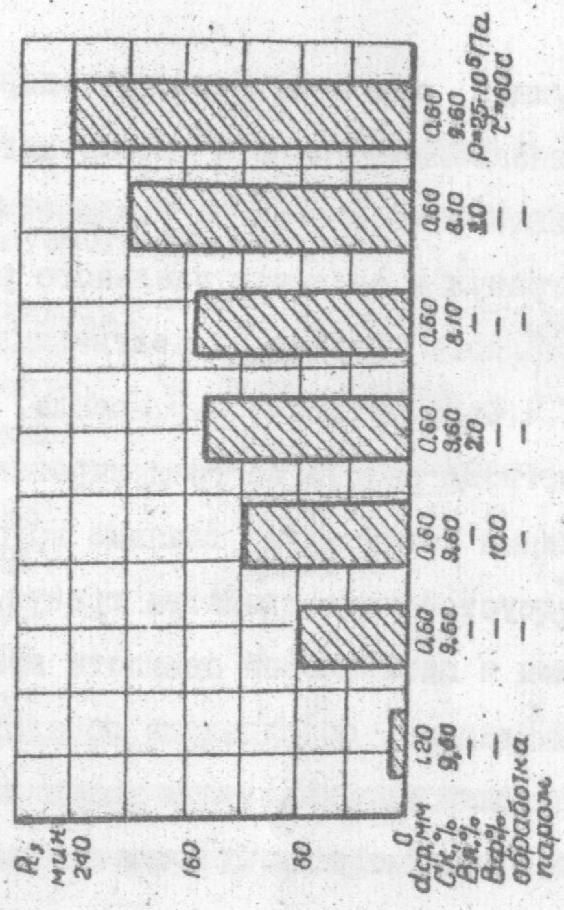


Рис. 3.4. Средние значения "разбухаемости" /R / гранул в зависимости от исследуемых факторов.

гонну продукции, при этом снижение энергозатрат на 3-5% наблюдали только в диапазоне крупности прессуемого комбикорма  $d_{cp} = 1,40-0,60$  мм.

Полученные зависимости по увеличению прочности, объемной массы, плотности гранул и снижению удельного расхода энергии при прессовании более мелкого комбикорма подтвердили ранее выполненные рядом авторов /Г.Я.Фарбман, 1963; М.В.Порила, 1967; Н.И.Полункина, 1969; В.Т.Егоров, 1969/ работы по гранулированию кормовых смесей. Нашими исследованиями установлено влияние крупности прессуемого комбикорма и на водоустойчивые свойства гранул. Продолжительное сохранение в воде формы и питательной ценности гранулами, изготовленными из мелкого комбикорма, обусловлено образованием более плотной структуры, затрудняющей проникновению влаги в гранулу. При уменьшении размеров частиц комбикорма, за счет большей суммарной активной поверхности смеси, в процессе прессования увеличивается площадь контактов и возрастают силы связей между частичками продукта. Комплексное воздействие тепла и влаги приводит к образованию гелеобразной массы, которая, заполняя свободные пространства, связывает прессуемую смесь и, застывая при охлаждении, упрочняет структуру гранул. Подтверждением этого является увеличение степени клейстеризации крахмала и денатурации белков, соответственно, на 15 и 18% в комбикормах с  $d_{cp} = 0,60$  мм, что привело к повышению плотности, прочности и снижению водопоглотительной способности гранул.

Биологическими опытами установлено, что уменьшение крупности частиц прессуемого комбикорма от 1,20 до 0,60 мм позволяет в среднем повысить на 20% прирост рыбы и снизить на 12% затраты гранулированного корма на единицу продукции /УкрНИИРХ, 1971-1974; ВНИИРХ, 1975/.

### 3.2. Влияние влажности прессуемой смеси на качество гранул

Исследованиями установлено /табл.3.1/, что изменение влажности комбикорма в пределах от 11,2 до 17,5% не оказывает заметного влия-

Таблица 3.1

Изменение показателей качества гранул в зависимости от влажности прессуемого комбикорма

Крупность комбикорма, $d_{ср}$ , мм	Влажность смеси, $W$ , %	"Разбухаемость" гранул, $R$ , мин	Коэффициент водопоглощения гранул, $K_v$	Крошимость гранул, $I$ , %
0,60	11,2	93	1,31	1,13
0,60	12,7	91	1,33	1,06
0,60	15,2	105	1,25	1,02
0,60	17,5	106	1,25	1,28
0,60	20,6	20	1,38	2,18

ния на водоустойчивость и прочность гранул. С последующим увеличением влажности смеси до 20% и более водоустойчивость гранул резко снижается, а крошимость увеличивается. Уменьшается объемная масса гранул, возрастает водопоглотительная способность и ухудшается их внешний вид. При влажности прессуемой смеси более 18,5% гранулы имели шероховатую поверхность, заусеницы и темный цвет. Особенно сказалось влияние влажности комбикорма на процесс прессования. Техническая производительность установки с наименьшим расходом энергии и ритмичная работа пресса обеспечивались только при влажности смеси от 5,0 до 17,5%. Снижение водоустойчивости и прочности гранул, выработанных из комбикорма с влажностью более 18,5%, можно объяснить наличием в прессуемой массе некоторого количества свободной воды. При прессовании она закрывается в порах продукта, перераспределяется в массе, препятствует сцеплению частиц комбикорма. Кроме того, наличие избыточного количества воды в сочетании с тепловым фактором вызывает структурные изменения биополимеров комбикорма, что приводит к увеличению пластичности материала. В результате продукт достигает такой степени вязкости, что залипает в зоне прессования и затрудняет процесс гранулирования. При охлаждении гранул избыточная влага испаряется, оставляя свободные пространства, в которые легко

проникает влага при погружении их в водную среду. Присутствие капиллярно-конденсационной влаги при прессовании и ее снижение при охлаждении изделия нарушают монолитность и уменьшают объемную массу, прочность и водоустойчивость гранул.

Проведенные исследования показали, что влажность смеси является одним из важных факторов, влияющим на процесс гранулирования комбикормов и, особенно, на энергоемкость работы оборудования. При гранулировании комбикормов для рыб можно рекомендовать влажность прессуемой смеси в пределах 15-17%.

### 3.3. Влияние наличия пленок и оболочек в комбикорме на качество гранул

Полученные нами экспериментальные данные показывают, что водоустойчивость и другие показатели качества гранул улучшаются при удалении из прессуемой смеси цветочных пленок, семенных и плодовых оболочек ингредиентов. Так, установлено, что если с уменьшением сырой клетчатки в комбикорме от 12 до 10% время "разбухаемости" гранул изменяется незначительно, то с последующим снижением ее до 8-6% возрастает более чем в 3 раза /рис. 3.2/. При этом уменьшается водопоглотительная способность гранул, несколько увеличивается их плотность /на 10-15%/ и объемная масса. Гранулы опытных партий по сравнению с контрольными имели лучший товарный вид, равномерную окраску поверхности, без шероховатостей. В процессе гранулирования отмечено снижение на 5% удельного расхода электроэнергии при прессовании партий с содержанием клетчатки в количестве 6-8%.

Наибольшей водопоглотительной способностью и скоростью размягчения обладали гранулы с наличием клетчатки более 10%, в массе которых находились крупные частицы запрессованных пленок и оболочек. В указанных партиях установлено максимальное приращение диаметра гранул за время пребывания их в воде. Оболочки, обладая значительным количеством воздушных каналов и капилляров, хорошо впитывают влагу

и, тем самым, способствуют интенсивному поступлению воды во внутренние слои гранулы. Поглощение гранулой влаги приводит к набуханию гидрофильных биополимеров комбикорма и возникновению внутреннего напряжения в уравновешенной системе гранул, что в конечном итоге отрицательно влияет на их водоустойчивость.

Результаты выполненных экспериментов позволили заключить, что с учетом принятых в комбикормовой промышленности норм ввода ингредиентов, их качества и существующей технологии отделения пленок и оболочек можно довести содержание клетчатки в комбикормах для рыб до 7-8%, что улучшает качество гранул и обеспечило снижение затрат корма на прирост рыбы до 24% /УкраИИРХ, 1974/.

#### 3.4. Влияние предварительного прессования ингредиентов на качество гранул

Установление влияния указанного фактора на качество гранул представляет интерес в связи с тем, что сырье для комбикормовой промышленности поступает как в рассыпном, так и в гранулированном виде.

Опыты проводили с рассыпным комбикормом крупностью  $d_{ср} = 1,10$  и 0,60 мм. Контролем служили гранулы, изготовленные из рассыпного комбикорма такой же крупности, но без предварительного прессования входящего в состав корма сырья. Наши исследования /табл. 3.2/ показали, что предварительное прессование основных ингредиентов /жмыхов, шротов, мучек и отрубей/ оказывает влияние на прочность и водоустойчивость гранулированных комбикормов для рыб. Время пребывания опытных партий гранул в водной среде, при условии сохранения ими первоначальной формы и качества, увеличилось в два раза. Гранулы в воде поглощали на 40% меньше влаги и лучше сохраняли свой вид по сравнению с контролем; потери сырого протеина не превышали 5-7%. Отмечено повышение объемной массы, плотности и прочности гранул опытных партий, что объясняется изменением физико-химических свойств прессуемого комбикорма. В гранулированных, а затем измельченных до принятой

Таблица 3.2

Изменение физико-механических свойств гранул при предварительном прессовании ингредиентов

Показатели	$d_{\text{ср}} = 1,10$ мм		$d_{\text{ср}} = 0,60$ мм	
	негранули- рованные ингредиен- ты	гранули- рованные ингреди- енты	неграну- лирован- ные инг- рециенты	гранули- рованные ингреди- енты
"Разбухаемость", $R$ , мин	33,00	64,00	65,00	110,00
Коэффициент водопоглоще- ния, $K_{\text{в}}$	1,32	1,28	1,30	1,25
Крошимость, $I$ , %	1,39	1,30	1,20	0,65
Объемная масса, $V$ , кг/м <sup>3</sup>	606,00	618,00	642,00	653,00

крупности ингредиентов по сравнению с контролем был более выравненный гранулометрический состав и большая первоначальная прочность частиц. Указанную прочность частицы комбикорма приобрели в результате предварительного прессования исходного сырья. Более продолжительное воздействие при двойном прессовании ингредиентов теплового фактора и давления в сочетании с определенной влажностью продукта вызывают и химические изменения в комбикорме. По сравнению с контролем в опытных партиях увеличилась степень клейстеризации крахмала в среднем на 8% и денатурация белков на 11%, что положительно отразилось на водостойкости гранул. Большого изменения содержания основных аминокислот в корме не установлено; потери витамина А не превышали 7%. По данным рыбоводных испытаний затраты корма опытных партий на единицу прироста рыб по сравнению с контролем уменьшились на 12% /УкрНИИРХ, 1974/.

Способ повышения водостойкости и прочности гранул путем предварительного прессования исходных ингредиентов защищен авторским свидетельством № 523684.

### 3.5. Влияние связующих веществ на качество гранул

Введение в состав комбикорма 5-10% отвара филофоры /продукт

экстрагирования морской водоросли / позволило повысить водоустойчивость гранул /рис.3.4/; при этом крошимость их уменьшилась на 20-24%. В воде гранулы за 10-15 мин приобретали мягкую консистенцию. Повышение прочности и водоустойчивости гранул можно объяснить наличием в отваре филофоры полисахарида агароида и других связующих компонентов, которые обладают клеящими свойствами. Полученные зависимости качества гранул от введения в комбикорм экстракта филофоры согласуются с работами М.С.Дудкина и П.М.Дарманьяна /ОТИП им. М.В.Ломоносова, 1971-1974/.

Положительное влияние на качество гранул /табл.3.3/ оказывает и технический пылевидный альбумин /побочный продукт мясокомбинатов/.

Таблица 3.3

Изменение качества гранул при введении в комбикорм технического альбумина

Показатели качества гранул	$d_{ср} = 1,30$ мм			$d_{ср} = 0,60$ мм		
	кон-троль	альбумин, в %		кон-троль	альбумин, в %	
		1,0	3,0		1,0	3,0
"Разбухаемость", R, мин	14,00	25,00	50,00	85,00	110,00	150,00
Крошимость, И, %	1,40	1,32	1,25	1,08	0,85	0,83
Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1070,00	1100,00	1150,00	1180,00	1190,00	1250,00

Нашими исследованиями установлено, что по физико-механическим свойствам альбумин представляет собой тонкодисперсный трудносыпучий порошок, обладающий значительной удельной поверхностью. Влажность его не превышает 9%, содержание сырого протеина достигает 80-88%. Технический альбумин является высокопитательным продуктом и по наличию белков и наиболее важных аминокислот имеет преимущество перед рыбной мукой.

Целесообразность введения альбумина в комбикорм обосновывается двумя факторами - увеличением питательности корма и повышением водоустойчивости и прочности гранул за счет его клеесобразующих

свойств. Большой водостойчивостью обладали гранулы, изготовленные из партий с мелким размолем прессуемой смеси. Такой комбикорм по крупности ближе к альбумину, поэтому при смешивании происходит более равномерное распределение частиц связующего вещества в массе комбикорма. А так как в процессе гранулирования под воздействием тепла и влаги проявляются клеобразующие свойства альбумина, то повышаются и силы связей между частицами мелкого комбикорма. По сравнению с отваром филофоры технический альбумин позволяет на 30% уменьшить водопоглотительную способность гранул.

Из анализа полученных результатов следует, что рассматриваемые связующие вещества оказывают влияние на процесс образования гранул. Они способствуют упрочнению связей между частицами корма и тем самым изменяют структуру получаемых гранул, что подтверждается снижением их крошимости, повышением водостойчивости и плотности. Введение в состав корма технического альбумина в количестве 1% вместо 3% рыбной муки дало возможность снизить затраты комбикормов при выращивании рыбы на 10% и уменьшить стоимость 1 т продукции в среднем на 10 руб /УкрНИИРХ, 1971-1974/.

### 3.6. Влияние послепрессовой обработки гранул паром на их качество

Результаты опытов показали /рис. 3.3/, что повышение водостойчивости гранул наблюдается при всех исследованных режимах пара. При этом указанный показатель качества гранул возрастал с увеличением давления пара и экспозиции обработки. Эта закономерность сохранялась во всех сериях опытов, но наиболее четко проявлялась при давлении пара  $/2,0-2,5/ \cdot 10^5$  Па. Максимальное увеличение влажности в опытных партиях не превышало 5% даже при жестких режимах обработки гранул  $/P=2,5 \cdot 10^5$  Па,  $\tau = 120$  с/. Влага в гранулах распределялась неравномерно. Основное ее количество  $/60-70%/$  находилось в наружной части, занимающей до 1/3 объема, что объясняется непродолжительностью процесса

пропаривания, мгновенной адсорбцией молекул воды на поверхности гранул. Серией экспериментов установлено, что избыточная влажность и высокая температура гранул могут быть снижены до пределов, обеспечивающих их стойкое хранение, на действующих охлаждающих колонках.

Нашими исследованиями не выявлено существенного изменения питательности гранул, прошедших послепрессовую обработку. Из-за непродолжительности процесса и плотной упаковки гранул пар с исходными параметрами не проникает во внутренние слои продукта. Поэтому физико-химические изменения претерпевает в основном поверхностный слой гранулы, занимающий в общей массе небольшое место. Уменьшение содержания аминокислот и витамина А было в пределах 4-10%, что не превышало принятых норм при гранулировании комбикормов. Водопогложительная способность гранул уменьшается с увеличением давления пара. Крошимость гранул снизилась на 40-60%. Однако у таких гранул по сравнению с контрольными были меньшая ударная прочность и прочность при раздавливании. Образцы гранул после обработки паром имели более темный цвет, шероховатую поверхность и запах свежеспеченного хлеба. Повышение водоустойчивости и снижение крошимости гранул связано с образованием более прочного их поверхностного слоя в результате химических и структурных изменений корма при воздействии влаготеплового фактора. Подтверждением этого является увеличение на 10-12% степени клейстеризации крахмала и денатурации белков в опытных партиях. Следует отметить, что полученные гранулы, несмотря на высокую общую водоустойчивость, хорошо размягчались и длительное время /более часа/ сохраняли форму и питательные свойства в воде. С учетом технико-экономических показателей процесса для обеспечения требуемого качества гранул рекомендован режим пропаривания:  $P = 2,0 - 2,5 / 10^5$  Па и  $\tau = 20 - 30$  с. Затраты прошедших послепрессовую обработку гранулированных комбикормов при выращивании рыбы в бассейнах снизились на

11,4% /Украинский сельскохозяйственный институт пищевой промышленности им. В. Яковенкова/ На указанный способ повышения качества гра-

с. 61012939

нулированных комбикормов получено авторское свидетельство №508246.

Проверкой комплексного влияния выявленных технологических факторов на качество комбикормов /рис.3.4/ установлено, что гранулы, изготовленные из рассыпного комбикорма  $d_{\text{ср}}=0,60$  мм, с содержанием сырой клетчатки 8,1% и при введении 1% технического альбумина до 3час сохраняли в воде форму и питательную ценность. По данным исследований УкрНИИРХа /1972-1974/ экономия таких комбикормов на единицу прироста рыбы достигла 32%. Научно-исследовательский институт гигиены питания АН УССР дал положительное заключение о качестве мяса рыбы, выращенной с использованием рекомендуемых комбикормов. В соответствии с данными биологических опытов утверждены учеными советами ВНИИПРХа и УкрНИИРХа, согласованы с Министерством рыбного хозяйства СССР и Министерством заготовок СССР "Рекомендации внедрения наиболее рациональных способов выработки комбикормов для рыб", которыми предусмотрено, что в ближайшие 10-12 лет в нашей стране будет развиваться преимущественно усовершенствованный способ "сухого" гранулирования комбикормов для рыб, позволяющий обеспечить прудовое рыбоводство кормами требуемого качества.

Изучение влияния сроков хранения на качество полученных гранул показало, что существенных изменений их физико-механических свойств не происходит. Так, через 3 месяца хранения в помещении с относительной влажностью воздуха 65-78% и температурой 20-25°C водостойкость гранул снизилась в среднем на 14%, а крошимость увеличилась на 17%, что при абсолютных их величинах / $R > 60$  мин и  $I < 3\%$ / на качестве комбикормов не отразилось.

#### 4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Полученные результаты исследований послужили основой для разработки принципиальной схемы технологического процесса производства гранулированных комбикормов для рыб /рис.4.1/ и рекомендаций промышленности. Сущность предлагаемой технологии заключается в следующем.



В зерновой линии предусмотрено обязательное двухступенчатое измельчение ингредиентов с промежуточным отбором продуктов заданной крупности. Использована линия и технологические операции по отделению пленок и оболочек от зерновых культур, жмыхов и шротов. Предусмотрено предварительное просеивание шротов, раздробленных жмыхов и мучнистых продуктов для отбора мелкой фракции и частичного отделения пленок и оболочек перед измельчением указанного сырья. Для повышения питательности и улучшения физико-механических свойств гранул в состав прессуемого комбикорма рекомендован ввод жидких и сыпучих компонентов, обладающих связующими свойствами. В линию гранулирования включена технологическая операция обработки гранул паром.

Производственная проверка, осуществленная на комбикормовых предприятиях в Донецке, Орле, Доброполье и на Белоцерковском крупозаводе, показала, что благодаря изменениям в технологии изготовления комбикормов для рыб в соответствии с результатами исследований, повышается качество гранул, так как более полно удовлетворяются требования, обусловленные необходимостью их использования в водной среде. "Разбухаемость" гранул производственной выработки достигнута от 55 до 180 мин, крошимость гранул не превышала 5%. При этом не нарушается технологический процесс и технико-экономические показатели работы завода.

Экономический эффект от внедрения технологии по заводу суточной производительностью 315 т за счет усовершенствования процесса выработки комбикормов равен 123 тыс. рублей в год, что обеспечивает окупаемость капитальных вложений в течение двух месяцев.

## 5. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

1. На основании результатов аналитического обзора литературы и проведенных экспериментальных исследований обоснована возможность получения водоустойчивых гранулированных комбикормов путем образования более плотной их структуры, уменьшения содержания разрыхляю-

щих компонентов и создания водоупорного и прочного поверхностного слоя гранул. Исследованиями доказана целесообразность применения "сухого" гранулирования, как наиболее экономичного и перспективного способа промышленной выработки комбикормов для рыб.

2. Установлены зависимости показателей качества гранул от основных технологических факторов и режимов подготовки и прессования комбикорма. Качество гранул улучшается за счет уменьшения крупности рассыпного комбикорма; снижения содержания в комбикорме цветочных пленок, семенных и плодовых оболочек; использования для выработки комбикормов предварительно гранулированного, а затем измельченного до заданной крупности основного сырья /жмыхи, шроты, мучки, отруби/; введения в состав прессуемой смеси отдельных связующих веществ и послепрессовой обработки гранул насыщенным паром.

3. Повышение водоустойчивости гранулированных комбикормов достигается снижением водопоглощительной способности гранул, скорости их набухания и растворимости составляющих гранулу веществ из-за образования плотной структуры и происходящих в процессе прессования физико-химических изменений корма /денатурация белков, клейстеризация крахмала и др./.

4. Влажность прессуемого комбикорма в исследованном диапазоне от 10,7 до 18,5% существенного влияния на качество гранул не оказывает. При большей влажности смеси нарушается процесс прессования, увеличивается его энергоемкость, ухудшаются физико-механические свойства и товарный вид гранул.

5. При выработке гранулированных комбикормов для рыб в качестве компонентов, обладающих связующими свойствами и определенной питательностью, могут быть использованы технический пшеничный альбумин /побочный продукт мясокомбинатов/ и отвар филофоры /экстракт морской водоросли филофоры ребристой/.

6. В соответствии с результатами проведенных исследований разра-

ботана принципиальная схема технологического процесса производства гранулированных комбикормов для товарных карповых рыб. За основу разработанной технологии принят метод "сухого" прессования комбикормов и предложенные нами два новых способа получения гранулированных комбикормов повышенного качества, которые защищены авторскими свидетельствами.

7. Производственные испытания на ряде предприятий /Донецк, Орел, Доброполье, Б.Церковь/ подтвердили технологическую и технико-экономическую эффективность предложенной технологии. Проведенные исследования качества полученных гранул позволили уточнить технологические режимы выработки комбикормов для рыб и дать рекомендации промышленности.

8. Выработанные в соответствии с разработанными рекомендациями гранулы удовлетворяли рыбоводным требованиям и имели показатели качества выше, чем предусмотренные действующим ОСТом 8-14-75 "Комбикорма гранулированные". Биологическими опытами доказана высокая эффективность производства гранулированных комбикормов для рыб по предлагаемой технологии - экономия корма на единицу прироста рыбы составила от 10% /отдельные факторы/ до 32% /совокупное использование факторов/.

9. По результатам испытаний и биологической проверки уточнены требования к комбикормам для прудовых товарных карповых рыб, в соответствии с которыми их целесообразно вырабатывать в виде гранул цилиндрической, овальной или круглой формы диаметром не более 5 мм и длиной 10 мм. Необходимо, чтобы гранулы не разрушались при перемещении, хранении и раздаче /крошимость не превышала 5%/ , содержали в пределах 30% сырого протеина и не более 8% сырой клетчатки, погружались на дно водоемов и 30-90 мин сохраняли в воде форму и питательную ценность. В качестве основных технологических критериев оценки гранулированных комбикормов для рыб рекомендованы показатели по во-

доустойчивости гранул.

10. Народнохозяйственный экономический эффект от внедрения разработанной технологии на заводе суточной производительностью 315 т составляет 667 тыс. рублей в год за счет усовершенствования процесса выработки и повышения качества гранулированных комбикормов, что позволяет снизить затраты корма при выращивании рыбы более чем на 10%.

## 6. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С целью выработки гранулированных комбикормов для рыб повышенного качества рекомендуется:

1. Направлять в переработку сырье лучшего качества с наибольшим содержанием протеина и минимальным наличием клетчатки. Преимущество отдавать ингредиентам в гранулированном виде.

2. В соответствии с результатами данной работы предусмотреть в технологии выработки комбикормов:

- эффективную очистку сырья, максимально возможное отделение и удаление цветочных пленок, семенных и плодовых оболочек от ингредиентов /общее содержание сырой клетчатки в комбикорме не должно превышать 8%/;

- разветвленную линию измельчения ингредиентов /крупность поступающего на прессование рассыпного комбикорма должна быть  $d_{cp} = 0,60$  мм, проход без остатка через сито диаметром 2 мм, остаток на сите диаметром 1 мм - не более 20%/;

- линии подачи в комбикорма перед прессованием связующих веществ в жидком и порошкообразном состоянии /рекомендуется вводить технический пилевидный альбумин в количестве 1-2% вместо кормов животного происхождения или отвар филофоры - 5% к весу корма/;

- при гранулировании выдерживать влажность прессуемого комбикорма в пределах 15-17% и температуру смеси 65-75°C;

- технологическую операцию влаготепловой обработки гранул. После просеивания гранулы целесообразно обрабатывать насыщенным паром

под избыточным давлением  $/2,0-2,5/ \cdot 10^5 \text{ Па}$  в течении 20-30 с в герметичных аппаратах непрерывного или периодического действия с последующим их охлаждением/.

3. Внести изменения в действующий отраслевой стандарт на комбикорма гранулированные для прудовых товарных карповых рыб по следующим показателям качества, не более: влажность - 14%, содержание сырой клетчатки - 8%, крошимость - 5%, "разбухаемость" гранул - не менее 30 мин.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Левченко В.И., Желтов Ю.А., Просяний В.С. Производство гранулированных комбикормов для рыб. Республиканский межведомственный тематический научный сборник Минрыбхоза СССР "Рыбное хозяйство". Киев, "Урожай", 1970, вып. II.

2. Левченко В.И. Исследование производства гранулированных рыбных комбикормов способом "сухого" прессования. Сборник научных трудов ВНИИПРХа "Вопросы прудового рыбоводства". М., 1971, вып. 8.

3. Левченко В.И. Пути повышения водоустойчивости гранул при существующем способе их производства на действующих комбикормовых предприятиях. Тезисы докладов совещания по технологии приготовления комбикормов для рыб. ВНИИПРХ, М., 1971.

4. Левченко В.И., Балацкий О.Т. Влияние крупности размола рассыпного комбикорма на качество гранул для рыб. Журнал Минзага СССР "Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность". М., 1972, №1.

5. Левченко В.И., Кот Л.В. Физико-механические свойства и питательная ценность технического альбумина. Республиканский межведомственный тематический научный сборник Минрыбхоза СССР "Рыбное хозяйство". Киев, "Урожай", 1972, вып. 15.

6. Левченко В.И., Балацкий О.Т. Влияние крупности комбикорма

и технического альбумина на водоустойчивость гранул. Труды ВНИИКП Минзага СССР. М., 1972, вып. 4.

7. Левченко В.И., Балацкий О.Т. Влияние наличия пленок в рассыпном комбикорме на водоустойчивость гранулированных комбикормов для рыб. Сборник ЦНИИТЭИ Минзага СССР "Хранение и переработка зерна". М., 1972, вып. I.

8. Левченко В.И., Ильчук В.Б., Балацкий О.Т., Кот Л.В. Измельчение зерновых ингредиентов при производстве комбикормов. Журнал Минзага СССР "Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность". М., 1975, №3.

9. Левченко В.И. Повышение эффективности гранулированных комбикормов. Сборник ЦНИИТЭИ Минзага СССР "Хранение и переработка зерна". М., 1975, №2.

10. Левченко В.И., Ильчук В.Б., Балацкий О.Т., Кот Л.В. Производство комбикормов для молодняка животных и рыб. Журнал Минзага СССР "Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность". М., 1976, №5.

11. Левченко В.И. Способ приготовления гранулированного комбикорма для рыб. Авторское свидетельство № 508246. Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки". 1976 г. №12.

12. Левченко В.И., Балацкий О.Т. Способ получения гранулированных комбикормов для рыб. Авторское свидетельство № 523684. Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки". 1976, № 29.

*Левченко*