

УДК 639.371/374:615.322

DOI 10.33920/sel-09-2010-05

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОФЛАВОНОИДОВ В ПРОДУКЦИОННЫХ КОРМАХ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

С. В. Пономарев¹, Ю. В. Федоровых¹, А. Б. Ахмеджанова¹, О. А. Левина¹,
В. А. Пospelov², С. В. Цулимов², А. Б. Гаврилов³

¹ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Россия, г. Астрахань

²ООО «Красный Яр», Россия, г. Астрахань

³Институт биологического приборостроения РАН, Россия, г. Пущино

E-mail: kafavb@yandex.ru

Аннотация. Современные технологии индустриального рыбоводства позволяют получать продукцию высокого качества. Однако стрессовые условия искусственной экосистемы (высокая плотность посадки, нарушение оптимальных гидрохимических условий) способны негативно отразиться на пищевой активности, скорости роста, привести к развитию алиментарных заболеваний и истощению антиоксидантного потенциала.

В условиях, когда рыба лишена естественной пищи, а обмен веществ полностью находится под контролем человека, использование сбалансированных кормов, обогащенных макро- и микроэлементами, а также биологически активными веществами, в максимальной мере обеспечивает обменные процессы и способствует увеличению скорости роста и получению физиологически полноценной молоди. Использование антиоксидантных кормовых добавок позволяет не только проводить своевременную терапию, но и оказать профилактическое действие для предотвращения негативных последствий искусственной экосистемы.

В настоящее время существует целый ряд антиоксидантных кормовых добавок, среди которых особый интерес вызывают природные биоантиоксиданты флавоноидной природы, такие как катехины, дигидрохалконы, флавонолы, лейкоцианы, дигидрокверцетин. В статье рассматривается опыт применения антиоксиданта нового поколения — дигидрокверцетина и иммуностимулятора — арабиногалактана в кормлении гибрида тиляпии (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). Установлено, что добавление в состав продукционных кормов дигидрокверцетина (25,0–50,0 мг/кг) и арабиногалактана (50,0 мг/кг) позволило увеличить продуктивность на 26,0%, а также оказать положительное влияние на физиологическое состояние рыб.

Полученные результаты дополняют существующие представления об областях применения антиоксидантов, а также доказывают перспективность применения средств растительного происхождения в качестве антиоксидантных кормовых добавок.

Ключевые слова: дигидрокверцетин, арабиногалактан, антиоксидант, иммуностимулятор, тиляпия, аквакультура, кормление, прирост.

EFFICIENCY OF USING BIOFLAVONOIDS IN PRODUCTION FEEDS FOR PROMISING AQUACULTURE FACILITIES

S. V. Ponomarev¹, Y. V. Fedorovykh¹, A. B. Akhmedzhanova¹, O. A. Levina¹,
V. A. Pospelov², S. V. Tsulimov², A. B. Gavrillov³

¹FSBEI HE «Astrakhan state technical university», Astrakhan, Russia

²LLC Krasny Yar, Astrakhan, Russia

³Institute of biological instrumentation of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

E-mail: kafavb@yandex.ru

Abstract. *Modern technologies of industrial fish farming allow getting high-quality products. However, stressful conditions of an artificial ecosystem (high planting density, violation of optimal hydrochemical conditions) can negatively affect food activity, growth rate, lead to the development of alimentary diseases and depletion of the antioxidant potential*

In conditions when fish is deprived of natural food, and the metabolism is completely under human control, the use of balanced feeds enriched with macro — and microelements, as well as biologically active substances, maximizes metabolic processes and helps to increase the growth rate and obtain physiologically complete juveniles. The use of antioxidant feed additives allows not only to carry out timely therapy, but also to provide a preventive effect to prevent the negative consequences of an artificial ecosystem.

Currently, there are a number of antioxidant feed additives, among which are of particular interest to natural bioantioxidant of flavonoid nature, such as catechins, dihydrochalcones, flavonols, leukocyanins, dihydroquercetin.

*The article discusses the experience of using a new generation antioxidant — dihydroquercetin and an immunostimulator — arabinogalactan in feeding a tilapia hybrid (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). It was found that the addition of dihydroquercetin (25,0–50,0 mg/kg) and arabinogalactan (50,0 mg/kg) to the production feed allowed to increase productivity by 26,0%, as well as to show a positive effect on the physiological state of fish.*

The results obtained complement the existing ideas about the fields of application of antioxidants, and also prove the prospects of using plant-based products as antioxidant feed additives.

Keywords: *dihydroquercetin, arabinogalactan, antioxidant, immunostimulator, tilapia, aquaculture, feeding, growth.*

Современные технологии индустриального рыбоводства позволяют получать продукцию высокого качества. Однако стрессовые условия искусственной экосистемы (высокая плотность посадки, нарушение оптимальных гидрохимических условий) способны негативно отразиться на пищевой активности, скорости роста, привести к развитию алиментарных заболеваний и истощению антиоксидантного потенциала [3, 9, 11, 20, 22, 26].

Признаком ослабления антиоксидантной защиты организма служат потеря аппетита, снижение темпа роста, снижение активности и повышение смертности. Кроме того, отмечается мышечная дистрофия, жировая дегенерация печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита [24, 29].

Дополнительное обогащение рациона биологически активными веществами (БАВ) в виде кормовых добавок, витаминов и витаминно-минеральных комплексов оказывает стимулирующее действие на организм рыб, повы-

шая продуктивность выращиваемых рыб и увеличивая рентабельность рыбоводного предприятия.

Появление новых препаратов, обладающих антиоксидантными свойствами, позволяет совершенствовать технологию кормления и повысить прооксидантно-антиоксидантное равновесие.

В связи с тем что важным критерием выбора антиоксидантной кормовой добавки является безопасность в экологическом отношении, интерес представляют природные биоантиоксиданты флавоноидной природы, в частности дигидрокверцетин. Этот природный флавоноид, выделенный из древесины лиственницы, обладает широким спектром свойств, например участвует в синтезе витамина Р, способствует уменьшению проницаемости и ломкости капилляров и др. [8].

Целью исследований являлось изучение влияния биофлавоноида дигидрокверцетина и иммуностимулятора арабиногалактан на эффективность выращивания и физиологическое состояние молоди гибрида тилапии *Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные работы проводили на базе Инновационного центра «Биоаквапарк — НТЦ аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Объектом исследования был выбран популярный объект аквакультуры — гибрид тилапии *Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*.

Исследование проводили на трех экспериментальных группах. Первая группа (контроль) получала производственный корм, сбалансированный по всем элементам питания, согласно физиологическим потребностям. Вторая группа (вариант 1) получала рацион 1-й группы с добавлением антиоксиданта дигидрохверцетина в количестве 50,0 мг/кг. Третья группа (вариант 2) получала рацион 2-й группы с добавлением антиоксиданта дигидрохверцетина (25,0 мг/кг) в сочетании с иммуностимулятором арабиногалактаном (50,0 мг/кг).

Опытные корма изготавливали в лабораторных условиях с использованием кормовых компонентов отечественного производства методом влажного прессования. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыб и температуры воды, в соответ-

вии с общепринятой технологией выращивания [10].

На протяжении всего периода исследования проводили постоянный контроль гидрохимических условий с помощью экспресс-методов фирмы Tetra (табл. 1).

В целом данные гидрохимические показатели удовлетворяют нормам, установленным для рыбоводных хозяйств.

Состояние и развитие рыб определяли по комплексу показателей, анализируя скорость увеличения размеров тела и наращивания мышечной массы. Взвешивание и измерение рыб проводили согласно разработанным рекомендациям [12].

Среднесуточную скорость роста вычисляли по формуле сложных процентов [18] согласно уравнению 1:

$$A = [(M_k / M_0)^{1/t} - 1] \times 100 (\%), \quad (1)$$

где A — среднесуточная скорость роста, %;
 M_k и M_0 — масса рыбы в конце и в начале опыта;
 t — продолжительность опыта, сут.

Оценку абсолютного прироста проводили согласно формуле 2:

$$P_{аб} = M_k - M_{0'}, \quad (2)$$

где M_k — конечная масса молоди, г;
 M_0 — начальная масса молоди, г.

Таблица 1

Гидрохимические показатели в условиях эксперимента

Table 1

Hydrochemical parameters under experimental conditions

Показатель	Норма	Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Водородный показатель (рН), ед.	6–8	7,28 ± 0,08	7,62 ± 0,14*	7,52 ± 0,17
Аммонийный азот, мг/л	2–4	0,87 ± 0,12	0,94 ± 0,21	0,84 ± 0,14
Нитриты (NO ₂), мг/л	до 0,1–0,2	0,063 ± 0,03	0,059 ± 0,07	0,047 ± 0,04
Нитраты (NO ₃), мг/л	до 60	24,71 ± 1,54	27,64 ± 1,37	25,71 ± 1,47
Фосфаты мг/л	0,2–0,5	0,114 ± 0,15	0,128 ± 0,16	0,117 ± 0,12

Примечание: *р ≤ 0,01.

Коэффициент массонакопления определяли по формуле 3 [6]:

$$K_M = \frac{(M_k^{1/3} - M_o^{1/3}) \times 3}{t}, \quad (3)$$

где K_M — коэффициент массонакопления, ед.;
 M_k и M_o — конечная и начальная масса рыбы, г;
 t — период выращивания, сут.

Среднесуточный прирост определяли по формуле:

$$P = (M_k - M_o) / t, \quad (4)$$

где P — среднесуточный прирост, г;
 M_k и M_o — конечная и начальная масса рыбы, г;
 t — период выращивания, сут.

Фармакологическое действие препаратов и физиологическое состояние исследуемой молодежи оценивали по биохимическим показателям белкового, липидного и углеводного обменов, согласно разработанным методикам.

Кровь отбирали прижизненно из хвостовой вены в пробирки Эппендорфа. Для гематологического анализа (концентрация гемоглобина, скорость оседания эритроцитов, лейкоцитарная формула) в качестве антикоагулянта использовали гепарин.

Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически с помощью набора реактивов фирмы «Агат-Мед» [28], СОЭ определяли

по методу Панченкова. Мазки крови готовили с применением фиксатора-красителя по Май-Грюнвальду фирмы «Ольвекс-Диагностикум» [1, 5].

Содержание сывороточного белка определяли с помощью наборов реагентов фирмы «Агат-мед» [13], уровень холестерина в крови определяли энзиматическим методом [21, 27]. Концентрацию глюкозы в сыворотке крови определяли энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации (реакция Триндера). Для измерения оптической плотности полученных проб использовали спектрофотометр Unico 2100.

Результаты экспериментов анализировали методами биологической статистики с помощью компьютерных программ [4, 7]. Уровень различий оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента.

Результаты исследования

Полученные данные свидетельствуют, что наилучшие показатели роста были характерны для группы рыб, потреблявшей корма с добавлением двух компонентов — дигидрокверцетина и арабиногалактана (рисунок).

В процессе эксперимента установлено, что во всех группах наблюдалась высокая интенсивность роста. Среднесуточные приросты колебались в интервале 1,1–1,5 г.

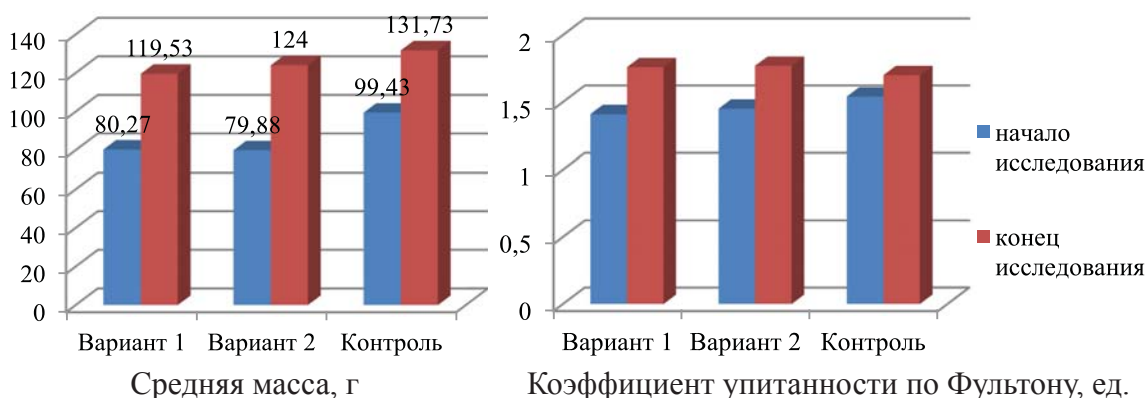


Рисунок. Динамика роста гибрида тилпии при обогащении рациона БАВ
Figure. Growth Dynamics of the tilapia hybrid when the BAS diet is enriched

Лучшие показатели по приростам наблюдались при добавлении биологически активных веществ — прирост живой массы у рыб первой группы составил 39,26 г против 44,12 г во второй группе, что на 17,7% и 27,2% выше, чем у рыб контрольной группы (табл. 2).

Таким образом, использование в кормах биофлавоноида дигидрокверцетина положительно отразилось на скорости роста культивируемой рыбы.

Оценить состояние организма в предложенных условиях выращивания можно по физиолого-биохимическим показателям крови, которые выступают в качестве специфических индикаторов физиологических или патологических изменений организма (табл. 3).

Полученные результаты гематологических и биохимических показателей согласуются с данными других авторов [14, 16, 17, 19, 23, 25, 30]. Скорость оседания эритроцитов во всех вариантах эксперимента оставалась в пределах нормативных значений, что также согласуется с литературными данными [2, 5] и свидетельствует о постоянном белковом составе плазмы крови.

Концентрация гемоглобина варьировала в пределах от 40,0 до 80,0 г/л. При добавлении в рацион комплекса БАВ уровень гемоглобина составил $80,91 \pm 11,01$ г/л, что на 30,0–40,0% выше в сравнении с другими экспериментальными вариантами и свидетельствует о положительном влиянии

Таблица 2

Динамика показателей роста гибрида тилапии

Table 2

The dynamics of the growth performance of hybrid tilapia

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Контроль
Абсолютный прирост, г	39,26	44,12	32,28
Среднесуточный прирост, г/сут	1,40	1,58	1,15
Среднесуточная скорость роста, %	1,43	1,58	1,01
Коэффициент массонакопления, ед.	0,07	0,07	0,05
Продолжительность выращивания, сут	28	28	28

Таблица 3

Биохимические показатели крови гибрида тилапии по завершении эксперимента

Table 3

Biochemical blood parameters of the tilapia hybrid at the end of the experiment

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Контроль
Гемоглобин, г/л	$48,38 \pm 5,84$	$80,91 \pm 11,01^{**}$	$54,57 \pm 2,65^{***}$
СОЭ, мм/ч	$1,92 \pm 0,33$	$1,90 \pm 0,24$	$1,83 \pm 0,28$
Общий сывороточный белок, г/л	$21,33 \pm 0,88$	$23,67 \pm 1,86$	$33,00 \pm 2,0^{***}$
Холестерин, ммоль/л	$3,23 \pm 0,35$	$3,62 \pm 0,52$	$3,75 \pm 0,57$
Глюкоза, г/л	$5,79 \pm 0,42$	$6,01 \pm 0,16$	$5,21 \pm 0,18^{***}$
Общие липиды, г/л	$2,95 \pm 0,18$	$3,27 \pm 0,15$	$3,34 \pm 0,20$

Примечание: ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

кормовой добавки на обмен веществ исследуемых рыб.

Аналогичная динамика прослеживается в изменении уровня глюкозы ($p \leq 0,001$), а поддержание его в пределах 5,0–6,0 ммоль/л является результатом нормальной работы ферментативной системы, катализирующей трансформацию глюкозы.

В сравнении с контролем БАВ способствовали активизации пластического обмена, что подтверждается более низким уровнем общего сывороточного белка и высокой скоростью роста.

В условиях эксперимента незначительно изменялся уровень общих сывороточных липидов. Его важной составной частью является холестерин, который стимулирует иммунную систему организма и играет роль в защите от стресса. Динамика липидного обмена способствовала нормальному процессу накопления энергетических ресурсов.

Достаточно информативным показателем при оценке общего физиологического состояния организма является лейкоцитарная формула крови, которая отражает не только физиологическое состояние рыб, но и некоторые стороны клеточного иммунитета. Изменения в лейкограмме могут обнаруживать нарушения обменных процессов и ухудшение состояния исследуе-

мого объекта задолго до появления клинических признаков возникающих патологий (табл. 4).

Количество лимфоцитов, моноцитов, нейтрофилов, базофилов оставалось на одном уровне во всех трех экспериментальных группах. Ведущей группой в исследуемых мазках были лимфоциты, которые составили большую часть от общего количества лейкоцитов (от 86,94 до 89,48 %).

Таким образом, полученные гематологические и биохимические показатели свидетельствуют о положительном влиянии БАВ на здоровье рыб, а результаты размерно-весовых характеристик подтверждают высокую активность обменных процессов.

Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности использования биофлавоноидов в кормлении перспективных объектов аквакультуры, в частности тилпии и ее гибридов. Установлено положительное влияние тестируемых БАВ на рост и развитие культивируемой молодежи.

Полученные результаты дополняют существующие представления об областях применения антиоксидантов, а также доказывают перспективность применения средств растительного происхождения в качестве антиоксидантных кормовых добавок.

Таблица 4

Лейкоцитарная формула (%) гибрида тилпии

Table 4

Leukocyte formula (%) of tilapia hybrid

Показатели	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Лимфоциты	86,94 ± 2,62	88,92 ± 1,87	89,48 ± 1,59
Моноциты	2,95 ± 0,71	2,94 ± 0,65	2,24 ± 0,47
Нейтрофилы	9,08 ± 1,57	7,45 ± 1,27	7,53 ± 1,21
Базофилы	1,03 ± 0,14	0,69 ± 0,06**	0,75 ± 0,17

Примечание: ** $p \leq 0,01$.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполняется в рамках НИОКТР № АААА-А20-120032590071-2 «Эффективность биофлавоноидов в составе продукционных кормов для осетровых рыб как источников антиоксидантов, иммуностимуляторов и пребиотиков» по заказу ФАР.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Financing. The work is carried out within the framework of R & d no. АААА20-120032590071-2 «Effectiveness of bioflavonoids in the composition of production feeds for sturgeon as sources of antioxidants, Immunostimulants and prebiotics» commissioned by the FAR.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, М.Г. Гематологический атлас / М.Г. Абрамов. — М.: Медицина, 1985. — 344 с.
2. Васильева, Е.Г. Изменения показателей крови тилляпии под влиянием электромагнитного поля / Е.Г. Васильева, Е.А. Быстрякова // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. — 2009. — № 1. — С. 119–120.
3. Ермакова, Н.В. Особенности каротиноидного состава витаминной добавки, полученной на основе отходов моркови путем консервации молочнокислыми микроорганизмами / Н.В. Ермакова // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения: материалы междунар. науч.-практ. конф. — Орел: ООО ПФ Картуш, 2018. — С. 239.
4. Катмаков, П.С. Биометрия: учеб. пособие для вузов / П.С. Катмаков, В.П. Гавриленко, А.В. Бушов. — М.: Юрайт, 2019. — 177 с.
5. Козинец, Г.И. Атлас клеток крови и костного мозга / Г.И. Козинец. — М.: Триада-Х, 1998. — 160 с.
6. Купинский, С.В. Радужная форель — предварительные параметры стандартной модели массонакопления / С.В. Купинский, С.А. Баранов, В.Ф. Резников // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сборник научных трудов. — 1985. — С. 109–115.
7. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высшая школа, 1990. — 293 с.
8. Накусов, Т.Т. Изучение влияния дигидрохверцетина на систему перекисного окисления липидов (антиоксидантная защита при острой экспериментальной гипоксии) / Т.Т. Накусов, Т.Х. Шортанова, Н.И. Самойлик, Н.М. Шилина // Вопросы детской диетологии. — 2005. — Т. 3, № 6. — С. 9–11.
9. Петренко, В.П. Эффективность применения витаминного премикса и комплекса микроэлементов в комбикормах для товарного карпа / В.П. Петренко // Вопросы интенсификации прудового рыбоводства: сборник научных трудов. — 1985. — С. 16–18.
10. Пономарев, С.В. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России / С.В. Пономарев, Е.А. Гамыгин, С.И. Никоноров, Е.Н. Пономарева, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. — Астрахань: Нова плюс, 2002. — 264 с.
11. Пономарев, С.В. Новый лечебный осетровый комбикорм для предотвращения лордоза и сколиоза при индустриальном выращивании / С.В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2005. — № 3. — С. 62–66.
12. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 376 с.
13. Филиппович, Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, Г.А. Севастьянова. — М.: Просвещение, 1975. — 318 с.
14. Abdul Jaffar, H. Effect of phosalone on haematological indices in the tilapia, *Oreochromis mossambicus* / H. Abdul Jaffar, V. Jaya Rani // Turk. J. Vet. Anim. Sci. — 2009. — № 33 (5). — P. 407–411.

15. Akinrotimi, O.A. Effects of acclimation on haematological parameters of *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) / O.A. Akinrotimi, E.O. Agokei // *Science World Journal*. — Vol. 5 (no. 4). — 2010. — P. 1–4.
16. Ahmed Hamid, S.H. Physical & Chemical Characteristics of Blood of two Fish Species (*Oreochromis niloticus* and *Clarias lazera*) / S.H. Ahmed Hamid, F.A. Mohamed Ahmed, I.M. Adam Mohammed, S.I. Mohamed Ali. — *World's Vet.* — J. 3 (1). — 2013. — P. 17–20.
17. Bittencourt, N.L. Haematological and biochemical values for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in semi-intensive system / N.L. Bittencourt, L.M. Molinari, D.O. Scoaris, R.B. Pedroso, C.V. Nakamura, T. Ueda-Nakamura, B.A. Filho, B.P. Filho // *ActaScientiarum*. — *Biological Sciences Maringa*. — v. 25. — №2. — 2003 — P. 385–389.
18. Castell, J.D. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of methodology in fish nutrition research / J.D. Castell, K. Tiews // Hamburg, Federal Republic of Germany, 21–23 March, 1979. EIFAC Tech. Pap. — Hamburg, 1979. — P. 1–24.
19. Chun-Yao C. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis / Chun-Yao Chen, G.A. Wooster, R.G. Getchell, P.R. Bowser, M.B. Timmons. — *Aquaculture*. 2003. — P. 89–102.
20. Delgado, A. Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Influence of temperature and fasting / A. Delgado, A. Estevez, P. Hortelano, M.J. Alejandre // *Biochem. Physiol.* — 1994. — № 108. — P. 673–680.
21. Fish bach, F. A manual of laboratory diagnostic tests. 7thed / F. Fish bach, M. Dunning. — Lppincott Williams & Wilkins, 2004. — 1291 p.
22. Guderley, H. Going with the flow in the fast lane: contrasting mitochondrial responses to thermal change / H. Guderley, J. St-Pierre // *Exp. Biol.* — 2002. — № 205. — P. 2237–2249.
23. Keri, A.-I. The study of growth performance and some biochemical parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed on olive mill waste. — *International Journal of Scientific and Research Publications*. — Vol. 5. — Issue 4. — 2015. — P. 94–102.
24. Lovell, R.T. Selenium in fish feeds: nutritional, environment and legal aspects / R.T. Lovell // *Aquacult. Mag.* — 1996. — V. 22. — № 1. — P. 76–81.
25. Palíkova, M. Selected Haematological and Biochemical Indices of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) / M. Palíková, R. Kopp, J. Mareš, S. Navrátil, Z. Kubiček, L. Chmelař, H. Bandouchová, J. Pikula // *Reared in the Environment with Cyanobacterial Water Bloom*. — ACTA VET. BRNO. — 2010. — P. 61–73.
26. Sargent, J. The Lipids Fish Nutrition / J. Sargent, R.J. Henderson, D.R. Tocher. — London. Academic Press. — 1989. — P. 154–209.
27. Trinder, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P. Trinder // *Ann Clin Biochem.* — 1969. — P. 24–25.
28. Van Kampen, E.J. Standardization of hemoglobinometry. The hemiglobincyanide method / E.J. Van Kampen, W.G. Zijlstra // *Clin. Chim. Acta*. — 1961. — P. 538.
29. Watanabe, T. Effekt of α -tocopherol deficiency on carp. VII. The relationship between dietary levels of linoleat and α -tocopherol requirement / T. Watanabe, C. Takeuchi, M. Matsui, C. Ogino, T. Kawabata // *Bull. Jap. Sci. Fish.* — 1977. — V. 43. — P. 935–946.
30. Weinert, N.C. Hematology of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* subjected to anesthesia and anticoagulation protocols / N.C. Weinert, J. Volpato, A. Costa, R.R. Antunes, A.C. Oliveira, C.R. Scabelo-Mattoso, M.E. Saito // *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. — V. 36. — no. 6. — Suplemento 2. — 2015. — P. 4237–4250.

REFERENCE

1. Abramov M.G. Gematologicheskij atlas [Hematological Atlas], Moscow, 1986, 344 p. (in Russian)
2. Vasilieva E.G., Bystryakova E.A. Izmeneniya pokazatelej krovi tilyapii pod vliyaniem elektromagnitnogo polya [Changes in blood parameters of tilapia under the influence of an electromagnetic field]. *Vestnik of ASTU. Series: Fisheries*, 2009, no. 1. pp. 119–120. (in Russian)

3. Ermakova N.V. Osobennosti karatinoidnogo sostava vitaminnoj dobavki, poluchЕННОj na osnove othodov morkovi putem konservacii molochnokislymi mikroorganizmami [Features of the karatinoid composition of a vitamin Supplement obtained on the basis of carrot waste by preserving lactic acid microorganisms]. Racional'noe ispol'zovanie syr'ya i sozdanie novyh produktov biotekhnologicheskogo naznacheniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Rational use of raw materials and creation of new products for biotechnological purposes: materials of the international scientific-practical conf.]. Orel, 2018, pp. 239. (in Russian)
4. Katmakov P.S., Gavrilenko P.C., Kalmakov V.P., Bosov A.V. Biometriya: ucheb. posobie dlya vuzov [Biometrics: textbook]. Moscow, 2019, 177 p. (in Russian)
5. Kozinets G.I. Atlas kletok krovi i kostnogo mozga [Atlas of blood cells and bone marrow]. Moscow, 1998, 160 p. (in Russian)
6. Kupinsky S.V., Baranov S.A., Reznikov V.F. Raduzhnaya forel' — predvaritel'nye parametry standartnoj modeli Rainbow trout-preliminary parameters of the standard model of mass accumulation]. Sbornik nauchnyh trudov: Industrial'noe rybovodstvo v zamknytyh sistemah [Industrial fish farming in closed systems: collection of scientific papers]. Moscow, 1985, pp. 109–115. (in Russian)
7. Lakin G.F. Biometriya [Biometrics]. Moscow, 1990, 293 p. (in Russian)
8. Nakuso T.T., Shortanova T.H., Samoylik N.I., Shilina N.M. Izuchenie vliyanija digidrokvercetina na sistemu perekisnogo okisleniya lipidov (antioksidantnaya zashchita pri ostroj eksperimental'noj gipoksii) [Study of the effect of dihydroquercetin on the lipid peroxidation system (antioxidant protection in acute experimental hypoxia)]. *Questions of child nutrition*, 2005, no. 6 (3), pp. 9–11. (in Russian)
9. Petrenko V.P. Effektivnost' primeneniya vitaminnogo premiksa i kompleksa mikroelementov v kombikormah dlya tovarnogo karpa [Efficiency of application of vitamin premix and complex of microelements in compound feeds for commercial carp]. Voprosy intensivizatsii prудovogo rybovodstva: sbornik nauchnyh trudov [Issues of intensification of pond fish farming: collection of scientific papers], 1985, pp. 16–18. (in Russian)
10. Ponomarev S.V., Gamygin E.A., Nikonov S.I., Ponomareva E.N., Grozescu Yu.N., Bakhareva A.A. ekhnologii vyrashchivaniya i kormleniya ob'ektov akvakul'tury yuga Rossii [Technologies for growing and feeding aquaculture objects in the South of Russia]. Astrakhan, 2002, 264 p. (in Russian)
11. Ponomarev S.V. Novyj lechebnyj osetrovyj kombikorm dlya predotvrashcheniya lordoza i skolioza pri industrial'nom vyrashchivanii [New therapeutic sturgeon feed for prevention of lordosis and scoliosis in industrial cultivation]. *Vestnik of ASTU. Series: Fisheries*, 2005, no. 3, pp. 62–66. (in Russian)
12. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish]. Moscow, 1966, 376 p. (in Russian)
13. Filippovich Yu.B., Egorova T.A., Sevastyanova G.A. Praktikum po obshchej biohimii [Practicum on General biochemistry]. Moscow, 1975, 318 p. (in Russian)
14. Abdul Jaffar, Jaya Rani H.V. Effect of phosalone on haematological indices in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2009, no. 33 (5), pp. 407–411.
15. Akinrotimi O.A., Agokei E.O. Effects of acclimation on haematological parameters of *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862). *Science World Journal*, vol.5 (no. 4), 2010, pp. 1–4.
16. Ahmed Hamid S.H., Mohamed Ahmed F.A., Adam Mohammed I.M., Mohamed Ali Physical & Chemical Characteristics of Blood of two Fish Species (*Oreochromis niloticus* and *Clarias lazera*). *S.I. World's Vet*, 2013, no. 3 (1), pp. 17–20.
17. Bittencourt N.L., Molinari L.M., Scoaris D.O., Pedroso R.B., Nakamura C.V., Ueda-Nakamura T., Filho B.A., Filho B.P. Haematological and biochemical values for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in semi-intensive system *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá*, 2003, vol. 25, № 2, pp. 385–389.
18. Castell J.D. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of methodology in fish nutrition research [EIFAC Tech. Pap]. Hamburg, 1979, pp. 1–24.

19. Chun-Yao C., Wooster G.A., Getchell R.G., P.R. Bowser, M.B. Timmons. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. *Aquaculture*, 2003, no. 218, pp. 89–102.
20. Delgado A., Estevez A., Hortelano P., Alejandro M.J. Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Influence of temperature and fasting. *Biochemistry. Physiology*, 1994, no. 108, pp. 673–680.
21. Fishbach F., Dunning M. A manual of laboratory diagnostic tests. Philadelphia, 2004, 1291 p.
22. Guderley H., St-Pierre J. Going with the flow in the fast lane: contrasting mitochondrial responses to thermal change. *Experience. Biology*, 2002, no. 205, pp. 2237–2249.
23. Keri A.I. The study of growth performance and some biochemical parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed on olive mill waste. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2015, no. 5 (4), pp. 94–102.
24. Lovell R.T. Selenium in fish feeds: nutritional, environment and legal aspects. *Aquacult. Meg.*, 1996, no. 22 (1), pp. 76–81.
25. Palíková M., Kopp R., Mareš J., Navrátil S., Kubiček Z., Chmelař L., Bandouchová H., Píkula J. Selected Haematological and Biochemical Indices of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), reared in the environment with cyanobacterial water bloom. *Acta Veterinaria Brno*, 2010, no. 79 (9), pp. 61–73.
26. Sargent J., Henderson R.J., Tocher D.R. The Lipids Fish Nutrition. London, 1989, 209 p.
27. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann Clin Biochem.*, 1969, no. 6, pp. 24–25.
28. Van Kampen E.J., Zijlstra W.G. Standardization of hemoglobinometry. The hemoglobin-cyanide method. *Clin. Chim. Acta*, 1961, no. 6, pp. 538.
29. Watanabe T., Takeuchi C. Matsui M., Ogino C., Kawabata T. Effekt of α -tocopherol deficiency on carp. VII. The relationship between dietary levels of linoleat and α -tocopherol requirement. *Bull. Jap. Sci. Fish*, 1977, no. 43, pp. 935–946.
30. Weinert N.C., Volpato J., Costa A., Antunes R.R., Oliveira A.C., Scabelo-Mattoso C.R., ES-aito M. Hematology of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* subjected to anesthesia and anticoagulation protocols. *Semina: Ciencias Agrarias*, 2015, no. 6 (36), pp. 4237–4250.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Владимирович Пономарев — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры «Аквакультура и рыболовство», заведующий научно-исследовательской лабораторией «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0002-2899-8672; 414056, Астрахань, ул. М. Максаковой, д. 12а; e-mail: kafavb@yandex.ru.

Юлия Викторовна Федоровых — канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Аквакультура и рыболовство», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0003-0789-1566; 414056, г. Астрахань, ул. 28 Армии, д. 12; e-mail: jaqua@yandex.ru.

Алия Баймуратовна Ахмеджанова — канд. биол. наук, ведущий инженер научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0001-9283-8916; 416450, Астраханская область, Приволжский район, с. Началово, мкр. Садовый, д. 198; e-mail: aliyaakhmed14@gmail.com.

Ольга Александровна Левина — канд. с.-х. наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический

университет», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0002-5543-491X; 414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, д. 15; e-mail: levina90@inbox.ru.

Валерий Антонович Пospelов — генеральный директор ООО «Красный Яр», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0002-9197-5027; e-mail: krasniy_yar@astranet.ru.

Сергей Владимирович Цулимов — канд. техн. наук, директор по развитию ООО «Красный Яр», Россия, Астрахань; orcid: 0000-0003-0182-109X; 119146, г. Москва, Комсомольский пр-т, д. 25; e-mail: s@zvuka.net.

Анатолий Брониславович Гаврилов — канд. техн. наук, руководитель лаборатории «Биотехнологии» Института биологического приборостроения РАН, Россия, Пушино; orcid: 0000-0003-4462-5427; e-mail: bio_2016@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHOR'S

Sergey Vladimirovich Ponomarev — doctor of biological science, professor, professor of the department «Aquaculture and fishery», head of the research laboratory «Sturgeon farming and perspective aquaculture objects», FSBEI HE «Astrakhan state technical university», Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0002-2899-8672; 414056, Astrakhan, M. Maksakovoyst 12a; e-mail: kafavb@yandex.ru.

Yulia Viktorovna Fedorovykh — candidate of agricultural science, docent of department «Aquaculture and fishery», FSBEI HE «Astrakhan state technical university», Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0003-0789-1566; 414056, Astrakhan, 28 Army st, 12/1; e-mail: jaqua@yandex.ru.

Aliya Baymuratovna Akhmedzhanova — candidate of biology Sciences, principal engineer laboratory «Sturgeon farming and perspective aquaculture objects», FSBEI HE «Astrakhan state technical university», Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0001-9283-8916; 416450, Astrakhan region, Privolzhsky district, Nachalovovl. Microdistrict Sadovyi, 198; e-mail: aliyaakhmed14@gmail.com.

Olga Aleksandrovna Levina — candidate of agricultural Sciences, Junior researcher at the research laboratory «Sturgeon farming and perspective aquaculture objects», FSBEI HE «Astrakhan state technical university», Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0002-5543-491X; 414056, Astrakhan, 15 Savushkina str.; e-mail: levina90@inbox.ru.

Valery Antonovich Pospelov — General Director of KrasnyYar, Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0002-9197-5027; . e-mail: krasniy_yar@astranet.ru.

Sergey Vladimirovich Tsulimov — candidate of technical Sciences, development Director of LLC Krasny Yar, Russia, Astrakhan, orcid: 0000-0003-0182-109X; 119146, Moscow, Komsomolsky pr-t, 25; e-mail: s@zvuka.net.

Anatoly Bronislavovich Gavrilo — candidate of technical Sciences, Head of the laboratory «Biotechnologies» Of the Institute of biological instrumentation of the Russian Academy of Sciences, Russia, Pushchino; orcid: 0000-0003-4462-5427; e-mail: bio_2016@yandex.ru.

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ

Телефон: +7 (495) 274-2222 (многоканальный).

E-mail: podpiska@panor.ru

Сайт: www.panor.ru