

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF HYDROCOLE

Научная статья
УДК 639.3.043.13
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-66-74>
EDN UHYNIA

Соотношение фракций сывороточного белка крови особей годовиков стерляди (*Acipenser ruthenus*) при использовании в кормах сухой биомассы личинок мухи черной львинки (*Hermetia illucens*)

Дина Рубиновна Файзулина¹, Юлия Михайловна Ширина^{2✉},
Елена Николаевна Пономарева³, Юлия Викторовна Федоровых⁴

^{1, 2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
Астрахань, Россия, uliabakaneva@yandex.ru ✉

^{2, 3} Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
Ростов-на-Дону, Россия

^{3, 4} Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

Аннотация. В настоящее время весьма актуален поиск решений, направленных на повышение качества кормов для рыб, особенно для осетровых. Активно ведется поиск альтернативных источников кормового протеина и способов повышения переваримости и усвояемости используемых традиционных ингредиентов комбикормов. Одним из таких альтернативных источников протеина является использование личинок мухи черная львинка (*Hermetia illucens*). Проведена оценка использования сухой биомассы личинок мухи черная львинка по показателям крови особей стерляди – количеству общего сывороточного белка, соотношению белковых фракций и белковому коэффициенту. В качестве объектов исследования использовали годовиков стерляди (*Acipenser ruthenus*), содержащихся в условиях аквакультуры: 40 рыб средней массой $145 \pm 15,7$ г были индивидуально взвешены с точностью до 0,1 г и помещены на выращивание в стеклопластиковые бассейны размером $1,1 \times 1,1$ м в 2 группах (контроль и опыт). Кормление рыб осуществляли по поедаемости в дневное время с интервалом в 4 ч. В течение всего периода исследований (30 сут) проверялись параметры качества воды, включая дневные температурные показатели с минимумом 24 °С и максимумом 27 °С (средняя температура составила $26 \pm 0,97$ °С). Другие измерения варьировались следующим образом: концентрация кислорода $7,9\text{--}9,4$ мг/л, насыщение $81\text{--}99$ %. В результате исследования был получен положительный опыт. Уровень общего сывороточного белка, его фракционный состав у стерляди из опытной группы был близок к норме, характерной для осетровых, тогда как у рыб из контрольной группы наблюдали повышенный уровень γ -глобулинов и снижение белкового коэффициента, что может свидетельствовать о напряжении защитно-приспособительных сил организма, в отличие от рыб из опытной группы, где доля этой фракции была в пределах нормы.

Ключевые слова: стерлядь, черная львинка, сывороточный белок, белковые фракции, альбумины, глобулины

Благодарность: публикация подготовлена в рамках конкурса «Молодежь в науке» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» при реализации Программы развития университета на 2021–2030 гг. (Приоритет – 2030).

Для цитирования: Фаизулина Д. Р., Ширина Ю. М., Пономарева Е. Н., Федоровых Ю. В. Соотношение фракций сывороточного белка крови особей годовиков стерляди (*Acipenser ruthenus*) при использовании в кормах сухой биомассы личинок мухи черной львинки (*Hermetia illucens*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 1. С. 66–74. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-66-74>. EDN UHYNIA.

Faizulina D. R., Shirina Yu. M., Ponomareva E. N., Fedorovykh Yu. V. The ratio of blood serum protein fractions of individuals of yearling sterlet (*Acipenser ruthenus*) when used in the feed of dry biomass of larvae black lion flies (*Hermetia illucens*)

Original article

The ratio of blood serum protein fractions of individuals of yearling sterlet (*Acipenser ruthenus*) when used in the feed of dry biomass of larvae black lion flies (*Hermetia illucens*)

Dina R. Faizulina¹, Yulia M. Shirina²✉, Elena N. Ponomareva³, Yulia V. Fedorovykh⁴

^{1, 2}Astrakhan Tatishchev State University,
Astrakhan, Russia, uliabakaneva@yandex.ru✉

^{2, 3}Federal Research Center The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Rostov-on-Don, Russia

^{3, 4}Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia

Abstract. Currently, it is very important to find solutions aimed at improving the quality of fish feed, especially for sturgeon. There is an active search for alternative sources of feed protein and ways to increase the digestibility and digestibility of the traditional feed ingredients used. One of these alternative protein sources is the use of larvae of the black lion fly (*Hermetia illucens*). The use of dry biomass of black lion fly larvae was evaluated according to the blood of sterlet individuals - the amount of total whey protein, the ratio of protein fractions and the protein coefficient. Yearling sterlet (*Acipenser ruthenus*) kept in aquaculture conditions were used as research objects: 40 fish with an average weight of 145 ± 15.7 g were individually weighed to an accuracy of 0.1 g and placed for cultivation in fiberglass pools measuring 1.1×1.1 m in 2 groups (control and experiment). The fish were fed according to their ability to eat during the day with an interval of 4 hours. During the entire study period (30 days), water quality parameters were checked, including daytime temperature values with a minimum of 24 °C and a maximum of 27 °C (the average temperature was 26 ± 0.97 °C). Other measurements varied as follows: oxygen concentration of 7.9-9.4 mg/l and saturation of 81-99%. As a result of the research, a positive experience was gained. The level of total whey protein and its fractional composition in sterlet from the experimental group were close to the norm typical for sturgeon, while in fish from the control group there was an increased level of γ -globulins and a decrease in protein coefficient, which may indicate a strain on the body's protective and adaptive forces, unlike in fish from the control group from fish from the experimental group, where the proportion of this fraction was within the normal range.

Keywords: sterlet, black lion, whey protein, protein fractions, albumins, globulins

Acknowledgment: the publication was prepared as part of the competition "Youth in Science" of the Astrakhan Tatishchev State University during the implementation of the University's Development Program for 2021-2030 (Priority is 2030).

For citation: Faizulina D. R., Shirina Yu. M., Ponomareva E. N., Fedorovykh Yu. V. The ratio of blood serum protein fractions of individuals of yearling sterlet (*Acipenser ruthenus*) when used in the feed of dry biomass of larvae black lion flies (*Hermetia illucens*). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2025;1:66-74. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-66-74>. EDN UHYNIA.

Введение

Аквакультура осетровых начинала развиваться как способ удовлетворения растущего спроса населения на икру и мясо, а также для уменьшения нагрузки на чрезмерно эксплуатируемые дикие ресурсы. С 1997 г. все виды осетровых были добавлены в приложения СИТЕС (Конвенция о международной торговле видами, находящимися под угрозой исчезновения) для защиты популяций от

вымирания [1]. Это определило окончательный переход от диких осетровых к выращиваемым на фермах для производства товарной продукции во многих странах.

Одним из краеугольных камней обеспечения рыб подходящей средой для роста при сохранении их в хорошем состоянии с высокими показателями выживаемости является обеспечение надлежащего качества корма. Надлежащее качество корма га-

рантирует не только высокие темпы роста, но и более высокую выживаемость рыбы [2].

Помимо того, что в аквакультуре корма должны полностью удовлетворять физиологическим потребностям выращиваемых рыб, не менее важна и экономическая выгода, т. к. затраты на кормление рыб в рыбоводстве весьма масштабны. Считается, что рыбная мука больше не способна поддерживать развитие индустрии аквакультуры в ближайшие годы. В связи с этим становится актуальным поиск альтернативных источников белка для устойчивого производства комбикормовой промышленности. Источники белка животного происхождения, такие как мука из насекомых, могут использоваться в качестве альтернативных источников рыбной муки в кормах для объектов аквакультуры. В последние годы резко возрос интерес к изучению муки из насекомых в рыбоводстве как возможной альтернативы корму.

Мука из насекомых – хороший источник белка, минералов и витаминов, аналогичный белку рыбной муки. Она также богата незаменимыми аминокислотами, особенно лизином, метионином и лейцином. Среди насекомых личинки мухи черной львинки особенно перспективны из-за их способности превращать пищевые отходы в белок высшего сорта [3]. Мука из личинки содержит около 30–58 % белка, 10–30 % липидов, незаменимые аминокислоты, макро- и микроэлементы, а также ценные витамины.

Соотношение фракций белков в сыворотке крови рыб является индикатором оценки физиолого-биохимического состояния рыб. Изменение состава и соотношения компонентов сыворотки крови приводит к нарушению гомеостаза, снижению иммунного ответа организма на воздействие внешней среды, болезням и является наиболее ранним ответом функциональных систем на неблагоприятные условия среды содержания рыб [4]. Таким образом, целью данной работы явилась оценка частичной замены рыбной муки на сухую биомассу личинок мухи черной львинки по белковым показателям крови особей стерляди – количеству общего сывороточного белка, соотношению белковых фракций

и белковому коэффициенту.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали годовиков стерляди (*Acipenser ruthenus*), содержащихся в условиях аквакультуры. 40 рыб (большая выборка $n > 30$, согласно Г. Ф. Лакину [5]) средней массой $145 \pm 15,7$ г были индивидуально взвешены с точностью до 0,1 г и помещены на выращивание в стеклопластиковые бассейны размером $1,1 \times 1,1$ м в 2 группах (контроль и опыт). Контрольный и опытный рационы готовили методом влажного прессования [6]. Кормосмесь при производстве кормовых гранул перемешивали и добавляли в нее воду для получения крутого теста. Затем для формирования гранул (2 мм) кормосмесь пропускali через пресс-гранулятор. Полученные влажные гранулы собирали и обезвоживали в сушильном шкафу с горячим воздухом при температуре 50 °С до достижения трехпроцентного содержания влаги, затем помещали в пластиковые пакеты и хранили при температуре 4 °С.

Опытный корм готовили с добавкой сухой биомассы личинок мухи черной львинки. Для этого в корме произвели замену рыбной муки в количестве 30 % на биомассу из личинок мухи черной львинки. При выборе процентного соотношения замены рыбной муки полагались на ранее полученные данные об использовании личинок мухи черной львинки в аквакультуре для устойчивой аквакультуры [7].

В состав контрольного и опытного рационов входили следующие компоненты: рыбная мука, мясная и мясокостная мука, соевый шрот, пшеничная мука, витазар, килечный жир, кормовые аминокислоты, минерально-витаминный премикс, пробиотическая добавка. Соотношение протеин/жир в готовых кормах составляло 45 / 15. Корма были сбалансированы по аминокислотному и витаминно-минеральному составу. Кормление рыб осуществляли по поедаемости в дневное время с интервалом в 4 ч. Содержание основных питательных веществ контрольного и опытного рационов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Химический состав контрольного и опытного рационов для годовиков стерляди

Chemical composition of control and experimental rations for sterlet yearlings

Корм	Содержание, %					Валовая энергия, МДж/кг
	сырой протеин	сырой жир	клетчатка	влага	зола	
Контроль	45	15	3,0	9	10,8	19
Опыт		15,5			11	19,1

В течение всего периода исследований (30 сут) проверялись параметры качества воды, включая дневные температурные показатели с минимумом 24 °С и максимумом 27 °С (средняя температура

составила $26 \pm 0,97$ °С). Другие измерения варьировались следующим образом: концентрация кислорода 7,9–9,4 мг/л, насыщение 81–99 %.

В конце эксперимента, исходя из биометрических измерений, были определены основные показатели роста: абсолютный и среднесуточный прирост массы, коэффициент массонакопления, сред-

несуточная и удельная скорость роста. Рыбоводно-биологические показатели вычислялись в контрольной и опытной экспериментальных группах по следующим формулам [8–11]:

$$\text{Абсолютный прирост массы} = W_f - W_s;$$

$$\text{Среднесуточный прирост массы} = \frac{W_f - W_s}{t};$$

$$\text{Среднесуточная скорость роста} = \left[\left(\frac{W_f}{W_s} \right)^{1/t} - 1 \right] \cdot 100;$$

$$\text{Удельная скорость роста} = \frac{\log(W_f) - \log(W_s)}{t} \cdot 100;$$

$$\text{Коэффициент массонакопления} = x = \frac{\left(\left(W_f^{\frac{1}{3}} - W_s^{\frac{1}{3}} \right) \cdot 3 \right)}{t},$$

где W_s и W_f – масса рыбы в начале и в конце эксперимента; t – продолжительность опыта, сут.

У выращенных особей стерляди прижизненным методом отбирались образцы крови. Далее кровь центрифугировали при 1 000 об/мин в течение 10 мин для получения сыворотки крови. В крови определяли количество общего сывороточного белка (ОСБ) биуретовым методом, процентное соотношение белковых фракций методом осаждения нейтральными солями и белковый коэффициент (соотношение количества альбуминов к количеству глобулинов) расчетным методом [12, 13].

Экспериментальную часть работ проводили в двойной повторности. Все числовые данные подвергались статистической обработке и представлены в виде среднего и стандартной ошибки среднего, достоверность различий рассчитывали с помо-

щью t -критерия Стьюдента при нормальном распределении данных или с помощью критерия Манна – Уитни при ненормальном (Excel, Microsoft Office 2019, SigmaStat 3.5.).

Результаты и обсуждение

Рыбоводно-биологические и гематологические показатели являются адекватным показателем качества и сбалансированности потребляемого корма. Оценка эффективности частичной замены рыбной муки на муку из личинок мухи черной львинки показала, что лучшие показатели роста были отмечены в опытной группе рыб, где абсолютный прирост, среднесуточный прирост, среднесуточная скорость роста и коэффициент накопления массы были выше, чем в контроле (табл. 2, рис.).

Таблица 2

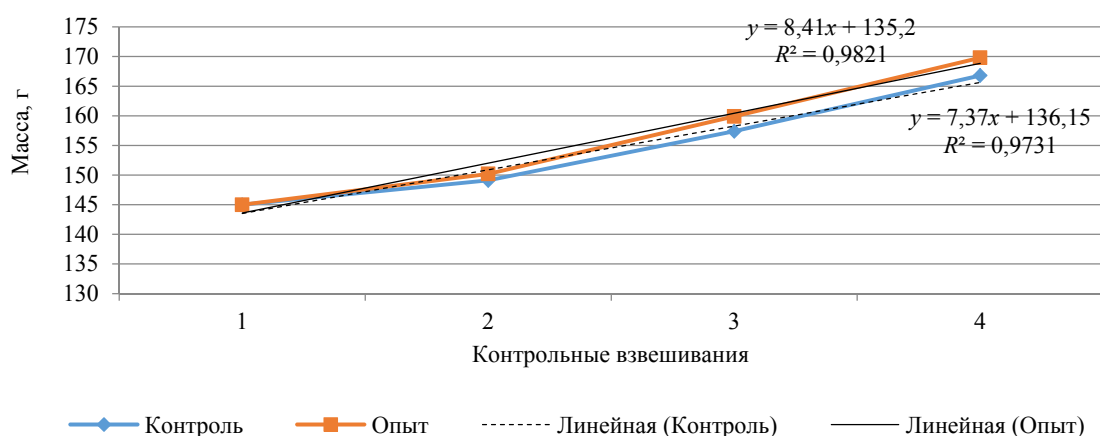
Table 2

Рыбоводно-биологические показатели годовиков стерляди, выращенной на контрольном и опытном (частичная замена рыбной муки на муку из личинок мухи черной львинки) рационах

Fish-breeding and biological indicators of sterlet yearlings grown on the control and experimental (partial replacement of fishmeal with flour from the larvae of black lion flies) rations

Показатель	Вариант эксперимента	
	Контроль	Опыт
Масса начальная, г	145 ± 15,7	
Масса конечная, г	166,8 ± 24,1	169,3 ± 28,9
Длина абсолютная начальная, мм	29,6 ± 1,8	
Длина абсолютная конечная, мм	34,6 ± 2,3	35,1 ± 3,4
Абсолютный прирост, г	21,8	24,3
Среднесуточный прирост, г	0,73	0,81
Среднесуточная скорость роста, %	0,46	0,51
Удельная скорость роста, %	0,20	0,23
Коэффициент массонакопления, ед.	0,0072	0,008
Выживаемость, %	100	
Продолжительность опыта, сут	30	

Fazulina D. R., Shirina Yu. M., Popomayeva E. N., Fedorovych Yu. V. The ratio of blood serum protein fractions of yearling sterlet (*Acipenser ruthenus*) when used in the feed of dry biomass of larvae black lion flies (*Leptotilia ilicenis*)



Прирост массы годовиков стерляди на контрольном и опытном рационах

Weight gain of sterlet yearlings on control and experimental diets

Однако данные не являются достоверными, что говорит об эффективности и контрольного, и опытного вариантов корма. Выживаемость стерляди в обоих вариантах составила 100 %. Поскольку эффективность переработки корма прямо пропорциональна интенсивности кормления, можно сказать, что среднесуточная скорость роста в 0,51 % массы тела в день в опытном варианте не является верхним пределом для удовлетворения потребностей годовиков стерляди, которые, скорее всего, способны эффективно использовать дополнительные объемы корма

с проверенным уровнем белка.

Коэффициент достоверности аппроксимации, показывающий степень соответствия трендовой модели исходным данным в контрольном и опытном вариантах, приближался к значению 1 (см. рис.), это говорит о том, что модель точнее описывает имеющиеся данные.

Сведения, характеризующие белковый обмен в крови стерляди, полученные в процессе экспериментального кормления, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Соотношение белковых фракций сывороточного белка крови стерляди

The ratio of protein fractions of sterlet blood serum protein

Показатель	Начало эксперимента	Конец эксперимента	
		Опыт	Контроль
ОСБ, г/л	20,70 ± 1,02 ^{A-B*}	24,55 ± 2,57 ^{A-B}	22,05 ± 1,31
Альбумины, %	39,60 ± 7,32 ^{A-B}	46,72 ± 7,79 ^{A-B, B-B}	42,43 ± 9,30 ^{B-B}
α-глобулины, %	34,98 ± 6,79	24,96 ± 5,66	20,47 ± 6,36
β-глобулины, %	7,74 ± 2,05	17,17 ± 0,89	17,06 ± 5,11
γ-глобулины, %	17,68 ± 4,73	11,16 ± 0,74 ^{B-B}	20,04 ± 3,87 ^{B-B}
Белковый коэффициент, усл. ед.	0,90 ± 0,26	0,94 ± 0,19 ^{B-B}	0,88 ± 0,31 ^{B-B}

* Достоверно статистически значимые различия между: начало эксперимента – А; конец эксперимента, опыт – В; конец эксперимента, контроль – В ($p < 0,05$).

Сывороточный белок в крови рыб представляет собой суммарную концентрацию альбуминов и глобулинов. Белки крови выполняют в организме множество важнейших функций: свертывание крови, поддержание постоянства рН крови, осуществление транспорта веществ (перенос жиров, билирубина, стероидных гормонов в ткани и органы), участвуют в иммунных реакциях и т. п. [14]. Уровень ОСБ в крови стерляди в процессе экспериментального

кормления увеличился, особенно в опытной группе (достоверно) и соответствовал референсным значениям (см. табл. 3) [15]. Повышение концентрации белка в крови рыб свидетельствует о достаточной питательности корма и способствует увеличению прироста в результате наращивания мышечной массы, а следовательно, и более быстрому росту осетровых рыб [16]. Также высокая концентрация ОСБ является показателем оптимизации обменных про-

цессов и высокой неспецифической резистентности организма осетровых рыб [17].

Фракционный состав белков сыворотки крови осетровых рыб высокогетерогенный и содержит от 15 до 21 компонента, которые представлены альбуминами (преальбуминами), α -, α_2 , β -, γ -глобулинами [18]. В норме, например, у русского осетра доля альбуминов составляет 32 %, α -глобулинов – 28 %, β -глобулинов – 25,5 %, γ -глобулинов – 14,5 % [19].

Как в начале, так и в конце эксперимента наибольшая доля в сывороточном белке стерляди приходилась именно на альбумины, причем достоверно эта доля увеличивалась в опытной группе и стала у них наибольшей в конце периода наблюдения (см. табл. 3). Альбумины отражают субстратную обеспеченность анаболических процессов организма рыбы и напряженность пластического обмена. Показатель доли альбуминов является одним из оценочных критериев адаптационных возможностей и жизнестойкости организма. Они осуществляют транспортную функцию, участвуют в поддержании коллоидно-осмотического давления плазменных белков, что играет ведущую роль в перераспределении воды и солей тканями, влияющими на вязкость крови [15]. Доля альбуминов у осетровых может составлять при средних 25 до 55 % и всегда наибольшая среди других фракций белков [14, 20].

На фоне увеличения доли альбуминов как в опытной, так и в контрольной группе снизилось количество α -глобулинов, в норме вторых по размеру доли сывороточных белков у русского осетра. Альфа-глобулины – это гликопротеиды, т. е. белки, связанные с углеводами. У животных опасным сигналом считается повышение их доли [21]. Уровень β -глобулинов в процессе экспериментального кормления с патологичного минимального увеличился и стал почти таковым как в норме, например у русского осетра, третьим по количеству в опытной группе, тогда как в контрольной он по-прежнему был минимальным (см. табл. 3). Бета-глобулины – это липопротеины. В их состав входят фосфолипиды и холестерин. К этой белковой фракции относится белок трансферрин, обеспечивающий транспорт железа [22]. Количество γ -глобулинов в опытной группе снизилось, а в контрольной увеличилось и стало достоверно выше в 2 раза, чем в крови рыб, получавших корм с добавкой биомассы черной львинки (см. табл. 3). Для γ -глобулиновой фракции характерна наименьшая концентрация, например у русского осетра в норме, по литературным данным, 5,4–14,5 % [16, 19]. Эта фракция белков состоит из иммуноглобулинов, функционально пред-

ставляющих собой антитела, которые обеспечивают иммунную защиту организма от инфекций и чужеродных веществ. Повышение уровня γ -глобулинов свидетельствует о напряжении защитно-приспособительных сил организма [22]. Белковый коэффициент на протяжении всего эксперимента у особой стерляди был в норме, но минимальный уровень был отмечен для контрольной группы. Снижение этого коэффициента может быть связано с ухудшением питания, патологиями работы печени, снижением иммунитета и пр.

Таким образом, эксперимент по использованию добавки в корм для осетровых рыб биомассы личинок мухи черная львинка показал ее положительное влияние на белковый обмен их организма. Количество сывороточного белка, как и доля фракции альбумина в крови у рыб из опытной группы, выросли и были выше, чем у рыб из контрольной, что свидетельствует о полноценном использовании белковой составляющей испытуемого корма. Фракционный состав сывороточного белка у стерляди из опытной группы был близок к норме, характерной для осетровых, тогда как у рыб из контрольной группы наблюдали повышенный уровень γ -глобулинов и снижение белкового коэффициента, что может свидетельствовать о напряжении иммунитета организма, в отличие от рыб из опытной группы, где доля этой фракции была в пределах нормы.

Заключение

Основная цель текущего эксперимента заключалась в установлении эффективности использования в кормах для годовиков стерляди сухой биомассы из личинок мухи черной львинки в качестве альтернативного источника белка. Полученные экспериментальные данные имеют особую практическую ценность, поскольку позволяют рекомендовать частичную замену рыбной муки (30 %) в кормах для стерляди с целью повышения иммунного статуса выращиваемых рыб. В результате проведенных исследований был получен положительный опыт. Уровень общего сывороточного белка, его фракционный состав у стерляди из опытной группы был близок к норме, характерной для осетровых, тогда как у рыб из контрольной группы наблюдали повышенный уровень γ -глобулинов и снижение белкового коэффициента, что может свидетельствовать о напряжении защитно-приспособительных сил организма, в отличие от рыб из опытной группы, где доля этой фракции была в пределах нормы.

Список источников

1. Boscarì E., Vitulo N., Ludwig A., Caruso C., Mugue N. S., Suciù R., Onara D. F., Papetti C., Marino I. A. M., Zane L. Fast genetic identification of the Beluga sturgeon and its

sought-after caviar to stem illegal trade // Food Control. 2017. V. 75. P. 145–152.

2. Kolman R. Sturgeon. Rearing and cultivation. A guide

book for fish farmers, 2nd edn. Wyd. IRS, 2010. 134 p.

3. Basto A., Matos E., Valente L. M. Nutritional value of different insect larvae meals as protein sources for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles // *Aquaculture*. 2020. V. 521 (1–2). P. 735085. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735085.

4. Королева А. В., Залевская И. Н. Сравнительный анализ электрофоретического состава белков печени и мышечной ткани морского ерша, обитающего в бухтах с различным антропогенным воздействием // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2010. Т. 3. С. 110–118.

5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.

6. Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никонов С. И., Пономарева Е. Н., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России (справочное, учебное пособие). Астрахань: Нова плюс, 2002. 264 с.

7. Mohan K., Karthick R. D., Muralisankar T., Ganesan A., Sathishkumar P., Revathi N. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs // *Aquaculture*. 2022. V. 553. P. 738095. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738095>.

8. Castell J. D., Tiews K. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of the methodology in fish nutrition research (Hamburg, Federal Republic of Germany, March 21–23, 1979) // *EIFAC Tech. pap.* 36. 1979. P. 1–24.

9. Резников В. Ф., Баранов С. А., Стариков Е. А., Толчинский Г. И. Стандартная модель массонакопления рыбы // *Механизация и автоматизация рыбоводства и рыболовства во внутренних водоемах: сб. науч. тр. ВНИИПРХ*. 1978. Вып. 77. С. 12–14.

10. Кулинский С. В. Продукционные возможности объектов аквакультуры. М.: ЗАО «Экон-Информ», 2010. 140 с.

11. Lugert V. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application // *Reviews in aquaculture*. 2016. V. 8. N. 1. P. 30–42.

12. Алейникова Т. Л., Рубцова Г. В. Биохимия. Руководство к практическим занятиям по биологической химии. М.: Высш. шк., 1988. 240 с.

13. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статус-

са рыб (утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ от 25 ноября 1999 г. № 13-4-2/1795). URL: <https://base.garant.ru/2158921/#friends> (дата обращения: 18.08.2024).

14. Симон М. Ю. Основні гематологічні показники осетрових видів риб (Acipenseridae) // *Рибгосподарська наука України*. 2017. № 1 (39). С. 92–117.

15. Пронина Г. И., Корягина Н. Ю. Референсные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов // *Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство*. 2015. № 4. С. 103–108.

16. Мухрамова А. А. Оценка состояния молоди русского осетра по рыбоводно-биологическим параметрам и биохимическим показателям крови после кормления экспериментальными кормами // *Вестн. КазНУ. Сер. экологическая*. 2012. № 1 (33). С. 103–106.

17. Бахарева А. А. Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбоводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Усть-Кинельский, 2016. 32 с.

18. Баль Н. В., Гераскин П. П., Мишин Е. А. Фракционный состав сывороточных белков русского осетра с признаками миопатии // *Осетровое хозяйство водоемов СССР: материалы Всесоюз. совещ. (Астрахань, ноябрь 1989 г.)*. Волгоград: Волгоградская правда, 1989. С. 16–20.

19. Базельюк Н. Н., Козлова Н. В., Макарова Е. Г., Файзулина Д. Р., Барегамян М. А. Протеинограммы сыворотки крови русского осетра (лат. *Acipenser gueldenstaedtii*) // *Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Керчь, 26 сентября – 01 октября 2017 г.)*. Керчь: Ариал, 2017. С. 20–25.

20. Лукьяненко В. И. Токсикология рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1967. 216 с.

21. Ерохина И. А. Протеинограммы плазмы крови тюленей в связи с оценкой физиологического состояния животных // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2009. № 1 (1). С. 7–13.

22. Кцоева И. И., Габолаева А. Р., Цалиев Б. З. Сравнительная характеристика белков крови рыб и их фракций // *Изв. Горского гос. аграр. ун-та*. 2010. Т. 47. № 1. С. 110–113.

References

1. Boscari E., Vitulo N., Ludwig A., Caruso C., Muge N. S., Suci R., Onara D. F., Papetti C., Marino I. A. M., Zane L. Fast genetic identification of the Beluga sturgeon and its sought-after caviar to stem illegal trade. *Food Control*, 2017, vol. 75, pp. 145–152.

2. Kolman R. Sturgeon. *Rearing and cultivation. A guidebook for fish farmers, 2nd edn*. Wyd. IRS, 2010. 134 p.

3. Basto A., Matos E., Valente L. M. Nutritional value of different insect larvae meals as protein sources for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 2020, vol. 521 (1–2), p. 735085. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735085.

4. Koroleva A. V., Zalevskaya I. N. Sravnitel'nyj analiz elektroforeticheskogo sostava belkov pečeni i myshechnoj tkani morskogo ersha, obitayushchego v buhtah s razlichnym antropogennym vozdeystviem [Comparative analysis of the electrophoretic composition of liver proteins and muscle tissue of a sea ruff in-habiting bays with various anthropogenic influences]. *Ekosistemy, ih optimizaciya i ohrana*, 2010, vol. 3, pp. 110–118.

5. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 293 p.

6. Ponomarev S. V., Gamygin E. A., Nikonov S. I., Ponomareva E. N., Grozesku Yu. N., Bahareva A. A. *Tekhnologii vyrashchivaniya i kormleniya ob"ektov akvakul'tury yuga Rossii (spravochnoe, uchebnoe posobie)* [Technologies of cultivation and feeding of aquaculture facilities in the South of Russia (reference, training manual)]. Astrahan', Nova plyus Publ., 2002. 264 p.

7. Mohan K., Karthick R. D., Muralisankar T., Ganesan A., Sathishkumar P., Revathi N. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture*, 2022, vol. 553, p. 738095. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738095>.

8. Castell J. D., Tiews K. *Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of the methodology in fish nutrition research (Hamburg, Federal Republic of Germany, March 21–23, 1979)*. EIFAC Tech. pap. 36, 1979, pp. 1–24.

9. Reznikov V. F., Baranov S. A., Starikov E. A., Tolchinskij G. I. Standartnaya model' massonakopleniya ryby [The standard model of fish mass accumulation]. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya rybovodstva i rybolovstva vo vnutrennih vodoemah: sbornik nauchnyh trudov VNIIPRH*, 1978, iss. 77, pp. 12-14.

10. Kupinskij S. V. *Produktionnye vozmozhnosti ob'ektov akvakul'tury* [Productive capabilities of aquaculture facilities]. Moscow, ZAO «Ekon-Inform», 2010. 140 p.

11. Lugert V. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in aquaculture*, 2016, vol. 8, no. 1, pp. 30-42.

12. Alejnikova T. L., Rubcova G. V. *Biohimiya. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po biologicheskoy himii* [A guide to practical classes in biological chemistry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1988. 240 p.

13. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu urovnya estestvennoj rezistentnosti i ocenke immunnogo statusa ryb (utv. Departamentom veterinarii Minsel'hozproda RF ot 25 noyabrya 1999 g. № 13-4-2/1795)* [Guidelines for determining the level of natural resistance and assessing the immune status of fish (approved by the Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation dated November 25, 1999 No. 13-4-2/1795)]. Available at: <https://base.garant.ru/2158921/#friends> (accessed: 18.08.2024).

14. Simon M. Yu. Osnovni gematologichni pokazniki osetrovih vidiv rib (Acipenseridae) [The main hematological leprosy of sturgeon species fish (Acipenseridae)]. *Ribogospodars'ka nauka Ukraini*, 2017, no. 1 (39), pp. 92-117.

15. Pronina G. I., Koryagina N. Yu. Referentsnye znacheniya fiziologo-immunologicheskikh pokazatelej gidrobiontov raznyh vidov [Reference values of physiological and immunological parameters of hydrobionts of different species]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya Rybnoe hozyajstvo*, 2015, no. 4, pp. 103-108.

16. Muhramova A. A. Ocenka sostoyaniya molodi russkogo osetra po rybovodno-biologicheskim parametram i biohimicheskim pokazatelyam krovi posla kormleniya eksperimental'nymi kormami [Assessment of the condition of

juvenile Russian sturgeon by fish-breeding and biological parameters and biochemical blood parameters after feeding with experimental feeds]. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*, 2012, no. 1 (33), pp. 103-106.

17. Bahareva A. A. *Nauchno-obosnovannye metody povysheniya produktivnosti remontno-matochnyh stad osetrovyyh ryb za schet optimizatsii tekhnologii kormleniya i soderzhaniya v usloviyah rybovodnyh hozyajstv Volgo-Kaspijskogo bassejna. Avtoreferat dissertatsii ... d-ra s.-h. nauk* [Scientifically based methods of increasing the productivity of repair and brood stocks of sturgeon fish by optimizing the technology of feeding and maintenance in fish farms of the Volga-Caspian basin. Abstract of the dissertation of ... Doctor of Agricultural Sciences]. Ust'-Kinel'skij, 2016. 32 p.

18. Bal' N. V., Geraskin P. P., Mishin E. A. Frakcionnyj sostav syvorotochnyh belkov russkogo osetra s priznakami miopatii [Fractional composition of Russian sturgeon whey proteins with signs of myopathy]. *Osetrovoe hozyajstvo vodnoemov SSSR: materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya (Astrahan', noyabr' 1989 g.)*. Volgograd, Volgogradskaya Pravda Publ., 1989. Pp. 16-20.

19. Bazelyuk N. N., Kozlova N. V., Makarova E. G., Faizulina D. R., Baregamyam M. A. Proteinogrammy syvorotki krovi russkogo osetra (lat. *Acipenser gueldenstaedtii*) [Proteinograms of the blood serum of the Russian sturgeon (lat. *Acipenser gueldenstaedtii*)]. *Aktual'nye problemy bioraznobraziya i prirodopol'zovaniya: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Kerch', 26 sentyabrya – 01 oktyabrya 2017 g.)*. Kerch', Ariel Publ., 2017. Pp. 20-25.

20. Luk'yanenko V. I. *Toksikologiya ryb* [Fish toxicology]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1967. 216 p.

21. Erohina I. A. Proteinogrammy plazmy krovi tyulenej v svyazi s ochenkoj fiziologicheskogo sostoyaniya zhitovnyh [Proteinograms of blood plasma of seals in connection with the assessment of the physiological state of animals]. *Aktual'nye voprosy veterinarnoy biologii*, 2009, no. 1 (1), pp. 7-13.

22. Kcoeva I. I., Gabolaeva A. R., Caliev B. Z. Sravnitel'naya harakteristika belkov krovi ryb i ih frakcij [Comparative characteristics of fish blood proteins and their fractions]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, vol. 47, no. 1, pp. 110-113.

Статья поступила в редакцию 09.09.2024; одобрена после рецензирования 23.12.2024; принята к публикации 26.02.2025
The article was submitted 09.09.2024; approved after reviewing 23.12.2024; accepted for publication 26.02.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Дина Рубиновна Файзулина – старший преподаватель кафедры фундаментальной биологии; Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева; d_faizulina@mail.ru

Юлия Михайловна Ширина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; доцент кафедры фундаментальной биологии; Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева; научный сотрудник отдела водных биоресурсов и аквакультуры; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; uliabakaneva@yandex.ru

Dina R. Faizulina – Senior Lecturer of the Department of Fundamental Biology; Astrakhan Tatishchev State University; d_faizulina@mail.ru

Yulia M. Shirina – Candidate of the Agricultural Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of Department of Fundamental Biology; Astrakhan Tatishchev State University; Researcher of the Laboratory of Aquatic Biore-sources and Aquaculture; Federal Research Center The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; uliabakaneva@yandex.ru

Елена Николаевна Пономарева – доктор биологических наук, профессор; заведующий отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; профессор кафедры аквакультуры и водных биоресурсов; Астраханский государственный технический университет; kafavb@mail.ru

Юлия Викторовна Федоровых – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры»; Астраханский государственный технический университет; jaqua@yandex.ru

Elena N. Ponomareva – Doctor of Biological Sciences, Professor; Head of the Department of Aquatic Biological Resources of South Sea Basins; Federal Research Center The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Professor of the Department of Aquaculture and Aquatic Bioresources; Astrakhan State Technical University; kafavb@mail.ru

Yulia V. Fedorovykh – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor; Researcher of the Research Laboratory of Sturgeon Farming and Promising Objects of Aquaculture; Astrakhan State Technical University; jaqua@yandex.ru

