

DOI 10.31029/vestdnc94/2

УДК 597.551.2:574.523.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ТЕЛЕ КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*)
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ БАЦЕЛЛ-М**

Е. В. Михайлов¹, ORCID 0000-0002-1673-9892
О. С. Дрожжин¹, ORCID 0000-0002-0354-8149
В. В. Шипилов¹, ORCID 0000-0003-0730-3680
Н. Н. Иванова¹, ORCID 0000-0003-2204-5309
Л. И. Денисенко¹, ORCID 0000-0002-2517-9719
Н. П. Саврасова², ORCID 0009-0007-9328-2850
У. Д. Зурхаева³, ORCID 0009-0002-4433-0998
З. С. Курбанова³, ORCID 0009-0001-7209-2029

¹Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия

²Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж, Россия

³Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

**DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS
IN THE BODY OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*)
WHEN USING THE PROBIOTIC SUPPLEMENT BACELL-M**

E. V. Mikhailov¹, ORCID 0000-0002-1673-9892
O. S. Drozhzhin¹, ORCID 0000-0002-0354-8149
V. V. Shipilov¹, ORCID 0000-0003-0730-3680
N. N. Ivanova¹, ORCID 0000-0003-2204-5309
L. I. Denisenko¹, ORCID 0000-0002-2517-9719
N. P. Savrasova², ORCID 0009-0007-9328-2850
U. D. Zurkhaeva³, ORCID 0009-0002-4433-0998
Z. S. Kurbanova³, ORCID 0009-0001-7209-2029

¹ All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia

³ Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of the of RAS, Makhachkala, Russia

Аннотация. Проблема загрязнения окружающей среды и его влияния на гидробионты является одной из актуальных в развитии рыбного хозяйства. В статье представлены результаты изучения содержания и распределения микроэлементов в мышечной ткани разных частей тела и костной ткани карпа (*Cyprinus carpio*) при включении в рацион пробиотической добавки Бацелл-М. Исследования проведены в рыбноводческом хозяйстве Воронежской области. Показано селективное влияние добавки на концентрацию химических элементов в теле рыб. Выявлено достоверное снижение содержания железа на 29,0% ($P < 0,01$) в мышцах хвостового отдела, марганца на 21,7% ($P < 0,05$) в мышцах брюшного отдела, меди на 14,5% ($P < 0,01$) в костной ткани, цинка на 14,7% ($P < 0,05$) в мышцах брюшного отдела, а в костной ткани – на 14,1% ($P < 0,05$) в ходе опыта. Отмечено повышение концентрации железа в мышцах спины, а меди в мышцах всех отделов, относительно контроля, при использовании добавки в рационе. Полученные данные свидетельствуют о необходимости регулярного мониторинга содержания химических элементов в организме рыб, так как они оказывают большое влияние на рост и физиологическое состояние.

Abstract. The problem of environmental pollution and its impact on aquatic organisms is one of the most pressing in the development of fisheries. The article presents the results of a study of the content and distribution of microelements in the muscle tissue of different parts of body and bone tissue of the carp (*Cyprinus carpio*) when the probiotic supplement Bacell-M is included in the diet. The research has been carried out in a fish farm in the Voronezh region. The selective effect of the additive on the concentration of chemical elements in the body of fish is shown. During the experiment the iron content significantly decreased by 29,0%

($P < 0,01$) in the muscles of the tail section, manganese – by 21,7% ($P < 0,05$) in the muscles of the abdominal section, copper – by 14,5% ($P < 0,01$) in the bone tissue, zinc – by 14,7% ($P < 0,05$) in the abdominal muscles, and in the bone tissue – by 14,1% ($P < 0,05$). There was an increase in the concentration of iron in the back muscles and copper in the muscles of all parts at the same time. The data obtained indicate a need for regular monitoring of content of chemical elements in the body of fish because they have great influence on the growth and physiological state of the fish.

Ключевые слова: микроэлементы, мышечная ткань, костная ткань, железо, медь, цинк, марганец, пробиотическая добавка.
Keywords: trace elements, muscle tissue, bone tissue, iron, copper, zinc, manganese, probiotic supplement.

Введение

В настоящее время аквакультура становится самой быстрорастущей отраслью животноводства со среднегодовым темпом роста примерно 7% за последние два десятилетия. Она играет все более важную роль в глобальной продовольственной системе, окружающей среде и здоровье человека [1].

Вопросы загрязнения окружающей среды и его влияния как на саму среду обитания, так и на последствия для живых организмов, в том числе для людей, являются весьма актуальными [2, 3]. Среди загрязнителей окружающей среды микроэлементы играют огромную роль [4].

Показатели водного объекта и ихтиофауны во многом коррелируют между собой, так как рыбы поглощают металлы осмотически – через жабры и кожу, а за счет муцина слизи они активно связываются и накапливаются на поверхности тела. Из организма рыб токсичные элементы и их метаболиты выводятся через жабры, кожу, почки. Увеличение соотношения между количеством поступивших и выделенных микроэлементов за тот же промежуток времени может создать условия для их накопления в организме, что способствует возникновению различных эффектов, ведущих к нарушению жизнедеятельности и влияющих на рост, развитие и размножение [5, 6].

Применение биологически активных веществ в составе рациона рыб может привести к селективным изменениям в содержании макро- и микроэлементов в мышечной ткани. Особое внимание среди таких веществ уделяют пробиотикам или ферментным препаратам, которые зарекомендовали себя с положительной стороны [7–9].

Однако, несмотря на положительное влияние биологически активных веществ на организм рыб при использовании в рационе, необходимо оценивать их влияние на концентрацию микроэлементов в составе мышечной ткани рыб для изучения действия препаратов на организм. Помимо этого, химический состав тканей может соотноситься с изменением качества среды обитания водных организмов [10, 11].

Целью исследования было изучение распределения микроэлементов в теле карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при использовании пробиотической добавки Бацелл-М

Материалы и методы

Исследования проведены в рыбоводческом хозяйстве Воронежской области. С целью определения влияния кормовой добавки Бацелл-М на организм карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) было сформировано две опытные группы в среднем по 500 гол/га, получавшие с основным рационом кормовую добавку в дозировке 2 кг/т корма, а также контрольная группа, без применения препарата. Экспериментальный период определили в 30 суток (июнь – июль), так как в этот период условия окружающей среды (температура воды, освещенность и др.) наиболее благоприятны для интенсивного роста, развития и усвоения корма рыбой [12]. Кормление осуществляли утром и вечером. Технология содержания во всех вариантах идентична и выполнена в соответствии с инструкцией Н.А. Абросимовой [13]. Места кормления и способ раздачи корма также не меняли для сохранения у рыб привычного образа жизни.

Для изучения распределения и аккумуляции микроэлементов в теле товарной рыбы были отобраны пробы мышечной ткани из разных частей тела (спинной, хвостовой и брюшной), а также костная ткань.

Определяли содержание железа, меди, цинка и марганца атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Shimadzu AA-6300. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistica v6.1.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования содержания микроэлементов в мышечной и костной ткани карпа представлены в таблице и на рисунках (1–4). Анализ полученных данных концентрации микроэлементов в теле карпа показал, что их содержание не превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК) [14, 15].

В июле уровень содержания железа в мышцах рыбы и костях контрольной группы достоверно не отличался от фоновых значений. Установлено, что его концентрация в мышцах хвостового отдела карпа опытной группы была достоверно ниже на 29,0% по отношению к фоновому и контрольному значениям, а в мышцах брюшного и спинного отделов выше – на 38,8% по отношению к фону и на 17,5% относительно контроля соответственно.

Содержание микроэлементов в мышечной ткани и костях карпа

Показатель	Часть тушки	Сезон года				
		апрель (фон)	июль		август	
			контроль	опыт	контроль	опыт
Железо, мг/кг	хвост	7,25±1,006	7,25±0,697	5,15±0,235 ^{***}	8,62±0,375	7,59±0,470
	брюшко	5,18±1,028	6,72±0,521	7,19±0,432 ⁺	6,59±0,535	6,05±0,305
	спина	5,10±0,814	5,21±0,425	6,12±0,247 [*]	6,86±0,155 ⁺	6,82±1,330
	кость	7,94±1,026	8,12±0,234	8,93±0,421	9,24±0,230	8,77±0,355
Марганец, мг/кг	хвост	0,73±0,053	0,71±0,061	0,74±0,043	0,69±0,045	0,75±0,045
	брюшко	0,74±0,056	0,62±0,042	0,54±0,025 ⁺⁺	0,60±0,070	0,47±0,025 ^{****}
	спина	0,68±0,055	0,65±0,031	0,72±0,034	0,57±0,035	0,59±0,055
	кость	4,16±0,676	4,10±0,231	4,73±0,142 [*]	4,12±0,170	4,38±0,320
Медь, мг/кг	хвост	0,51±0,069	0,27±0,022 ⁺⁺	0,34±0,014 ^{**+}	0,25±0,045 ⁺⁺	0,28±0,045 ⁺⁺
	брюшко	0,38±0,067	0,17±0,015 ⁺⁺	0,22±0,018 ⁺⁺	0,18±0,030 ⁺⁺	0,20±0,025 ⁺
	спина	0,51±0,065	0,42±0,047	0,54±0,037 [*]	0,50±0,060	0,46±0,055
	кость	1,22±0,196	0,83±0,023 ⁺	0,71±0,034 ^{**+}	0,88±0,065	0,86±0,045 ⁺
Цинк, мг/кг	хвост	4,53±0,285	4,77±0,315	5,06±0,295	6,58±0,430 ⁺⁺⁺	6,27±0,170 ⁺⁺⁺
	брюшко	6,71±0,515	6,93±0,421	5,91±0,321 [*]	6,63±0,525	6,60±0,405
	спина	5,21±0,811	5,72±0,261	6,19±0,430	5,91±0,195	5,74±0,195
	кость	15,97±2,231	15,21±0,745	13,06±0,847 [*]	14,83±0,885	12,58±0,430 [*]

Примечание: ^{*} - P < 0,05; ^{**} - P < 0,01; ^{***} - P < 0,001 (относительно контроля); ⁺⁺ - P < 0,05; ⁺⁺⁺ - P < 0,01; ^{****} - P < 0,001 (относительно фона)

В августе содержание железа в спинных мышцах рыбы из контрольной группы было достоверно выше на 34,5% относительно фона, по остальным отделам достоверных различий между фоном, контролем и опытом не выявлено.

Анализ полученных результатов содержания марганца в мышечной и костной ткани показал, что в июле месяце его концентрация в брюшных мышцах была на 27,0% ниже в опытной группе по сравнению с фоном, а в костях на 15,4% выше, чем в контрольной группе. Достоверных различий уровня содержания марганца в мышцах других отделов тела не обнаружено.

В августе концентрация данного микроэлемента в брюшных мышцах рыбы из опытной группы была достоверно ниже на 21,7% относительно контрольной и на 36,5% относительно фонового значения, по остальным отделам достоверных различий между фоном, контролем и опытом не выявлено.

Изучение содержания меди в мышцах и костях карпа показало, что в июле ее концентрация в контрольной группе была достоверно меньше на 47,1% в хвостовом отделе, на 55,3% в брюшном и на 32,0% в костях относительно фона. В опытной группе уровень содержания данного микроэлемента в мышцах хвостового отдела был на 25,9% больше контрольного и на 33,3% меньше фонового значения, брюшного – на 29,4% выше и на 42,1% ниже контроля и фона соответственно, а в спинных мышцах – на 28,6% больше, чем в контроле. В костях ее концентрация была на 41,8% и 14,5% ниже, чем в фоновой и контрольной группе соответственно.

В августе содержание меди в мышцах хвоста было меньше на 51% в контрольной группе и на 45,1% в опытной по сравнению с фоновой, в брюшных мышцах – на 52,6% и 47,4% соответственно. В костях рыбы опытной группы ее концентрация была на 29,5% ниже, чем в фоновой.

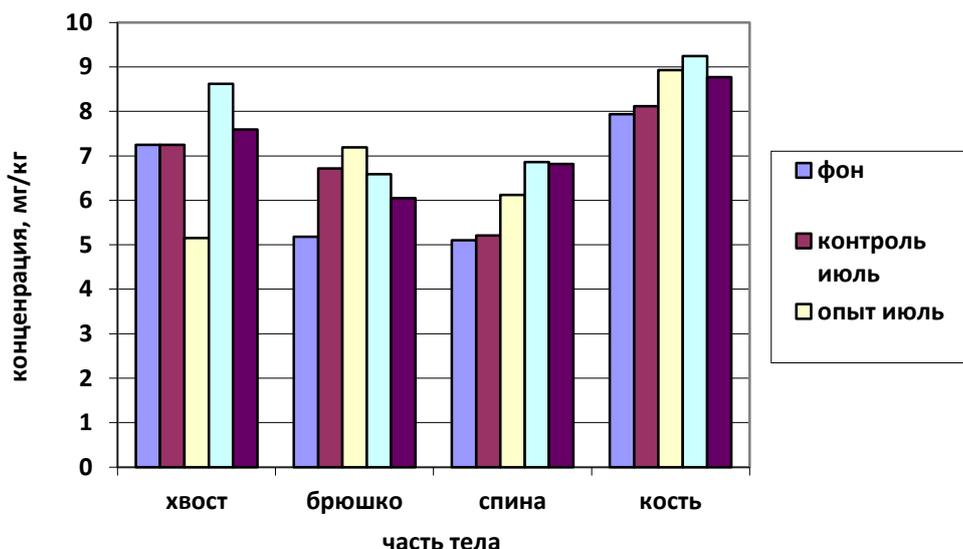


Рис. 1. Содержание железа в теле карпа

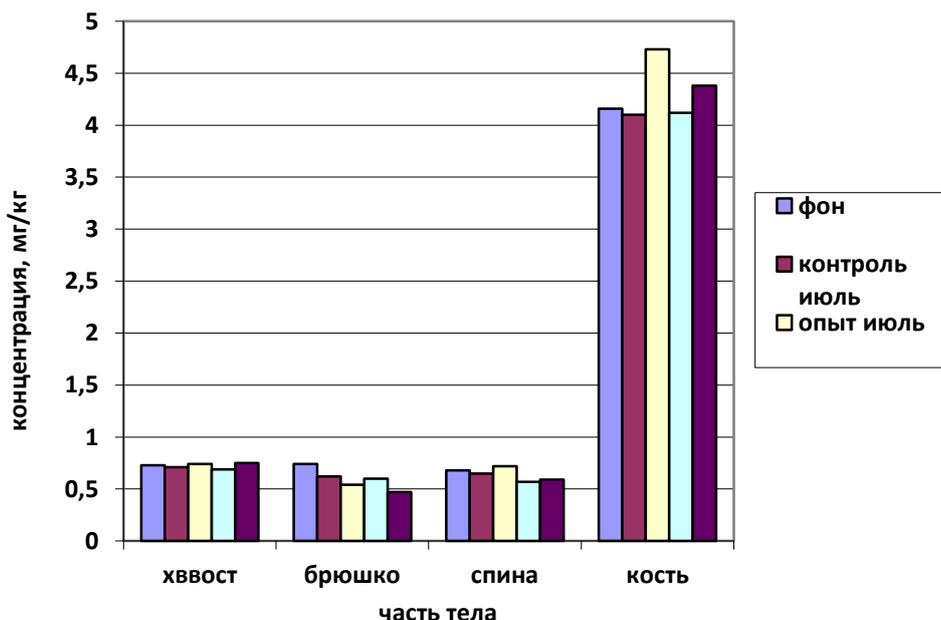


Рис. 2. Содержание марганца в теле карпа

Снижение уровня меди в контрольной и опытной группе относительно фона, вероятно, связано с падением ее содержания в прудовой воде в этот период, хотя при применении пробиотической добавки оно происходило менее резко, что, возможно, обусловлено влиянием препарата на метаболизм рыб, который приводит к росту и улучшению физиологического состояния рыб [4, 16].

Анализ содержания цинка показал, что в июле месяце его уровень в брюшных мышцах карпа опытной группы был на 14,7% ниже контрольной, а в костях – на 14,1%. Относительно фоновой группы достоверных различий его концентрации не выявлено.

В августе уровень цинка в мышцах хвоста карпа контрольной и опытной группы был выше относительно фонового на 45,3% и 38,4% соответственно, а в костях рыбы опытной группы его концентрация была на 15,2% ниже, чем в контрольной.

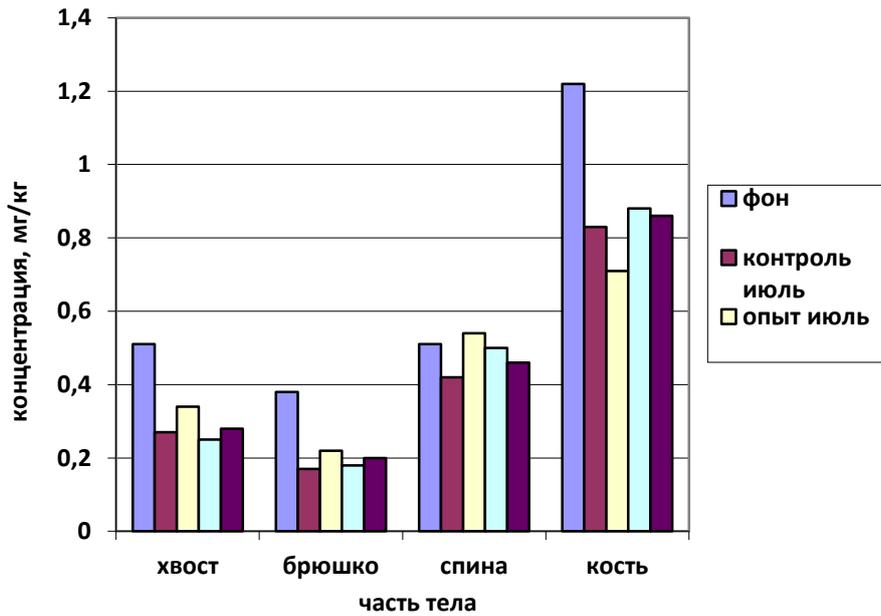


Рис. 3. Содержание меди в теле карпа

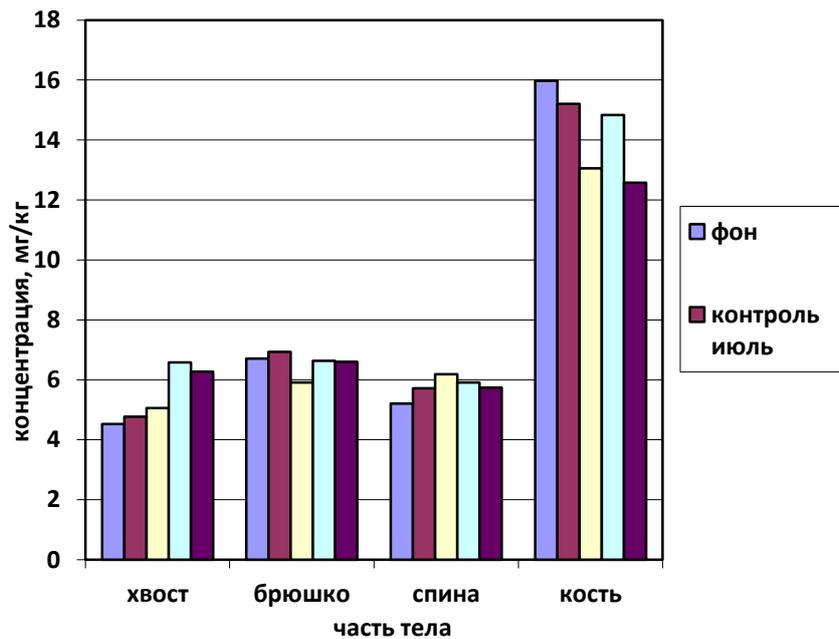


Рис. 4. Содержание цинка в теле карпа

Полученные результаты показали, что накопление и распределение микроэлементов в мышечной ткани разных отделов тела карпа и костной ткани было неоднородным, что зависит как от физико-химических свойств данных микроэлементов, так и от функциональных особенностей органов и тканей [14]. Применение кормовой добавки Бацелл-М приводило к снижению содержания отдельных элементов в мышечной ткани некоторых частей тела карпа и костной ткани относительно контроля и фона, что может быть связано с действием различных кормовых препаратов на животных (повышение активности антиоксидантных ферментов), которое приводит к вымыванию микроэлементов из организма. Наряду с этим было выявлено, что при использовании добавки в рационе наблюдалось повышение концентрации железа в мышцах спины, а меди во всех мышцах относительно контроля, что свидетельствует о положительном влиянии добавок на содержание ряда эссенциальных элементов [4].

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что содержание микроэлементов в теле карпа обыкновенного не превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК). Их накопление и распределение в теле характеризуется неоднородностью, так содержание марганца и цинка в костной ткани было значительно выше, чем в мышечной. Полученные данные показали избирательное действие кормовой добавки Бацелл-М в составе рациона карпа на концентрацию и распределение микроэлементов в мышечной ткани разных частей тела и костной ткани рыб.

Снижение некоторых элементов связывают с активизацией метаболизма, что благотворно сказывается на физиологическом состоянии рыбы, так как повышенное содержание химических элементов в организме может приводить к физиологическому стрессу и накоплению во внутренних органах. Полученные данные свидетельствуют о необходимости регулярного мониторинга содержания химических элементов в организме рыб, так как они оказывают большое влияние на метаболические процессы и рост, а также это позволит накапливать информацию о фоновом содержании изучаемых элементов в организме рыб и оценивать антропогенную нагрузку на водоемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринжанова М.С., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В. Микроэлементный состав мышечной ткани карпа при включении в рацион ультрадисперсных частиц диоксида кремния и комплекса аминокислот // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. №5(97). С. 217–222.
2. Barone G., Storelli A., Meleleo D., Dambrosio A., Garofalo R., Busco A., Storelli M.M. Levels of mercury, methylmercury and selenium in fish: insights into children food safety. *Toxics*. 2021. 9(2). 39 p.
3. Tiktak G.P., Butcher D., Lawrence P.J., Norrey J., Bradley L., Shawa K., Preziosi R., Megson D. Are concentrations of pollutants in sharks, rays and skates (Elasmobranchii) a cause for concern? A systematic review. *Marine Pollution Bulletin*. 2020. 160 p.
4. Мингазова М.С., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В. Концентрация химических элементов в мышечной ткани карпа при включении в рацион биологически активных веществ // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 4. С. 18–29.
5. Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне мирового океана. М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
6. Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 153 с.
7. Аринжанов А.Е. Влияние ультрадисперсных частиц сплава Cu-Zn и пробиотического штамма *Bacillus subtilis* на элементный статус стерляди // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 21–34.
8. Зуева М.С., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В. Влияние пробиотиков на элементный состав мышечной ткани карпа // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 8–20.
9. Olmos J., Acosta M., Mendoza G., Pitones V. *Bacillus subtilis*, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Arch Microbiology*. 2020; 202(3): 427-435. doi: 10.1007/s00203-019-01757-2.
10. Pinto F.R., Duarte A.M., Silva F., Barroso S., Mendes S., Pinto E., Almeida A., Sequeira V., Vieira A.R., Gordo L.S., Gil M.M. Annual variations in the mineral element content of five fish species from the Portuguese coast. *Food Research International*. 2022. 158:111482. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111482
11. Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Шаранова Д.И., Баимова С.Р. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в тканях карпа обыкновенного (*CYPRINUS CARPIO L.*) в бассейне реки Урал // Самарский научный вестник. 2022. Т. 1, № 1. С. 128–133.
12. Крюков В.И. Рыбоводство. Фермеры о выращивании карпа. Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2011. 70 с.
13. Абросимова Н.А., Гамыгин Е.А., Белов Е.Г., Сафонова М.В. Инструкция по бассейновому выращиванию молоди осетровых на предприятиях Азово-Донского района с использованием стартового комбикорма Ст4-Аз. Ростов н/Д: АЗНИИРХ, 1989. 24 с.
14. СанПиН 2.3.2.560-96. Санитарные правила и нормы гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 2001. 215 с.
15. Глазунова И.А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Известия Алтайского государственного университета. 2007. № 3. С. 20–22.

16. Михайлов Е.В., Дрожжин О.С., Шипилов Е.В., Иванова Н.Н. Сезонные изменения содержания тяжелых металлов в прудовой воде рыбоводческого хозяйства Воронежской области // Ученые записки учреждения образования Витебского ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2023. Т. 59, № 2. С. 38–41.

Поступила в редакцию 05.06.2024 г.
Принята к печати 26.09.2024 г.

Михайлов Евгений Владимирович, кандидат ветеринарных наук, зав. лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт, Воронеж; e-mail: voronezh81@rambler.ru

Evgeniy V. Mikhailov, Candidate of veterinary sciences, head of the laboratory, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh; e-mail: voronezh81@rambler.ru

Дрожжин Олег Сергеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт, Воронеж; e-mail: o.drozhzhin@gmail.com

Oleg S. Drozhzhin, Candidate of Biology, leading researcher, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh; e-mail: o.drozhzhin@gmail.com

Шипилов Валерий Валерьевич, инженер по наладке и испытаниям, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт, Воронеж; e-mail: 92valera07@gmail.com

Valery V. Shipilov, commissioning and testing engineer, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh; e-mail: 92valera07@gmail.com.....

Иванова Надежда Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт, Воронеж; e-mail: ni7312203@gmail.com

Nadezhda N. Ivanova, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh; e-mail: ni7312203@gmail.com

Денисенко Лариса Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж; e-mail: denisenko09a@yandex.ru

Larisa I. Denisenko, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh; e-mail: denisenko09a@yandex.ru

Саврасова Наталья Павловна, аспирант, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; e-mail: nat.savrasova83@mail.com

Natalya P. Savrasova, graduate student, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I; e-mail: nat.savrasova83@mail.com

Зурхаева Умианат Джамалдиновна, младший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: zurkhaeva81@mail.ru

Umshanat D. Zurkhaeva, junior researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: zurkhaeva81@mail.ru

Курбанова Зури Салмановна, старший лаборант, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: kurbanova zuri@mail.ru

Zuri S. Kurbanova, senior laboratory assistant, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: kurbanova zuri@mail.ru