

УДК 639.3.043

Поступила в редакцию 30.04.2025
Received 30.04.2025**Е. Е. Рыбкина, Ж. В. Кошак***РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ КОМБИКОРМА
ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГОРОХОВОЙ МУКИ НА ЕГО БИОЛОГИЧЕСКУЮ
ЦЕННОСТЬ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА**

Аннотация. В статье изучено влияние экструдирования комбикорма для радужной форели на его биологическую ценность и структурно-механические свойства. Установлено, что с увеличением диаметра отверстия матрицы и температуры увеличивается производительность экструдера. Увеличение температуры экструдирования приводит к увеличению твердости комбикорма для диаметра отверстий матрицы 2 мм на 34,3 % и для 8 мм на 48,0 %. Механическое воздействие на гранулы испытываемых кормов показало, что с увеличением температуры экструдирования они имеют более высокую прочность. Все комбикорма, которые изготавливались при температуре экструдирования 100 и 120 °С соответствуют нормативному значению крошимости. Установлено, что с увеличением температуры экструдирования комбикорма увеличивается его разбухаемость на 61,0 %, а с увеличением размера отверстия матрицы уменьшается. Максимальный относительный прирост к первоначальной массе и наименьший кормовой коэффициент получен при кормлении форели комбикормом температуры экструдирования которого составила 90°С.

Ключевые слова: экструдирование, форель, производительность, разбухаемость, твердость, комбикорм.

E. E. Rybkina, Zh. V. Koshak*RUE «Institute for Fish Industry», National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus***INFLUENCE OF EXTRUDING COMPOUND FEED
FOR RAINBOW TROUT USING PEA FLOUR
ON ITS BIOLOGICAL VALUE AND
STRUCTURAL-MECHANICAL
PROPERTIES**

Abstract. The article examines the effect of extruding feed for rainbow trout on its biological value and structural and mechanical properties. It has been established that with an increase in the diameter of the die hole and temperature, the productivity of the extruder increases. An increase in extrusion temperature leads to an increase in the hardness of the feed for a die hole diameter of 2 mm by 34.3% and for 8 mm by 48.0%. Mechanical impact on the test feed pellets showed that with increasing extrusion temperature they have higher strength. All feedstuffs that were produced at extrusion temperatures of 100 and 120 °C correspond to the standard crumbability value. It has been established that with an increase in the extrusion temperature of compound feed, its swelling increases by 61.0%, and with an increase in the size of the matrix opening it decreases. The maximum relative increase

to the initial weight and the lowest feed coefficient were obtained when feeding trout with compound feed, the extrusion temperature of which was 90 °C.

Keywords: extrusion, trout, productivity, swelling, hardness, compound feed.

Введение. Существует много различных способов повышения биологической ценности комбикормов. Используют их в зависимости от цели, которую преследует тот или иной способ: уничтожение ингибирующих и антипитательных веществ, улучшение вкусовых качеств, повышения переваримости питательных веществ и т.д. Одним из таких способов, является экструдирование.

Использованием процесса экструдирования стало новым этапом в развитии производства кормов для рыб. Впервые при производстве сухих кормов для рыб процесс экструдирования был использован в начале 1950-х годов прошлого века. Экструзионная обработка кормовых смесей существенно повышает усвояемость питательных веществ, снижает удельный расход комбикорма на единицу прироста рыб, повышает экономический эффект рыбоводства [1, 2]. Щербиной М.А. и Гамыгиным Е.А. установлено, что положительное влияние экструзии оказывают множественные разрывы клеточных оболочек — это облегчает обработку содержимого клеток пищеварительными ферментами. В результате клейстеризации и декстринизации изменяется структура крахмала и одновременно происходит декстукция и модификация лигно-целлюлозного комплекса, что в целом приводит к повышению переваримости углеводов. Увеличение переваримости белка связанная с его денатурацией и с разрушением ингибиторов протеаз. Минеральные вещества могут переходить в форму, более доступную для рыб. Наблюдается эффект стерилизации и детоксикации корма, создание пористой структуры продукта [3-8].

Активность ингибитора трипсина в экструдатах на 33-58 % ниже, чем в гранулах. Это позволяет включать в состав экструдатов большее количество соевого шрота, гороха и других компонентов из растений семейства бобовых [9].

Экструзия — влажное прессование с взрывом. Технологический процесс заключается в гидробаротермической обработке сырья, когда кормовая масса прессуется и под высоким давлением выталкивается через фильеры в область атмосферного давления, после чего увеличивается в объеме. Одним из главных ее эффектов является резкое возрастание переваримости углеводов — наименее доступной для радужной форели части кормового сырья. Он достигается в основном за счет глубокой клейстеризации крахмала, деструкции и модификации лигно-целлюлозного комплекса. Происходит разрушение вторичных связей в молекулах белка, за счет чего увеличивается доступность аминокислот и упрощается усвоение белка; из-за непродолжительности процесса аминокислоты и витамины больше сохраняют свои полезные свойства. Улучшаются вкусовые качества готового продукта вследствие распада крахмала на простые сахара, образования ароматических веществ, устранения специфического запаха, характерного для некоторых культур, формирования однородной пористой структуры продукта, более доступного для воздействия ферментов в пищеварительной системе. При экструзии в сырье гибнет большая часть микрофлоры (бактерии, грибки), разрушаются антипитательные вещества, повышается питательная ценность кормового сырья [10-17].

При обработке кормов теплом важная роль принадлежит режиму воздействия температуры. Понижение распадаемости протеина без существенного изменения его переваримости получается при умеренной обработке — при температуре 80-120 °C [18].

Технология производства экструдированных комбикормов в Республике Беларусь не всегда учитывает состав комбикорма и влияние на него технологических параметров процесса, а также влияние состава комбикорма на структурно-механические свойства гранул, что приводит не только к неудовлетворительному качеству комбикормов, но и к потере основной части питательных и биологически активных веществ, которые определяют эффективность комбикорма.

В ряде исследований рассматриваются проблемы влияния режимов производства экструдированного комбикорма на свойства готовой продукции. Установлены закономерности изменения свойств гранул готового экструдированного корма в результате изменения значений параметров экструдирования [19-22].

Целью исследований является изучение влияния технологических параметров процесса экструдирования комбикорма на его структурно-механические свойства и биологическую ценность.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили: комбикорма для форели с вводом в их состав гороховой муки, радужная форель.

Структурно-механические свойства комбикорма определяли: крошимость гранул комбикорма по ГОСТ 28497-2014. «Корма, комбикорма. Метод определения крошимости гранул»; разбухаемость гранул комбикорма по ГОСТ 22834-87. «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия».

Твердость гранул определяли при помощи лабораторного твердомера, внешний вид которого представлен на рисунке 1.

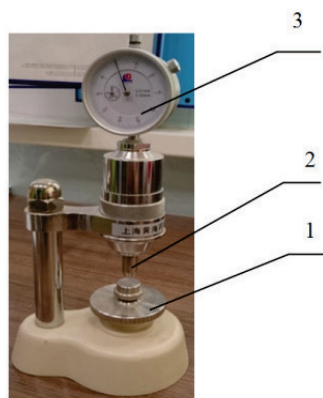


Рис. 1. Твердомер для измерения твердости гранул разрушением:

1 — поворотный столик для гранул комбикорма, 2 — металлический разрушающий стержень, 3 — динамометр — сжатия

Fig. 1. Hardness meter for measuring the hardness of granules by destruction:

1 — rotary table for feed granules, 2 — metal breaking rod, 3 — compression dynamometer

Оценку влияния комбикормов на темп роста радужной форели и кормовым затратам проводили по различным рыбохозяйственным показателям.

1. Абсолютный прирост вычисляли по формуле [23]:

$$P_{аб} = m_1 - m_0, \quad (1)$$

где m_1 — конечная масса испытуемых рыб, г; m_0 — начальная масса испытуемых рыб, г.

2. Относительный прирост к первоначальной массе вычисляли по формуле [23]:

$$P_{от} = \frac{(m_1 - m_0)}{m_0} \times 100 - 100\% \quad (2)$$

где m_1 — конечная масса испытуемых рыб, г; m_0 — начальная масса испытуемых рыб, г.

3. Кормовые затраты определяли путем отношения количества затраченного корма на прирост с учетом ее отхода за весь период наблюдения [3].

Результаты исследований и их обсуждение. В процессе проведения исследований режимы экструдирования были следующие:

- ♦ температура экструдирования 90, 100 и 120 °C;
- ♦ диаметр отверстия матрицы 2, 4, 6 и 8 мм.

В качестве выходных параметров процесса экструдирования были выбраны следующие показатели:

- ♦ производительность экструдера (кг/ч);
- ♦ твердость гранул комбикорма (Н);
- ♦ разбухаемость гранул комбикорма (мин.);
- ♦ крошимость гранул комбикорма (%).

На основании полученных данных построена диаграмма изменения значений производительности от режимов экструдирования, представленная на рисунке 1.

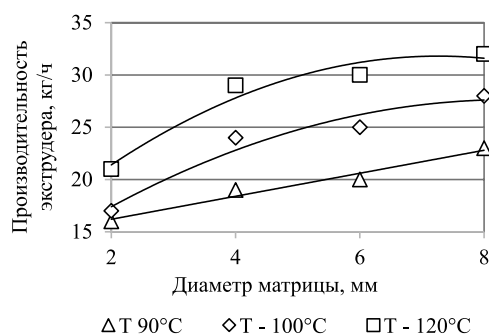


Рис. 1. Диаграмма изменения значений производительности в зависимости от режимов экструдирования

Fig. 1. Diagram of changes in productivity values depending on extrusion modes

Получено уравнение регрессии для выходного параметра производительность экструдера следующего вида:

$$П = Ad^2 + Bd + C, \quad (3)$$

где $П$ — производительность экструдера, кг/ч; A , B и C — коэффициенты регрессии, кг/мм ч; d — диаметр отверстия матрицы, мм.

Коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты уравнения регрессии и коэффициент детерминации
Table 1. Regression equation coefficients and coefficient of determination

Образец	Коэффициент детерминации, R^2	Коэффициенты детерминации		
		A	B	C
Производительность (90 °C)	0,960	-3,75	5,45	12
Производительность (100 °C)	0,950	-0,25	4,20	10
Производительность (120 °C)	0,960	-15,00	1,1	14

Обнаружено, что с увеличением диаметра отверстия матрицы и температуры экструдирования увеличивается его производительность. Так при уменьшении диаметра отверстия матрицы растет сопротивление формирующего инструмента (матрицы), поэтому падает производительность и поднимается давление в предматричной зоне экструдера. Также состав комбикорма определяет его коллоидно-пористую структуру. При поглощении влаги коллоиды набухают и видоизменяются. С повышением температуры набухание происходит более интенсивно, при этом повышаются пластические свойства комбикорма, поэтому повышение температуры экструдирования приводит к повышению производительности экструдера.

На рисунке 2 представлена диаграмма изменения значений твердости от режимов экструдирования.

Получено уравнение регрессии для выходного параметра твердость комбикорма:

$$T = Ad^2 - Bd + C, \quad (4)$$

где T — твердость гранул комбикорма, Н; A , B и C — коэффициенты регрессии, Н/мм; d — диаметр отверстия матрицы, мм.

Коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 8.

Установлено, что увеличение температуры экструдирования приводит к увеличению твердости комбикорма для диаметра отверстий матрицы 2 мм на 34,3 % и для 8 мм на 48,0 %. С повышением температуры происходит гидролиз крахмала, который является составной частью углеводных компонентов комбикорма. В результате чего образуются декстрины и простые сахара, способствующие сцеплению частиц комбикорма между собой. Установлено, что с уменьшением диаметра отверстия матрицы увеличивается прочность комбикорма, так как

увеличивается давление в предматричной зоне экструдера с уменьшением площади на которое действует сила.

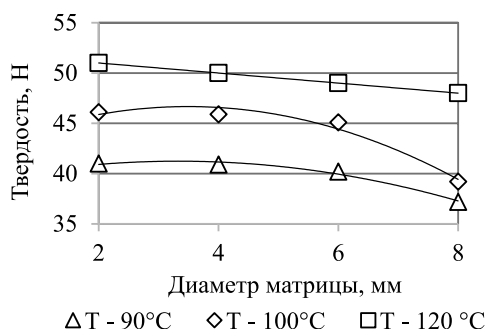


Рис. 2. Диаграмма изменения значений твердости комбикорма в зависимости от режимов экструдирования

Fig. 2. Diagram of changes in feed hardness values depending on extrusion modes

Таблица 2. Коэффициенты уравнения регрессии и коэффициент детерминации
Table 2. Regression equation coefficients and coefficient of determination

Образец	Коэффициент детерминации, R ²	Коэффициенты регрессии		
		А	В	С
Производительность (90 °С)	0,952	0,0625	2,175	38,75
Производительность (100 °С)	0,968	-0,3125	1,875	35,25
Производительность (120 °С)	0,999	0,0625	2,275	51,25

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения значений крошимости от режимов экструдирования.

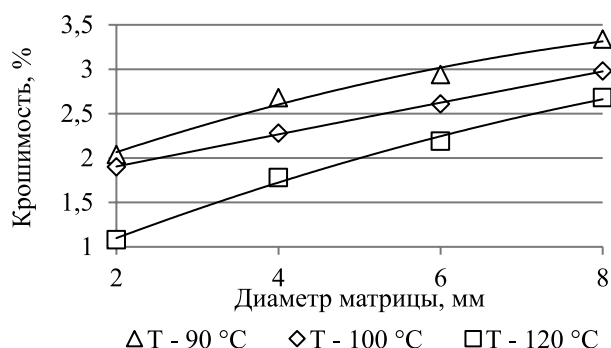


Рис. 3. Диаграмма изменения значений крошимости комбикорма в зависимости от режимов экструдирования

Fig. 3. Diagram of changes in feed crumble values depending on extrusion modes

Получено уравнение регрессии для выходного параметра крошимость комбикорма:

$$K = Ad^2 + Bd + C, \quad (5)$$

где К — крошимость гранул комбикорма, %; А, В и С — коэффициенты регрессии, %/мм; d — диаметр отверстия матрицы, мм.

Коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 3.

Механическое воздействие на гранулы испытуемых кормов показало, что с увеличением температуры экструдирования они имеют более высокую прочность. Повышенная крошимость гранул снижает водостойкость гранул комбикорма, это повышает расход комбикорма при кормлении и, как результат, конечную стоимость рыбы. Нормативные значения крошимости для экструдированных комбикормов для форели составляет не более 3% [24]. Все комбикорма, которые изготавливались при температуре экструдирования 100 и 120 °С соответствуют нормативному значению крошимости.

Таблица 3. Коэффициенты уравнения регрессии и детерминации
Table 3. Regression equation coefficients and coefficient of determination

Образец	Коэффициент детерминации, R ²	Коэффициент регрессии		
		A	B	C
Производительность (90 °С)	0,985	-0,015	0,358	1,41
Производительность (100 °С)	0,999	-0,0006	0,1847	1,5375
Производительность (120 °С)	0,995	-0,00131	0,3918	0,3675

Полученное уравнение регрессии для выходного параметра разбухаемость комбикорма:

$$P = Ad^2 - Bd + C, \quad (6)$$

где P — разбухаемость комбикорма, мин.; A, B и C — коэффициенты регрессии, мин/мм; d — диаметр отверстия матрицы, мм.

Коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 4.

Одним из основных технологических показателей качества кормов для рыб является разбухаемость, которая показывает время, в течение которого объем гранул в воде увеличивается вдвое. От этого показателя зависят кормовые потери. Нормативное значение данного показателя должно составлять не менее 30 мин [24].

Таблица 4. Коэффициенты уравнения регрессии и коэффициент детерминации
Table 4. Regression equation coefficients and coefficient of determination

Образец	Коэффициент детерминации, R ²	Коэффициенты регрессии		
		A	B	C
Производительность (90 °С)	0,990	-0,312	0,125	104,2
Производительность (100 °С)	1,000	0,125	4,25	122,0
Производительность (120 °С)	0,990	0,750	11,40	152,0

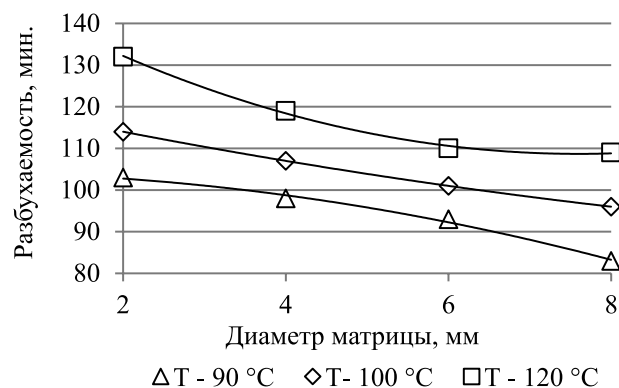


Рис. 4. Диаграмма изменения значений разбухаемости комбикорма в зависимости от режимов экструдирования

Fig. 4. Diagram of changes in the swelling properties of compound feed depending on extrusion modes

Установлено, что с увеличением температуры экструдирования комбикорма увеличивается его разбухаемость на 61,0 %, а с увеличением размера отверстия матрицы уменьшается.

С целью установления влияния температуры экструдирования на биологическую ценность комбикормов проведено опытное кормление радужной форели с вводом 5,0 % гороховой муки. Кормление проводилось вручную 3 раза в сутки в течение 30 дней. Суточная доза корма для форели составляла 1,0-1,5 % от массы тела. Температура воды в течение дней выращивания находилась в пределах 11,3–11,5 °С. Результаты по кормлению, абсолютному, относительному приросту и кормовому коэффициенту представлены в таблице 5-6.

Анализ полученных данных показал, что лучшие результаты по росту получены для форелевого комбикорма изготовленного при температуре экструдирования 90°С. Абсолютный прирост рыбы при кормлении комбикормом для форели изготовленном при температуре экструдирования 90°С на 30,09 % по отношению к комбикорму изготовленному при температуре 120°С.

Таблица 5. Ростовые показатели (30 дней кормления)
Table 5. Growth indicators (30 days of feeding)

Вариант	Среднеспутная масса радужной форели, г		Прирост радужной форели за опытный период	
	начало опыта	конец опыта	абсолютный, г	относительный к первоначальной массе, %
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 90°C	56,4±0,10	85,8±0,07	29,4±0,13	53,5±0,14
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 100°C	54,8±0,11	81,8±0,09	27,0±0,05	49,3±0,18
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 120°C	53,3±0,08	75,9±0,12	22,6±0,08	43,1±0,10

Анализируя данные таблицы 6 установлено, что максимальный относительный прирост к первоначальной массе и наименьший кормовой коэффициент получен при кормлении форели комбикормом температура экструдирования которого составила 90°C. Дальнейшее увеличение температуры экструдирования комбикорма приводит к постепенному разрушению аминокислот и витаминов в составе комбикорма, что приводит к снижению его эффективности при кормлении радужной форели.

Таблица 6. Кормовые затраты
Table 6. Feedcosts

Вариант	Общая масса средняя по варианту, г		Прирост массы, г	Общие затраты корма, г	Кормовой коэффициент, ед.
	начало кормления	конец кормления			
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 90°C	564±1,00	858±0,70	294±1,30	197,0±0,19	0,67±0,01
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 100°C	548±1,10	818±0,90	270±0,50	206,6±0,14	0,77±0,01
Комбикорм для радужной форели изготовленный при температуре экструдирования 120°C	533±0,80	759±1,20	226±0,80	186,0±0,11	0,82±0,02

Заключение. В результате проведенных исследований было изучено влияние экструдирования комбикорма для радужной форели с использованием гороховой муки на его биологическую ценность и структурно-механические свойства. Установлено, что с увеличением диаметра отверстия матрицы и температуры экструдирования увеличивается его производительность. Так при уменьшении диаметра отверстия матрицы растет сопротивление формирующего инструмента (матрицы), поэтому падает производительность и поднимается давление в предматричной зоне экструдера. Также состав комбикорма определяет его коллоидно-пористую структуру. При поглощении влаги коллоиды набухают и видоизменяются. С повышением температуры набухание происходит более интенсивно, при этом повышаются пластические свойства комбикорма, поэтому повышение температуры экструдирования приводит к повышению производительности экструдера. Увеличение температуры экструдирования приводит к увеличению твердости комбикорма для диаметра отверстий матрицы 2 мм на 34,3 % и для 8 мм на 48,0 %. Механическое воздействие на гранулы испытуемых кормов показало, что с увеличением температуры экструдирования они имеют более высокую прочность. Повышенная крошимость гранул снижает водостой-

кость гранул комбикорма, это повышает расход комбикорма при кормлении и, как результат, конечную стоимость рыбы. Нормативные значения крошимости для экструдированных комбикормов для форели составляет не более 3%. Все комбикорма, которые изготавливались при температуре экструдирования 100 и 120 °С соответствуют нормативному значению крошимости. Установлено, что с увеличением температуры экструдирования комбикорма увеличивается его разбухаемость на 61,0 %, а с увеличением размера отверстия матрицы уменьшается. Максимальный относительный прирост к первоначальной массе и наименьший кормовой коэффициент получен при кормлении форели комбикормом температура экструдирования которого составила 90 °С. Дальнейшее увеличение температуры экструдирования комбикорма приводит к постепенному разрушению аминокислот и витаминов в составе комбикорма, что приводит к снижению его эффективности при кормлении радужной форели.

Оптимальная температура экструдирования комбикорма составляет 100 °С, при данной температуре потери аминокислотного и витаминного состава минимальны, о чем свидетельствует кормовой коэффициент и не наблюдается снижения нормативных значений по структурно-механическим свойствам комбикорма.

Список использованных источников

1. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. — СПб: Изд-во «Лема», 2012. — 564 с.
2. Singh, S. K. Effect of feed moisture, extrusion temperature and screw speed on properties of soy white flakes based aquafeed: a response surface analysis / S. K. Singh, K. Muthukumarappan // Journal of the Science of Food and Agriculture. — 2015. — Vol. 96. — No. 6. — P. 2220–2229.
3. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре/М.А.Щербина, Е.А.Гамыгин.- Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2016.- 304 с.
4. Японцев, А.Э. Технологические особенности производства экструдированных кормов для рыб // Изв. Санкт-Петербургского гос. аграрн. ун-та. — 2008. — №11. — С. 105-107.
5. Комник, Г. Путь к повышению рентабельности производства // Комбикорма. — 2007. — №6. — С.41-42.
6. Брылин, А. Передовые технологии обеззараживания кормов // Комбикорма. — 2008. — №4 — С. 81-82.
7. Шаршунов, В.А. Технология и оборудование для производства комбикормов / В.А. Шаршунов, Л.В. Рукшан, Ю.А. Пономаренко, А.В. Червяков: пособие в двух частях. Часть 2. Технологическое оборудование комбикормовых предприятий. — Минск: Мисанта, 2014. — 815 с.
8. Использование экструдеров «Инста-Про» // Комбикорма. — 2009. — №6. — С.16-18.
9. Пономарев, С.В. Индустриальное рыбководство/ С.В. Пономарев, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева/ Учебник. 2-е изд., испр. И доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013.- 416 с.
10. Японцев, А.Э. Технологические особенности производства экструдированных комбинированных кормов для рыб // Изв. Санкт-Петербургского гос. аграрн. ун-та. — 2008. — №11. — С.105-107.
11. Комник, Г. Путь к повышению рентабельности производства // Комбикорма. — 2007. — №6. — С.41-42.
12. Брылин, А. Передовые технологии обеззараживания кормов // Комбикорма. — 2008. — №4. — С. 81-82.
13. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов/ О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко/ Издательский «Март», Москва — Ростов-на-Дону, 2004 г. — 687 с.
14. Fu M.W., Chan W.L. A review on the state of the art microforming technologies // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2013; 67 (9): 2411 — 2437.
15. Остриков, А. Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы / А. Остриков, В. Василенко // Комбикорма. — 2011. — №8. — С. 39–42.
16. Семенов, С. Экструдированные корма для свиней // Комбикорма. 2006. №6. С. 65-66.
17. Кисла, Н.А. Кормовые бобы в рационе цыплят-бройлеров / Н.А. Кисла, А.В. Малец // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы: сб. науч. тр. УО «ГТАУ». — Гродно, 2020.- Т. 49 (Зоотехния). — С. 65-72.
18. Экструдированное и гранулированное зерно люпина узколистного в кормлении молодняка крупного рогатого скота: монография/ В.Ф. Радчиков [и др.]; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». — Жодино, 2024.- 108 с.
19. Сравнительная оценка применения сухих полнорационных комбикормов европейского производства при выращивании осетровых рыб / В.Г. Чипинов [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. «Рыбное хозяйство». 2012. №2. С. 99–104.
20. Singh, S.K. Muthukumarappan K. Effect of feed moisture, extrusion temperature and screw speed on properties of soy white flakes based aquafeed: a response surface analysis // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015. Vol. 96. No. 6. P 2220–2229.
21. Rokey, G.J., Plattner B., Souza E.M. Feed extrusion process description // Revista Brasileira de Zootecnia. 2010. Vol. 39. P. 510–518.

22. Брагинец, С.В. Экструдирование кормов для аквакультуры / С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников, В.Ф. Хлыстунов // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 38–49.
23. Правдин, П.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных)/ П.Ф. Правдин — Москва: Пищевая промышленность, 1966.- 250 с.
24. Комбикорма для рыб. Общие технические условия: ГОСТ 10385 — 2014. — Введ. 30.07.14 (с отменой на территории РБ ГОСТ 10385-88). — Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2020. — 11 с.

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна, кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь)/
E-mail: Koshak.zn@Gmail.com.

Рыбкина Евгения Евгеньевна, научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь).

E-mail: zenarybkina599@gmail.ru

Information about authors

Koshak Zhanna Viktorovna, PhD (Technical) candidate of technical sciences, associate professor, head of the feed laboratory of the RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22 Stebeneva St., 220024 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: Koshak.zn@Gmail.com/

Rybkina Evgeniya Evgenievna, Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus).

E-mail: zenarybkina599@gmail.ru