

УДК 639.3.043
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-4(54)-63-69

Поступила в редакцию 12.10.2021
Received 12.10.2021

Ж. В. Кошак¹, А. Н. Русина^{1,2}, А. Э. Кошак¹

¹ РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СУШКИ КОМБИКОРМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЫБНОГО ГИДРОЛИЗАТА НА ИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

Аннотация. В статье изучено влияние температуры агента сушки на биологическую ценность и структурно-механические свойства производственного комбикорма для осетровых рыб, содержащего в своем составе рыбный гидролизат. Установлено, что с увеличением конечной влажности гранул их твердость и разбухаемость в воде снижается. Так, например, с увеличением конечной влажности гранул на 37% твердость гранул снижается на 47%, а разбухаемость на 67%.

Установлено, что температура агента сушки влияет на биологическую ценность комбикормов для осетровых рыб с рыбным гидролизатом в его составе. С ростом температуры агента сушки происходят потери метионина и лизина и при температуре агента сушки 75 °С они составляют более 15%. С ростом температуры агента сушки с 50 до 90 °С снижается содержание витаминов: витамина А на 17,4%, витамина Е — на 10,5%, витамина Д₃ — на 20,8%. Установлено, что для сохранения биологической ценности комбикорма для осетровых рыб с рыбным гидролизатом в его составе оптимальными температурами агента сушки являются температуры 60–70 °С.

Ключевые слова: рыбный гидролизат, осетровый комбикорм, агент сушки, биологическая ценность, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, витаминный состав, аминокислотный скор.

Z. V. Koshak, A. N. Rusina, A. E. Koshak

RUE «Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food», Minsk, Republic of Belarus

INFLUENCE OF DRYING REGIMES OF MIXED FODDERS WITH THE USE OF FISH HYDROLYSATE ON THEIR BIOLOGICAL VALUE FOR STURGEON FISH

Abstract. The article studies the influence of the temperature of the drying agent on the biological value and structural and mechanical properties of the production feed for sturgeon fish, containing fish hydrolysate in its composition. It is obtained that with an increase in the final humidity of the granules, their hardness and swelling in water decreases, so with an increase in the final humidity of the granules by 37%, the hardness of the granules decreases by 47%, and the swelling by 67%.

It has been established that the temperature of the drying agent affects the biological value of mixed fodder for sturgeon fish with fish hydrolysate in its composition. It is obtained that with an increase in the temperature of the drying agent, methionine and lysine losses occur and at a drying agent temperature of 75eC they are more than 15%. With an increase in the temperature of the drying agent from 50 to 90eC, the content of vitamins decreases: vitamin A by 17.4%, vitamin E - by 10,5%, vitamin D₃ - by 20,8%. It is established that in order to preserve the biological value of feed for sturgeon fish with fish hydrolysate in its composition, the optimal temperatures of the drying agent are temperatures of 60-70eC.

Keywords: fish hydrolysate, sturgeon feed, drying agent, biological value, amino acid composition, fatty acid composition, vitamin composition, amino acid content.

Введение. Комбикорма для ценных видов рыб производятся с использованием технологии экструдирования, которая позволяет получать гранулу требуемых физических свойств, благодаря которой гранула может тонуть в воде (комбикорма для осетровых рыб), медленно погружаться в воду

(комбикорма для лососевых рыб) или плавать на поверхности (комбикорма для карповых рыб). Экструдированные комбикорма для ценных видов рыб обладают высокой водостойкостью, разбухаемостью, имеют более высокую питательную ценность по сравнению с гранулированными [9].

Влияние на поведение гранул в воде оказывает не только процесс экструдирования, но и процесс сушки гранул комбикорма. Количество влаги в грануле оказывает существенное влияние на поведение гранулы в воде, ее прочность и разбухаемость.

Сушка является основной технологической операцией по приведению комбикорма в устойчивое при его хранении состояние. Только после того, как из комбикорма будет удалена вся избыточная влага, и он будет доведен до сухого состояния, можно рассчитывать на его надежную сохранность в течение длительного периода времени [1].

Процесс сушки комбикорма — это нестационарный процесс. Поэтому практически невозможно предвидеть протекание процесса при изменении режима и метода сушки или состава комбикорма. Процесс сушки протекает по-разному, в начале процесса скорость испарения влаги максимальная, в конце сушки — минимальная. Температура гранул также не постоянна. В начале сушки она минимальная, в конце — максимальная [2].

Правильное проведение процесса сушки комбикорма позволяет сохранить биологическую ценность комбикормов и стабилизировать биохимические процессы при их хранении. Особенно важно правильное протекание процесса сушки для экструдированных комбикормов для ценных видов рыб [3–5].

Одно из отличий производства комбикормов для ценных видов рыб от обычной технологии производства комбикормов — это наличие процесса сушки [6]. Поскольку процесс экструдирования проводится при повышенной влажности, экструдаты необходимо высушить, а затем охладить. Имеются как отдельные конструкции сушилок и охладителей, так и их комбинированные системы. Наиболее распространены горизонтальные агрегаты, в которых сушка экструдатов осуществляется на медленно движущихся сетчатых лентах при продувании горячим воздухом. Температура экструдатов, вышедших из сушилки, составляет 50–60 °С, поэтому требуется охлаждение гранул до температуры не выше 10 °С температуры окружающей среды. Влажность экструдированных комбикормов, как правило, составляет 7–8 %, по действующему ГОСТ 10385-2014 допускается влажность комбикормов для ценных видов рыб не более 12 % [7].

Гранула, выходящая из экструдера, имеет влажность 20–35 % в зависимости от состава комбикорма. Для эффективного хранения на заключительном этапе производства экструдированного комбикорма необходимо снижать процент влаги, применяя барабанные сушилки с сетчатым барабаном, ленточные с сетчатой лентой и т.п. [8].

В Республике Беларусь большое внимание уделяется рецептам комбикормов для осетровых рыб, при этом упускается аспект влияния технологии производства на биологическую ценность готового продукта.

В настоящее время на рынке Республики более 60% составляют импортные комбикорма. Поэтому разработка рецептов и технологии производств отечественного комбикорма для осетровых рыб, содержащего новые уникальные сырьевые компоненты, актуально для Республики Беларусь. В связи с этим перед производителями комбикормовой продукции стоит задача увеличить производство полнорационных высокоэффективных комбикормов для ценных видов рыб [10, 11].

Целью исследований является изучение влияния температуры агента сушки на биологическую ценность и структурно-механические свойства продукционного комбикорма для осетровых рыб, содержащего в своем составе рыбный гидролизат.

Результаты исследований и обсуждение. Авторами статьи разработан продукционный комбикорм для осетровых рыб, содержащий в составе новый кормовой концентрат — гидролизат рыбный из отходов переработки пресноводной рыбы [12]. В процессе сушки под воздействием температуры возможна потеря биологически активных веществ нового комбикорма. Поэтому необходимо определить оптимальные параметры процесса сушки комбикорма для осетровых рыб, содержащего в своем составе рыбный гидролизат.

Подбор технологических режимов работы сушилки осуществляли на лабораторной сушилке Ш12-РОГ, которая представлена на рис. 1.

Сушилка работает следующим образом: гранулы экструдированного комбикорма после экструдера размещают на лотках 1, закрывают дверь 3 и включают вентилятор 4. При сушке гранул включают электронагреватель 5, обеспечивающий подогрев воздуха до установленной на пульте управления 7 температуры. С помощью датчиков температуры осуществляется контроль температуры в каждой зоне сушилки, значения температур отражаются на цифровом табло 6 пульта управления 7. В процессе сушки крошка и мелкая крупка гранул становится сыпучей и под действием силы тяжести собирается на лотке 6.

Комбикорм экструдированный для осетровых рыб должен содержать в соответствии с требованиями технических условий влажность не более 12 %.

Процесс сушки исследовали по кривым сушки $W=f(\tau)$, построенным графически в координатах по оси абсцисс — время (τ), по оси ординат — влажность (W). Кривые сушки, которые представлены на рис. 2, характеризуют изменение влажности комбикорма во времени.



1 — лотки с сетчатым дном для сушки гранул, 2 — лоток для сбора крошки, 3 — дверь, 4 — вентиляторы канальные, 5 — электронагреватель, 6 — цифровое табло, 7 — пульт управления (регулировка температуры по зонам сушки, скорость вращения туннельных вентиляторов)

Рис. 1. Лабораторная сушилка Ш12-РОГ

Fig. 1. Laboratory dryer Ш12-РОГ

Анализ зависимостей показывает, что в начале процесса влажность плавно убывает в среднем на 27–30% в течение 30 минут. Первые 15 минут пока комбикорм не прогреется влажность падает медленнее, чем в последующие 15 минут. Убывание влажности на начальном этапе сушки происходит по линейному закону, установлено, что при сушке комбикорма для осетровых рыб содержащего в своем составе рыбный гидролизат снижение влажности на 2 — 2,7 % происходит каждые 5 минут сушки в зависимости от температуры агента сушки. Этот период, называемый периодом постоянной скорости сушки, длится до тех пор, пока в точке K_1 влажность не станет критической. Получено, что чем выше температура агента сушки, тем короче период постоянной скорости сушки и с увеличением температуры агента сушки с 50 до 90°C период постоянной скорости сушки сокращается на 18% для изучаемого комбикорма.

После этого начинается период снижения скорости, кривая K_1, K_2 в конце процесса асимптотически приближается к горизонтали, при этой скорости сушки комбикорма становится равным нулю и процесс завершается. На рис. 2 построены кривые сушки при продолжительности сушки 90 минут с различными температурами агента сушки. В то же время для доведения до постоянной влажности время сушки при температуре агента сушки можно сократить на 18%, увеличив производительность линии в целом.

Было изучено влияние конечной влажности комбикорма на твердость и разбухаемость гранул (рис. 3). Анализ графиков на рис. 3 показывает, что с увеличением влажности гранул твердость гранул и разбухаемость их в воде снижается. Установлено, что увеличение конечной влажности гранул после сушки на 37% приводит к снижению твердости гранул на 47%, а разбухаемости на 67%.

Был изучен аминокислотный, витаминный и жирнокислотный состав осетровых комбикормов с рыбным гидролизатом при разных температурах агента сушки (50°C, 70°C, 90°C) и определена биологическая ценность комбикорма для осетровых рыб в зависимости от температуры агента сушки.

Был рассчитан аминокислотный скор по потребностям осетровых рыб при разных режимах сушки (табл. 1).

Наиболее важными незаменимыми аминокислотами для осетровых рыб являются лизин, метионин, треонин, лейцин, изолейцин, фенилаланин и тирозин [13].

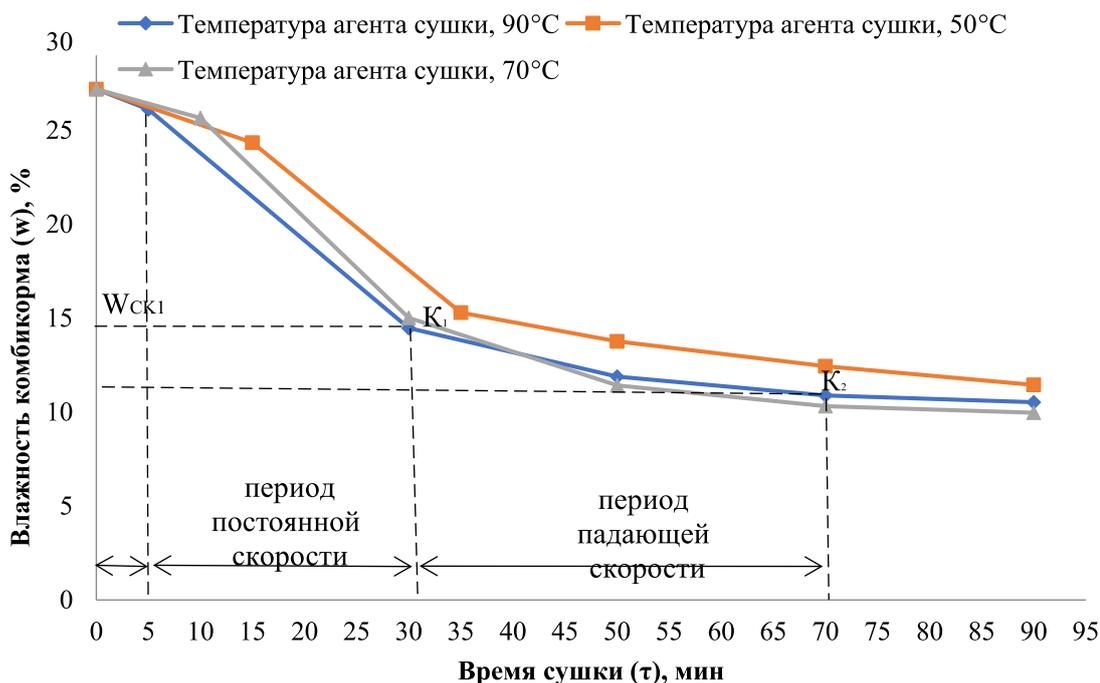


Рис.2. Изменение влажности гранул комбикорма при различной температуре агента сушки
 Fig.2. Change in moisture content of feed granules at different temperatures of the drying agent

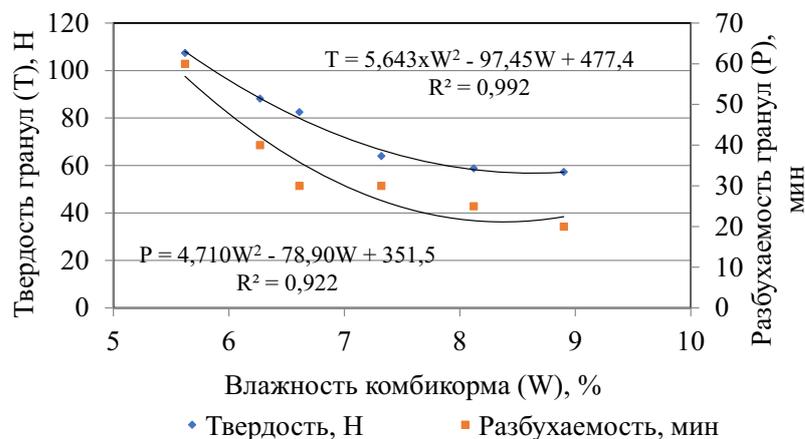


Рис.3. Зависимость твердости и разбухаемости гранул комбикорма от влажности
 Fig.3. Dependence of hardness and swelling of feed granules on humidity

Анализ данных табл. 1 показывает, что комбикорма с использованием рыбного гидролизата удовлетворяют потребностям осетровых рыб (аминокислотный скор более 100 %) по всем аминокислотам при температуре агента сушки в диапазоне 60-70°C. При температуре агента сушки 90°C происходит снижение содержания метионина, цистеина, треонина, фенилаланина и тирозина.

Были определены потери основных аминокислот, а именно лизина и метионина при сушке с различной температурой, при этом исходная влажность комбикорма после экструдирования 28%, температура гранул после экструдирования 88,4°C, конечная влажность комбикорма после сушки 11,3%. Зависимость процента потерь от температуры агента сушки до указанной выше влажности представлена на рис. 4.

Анализируя данные на рис. 4, установили, что с ростом температуры агента сушки, потери метионина и лизина возрастают и после 75°C они составляют более 15%, поэтому оптимальными температурами агента сушки комбикорма для осетровых рыб с рыбным гидролизатом в его составе для сохранения его биологической ценности являются температуры 60-70°C.

Таблица 1. Аминокислотный состав комбикормов с рыбным гидролизатом, высушенный при разных режимах по потребностям осетровых рыб в этих аминокислотах
Table 1. Amino acid composition of compound feed with fish hydrolyzate, dried under different modes according to the needs of sturgeon fish in these amino acids

Наименование аминокислоты	Аминокислотный скор по потребности осетровых рыб, %		
	Температура агента сушки, °С		
	50	70	90
Лизин	170	160	147
Треонин	118	107	98
Метионин+цистеин	101	100	87
Валин	175	156	153
Фенилаланин+тирозин	124	112	96
Лейцин	150	146	131
Изолейцин	146	144	134

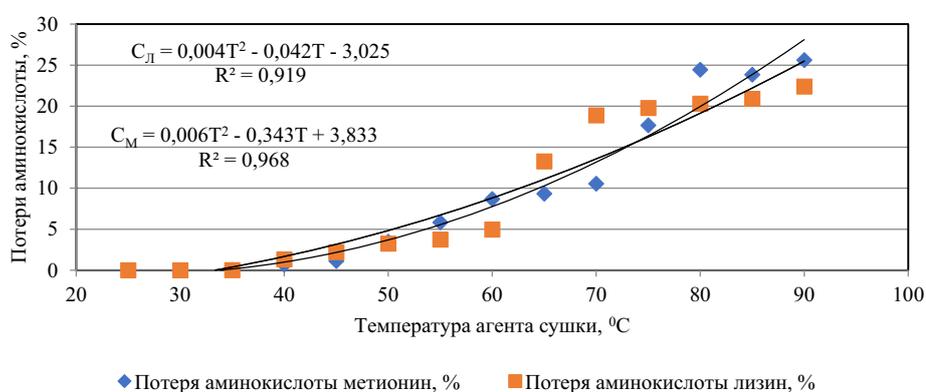


Рис. 4. Зависимость потери аминокислот при различных температурах агента сушки
Fig. 4. Dependence of amino acid loss at different temperatures of the drying agent

Был проанализирован жирнокислотный состав комбикормов с использованием рыбного гидролизата для осетровых рыб. Определялись важные для жизнедеятельности рыб жирные кислоты (табл. 2). Из данных табл. 2 видно, что в комбикормах для осетровых рыб с использованием рыбного гидролизата высокое содержание насыщенных жирных кислот, однако с увеличением температуры сушки происходит незначительное их снижение. Насыщенные жирные кислоты один из основных энергетических веществ в обмене веществ рыб [14]. Мононенасыщенные жирные кислоты активно окисляются, они депонируются в мышцах рыбы и влияют на вкусовые качества товарной продукции [15]. Высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот может отрицательно повлиять на вкус рыбы.

Для роста и развития ценных видов рыб наиболее ценными являются полиненасыщенные $\omega 3$ и $\omega 6$ жирные кислоты. Согласно ряду исследований [16] высокий уровень $\omega 3$ ПНЖК способствует эффективному росту и развитию рыб. Полиненасыщенные жирные кислоты участвуют в основных физиологических процессах и адаптациях рыб, влияя на жидкость биомембран и активность белков, в том числе ферментов [17]. В составе разработанного производственного комбикорма для осетровых рыб с рыбным гидролизатом наблюдается высокое содержание незаменимых $\omega 6$ жирных кислот: линолевой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой. Это обусловлено в первую очередь тем, что в состав комбикорма входит исключительно рыбий жир и рыбный гидролизат богатые данными жирными кислотами.

Для полноценного развития осетровых рыб большое значение играют витамины. Понижение эффективности кормления рыбы нередко объясняется недостатком витаминов в составе корма. В настоящее время известна потребность рыб в 15 витаминах и витаминоподобных веществах. Симптомами авитаминозов являются плохой аппетит и рост рыб, анемия, заболевание жабр, кожи, жировое перерождение печени, геморрагия почек, кровоизлияние внутренних органов, повышенная смертность [18–19].

Было определено содержание наиболее важных для жизнедеятельности осетровых рыб витаминов в составе комбикорма в зависимости от температуры агента сушки (табл. 3).

Анализ данных табл. 3 позволяет сделать вывод, что с ростом температуры с 50 до 90 °С снижается содержание витаминов. Особенно чувствительны к температуре жирорастворимые витамины, так содержание витамина А при повышении температуры агента сушки с 50 до 90 °С снизилось на 17,4%, витамина Е — на 10,5%, витамина D_3 — на 20,8%. Содержание витаминов группы В остается практически постоянным.

Таблица 2. Содержание жирных кислот в составе общих липидов комбикормов для осетровых рыб с рыбным гидролизатом, высушенных при разных температурах
Table 2. The content of fatty acids in the composition of total lipids of compound feed for sturgeon fish with fish hydrolyzate, dried at different temperatures

Жирная кислота	Формула	Содержание, % от суммы жирных кислот		
		50°C	70°C	90°C
Насыщенные кислоты				
Пальмитиновая	C16:0	14,7	14,3	13,8
Миристиновая	C14:0	6,9	5,8	5,6
Стеариновая	C18:0	3,5	3,5	3,5
Мононенасыщенные кислоты				
Олеиновая	C18:1	27,5	26,1	26,1
Пальмитолеиновая	C16:1	5,4	5,2	4,8
Эйкозеновая	C20:1	7,7	7,5	7,2
Полиненасыщенные кислоты				
α-Линоленовая	C18:3	2,0	2,0	1,8
Линолевая	C18:2	10,7	10,4	9,9
Эйкозапентаеновая	C20:5	4,1	3,9	3,9
Докозагексаеновая	C22:6	5,6	5,6	5,6

Таблица 3. Содержание некоторых витаминов в составе комбикорма с использованием рыбного гидролизата для осетровых рыб, высушенных при разных режимах
Table 3. Содержание некоторых витаминов в составе комбикорма с использованием рыбного гидролизата для осетровых рыб, высушенных при разных режимах

Наименование витамина	Содержание витаминов		
	Температура агента сушки, °С		
	50	70	90
Витамин А, мкг/100 г	167,6	146,8	138,4
Витамин Е, мг/100 г	1,9	1,7	1,7
Витамин В ₁ , мг/100 г	0,14	0,13	0,13
Витамин В ₂ , мг/100 г	0,51	0,50	0,49
Витамин В ₆ , мг/100 г	0,428	0,421	0,420
Витамин Д ₃ , мкг/100 г	0,53	0,45	0,42

Заключение. В результате проведенных исследований было изучено влияние процесса сушки на биологическую ценность и структурно-механические свойства гранул производственного комбикорма для осетровых рыб, содержащего в своем составе рыбный гидролизат. Была построена кривая сушки комбикорма при температурах агента сушки 60–90 °С и установлено, что оптимальный диапазон температур агента сушки 60–70 °С. Установлено, что с ростом температуры агента сушки, потери метионина и лизина возрастают, и при температуре свыше 75 °С они составляют более 15%. Установлено, что для сохранения биологической ценности комбикорма для осетровых рыб с рыбным гидролизатом в его составе оптимальной является температура агента сушки в диапазоне 60–70 °С.

Установлено, что в комбикормах для осетровых рыб с использованием рыбного гидролизата содержится высокий уровень насыщенных жирных кислот, и с увеличением температуры сушки происходит незначительное их снижение.

С ростом температуры агента сушки с 50 до 90 °С снижается содержание витаминов. Наиболее чувствительны к температуре агента сушки жирорастворимые витамины, так содержание витамина А при повышении температуры агента сушки с 50 до 90 °С снизилось на 17,4%, витамина Е — на 10,5%, витамина Д₃ — на 20,8%

Список использованных источников

1. Шаршунов, В. А. Сушка и хранение зерна / В.А. Шаршунов, Л.В. Рушкан. — Минск: Мисанта, 2010. — 588 с.

2. Шаповаленко, О. И. Обобщенная кривая сушки гранулированных материалов, выработанных с применением воды / О.И. Шаповаленко // Технология, механизация и автоматизация производственных процессов на комбикормовых предприятиях, ВНИИКП, № 22. — Москва: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1983. — С. 84–87.
3. Сидорова, В. И. Разработка новых технологий и техники производства кормов для рыб / В.И. Сидорова [и др.] // Новости науки. Казахстан. — 2017. — №4 (134). — С.164–181.
4. Остриков, А. Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы / А.Остриков, В. Василенко // Комбикорма. — 2011. — №8. — С. 39–42.
5. Гамыгин, Е. А. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления / Е. А. Гамыгин, В. Я. Лысенко, В. Я. Складов. — М.:Агропромиздат,1989. — 168 с.
6. Чеботарёв, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. — 688с.
7. Комбикорма для рыб. Общие технические условия: ГОСТ 10385-2014. — Взамен ГОСТ 10385-88; введ. 2016-01-01. — Москва, 2014. — 13 с.
8. Зерносушение и зерносушилки / А. П. Гержой, В. Ф. Самочетов. — 4-е доп. и перераб. изд. — М. : Колос, 1967. — 225 с.
9. Остриков, А. Н. Экструзия в пищевых технологиях / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. С. Рудометкин. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 288 с.
10. Складов, В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре / В.Я. Складов. — М.: ВНИРО, 2008. — 150 с.
11. Васильева, Л. М. Кормление осетровых рыб в индустриальной аквакультуре /Л.М. Васильева, С.В. Пономарев, Н.В. Судакова//Астрахань: ИПК «Волга», 2000. — 24 с.
12. Комбикорм экструдированный производственный для лососевых и осетровых рыб: ТУ ВУ 100035627.025-2020; введ. 2020-05-07. — Минск, 2020. — 16 с.
13. Halver, J. E. Proteins and Amino Acids. / J.E. Halver //Aquaculture Development and Co-ordination Programme — 1978 - ADCP/REP/80/11 - p. 32-40
14. Аминева, В. А. Физиология рыб / В.А. Аминева, А.А. Яржомбек. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 200 с.
15. Пономарев, С. В. Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе : монография / С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарев. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003. — 255 с.
16. Баканева, Ю. М. Оптимизация липидного состава комбикормов для осетровых рыб при промышленном выращивании: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук: 06.02.08 / Ю.М. Баканева; ФГБОУ ВПО «Астраханский госуд. технич. ун-т. — Краснодар, 2012. — 20 с.
17. Назарова, Н. Анализ жирнокислотного состава комбикормов для радужной форели / Н. Назарова, О. Васильева, Н. Немова // Комбикорма. — 2019. — №10. — С.48–50.
18. Sugita, H. The vitamin B12 — producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish / H. Sugita, С. Miyajima, Y. Deguchi // Aquacul. — 1991. — No. 92. — P. 267–276.
19. Коуи, К. Питание / К. Коуи, Дж. Сарджент // Биоэнергетика и рост рыб. — Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — С. 8–69.

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси (220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22). E-mail:Koshak.zn@gmail.com

Русина Анна Николаевна — научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», аспирант РУП «НПЦ по продовольствию», НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: annarusina80@gmail.com

Кошак Артур Эдуардович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 8849619@gmail.com

Information about authors

Koshak Zhanna Viktorovna — PhD (Engineering), associate professor, head of the feed laboratory of the RDUE “Institute of Fisheries” RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Livestock” (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: koshak.zn@gmail.com

Rusina Anna Nikolaevna — researcher of the feed laboratory of the RUE «Institute of Fisheries», post-graduate student of the RUE «SPC for Food», National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: annarusina80@gmail.com

Koshak Arthur Eduardovich — PhD (Engineering), associate professor, senior researcher at the feed laboratory RUE «Institute for Fish Industry», National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 8849619@gmail.com