

УДК 639.3.043.2; 639.371.7

Н.П. ДМИТРОВИЧ, канд. с.-х. наук
доцент кафедры биотехнологии
Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь

Статья поступила 8 апреля 2022 г.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ МОЛОДИ КЛАРИЕВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS BURCHELL*)

*Африканский (мраморный) клариевый сом (*Clarias gariepinus Burchell*) является перспективным видом для промышленного производства в Республике Беларусь, в том числе и для выращивания в УЗВ с применением комбикормов. В ходе исследований разработаны опытные комбикорма для молоди клариевого сома с введением в состав суспензии хлореллы, жмыхов рапса и сафлора. Проведен химический анализ опытных и контрольного комбикормов, выявивший способность разработанных комбикормов удовлетворять потребности рыб в основных питательных веществах наравне с контрольным комбикормом.*

Изучены выживаемость и темп роста молоди клариевого сома при применении опытных комбикормов с добавлением 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора (опытный комбикорм №2), 3% суспензии хлореллы (плотностью 8 млн. кл/мл), 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора (опытный комбикорм №3) и комбикормов без новых компонентов.

Установлено, что при использовании опытного комбикорма №3 (КС + 3% рапса + 3% сафлора + 3% суспензии хлореллы) абсолютный и относительный приросты увеличивались одновременно со снижением кормового коэффициента, что позволило сэкономить денежные средства при выращивании молоди клариевого сома.

Ключевые слова: комбикорма, суспензия хлореллы, жмых рапса, жмых сафлора, клариевый сом, выживаемость, темп роста.

DMITROVICH N.P., PhD in Agric. Sc.,
Associate Professor of the Department of Biotechnology
Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

APPLICATION OF NEW COMPONENTS IN MIXED FODDERS FOR YOUNG CATFISH (*CLARIAS GARIEPINUS BURCHELL*)

*African catfish (*Clarias gariepinus Burchell*) is a promising species for industrial production in the Republic of Belarus, including for growing in RAS with the use of mixed fodders. In the research, experimental mixed fodders were developed for African catfish young with the introduction of the chlorella suspension, rapeseed cake and safflower cake. A chemical analysis of the experimental and control mixed fodders was carried out, which revealed the ability of the developed mixed fodders to meet the needs of fish in basic nutrients on a par with the control mixed fodder.*

The survival rate and growth rate of young catfish were studied using experimental mixed fodders with the addition of 3% rapeseed cake and 3% safflower cake (experimental mixed fodder No. 2), 3% chlorella suspension (density 8 million cells / ml), 3% rapeseed cake and 3% safflower cake (experimental mixed fodder No. 3) and mixed fodder without new components.

It was found that the use of experimental mixed fodder No. 3 (KS + 3% rapeseed + 3% safflower + 3% chlorella suspension) increased absolute and relative gains, simultaneously with a decrease in the food coefficient, which made it possible to save money when growing young catfish.

Keywords: mixed fodders, chlorella suspension, rapeseed cake, safflower cake, African catfish, survival rate, growth rate.

Введение. В настоящее время все более очевидной становится проблема сокращения уловов океанических гидробионтов. Одновременно с этим отмечено возрастание ограниченности биоресурсов континентальных водоемов. Осознание этих фактов привело к пониманию важности и необходимости развития аквакультуры как альтернативного источника получения разнообразных гидробионтов, в том числе и рыбы.

Любое направление аквакультуры может функционировать только при наличии качественного рыбопосадочного материала, т.к. непосредственно на начальных этапах онтогенеза закладываются потенциальные возможности для дальнейшего роста рыбы.

Выращивание как молоди, так и товарной рыбы в аквакультуре невозможно без применения качественных комбикормов, т.к. они влияют на протекание процессов метаболизма, рост, развитие и накопление массы рыб. Огромная роль в обеспечении жизненно важных процессов отведена витаминам и микроэлементам. В настоящее время возрастает доля натуральных компонентов, таких как водоросли, которые способны заменить в составе комбикормов синтезированные витаминно-минеральные премиксы [4, 13].

На сегодняшний день аквакультура имеет положительный опыт применения при выращивании товарной рыбы суспензии хлореллы. Это объясняется тем, что рыбы могут переваривать водоросли с неразрушенной клеточной стенкой и усваивать входящие в состав клеток питательные вещества [22]. Также отмечено, что в организме рыб разрушение клеточных стенок водорослей возможно за счет наличия ферментов, выделяемых симбионтной микрофлорой кишечника [9, 11, 12].

Микроводоросль *Chlorella vulgaris* может содержать до 50–70% белка, 30% углеводов, 5% жира, 3% минеральных солей и витаминов. Отмечено также, что белок хлореллы включает все необходимые аминокислоты, в том числе полный набор незаменимых аминокислот. Кроме того, в состав хлореллы входят необходимые для рыб витамины и микроэлементы [3, 4, 15, 19, 20].

При производстве комбикорма для рыб, в том числе и молоди клариевого сома, применяют различные растительные компоненты. Среди них довольно часто используют жмыхи и шроты сельскохозяйственных культур, в том числе и масличных. Широкое применение нашел рапс, так как его жмых имеет масличность 7–12%, а содержание сырого протеина доходит до 38% (таблица 1).

По своей энергетической ценности (11,3 МДж обменной энергии) рапсовый жмых не уступает подсолнечному.

Другой ценный и перспективный компонент комбикормов для молоди рыб – это сафлор красильный. Жмых из его необрушенных семян содержит 6–7% масла, 24–25% крахмала и 18% белка [14, 15].

Цель настоящего исследования – разработка отечественных комбикормов, содержащих суспензию хлореллы и жмыхи рапса и сафлора, и определение их влияния на темп роста молоди сомовых рыб.

Материалы и методы. Объект исследований – молодь африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus* (Burchell)). В естественных условиях обитания рыба является хищником, но практически всеядна и может питаться даже органическими отходами [2, 5, 6, 7, 18]. При промышленном выращивании молодь кормят гранулированным комбикормом. Дневная норма корма при этом делится на 3 кормления (утро, обед, вечер).

Таблица 1. – Химический состав жмыхов рапса и сафлора

Показатели, %	Рапсовый жмых	Сафлоровый жмых
Сырой протеин	32,2–38,0	19,0–22,0
Сырой жир	8,8–13,0	8,0–12,0
Сырая клетчатка	12,0	6,8
Зола	6,2–6,6	4,4
Сухое вещество	90,0	95,28

Раздача кормов проводится ежедневно, т.к. отмечено, что перебои в кормлении могут привести к каннибализму [21].

Молодь клариевого сома выращивали в УЗВ на протяжении 158 дней. Плотность посадки рыб составляла 25 экз. на емкость. Объем одной емкости – 0,15 м³.

Во время исследований ежедневно определяли температуру воды (в 8.00 и 20.00 часов) и концентрацию растворенного кислорода. Водородный показатель (рН), концентрацию аммонийного азота, нитратов, нитритов, ионов аммиака, железа, общую жесткость воды определяли один раз в три дня по стандартным методикам [1]. При выращивании молоди клариевого сома температура воды и гидрохимические показатели находились в пределах нормы.

Для кормления рыб использовали усовершенствованный комбикорм с добавлением суспензии хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) и жмыхов масличных культур культур: рапса (*Brassica napus* L.) и сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.), а также импортный комбикорм «Aller Aqua» (Bronze). Молодь рыб кормили 3 раза в светлое время суток в 8.00, 13.00 и 18.00. Количество задаваемого комбикорма зависело от массы выращиваемых рыб и определялось рыбоводными нормами [17, 19] и рекомендациями производителей комбикормов: молодь кормили в количестве 1,3–1,9% комбикорма от массы рыб.

Рыбоводно-биологические показатели, среди которых масса, длина тела абсолютный прирост, относительный прирост,

и относительный среднесуточный приросты, выживаемость и кормовой коэффициент, определяли по общепринятым в рыбоводстве методикам [8, 10, 16].

Результаты и их обсуждение. Совершенствование рецептур комбикормов для молоди сомовых рыб проводили с учетом сохранения питательности и основных показателей качества. На основании этого в состав комбикормов введено 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора на кг массы комбикорма (опытный комбикорм №2), 3% суспензии хлореллы (плотностью 8 млн. кл/мл), 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора на кг массы комбикорма (опытный комбикорм №3) (таблица 2).

Новыми компонентами комбикормов заменяли наиболее дорогостоящие и трудно усваиваемые компоненты, такие как ракушка, мука пшеничная (первый сорт) и мука рыбная (кормовая).

В качестве контроля использовали комбикорм без суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур (опытный комбикорм №1) и импортный комбикорм. Для определения питательности и основных показателей качества проводили физико-химический анализ комбикормов, в результате которого установлено, что по содержанию сырого протеина и сырого жира опытный комбикорм №3 (3% суспензии хлореллы + 2% жмыха рапса + 3% жмыха сафлора) превосходил опытные комбикорма №2 и №1, но несколько уступал импортному.

Таблица 2. – Рецептуры разработанных комбикормов для сомовых рыб с добавлением суспензии хлореллы и жмыхов рапса и сафлора (% в рецептуре)

Состав, %	Опытный комбикорм		
	№1 (КС)	№2 (КС + 3% рапса + 3% сафлора)	№3 (КС + 3% рапса + 3% сафлора + 3% хлореллы)
Мука рыбная, кормовая	58,0	58,0	55,0
Жир рыбий	7,0	7,0	7,0
Жмых рапса	–	3,0	3,0
Черный пищевой альбумин	5,0	5,0	5,0
Ракушка	4,0	4,0	4,0
Мука пшеничная, первый сорт	23,5	17,5	17,5
Суспензия хлореллы	–	–	3,0
Жмых сафлора	–	3,0	3,0
Лигнобонд	1,5	1,5	1,5
Премикс Д-ПК-100 Б20 НГР-3	1,0	1,0	1,0
Всего	100,0	100,0	100,0

Количество сырой золы в комбикорме, содержащем хлореллу и жмыхи масличных культур, было выше, чем в других опытных комбикормах в среднем в 1,05 раза и в 1,99 раза выше, чем в импортном. Также отмечено более низкое содержание сырой клетчатки в отечественных комбикормах – в среднем в 6,53 раза ниже по сравнению с контрольным комбикормом марки «Aller Aqua» (Bronze) (таблица 3).

Содержание таких важных для роста молоди рыб элементов, как кальций и фосфор в отечественных и импортном комбикормах также было неодинаковым. Минимальное содержание кальция отмечено в контрольном комбикорме – 0,86%, в то время как в опытных комбикормах данный показатель варьировал в пределах от 1,29% до 1,80%. Содержание фосфора, в свою очередь, было более высоким в импортном комбикорме (1,04%) в сравнении с опытными (в среднем 0,79%). В целом, результаты проведенного физико-химического анализа выявили соответствие всех комби-

рмов нормативным требованиям, предъявляемым к такого рода продукции и их полноценность для обеспечения потребностей молоди сомовых рыб в основных питательных веществах.

Анализ результатов кормления импортным и усовершенствованными опытными комбикормами показал, что выживаемость молоди клариевого сома была одинаковой и составила 100,00% (таблица 4)

Абсолютный прирост массы при применении опытного комбикорма №3 был выше на 9,67%, 9,07% и 7,03%, чем при использовании опытных комбикормов №1, №2 и контрольного комбикорма соответственно. Относительный прирост был самым высоким при кормлении молоди клариевого сома опытным комбикормом № 3 – 201,28%, было выше в 1,09–1,22 раза, чем аналогичный показатель при применении других опытных и контрольного комбикормов.

Таблица 3. – Показатели качества комбикормов для сомовых рыб

Наименование	Опытный комбикорм			Контроль («Aller Aqua» Bronze)
	№1 (КС)	№2 (КС + 3% рапса + 3% сафлора)	№3 (КС + 3% рапса + 3% сафлора + 3% хлореллы)	
Сырой протеин, %	40,52	41,87	43,15	44,79
Сырой жир, %	15,15	15,71	15,95	13,38
Сырая клетчатка, %	0,87	0,73	0,54	4,64
Сырая зола, %	10,26	10,34	10,83	5,43
БЭВ, %	23,55	22,90	24,02	22,12
Кальций, %	1,80	1,76	1,29	0,86
Фосфор, %	0,74	0,81	0,83	1,04
Общая влажность, %	9,66	9,18	6,04	9,63

Таблица 4. – Рыбоводные показатели клариевого сома

Показатель	Опытный комбикорм			Контроль («Aller Aqua» Bronze)
	№1 (КС)	№2 (КС + 3% рапса + 3% сафлора)	№3 (КС + 3% рапса + 3% сафлора + 3% хлореллы)	
Масса в начале опыта, г	127,20±14,01	135,20±13,71	132,60±13,65	124,60±12,13
Масса в конце опыта, г	506,50±15,71	517,00±16,30	552,50±14,73	515,00±16,96
Абсолютный прирост, г	379,30	381,80	419,90	390,40
Относительный прирост, %	165,33	193,64	201,28	199,36
Выживаемость, %	100	100	100	100
Кормовой коэффициент, ед.	1,52	1,51	1,38	1,48

Таблица 5. – Эффективность применения суспензии хлореллы и жмыхов рапса и сафлора в комбикормах для молоди клариевого сома (в ценах 2020 года)

Комбикорм	Кормовой коэффициент, ед.	Цена комбикорма, BYN/кг	Стоимость 1 кг прироста рыбы, BYN
Опытный комбикорм №1 (КС)	1,52	3,00	4,56
Опытный комбикорм №2 (КС + 3% рапса + 3% сафлора)	1,51	3,00	4,53
Опытный комбикорм №3 (КС + 3% рапса + 3% сафлора + 3% хлореллы)	1,38	3,00	4,14
Контроль («Aller Aqua» Bronze)	1,48	3,50	5,18

Важный показатель эффективности корма является кормовой коэффициент, который у импортного комбикорма составил 1,48 ед. и имел довольно близкое значение к показателю опытных комбикормов №1 и №2. Введение в состав суспензии хлореллы, жмыхов рапса и сафлора позволило снизить кормовой коэффициент в 1,07–1,10 раз (до 1,38 ед.).

Стоимость импортного комбикорма «Aller Aqua» (Bronze) во время проведения исследований составляла 3,50 BYN/кг, а стоимость опытных комбикормов – 3,00 BYN/кг. Учитывая затраты на комбикорма и полученные кормовые коэффициенты, достигнута экономия денежных средств при выращивании молоди клариевого сома в УЗВ (таблица 5).

Кормовой коэффициент опытного комбикорма №3 (КО + 2% рапса + 3% сафлора + 3% хлореллы) был самым низким, за счет чего экономия денежных средств составила 1,04 BYN на 1 кг прироста молоди клариевого сома.

Заключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что кормление клариевого сома отечественным комбикормом, содержащими в своем составе жмыхи рапса, сафлора и суспензию хлореллы, позволяло получить увеличение темпа роста в сравнении с применением импортного комбикорма. Одновременно с этим стоимость усовершенствованного опытного комбикорма была ниже импортного, за счет чего и получена экономия денежных средств.

Исходя из этого, использование разработанных отечественных комбикормов с добавлением суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур при выращивании молоди клариевого сома может стать заменой импортных кормов, что в полной мере соответствует целям импортозамещения и позволит обеспечить ры-

боводную отрасль качественными комбикормами для эффективного производства ценных видов рыб в нашей стране.

Работа проведена за счет средств бюджета Республики Беларусь в рамках Государственной программы научных исследований по договору № 71-19

Список литературы

1. Алекин, О. А. Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин, А. Д. Семенов, Б. А. Скопинцев ; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Гидрохим. ин-т. – [3-е изд.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. – 269 с.
2. Баклашова, Т. А. Практикум по ихтиологии / Т. А. Баклашова. – М. : Агропромиздат, 1990. – 223 с.
3. Барашков, Г. К. Сравнительная биохимия водорослей / Г. К. Барашков. – М. : Пищ. пром-сть, 1972. – 336 с.
4. Богданов, Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н. И. Богданов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пенза : Здоровье и экология, 2007. – 48 с.
5. Власов, В. А. Влияние разноразмерных особей в популяции африканского сома на результаты их выращивания / В. А. Власов, В. В. Дернаков // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов-2 : расшир. материалы Междунар. науч.-практ. конф., Борок – Москва, 17–20 июля 2007 г. / Рос. акад. наук [и др. ; редкол.: В. Р. Микряков (отв. ред.) и др.]. – М., 2007. – С.127–132.
6. Власов, В. А. Рост африканского сома (*Clarias gariepinus*) в зависимости от условий кормления и содержания / В. А. Власов

- // Изв. Тимиряз. с.-х. акад. – 2009. – № 3. – С. 148–156.
7. Гордеев, А. В. Выращивание в УЗВ африканского сома *Clarias gariepinus* / А. В. Гордеев, В. А. Власов, А. П. Завьялов // Зоокультура и биологические ресурсы : материалы науч.-практ. конф., Москва, 4–6 февр. 2004 г. / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева ; [редкол.: В. В. Рожнов и др.]. – М., 2005. – С. 33–35.
 8. Зиновьев, Е. А. Методы исследования пресноводных рыб : учеб. Пособие / Е. А. Зиновьев, С. А. Мандрица ; М-во образования Рос. Федерации, Перм гос. Ун-т. – Пермь : Перм. Ун-т, 2003. – 115 с.
 9. Иванов, А. А. Физиология рыб : учеб. пособие / А. А. Иванов. – Изд. 2-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2011. – 280 с.
 10. Кириллов, А. Ф. Практическое пособие по сбору материалов для изучения рыб : учеб. пособие / А. Ф. Кириллов. – Якутск : Изд-во ЯГУ, 2002. – Ч. 1. – 33 с.
 11. Кузьмина, В. В. Закономерности процессов пищеварения у рыб Рыбинского водохранилища (обзор) / В. В. Кузьмина // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2015. – Т. 72 (75). – С. 30–49.
 12. Кузьмина, В. В. Процессы пищеварения у рыб. Новые факты и гипотезы / В. В. Кузьмина ; Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – Ярославль: Фелигрань, 2018. – 300 с.
 13. Мухрамова, А. А. Исследование влияния кормов с биологически активными добавками на рост осетровых рыб при бассейновой технологии выращивания / А. А. Мухрамова, С. К. Койшибаева // Вестн. Казах. нац. ун-та. Сер. эколог. – 2012. – № 1 (33). – С. 106–108.
 14. Петрухин, И. В. Корма и кормовые добавки : справочник / И. В. Петрухин. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 526 с.
 15. Пономаренко, Ю. А. Питательные и антипитательные вещества в кормах / Ю. А. Пономаренко ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск : Экоперспектива, 2007. – 960 с.
 16. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин ; под ред.: П. А. Дрягина, В. В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
 17. Скляр, В. Я. Кормление рыб : справочник / В. Я. Скляр, Е. А. Гамыгин, Л. П. Рыжков. – М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1984. – 120 с.
 18. Фаритов, Т. А. Кормление рыб : учеб. Пособие / Т. А. Фаритов. – СПб. : Лань, 2016. – 344 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
 19. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М. : Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
 20. Algae in food and feed / D. J. Kovac [et al.] // Food and Feed Research. – 2013. – Vol. 40 (1). – P. 21–31.
 21. Cultured Aquatic Species Information Programme (*Clarias gariepinus*) [Electronic resource] // Fisheries and Aquaculture Department (FAO). – Mode of access: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en. – Date of access: 24.10.2016.
 22. Tibbetts, S. M. The Potential for «Next-Generation», Microalgae-Based Feed Ingredients for Salmonid Aquaculture in Context of the Blue Revolution / S. M. Tibbetts // Microalgal Biotechnology – InTech Open Publishing. – 2018. – P. 151–175.

References

1. Alekin O.A., Semenov A.D., Skopintsev B.A. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu vod sushi* [Guide to the chemical analysis of land waters]. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1973, 269 p. (In Russian).
2. Baklashova T.A. *Praktikum po ihtologii* [Workshop on ichthyology]. Agropromizdat, Moscow, 1990, 223 p. (In Russian).
3. Barashkov G.K. *Sravnitel'naja biohimija vodoroslej* [Comparative biochemistry of algae]. Food. prom-st, Moscow, 1972, 336 p. (In Russian).
4. Bogdanov N.I. *Suspenzija hlorelly v racione sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh* [Chlorella suspension in the diet of farm animals]. Health and Ecology, Penza, 2007, 48 p. (In Russian).
5. Vlasov V.A., Dernakov V.V. *Vlijanie raznоразmernih osobej v populjácii afrikanskogo soma na rezul'taty ih vyrashhivaniya* [Influence of different-sized individuals in the African catfish population on the results of their cultivation].

- Problemy immunologii, patologii i ohrany zdorov'ja ryb i drugih gidrobiontov-2 : rasshir. materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Problems of immunology, pathology and health protection of fish and other aquatic organisms-2: expanded. materials of the International scientific-practical conf.]. Moscow, 2007, pp.127–132. (In Russian).
6. Vlasov V. A. Rost afrikanskogo soma (*Clarias gariepinus*) v zavisimosti ot uslovij kormlenija i sodержanija [Growth of the African catfish (*Clarias gariepinus*) depending on the conditions of feeding and maintenance]. *Izv. Timerjaz. s.-h. akad.*, 2009, no. 3, pp. 148–156. (In Russian).
 7. Gordeev A.V., Vlasov V.A., Zavyalov A.P. Vy-rashhivanie v UZV afrikanskogo soma *Clarias gariepinus* [Cultivation of African catfish *Clarias gariepinus* in RAS]. *Zookul'tura i biologicheskie resursy : materialy nauch.-prakt. konf.* [Zooculture and biological resources: materials of scientific and practical research. conf.]. Moskva, 4–6 fevr. 2004 g. / In-t problem jekologii i jevoljucii im. A. N. Severcova, Mosk. s.-h. akad. im. K. A. Timirjazeva ; [redkol.: V. V. Rozhnov i dr.]. – M. Moscow, 2005, pp. 33–35. (In Russian).
 8. Zinovev E.A., Mandrica S.A. *Metody issledovaniya presnovodnyh ryb : ucheb. posobie* [Methods for the study of freshwater fish: textbook. allowance]. Perm, Perm. un-t, 2003, 115 p. (In Russian).
 9. Ivanov A.A. *Fiziologija ryb : ucheb. posobie* [Physiology of fish: textbook. allowance]. Saint-Petersburg, Lan, 2011, 280 p. (In Russian).
 10. Kirillov A.F. *Prakticheskoe posobie po sboru materialov dlja izuchenija ryb : ucheb. posobie (Ch. 1.)* [Practical guide for collecting materials for the study of fish: textbook. Allowance (Part 1)]. YSU Publishing House, Yakutsk, 2002, 33 p. (In Russian).
 11. Kuz'mina V.V. Zakonomernosti processov pishhevarenija u ryb Rybinskogo vodohranilishha (obzor) [Regularities of the processes of digestion in fish of the Rybinsk reservoir (review)] *Trudy Instituta biologii vnutrennih vod im. I.D. Papanina RAN* [Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters. I. D. Papanin RAS]. Borok, 2015, T. 72 (75), pp. 30–49. (In Russian).
 12. Kuzmina V.V. *Processy pishhevarenija u ryb. Nove fakty i gipotezy* [Digestion processes in fish. New facts and hypotheses]. Filigran, Yaroslavl, 2018, 300 p. (In Russian).
 13. Muhramova A.A., Kojshibaeva S.K. *Issledovanie vlijanija kormov s biologicheski aktivnymi dobavkami na rost osetrovyh ryb pri bassejnovoj tehnologii vyrashhivaniya* [Study of the effect of feed with biologically active additives on the growth of sturgeon fish in the basin technology of cultivation]. *Vestn. Kazah. nac. un-ta. Ser. jekolog.*, 2012, no.1 (33), pp. 106–108. (In Russian).
 14. Petrukhin I.V. *Korma i kormovye dobavki : spravochnik* [Feed and feed additives: a reference book]. Rosagropromizdat, Moscow, 1989, 526 p. (In Russian).
 15. Ponomarenko Yu.A. *Pitatel'nye i antipitatel'nye veshhestva v kormah* [Nutrients and anti-nutrients in feed]. Ecoperspectiva, Minsk, 2007, 960 p. (In Russian).
 16. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniju ryb (preimushhestvenno presnovodnyh)* [Guide to the study of fish (mainly freshwater)]. Food. prom-st, Moscow, 1966, 376 p. (in Russian).
 17. Sklyarov V.Ya. Gamygin E.A., Ryzhkov L.P. *Kormlenie ryb : spravochnik* [Feeding fish: a reference book]. Light and food industry, Moscow, 1984, 120 p. (In Russian).
 18. Faritov T.A. *Kormlenie ryb : ucheb. posobie* [Feeding fish: textbook. allowance]. Saint-Petersburg, Lan, 2016, 344 p. – (Textbooks for universities. Special literature). (In Russian).
 19. Shcherbina M.A., Gamygin E.A. *Kormlenie ryb v presnovodnoj akvakul'ture* [Fish feeding in freshwater aquaculture]. Publishing house VNIRO, Moscow, 2006, 360 p. (In Russian).
 20. Kovac D. J. et al. *Algae in food and feed*. Food and Feed Research. 2013. Vol. 40 (1), pp. 21–31.
 21. *Cultured Aquatic Species Information Programme (Clarias gariepinus)*. Fisheries and Aquaculture Department (FAO). Available at: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Clarias_gariepinus/en. (accessed: 24.10.2016).
 22. Tibbetts, S. M. The *Potential for «Next-Generation», Microalgae-Based Feed Ingredients for Salmonid Aquaculture in Context of the Blue Revolution*. Microalgal Biotechnology InTech Open Publishing. 2018, pp. 151–175.

Received 8 April 2022