

Научная статья
УДК 636.086:598.5
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-2-127-134>
EDN YDTABU

Исследование физико-механических и химических свойств комбикормов с погонами дезодорации для осетровых рыб

**Виталий Николаевич Василенко, Лариса Николаевна Фролова[✉],
Илья Юрьевич Кочкин, Илья Денисович Еремин**

*Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Воронеж, Россия, fln-84@mail.ru[✉]*

Аннотация. Разведение осетровых рыб в аквакультуре – единственная на сегодняшний день возможность их сохранения в качестве сырья для пищевой рыбной продукции. В связи с этим очевидны не только необходимость развития товарного осетроводства, но также актуальность исследований, направленных на изучение и разработку оптимальных режимов промышленного выращивания различных видов осетровых. Целью работы стало расширение ассортимента комбикормов для осетровых рыб за счет неиспользованных резервов расширения кормовой базы, которыми являются побочные продукты масложировой промышленности, в частности погоны дезодорации. На основе изучения классической технологии получения комбикормов для рыб и устранения ее недостатков разработана технология производства псевдокапсулированных комбикормов с содержанием в них более 20 % жира и витаминов, адаптированных для различных видов осетровых рыб, выращиваемых в Центральном федеральном округе РФ. В предлагаемой технологии по производству комбикормов для рыб псевдокапсулирование гранул жиропоглотителями с масложировыми отходами, например погонов дезодорации, осуществляют в тарельчатом грануляторе. На основании выполненных исследований установлено, что для введения в состав псевдокапсулированного комбикорма повышенного содержания жира погонов дезодорации (более 20 %) необходимо использовать жиропоглотители, в качестве которых можно рекомендовать аэросил диоксида кремния. При применении аэросила диоксида кремния можно обеспечить включение в состав комбикорма до 20–30 % жира погонов дезодорации в соотношении 1 : 4, не ухудшая при этом технологических свойств готового продукта.

Ключевые слова: псевдокапсулированные комбикорма, жир, погоны дезодорации, комбикорма, осетровые рыбы, физико-механические свойства, аэросил диоксида кремния

Благодарности: исследования выполнены при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-26-00119.

Для цитирования: Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Кочкин И. Ю., Еремин И. Д. Исследование физико-механических и химических свойств комбикормов с погонами дезодорации для осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 127–134. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-2-127-134>. EDN YDTABU.

Original article

Investigation of physico-mechanical and chemical properties of compound feeds with deodorization straps for sturgeon fish

Vitalii N. Vasilenko, Larisa N. Frolova[✉], Ilya Yu. Kochkin, Ilya D. Eremin

*Voronezh State University of Engineering Technologies,
Voronezh, Russia, fln-84@mail.ru[✉]*

Abstract. Breeding sturgeons in aquaculture is the only way to preserve them as a raw material for fish food products today. In this regard, not only the need for the development of commercial sturgeon breeding is obvious, but also the importance of research aimed at studying and developing optimal modes of industrial cultivation of different species of sturgeon. The aim of the work is to expand the range of compound feed for sturgeons, at the expense of unused reserves for expanding the food base, which are by-products of the oil and fat industry, in particular, deodorization cuts. Based on the study of the classical technology for obtaining feed for valuable fish species and eliminating its short-

comings, a technology has been developed for the production of pseudo-encapsulated feed with a content of more than 20% fat in it and vitamins adapted for various types of sturgeons grown in the Central Federal District of the Russian Federation. In the proposed technology for the production of feed for valuable fish species, pseudocapsulation of granules with fat absorbers with oil and fat waste, for example, deodorization cuts, is carried out in a plate granulator. On the basis of the studies performed, it was found that in order to introduce an increased fat content of deodorization cuts (more than 20%) into the composition of pseudoencapsulated compound feed, it is necessary to use fat absorbers, which can be recommended as silicon dioxide aerosil. When using silicon dioxide aerosil, it is possible to ensure the inclusion of up to 20-30% fat of deodorization cuts in the feed composition in a ratio of 1:4, without worsening the technological properties of the finished product.

Keywords: pseudoencapsulated compound feed, fat, deodorization cuts, compound feed, sturgeon, physical and mechanical properties, silicon dioxide aerosil

Acknowledgment: the research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation as part of a scientific project No. 23-26-00119.

For citation: Vasilenko V. N., Frolova L. N., Kochkin I. Yu., Eremin I. D. Investigation of physico-mechanical and chemical properties of compound feeds with deodorization straps for sturgeon fish. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2023;2:127-134. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-2-127-134>. EDN YDTABU.

Введение

Аквакультура является одним из важнейших направлений агропромышленного, рыбохозяйственного и природоохранного комплексов Российской Федерации, обеспечивающих продовольственную безопасность страны.

В основе современного рыбоводства лежит рациональное кормление рыбы. Роль кормления неуклонно возрастает по мере повышения уровня интенсификации рыбоводных процессов. За счет комбикормов и кормления получают от 70 % продукции в прудовых хозяйствах, до 100 % продукции в индустриальных хозяйствах, поэтому одним из направлений работы по привлечению материальных ресурсов является эффективное использование побочной продукции, что позволит дополнительно получать новый комбикорм достаточно высокого качества с меньшими издержками производства [1–4].

Одним из неиспользованных резервов расширения кормовой базы являются побочные продукты масложировой промышленности, в частности погоны дезодорации. Количество погонов дезодорации растительных масел составляет 0,15 % от массы выработанного масла. Погоны дезодорации используют для производства мыла, но токоферолы, стерин и другие неомыляемые вещества при этом теряются, в то время как они могли бы быть рационально использованы в рыбоводстве, животноводстве и других отраслях [5–7]. Высокоэнергетический комбикорм для товарного выращивания осетровых рыб предназначен для применения в оптимальных условиях содержания. В свою очередь, повышенное содержание жира обеспечивает экономию энергетических затрат протеина, обеспечивает низкие значения кормового коэффициента и максимальный суточный прирост [3, 8].

Лучшим способом доведения жиров и содержащихся в них витаминов до рыб является скармливание в составе комбикормов [9, 10]. Однако в настоящее время повысить уровень жира в комбикормах на существующих линиях ввода жиров невозможно, т. к. на большинстве заводов по линии ввода жидких компонентов в рассыпной комбикорм можно включить до 10–15 % жира, а при повышенном содержании в нем влаги (более 0,5 %) и того меньше.

Методика исследований

На основе изучения классической технологии получения комбикормов для рыб и устранения ее недостатков разработана технология производства псевдокапсулированных комбикормов с содержанием в них более 10–15 % жира и витаминами, адаптированных для различных видов осетровых рыб, выращиваемых в Центральном федеральном округе РФ. В предлагаемой технологии по производству продукционных комбикормов для осетровых рыб псевдокапсулирование гранул жиропоглотителями с масложировыми отходами, например погонов дезодорации, осуществляют в тарельчатом грануляторе [11–13].

В лабораторных условиях с помощью программы «ЭкоКорм» и специальных кормовых таблиц готовили опытные партии продукционных псевдокапсулированных комбикормов для осетра массой от 5 до 600 г с соблюдением обменной и питательной ценности, в состав которых входили сырье растительного и животного происхождения, отходы масложировой промышленности (шроты, концентраты, погоны дезодорации), лизин, премикс, а также добавлена фитаза для улучшения усвоения белка и фосфора (рис. 1, 2) [14].

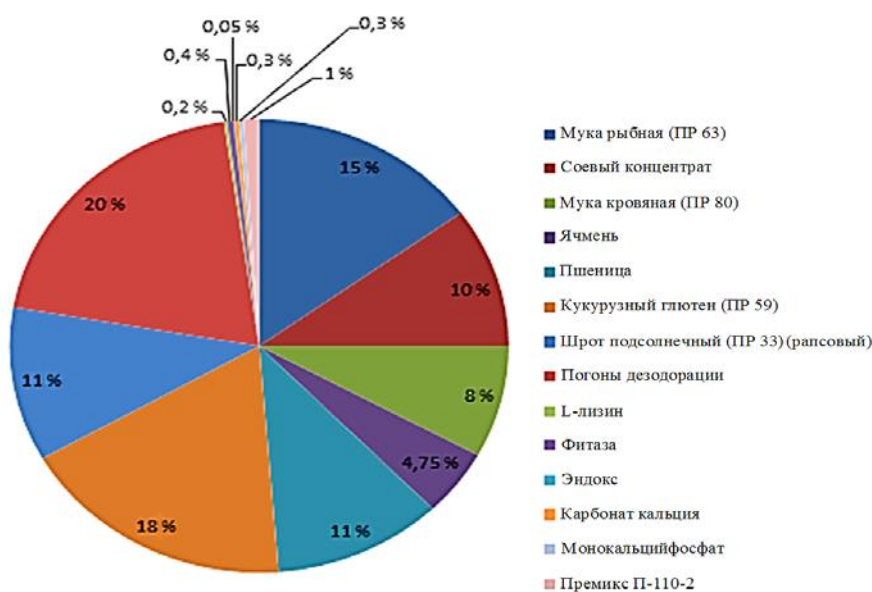


Рис. 1. Рецепт производственного комбикорма для осетра массой от 5 до 600 г

Fig. 1. Recipe for production feed for sturgeon weighing 5-600 g

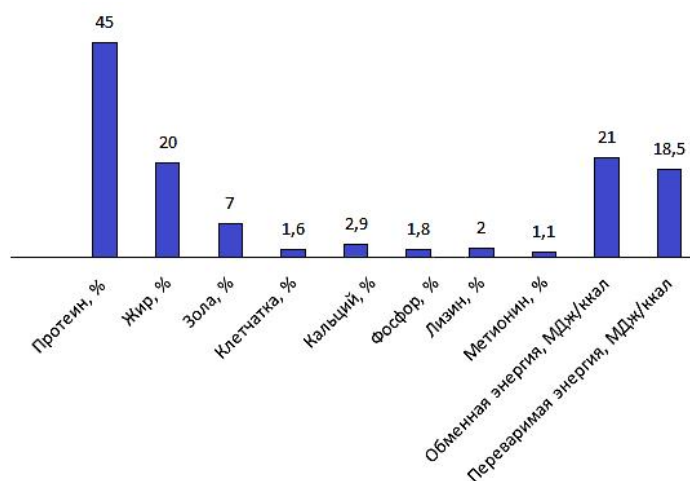


Рис. 2. Питательная ценность производственного комбикорма для осетра массой от 5 до 600 г

Fig. 2. Nutritional value of production feed for sturgeon weighing 5-600 g

Содержание токоферолов в погонах дезодорации подсолнечного масла колеблется от 1,96 до 2,4 г/кг, а в погонах соевого масла – до 4,1 г/кг, в то время как обычный медицинский препарат содержит 3 г/кг витамина Е, витамина А в них содержится в количестве 3,0 г/кг. Основную массу погонов составляют жиры. В качестве жиропоглотителей использовали адсорбенты химического производства аэросил диоксид кремния, индифферентные для организма и обладающие высокой способностью поглощения, а также используемые в промышленности порошки бентонита натрия и цеолита.

В тарельчатый гранулятор подают адсорбенты, далее смешивают с масложировыми отходами, та-

кими как погоды дезодорации, и далее комбикорм покрывают полученной смесью с жиропоглотителями. За счет хорошей адгезии (сил поверхностного сцепления) адсорбенты равномерно наносятся на поверхность гранул. Полученные производственные псевдокапсулированные комбикорма меньше контактируют с влагой и кислородом, содержащимися в воздухе, а значит, дольше не окисляются и не распадаются, что увеличивает хранимособность комбикормов. Это позволяет сохранить в полном объеме витамины, микро- и макроэлементы, необходимые для рыбы [15–17].

Псевдокапсулированный комбикорм контролировали на сите с размером стороны ячейки 1 мм.

Каждую партию исходного комбикорма обогащали погонами дезодорации, которые вводили сверх массы комбикорма в смеси с жиропоглотителями в количестве, обеспечивающем сохранение технологических свойств комбикорма.

О качественном составе псевдокапсулированного комбикорма в процессе хранения при различной относительной влажности судили по содержанию жира и изменению его констант и показателю кислотного числа, которые определяли по стандартным методикам [18].

Для создания различных условий хранения был применен эксикаторный метод. Эксикаторы одинакового диаметра заполняли растворами серной кислоты, изменением концентрации которой создавали определенную относительную влажность воздуха, равную 60 и 80 %. В эксикаторы над раствором помещали псевдокапсулированный комбикорм массой 1 кг, затаренный в 4-слойные бумажные крафт-мешки.

Расстояние продукта от поверхности кислоты в каждом из опытов было одинаковым. Температура окружающего воздуха во время опыта не стабилизировалась и колебалась в течение 3 месяцев хранения от 19 до 24 °С.

Свойства жиропоглотителей характеризовали по следующим показателям: влажность, объемная масса, угол естественного откоса, угол внутреннего трения. Все исследования проводили по методикам, утвержденным нормативно-технической документацией [19, 20].

По результатам исследования было установлено, что физические свойства жиропоглотителей не одинаковы. Наименьшая влажность установлена у аэросила диоксида кремния – 3,9 %, а наибольшая – 4,8 % – у бентонита натрия и цеолита. Самой низкой плотностью и наименьшей объемной массой обладает аэросил диоксида кремния, наибольшие соответ-

ствующие показатели отмечены у бентонита натрия и цеолита. Следует отметить, что наименьший угол внутреннего трения, равный 29,3°, установлен у аэросила диоксида кремния, а наибольший – 32,4° – у бентонита натрия. Между углом внутреннего трения и углом естественного откоса у всех жиропоглотителей обнаружена прямая зависимость.

Результаты исследования гранулометрического состава жиропоглотителей, определенные методом ситового анализа, показали, что наименьшим размером обладают частички аэросила диоксида кремния, а бентониты натрия и цеолиты имеют примерно один и тот же размер частиц.

Различия в физических свойствах жиропоглотителей, связанные с их размером, объемной массой, углом внутреннего трения и углом естественного откоса, обуславливают способность их к различному поглощению жировой фазы.

Так, методом многофакторного планирования эксперимента установлено, что при соотношении между аэросилом диоксида кремния и погонами дезодорации 1 : 4 в комбикорм можно ввести 20–30 % жира к его массе, без снижения физико-механических и химических свойств, а при использовании бентонита натрия – не более 10 % при соотношении между адсорбентом и погонами дезодорации лишь 1 : 1.

Результаты исследований и их обсуждение

Физико-механические свойства псевдокапсулированных комбикормов оценивали по следующим показателям: влажность, угол естественного откоса, угол внутреннего трения.

В табл. 1 представлены результаты исследования изменения физико-механических свойств псевдокапсулированных комбикормов в процессе хранения.

Таблица 1

Table 1

Физико-механические свойства псевдокапсулированных комбикормов в процессе хранения

Physical and mechanical properties of pseudo-encapsulated feedin storage

Жиропоглотители и % ввода погонов дезодорации (ПД)	Угол естественного откоса, град		Угол внутреннего трения, град		Влажность, %	
	исходный	через 3 мес. хранения	исходный	через 3 мес. хранения	исходный	через 3 мес. хранения
Контроль	36,1	37,1	31,5	32,1	12,9	13,2
Бентонит натрия, 10 % ПД, 1 : 1	39,1	40,1	37,5	38,1	10,9	11,3
Цеолит, 10 % ПД, 1 : 1	39,1	40,1	37,6	38,4	10,2	10,7
Аэросил диоксида кремния, 30 % ПД, 1 : 4	37,1	37,1	32,1	32,4	6,2	6,6

При хранении комбикормов с погонами дезодорации влажность всех партий увеличивалась незначительно. Наибольший прирост влаги отме-

чен в комбикормах с цеолитом, а наименьший – с аэросилом диоксида кремния.

Так как критерием качества псевдокапсулированных комбикормов, обогащенных погонами де-

зодорации, служил показатель сыпучести, характеризуемый величиной угла естественного откоса, то, как следует из табл. 1, при относительной влажности воздуха 60 % в комбикорме, обогащенном погонами дезодорации на основе аэросила диоксида кремния, за 3 месяца хранения сыпучесть не изменилась, угол внутреннего трения при использовании аэросила диоксида кремния изменился незначительно – на 0,7 % по сравнению с первоначальным значением при закладке.

Такая же закономерность установлена при относительной влажности воздуха 80 % с той лишь раз-

ницей, что абсолютные значения исследуемых изменений были выше.

Показатели безопасности псевдокапсулированного комбикорма содержащего погоны дезодорации, аэросил диоксид кремния, бентонит натрия и цеолит, определяли в Центре коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» Воронежского государственного университета инженерных технологий. Полученный комбикорм был экологически чистым и с улучшенным санитарным состоянием, микробиологические показатели комбикорма соответствовали нормам (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Микробиологические показатели комбикорма

Microbiological indicators of compound feed

Показатель	Допустимые значения	Смесь комбикорма
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1×10^4	$0,4 \times 10^4$
БГКП (колиформы)	1,0	отсутствуют
Патогенные, в том числе сальмонеллы	25	отсутствуют
<i>B. cereus</i>	0,1	отсутствуют
Плесени, КОЕ/г, не более	50	отсутствуют

На рис. 3 представлены изменения кислотного числа жира в псевдокапсулированных комбикормах,

выработанных на основе погонов дезодорации и различных жиропоглотителей, в процессе хранения.

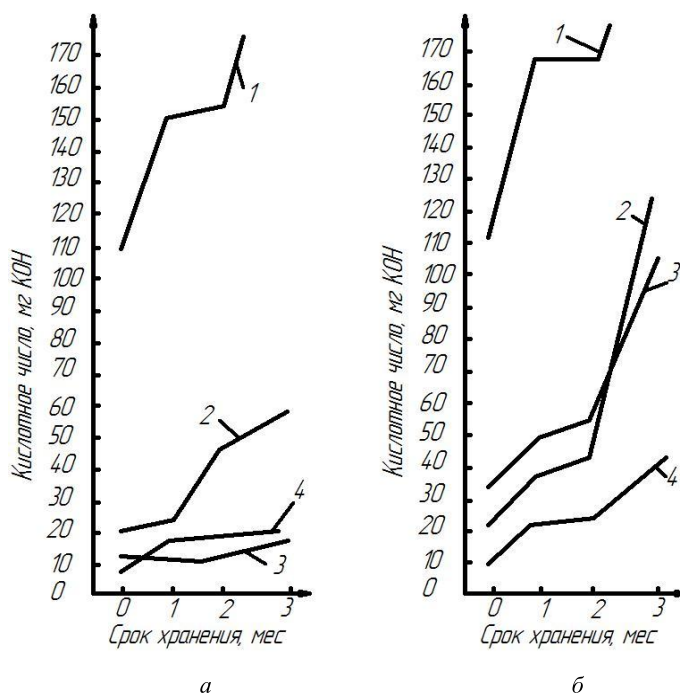


Рис. 3. Изменение кислотного числа жира в комбикормах для осетровых рыб, выработанных на основе погонов дезодорации: а – при относительной влажности воздуха $\varphi = 60\%$; б – при относительной влажности воздуха $\varphi = 80\%$: 1 – исходный образец комбикорма; 2 – комбикорм с цеолитом; 3 – комбикорм с бентонитом; 4 – комбикорм с аэросилом диоксида кремния

Fig. 3. Changes in the acid number of fat in compound feed for sturgeons developed on the basis of deodorization cuts: а – at relative air humidity $\varphi = 60\%$; б – at relative air humidity $\varphi = 80\%$: 1 – initial sample of compound feed; 2 – compound feed with zeolite; 3 – compound feed with bentonite; 4 – compound feed with silicon dioxide aerosil

Из анализа графических зависимостей следует, что псевдокапсулированные комбикорма и находящийся в них жир погонов дезодорации по-разному подвергаются окислительным процессам. Наиболее устойчивыми в процессе хранения оказались комбикорма, обогащенные 20–40 % погонов дезодорации с аэросилом диоксида кремния. Комбикорм с бентонитом натрия устойчив лишь при влажности 60 %. Так, в исходном комбикорме за 3 мес. хранения (при $\phi = 60\%$) кислотное число жира возросло с 0,2 до 1,1 % J_2 , или в 3,1 раза, в комбикорме с аэросилом диоксида кремния, с бентонитом натрия – в 2,2 раза. При относительной влажности 80 % установлена та же зависимость изменений кислотного числа (абсолютные значения которых были выше).

Хотя полученные данные и свидетельствуют о высокой степени перекисидации липидов, следует отметить, что в обогащенных комбикормах с бентонитом натрия и аэросилом диоксида кремния эти изменения протекают медленнее. Подтверждением сказанному служит показатель кислотного числа

жира, который был самым высоким в исходном комбикорме (при $\phi = 60\%$ 110 мг КОН в начале опыта и 170 мг КОН через 3 мес. хранения) и самым низким – 5 мг КОН – у комбикорма с аэросилом диоксида кремния в начале и 10 мг КОН – через 3 мес. хранения.

Заключение

На основании выполненных исследований установлено, что для введения в состав псевдокапсулированного комбикорма повышенного содержания жира погонов дезодорации (более 20 %) необходимо использовать жиропоглотители, в качестве которых можно рекомендовать аэросил диоксида кремния. При применении аэросила диоксида кремния можно обеспечить включение в состав комбикорма до 20–30 % жира погонов дезодорации в соотношении 1 : 4, не ухудшая при этом технологических свойств готового продукта. Свойства комбикормов, характеризующихся величиной угла естественного откоса и углом внутреннего трения, за 3 месяца хранения не изменились.

Список источников

1. Василенко В. Н. Разработка экструзионного оборудования нового поколения для комбикормов // Вестн. машиностроения. 2009. № 9. С. 77–78.
2. Василенко В. Н., Остриков А. Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов: моногр. Воронеж: Изд-во ВГТА, 2011. 454 с.
3. Пономарев С. В., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Корма и кормление рыб в аквакультуре. М.: Моркнига, 2013. 410 с.
4. Японцев А. Э. Обработка технологических режимов при производстве экструдированных кормов для радужной форели // Качество продукции, технологий и образования: материалы II Практич. конф. Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2007. С. 95–96.
5. Мачигин В. С., Григорьева В. Н., Лисицына А. Н. Использование отходов масложировой промышленности в кормовых целях // Масложировая промышленность. 2005. № 2. С. 27–29.
6. Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никаноров С. И., Пономарева Е. Н., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России. Астрахань: Нова плюс, 2002. 263 с.
7. Чернышов Н. И., Панин И. Г. Компоненты комбикормов. Старый Оскол: Типография, 1999. 300 с.
8. Потапов А. Главное событие года на рынке рыбных кормов // Комбикорма. 2009. № 7. С. 20–21.
9. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В., Михайлова Н. А. Разработка производственных комбикормов для индустриального производства тилипии // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. 2019. № 1. С. 132–137.
10. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В., Кочкин И. Ю., Еремин И. Д., Жильцова С. И. Разработка производственных псевдокапсулированных комбикормов для лососевых рыб, выращиваемых в ЦФО РФ // Кормопроизводство. 2022. № 5. С. 44–48.
11. Пат. № 2558446 РФ, МПК С1 А 23 Р 1/04. Линия производства псевдокапсулированных биопрепаратов на основе отходов масложировой промышленности / Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В.; заявл. 13.05.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.
12. Пат. № 2739798 РФ, МПКС1 С1. Способ производства производственных экструдированных комбикормов для осетровых рыб / Афанасьев В. А., Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Остриков А. Н., Михайлова Н. А., Богомолов И. С.; заявл. 10.01.2020, опубл. 28.12.2020.
13. Пат. № 2451600 РФ, МПКС1 В29С47/38 (2006.01). Линия производства псевдокапсулированных аквакормов / Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В., Накрайникова А. В.; заявл. 13.09.2010; опубл. 27.05.2012.
14. Афанасьев В. А. и др. Методические рекомендации для расчета рецептов комбикормовой продукции. М.: Изд-во ВНИИКП, 2003. 149 с.
15. Афанасьев В., Богомолов И., Остриков А., Старцева С. Технология и оборудование для производства комбикормов для ценных пород рыб // Комбикорма. 2021. № 1. С. 24–28.
16. Афанасьев В. А., Остриков А. Н., Богомолов И. С., Филиппов П. В., Фролова Л. Н. Разработка технологии высокоусвояемых комбикормов с вакуумным напылением жидких компонентов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. 2021. Т. 83, № 1 (87). С. 94–101.
17. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В., Михайлова Н. А., Таркаева Д. А. Линия производства комбикормов для рыб с вакуумным напылением // Комбикорма. 2019. № 4. С. 38–40.
18. Арутюнян Н. С., Корнена Е. П. Лабораторный практикум по химии жиров. СПб.: ГИОРД, 2004. 264 с.
19. ГОСТ 28254-2014. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса. URL: <http://rdocs3.cntd.ru/document/1200112147> (дата обращения: 12.12.2022).
20. ГОСТ Р 57059-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139185> (дата обращения: 12.12.2022).

References

1. Vasilenko V. N. Razrabotka ekstruzionnogo oborudovaniia novogo pokoleniia dlia kombikormov [Developing extrusion equipment of new generation for animal feed]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2009, no. 9, pp. 77-78.
2. Vasilenko V. N., Ostrikov A. N. *Tekhnika i tekhnologii ekstrudirovannykh kombikormov: monografiia* [Technique and technology of extruded feed: monograph]. Voronezh, Izd-vo VGTA, 2011. 454 p.
3. Ponomarev S. V., Grozesku Iu. N., Bakhareva A. A. *Korma i kormlenie ryb v akvakul'ture* [Feed and feeding of fish in aquaculture]. Moscow, Morkniga Publ., 2013. 410 p.
4. Iapontsev A. E. Obrabotka tekhnologicheskikh rezhimov pri proizvodstve ekstrudirovannykh kormov dlia raduzhnoi foreli [Processing technological regimes in production of extruded feed for rainbow trout]. *Kachestvo produktsii, tekhnologii i obrazovaniia: materialy II Prakticheskoi konferentsii*. Magnitogorsk, Izd-vo MGTU, 2007. Pp. 95-96.
5. Machigin V. S., Grigor'eva V. N., Lisitsyna A. N. Ispol'zovanie otkhodov maslozhirovoi promyshlennosti v kormovykh tseliakh [Use of fat-and-oil industry waste for fodder purposes]. *Maslozhirovaia promyshlennost'*, 2005, no. 2, pp. 27-29.
6. Ponomarev S. V., Gamygin E. A., Nikanorov S. I., Ponomareva E. N., Grozesku Iu. N., Bakhareva A. A. *Tekhnologii vyrashchivaniia i kormleniia ob'ektov akvakul'tury Iuga Rossii* [Technologies for growing and feeding aquaculture objects in South of Russia]. Astrakhan', Nova plius Publ., 2002. 263 p.
7. Chernyshov N. I., Panin I. G. *Komponenty kombikormov* [Feed components]. Staryi Oskol, Tipografiia, 1999. 300 p.
8. Potapov A. Glavnoe sobytie goda na rynke rybnykh kormov [Main event in fish feed market]. *Kombikorma*, 2009, no. 7, pp. 20-21.
9. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V., Mikhailova N. A. Razrabotka produktsionnykh ekstrudirovannykh kombikormov dlia industrial'nogo proizvodstva tilipii [Development of production extruded feed for industrial production of tilapia]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2019, no. 1, pp. 132-137.
10. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V., Kochkin I. Iu., Eremin I. D., Zhil'tsova S. I. Razrabotka produktsionnykh psevdokapsulirovannykh kombikormov dlia lososevykh ryb, vyrashchivaemykh v TsFO RF [Development of production pseudoencapsulated feed for salmon fish grown in RF Central Federal District]. *Kormoproizvodstvo*, 2022, no. 5, pp. 44-48.
11. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V. *Liniia proizvodstva psevdokapsulirovannykh biopreparatov na osnove otkhodov maslozhirovoi promyshlennosti* [Production line of pseudoencapsulated biopreparations based on oil and fat industry waste]. Patent RF № 2558446; 10.08.2015.
12. Afanas'ev V. A., Vasilenko V. N., Frolova L. N., Ostrikov A. N., Mikhailova N. A., Bogomolov I. S. *Sposob proizvodstva produktsionnykh ekstrudirovannykh kombikormov dlia osetrovyykh ryb* [Method of producing extruded feed for sturgeons]. Patent RF № 2739798; 28.12.2020.
13. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V., Nakrainikova A. V. *Liniia proizvodstva psevdokapsulirovannykh akvakormov* [Production line of pseudoencapsulated aquafeeds]. Patent RF № 2451600; 27.05.2012.
14. Afanas'ev V. A. i dr. *Metodicheskie rekomendatsii dlia rascheta retseptov kombikormovoi produktsii* [Guidelines for calculating recipes for feed products]. Moscow, Izd-vo VNIIPK, 2003. 149 p.
15. Afanas'ev V., Bogomolov I., Ostrikov A., Startseva S. *Tekhnologiya i oborudovanie dlia proizvodstva kombikormov dlia tsennykh porod ryb* [Technology and equipment for producing feed for valuable fish species]. *Kombikorma*, 2021, no. 1, pp. 24-28.
16. Afanas'ev V. A., Ostrikov A. N., Bogomolov I. S., Filiptsov P. V., Frolova L. N. Razrabotka tekhnologii vysokovoi voiamykh kombikormov s vakuumnym napyleniem zhidkikh komponentov [Developing technology for highly digestible compound feeds with vacuum spraying of liquid components]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2021, vol. 83, no. 1 (87), pp. 94-101.
17. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V., Mikhailova N. A., Tarkaeva D. A. Liniia proizvodstva kombikormov dlia ryb s vakuumnym napyleniem [Vacuum coated fish feed production line]. *Kombikorma*, 2019, no. 4, pp. 38-40.
18. Arutiunian N. S., Kornena E. P. *Laboratnyi praktikum po khimii zhirov* [Laboratory workshop on the chemistry of fats]. Saint-Petersburg, GIORD, 2004. 264 p.
19. GOST 28254-2014. *Kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniia ob'emnoi massy i ugla estestvennogo otkosa* [GOST 28254-2014. Compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining bulk density and angle of repose]. Available at: <http://rdocs3.cntd.ru/document/1200112147> (accessed: 12.12.2022).
20. GOST R 57059-2016. *Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Ekspres-metod opredeleniia vlagi* [GOST R 57059-2016. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Express method for determining moisture]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200139185> (accessed: 12.12.2022).

Статья поступила в редакцию 17.01.2023; одобрена после рецензирования 31.03.2023; принята к публикации 25.05.2023
The article is submitted 17.01.2023; approved after reviewing 31.03.2023; accepted for publication 25.05.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Виталий Николаевич Василенко – доктор технических наук, профессор; проректор; Воронежский государственный университет инженерных технологий; Vvn_1977@mail.ru

Vitalii N. Vasilenko – Doctor of Technical Sciences, Professor; Vice Rector; Voronezh State University of Engineering Technologies; Vvn_1977@mail.ru

Лариса Николаевна Фролова – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств; Воронежский государственный университет инженерных технологий; fln-84@mail.ru

Larisa N. Frolova – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Machines and Apparatuses for Food Production; Voronezh State University of Engineering Technologies; fln-84@mail.ru

Илья Юрьевич Кочкин – аспирант кафедры машин и аппаратов пищевых производств; Воронежский государственный университет инженерных технологий; fln-84@mail.ru

Ilya Yu. Kochkin – Postgraduate Student of the Department of Machines and Apparatuses for Food Production; Voronezh State University of Engineering Technologies; fln-84@mail.ru

Илья Денисович Еремин – аспирант кафедры машин и аппаратов пищевых производств; Воронежский государственный университет инженерных технологий; fln-84@mail.ru

Ilya D. Eremin – Postgraduate Student of the Department of Machines and Apparatuses for Food Production; Voronezh State University of Engineering Technologies; fln-84@mail.ru

