

cytes in Response to Thermal Stress in Common Carp *Cyprinus carpio* / Md. Shahjahan [et al.] // *Front. Physiol.* – 2020. – № 11. – P. 543. – doi: 10.3389/fphys.2020.00543. 8. Studies on the alterations in haematological indices, micronuclei induction and pathological marker enzyme activities in *Channa punctatus* (spotted snakehead) *perciformes, channidae* exposed to thermal power plant effluent / M. Javed [et al.] // *Springerplus.* – 2016. – № 5 (1). – P. 761. – doi: 10.1186/s40064-016-2478-9. 9. Farag, M. R. Erythrocytes as a biological model for screening of xenobiotics toxicity / M. R. Farag, M. Alagawany // *Chem. Biol. Interact.* – 2018. – Vol. 279. – P. 73–83. – doi: 10.1016/j.cbi.2017.11.007. 10. Крюков, В. И. Вариант методики учёта ядерных аномалий в эритроцитах птиц / В. И. Крюков // *Вестник аграрной науки.* – 2020. – № 1 (82). – С. 81–100. – doi: 10.15217/48484. 11. Fipronil (Phenylpyrazole) induces hemato-biochemical, histological and genetic damage at low doses in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) / A. Ghaffar [et al.] // *Ecotoxicology.* – 2018. – Vol. 27 (9). – P. 1261–1271. – doi: 10.1007/s10646-018-1979-4. 12. Mitkovska, V. Chlorpyrifos levels within permitted limits induce nuclear abnormalities and DNA damage in the erythrocytes of the common carp / V. Mitkovska, T. Chassovnikarova // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* – 2020. – Vol. 27 (7). – P. 7166–7176. – doi: 10.1007/s11356-019-07408-9. 13. Цитогенетические параметры нестабильности генома птиц в эколого-генетическом мониторинге / М. А. Курса [и др.] // *Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля.* – 2005. – № 3 (2). – С. 92–98. 14. Ellis, A. E. Bizarre forms of erythrocytes in a specimen of plaice, *Pleuronectes platessa* L. / A. E. Ellis // *J. Fish. Dis.* – 1984. – № 7. – P. 411–414. 15. Bolasina, S. N. Cortisol and hematological response in Brazilian codling, *Urophycis brasiliensis* (Pisces, Phycidae) subjected to anesthetic treatment / S. N. Bolasina // *Aquac. Int.* – 2006. – № 14. – P. 569–575.

Поступила в редакцию 22.04.2021.

DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-2-182-186
УДК 619:616-091.8:098:639.371.5

АРХИТЕКТОНИКА ПОЧЕК КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Шабунин Б.В., Петренко О.В., Степанов Е.М., Пономарева Ю.О., Михайлов Е.В.,
Жукова В.В., Стрельников Н.А., Пархоменко Ю.С., Болотова В.С.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»,
г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье проведена морфологическая и структурная оценка почек карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*), выращиваемого в условиях интенсификации на территории Воронежской области. При гистологических исследованиях были выявлены патологические процессы, протекающие в почечных канальцах. Это проявлялось в присутствии вакуольной, зернистой и смешанной дистрофии паренхимы канальцев. Полученные данные свидетельствуют о том, что высокая интенсификация роста рыбы оказывает негативное влияние на выделительную систему, в частности – повреждается почечный эпителий. **Ключевые слова:** карп обыкновенный, *Cyprinus carpio*, Воронежская область, гистологическое исследование, почки, интенсификация рыбоводства.*

ARCHITECTONICS OF KIDNEYS OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*) GROWN UNDER CONDITIONS OF INTENSIFICATION IN THE VORONEZH REGION

Shabunin B.V., Petrenko O.V., Stepanov E.M., Ponomareva Yu.O., Mikhailov E.V.,
Zhukova V.V., Strelnikov N.A., Parkhomenko Yu.S., Bolotova V.S.

FSBSI «All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy»,
Voronezh, Russian Federation

*The article presents a morphological and structural assessment of the kidneys of common carp (*Cyprinus carpio*) grown under conditions of intensification in the Voronezh region. Histological studies revealed pathological processes occurring in the renal tubules. This was manifested in the presence of vacuole, granular, and mixed dystrophy of the tubule parenchyma. The data obtained indicate that a high growth rate of fish has a negative effect on the excretory system, in particular – the renal epithelium is damaged. **Keywords:** common carp, *Cyprinus carpio*, Voronezh region, histological examination, kidneys, intensification of fish farming.*

Введение. Промышленное рыбоводство имеет очень долгую историю своего развития, длящуюся с древних времен. Основной толчок в популяризации данная отрасль сельского хозяйства приобретает именно в настоящее время, что связано со многими факторами, один из главных - возрастающий спрос на продукцию рыбоводческих предприятий [1].

Промышленное разведение гидробионтов заключается в интегрированной индустриализации данной отрасли хозяйства. Выращивание рыб осуществляется в искусственных водоемах – прудах, комплексных системах с карьерами, переносных бассейнах, где человек участвует в контроле всех процессов и предусмотренных технологических циклов. Одним из подходов индустриального рыбоводства является использование интенсификации роста рыб, посредством кормовых добавок искус-

ственного происхождения. Таким образом, достигается высокий скоростной порог прироста молодняка, по сравнению с размножением рыбы в естественных условиях [2].

В организме промысловых карпов, как и в организме высших млекопитающих животных, особое место занимает выделительная система. Она представлена сложносоставными тканевыми структурами, формирующими органы. К ним относятся – кожные покровы, жаберный аппарат и почки. У промысловых гидробионтов почки парные, тянутся вдоль позвоночного столба, темно-красного цвета, плотно прилегают к плавательному пузырю. Следует отметить, что почки – единственный парный паренхиматозный орган в теле рыб. В отличие от аналогичных органов у млекопитающих, например, крыс, почки карпа анатомически сложно устроены и подразделяются на отделы: передний (головная почка), средний (туловищный) и задний (каудальный).

Более детальное исследование архитектоники почек карпа показало, что передняя часть почек – головная почка – имеет в своем составе ретикулярные и кровяные клетки. В этом же отделе регистрируется отсутствие элементов выделительной системы, в остальных двух отделах, помимо выше указанных клеток, присутствуют также и элементы выделительных структур почек. Это позволяет сделать вывод о том, что почки рыб, помимо выделительной функции, активно участвуют в постэмбриональном гемопоэзе. В этом процессе активно принимает участие передний (головной) отдел. В него впадает воротная вена почек, а в составляющей ее лимфоидной ткани образуются красные и белые кровяные клетки. Здесь же протекает лизис эритроцитов. Гемопоэз у карповых наиболее активен и, как и у некоторых окуневых и сомов, протекает в среднем отделе почек. У большинства рыб повышенная кроветворная активность зафиксирована в каудальной и головной частях почки.

Артериальная кровь поступает в почки по почечным артериям, венозная – по воротным венам почек. У примитивных форм (акулы, скаты, осетровые) перед почечной капсулой от канальца отходит мерцательная воронка. Мальпигиев клубочек (сплетение артериальных капилляров, охватывающих расширенными стенками канальца). Большое скопление Мальпигиевых клубочков формируют основной функциональный элемент почки взрослой рыбы, как и у высших млекопитающих, – нефрон. Данное образование служит аппаратом фильтрации жидких продуктов обмена. Некоторые исследования указывают на то, что у рыб, в частности костистых, прослеживается зависимость адаптационной изменчивости структуры нефрона от среды обитания. Стенки почечных канальцев пронизаны капиллярами воротных вен и сосудов из боуменовых капсул [3]. В сравнимо меньшей степени в экскреторную функцию выполняет кожа, жаберные пластины являются вспомогательным органом.

После фильтрации, кровь поступает в почечную вену, а отфильтрованные продукты обмена и мочевины выводятся в мочеточник. В свою очередь, мочеточники открываются в мочевой пузырь (мочевой синус), откуда моча выводится в окружающую среду. У представителей мужских особей большинства костистых рыб мочепооловое отверстие располагается позади ануса, а у особей обоих полов лососевых, сельдей, щуки и некоторых других – через анальное отверстие. У акул и скатов мочеточник открывается в клоаку. В процессах выделения и водно-солевого обмена, кроме почек, принимают участие кожа, жаберный эпителий, пищеварительная система [4].

У мальков карпов в паренхиме почек выделяют самостоятельное образование – мерцательная воронка, играющая роль фильтра, одним концом она открывающаяся в мочеточник, а другим в полость тела. Со временем, в процессе взросления, мерцательная воронка ступенчато преобразуется в лимфоидную структуру и включается в гемопоэз [5]. В конечной фазе личиночного периода развития у рыб функционирует мезофрос (дефинитивная почка личинок рыб), который морфологически представляет собой тонкие парные лентовидные образования, расположенные по бокам кишечника. Одновременно с образованием мезонефроса между почечными канальцами и кровеносной системой устанавливается непосредственная связь. В мальковом периоде происходит интенсивный рост тканей мезонефроса, увеличение и рост почечных телец, в основном в средней части органа [5, 6].

Почкам рыб присущи специфические реакции в ответ на изменения окружающей среды. К примеру, функциональный объем паренхимы уменьшается при стабильном недостатке кислорода в воде. Схожий процесс наблюдается при замедлении обмена веществ или заболеваний [7].

Таким образом, почки рыб являются универсальным органом. Они выполняют ряд непосредственных (фильтрация крови, регуляция водно-солевого обмена, поддержание гомеостаза) и не характерных функций (кроветворение). В них протекает дифференцировка, пролиферация и созревание клеток эритропоэтического, грануло- и агранулоцитопоэтического ряда. Количество клеток грануло- и агранулоцитопоэтического ряда выше, чем количество клеток эритроидного ряда и составляет 60,7 и 39,2% соответственно [8].

При высоком уровне интенсификации (многоразовое кормление искусственно синтезируемыми кормами, совместное выращивание нескольких видов рыб при высокой плотности их посадки) некоторые особи, находясь в стае определенного цикла производства, испытывают недостаток питательных веществ и жизненного пространства, что сказывается на состоянии внутренних органов карпа, в частности выделительной системы, проявляется это в дистрофических процессах в почках.

Цель исследования. Целью данного исследования являлось изучение морфоструктуры почек карпа обыкновенного в условиях интенсификации производства.

Материалы и методы исследований. У карпов обыкновенных (*Cyprinus carpio*) (n=8) возрастом 2–2,5 года отбирались почки для проведения морфологических исследований. Гистологические образцы фиксировались в 10% нейтральном забуференном формалине. После этого исследуемые ткани обезвоживались в спиртах возрастающей крепости и заливались в гистологический парафин Histomix (Biovitrum, Россия). Из залитого материала на микротоме изготавливались гистосрезы, которые окрашивались гематоксилином-эозином по общепринятой методике [9]. Для цитологического исследования с разреза органа отбирались мазки-отпечатки, которые окрашивались по методике Май Грюнвальд-Гимза и монтировались под полистирол. Препараты изучались на микроскопе Primostar (Zeiss, Германия), фото были сделаны на камеру с разрешением 15 мпикс.

Результаты исследований. Орган состоял из двух компонентов: паренхиматозный и гемопоэтический (рисунок 1). В составе паренхиматозного компонента присутствуют проксимальные и дистальные канальца нефрона, а также сосудистые клубочки. Установлено, что канальца и клубочки у рыб имели намного больший размер, чем у млекопитающих. Проксимальные канальца имели длинную изогнутую форму, дистальные же были округлые. Почечные клубочки имели выраженную сохранный капсулу. Часть канальцев были спавшимися, в другой части канальцев эпителиальные клетки имели оптически-светлую, зернистую, иногда вакуолизированную цитоплазму [10].

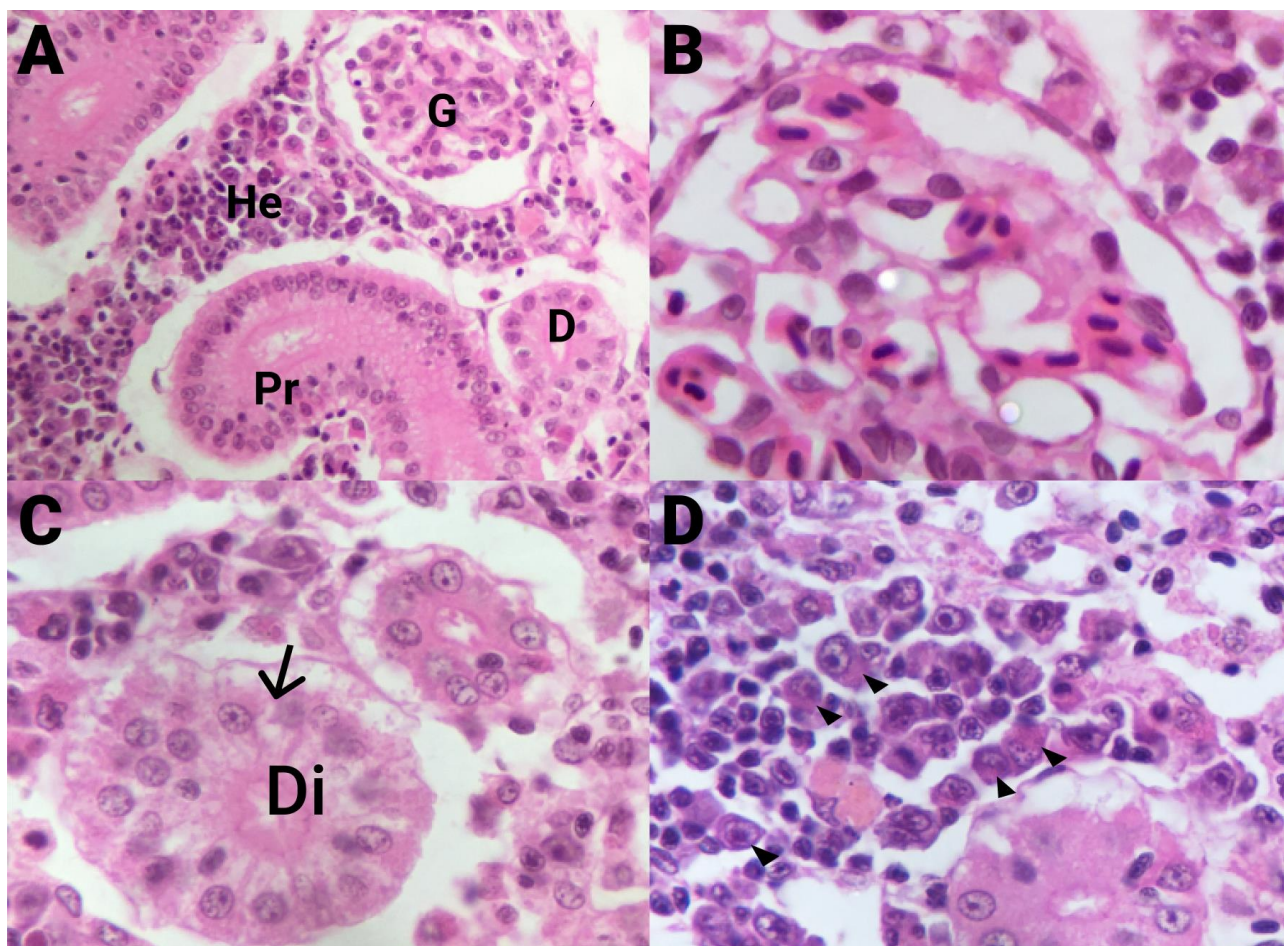


Рисунок 1 - Гистологическое строение почки карпа. Увеличение 1000X. А – общее строение почки карпа: G – почечный клубочек, He – островок гемопоэза, D – дистальный почечный каналец, Pr – проксимальный почечный каналец, В – структура почечного клубочка, С – спавшийся дистальный каналец (Di) с признаками дистрофии, D – строение гемопоэтического островка, треугольниками помечены клетки-предшественницы гранулоцитов

Помимо выделительной функции, в почках рыбы также активно происходит кроветворение. Гемопоэтический компонент заполнял все пространство между клубочками и канальцами. Основу гемопоэтического компонента составляли клетки гранулоцитарного ряда на разных стадиях развития. При окраске по Май Грюнвальд–Гимза зернистость окрашивалась достаточно скудно.

Недостаток питательных веществ и жизненного пространства сказывается на состоянии внутренних органов рыбы. Эти факторы негативно влияют на выделительную систему карпов обыкновенных. В результате исследования морфологической структуры почек была выявлена дистрофия почечных канальцев. Данные изменения, вероятно, являются реакцией организма на повышение интенсивности как прямого этиологического фактора [10].

При цитологическом исследовании почек в основном выявлялись клетки гемопоэтического ряда на всех стадиях дифференцировки (рисунок 2). Также отмечалось большое количество митотических делений.

Клетки эритроидного ряда были представлены на всех стадиях. Начальной стадией дифференцировки эритроцита является эритробласт. Он имеет большую по площади цитоплазму, большую часть которой занимает ядро с несколькими нуклеолами. Характерной особенностью является достаточно резко выраженный базофильный окрас цитоплазмы. Промежуточной стадией является рубрицит. Данная клетка очень похожа на эритробласт, однако ее размеры скорее напоминают гранулоциты. Данная стадия является переходной, так как после нее происходит увеличение площади цитоплазмы, и она приобретает овальную форму, а в ядре конденсируется хроматин и его площадь также увеличивается. Также были представлены предшественницы клеток гранулоцитарного ряда – их можно было достаточно просто отдифференцировать по овальному ядру, смещенному к периферии. Помимо клеток-предшественниц, встречались также плазматические клетки. Их характерной особенностью является смещенное к периферии ядро и просветление около него. Практически всю его цитоплазму занимает шероховатая эндоплазматическая сеть, на которой синтезируются антитела. Просветлением является комплекс Гольджи, с помощью которого антитела покидают цитоплазму.

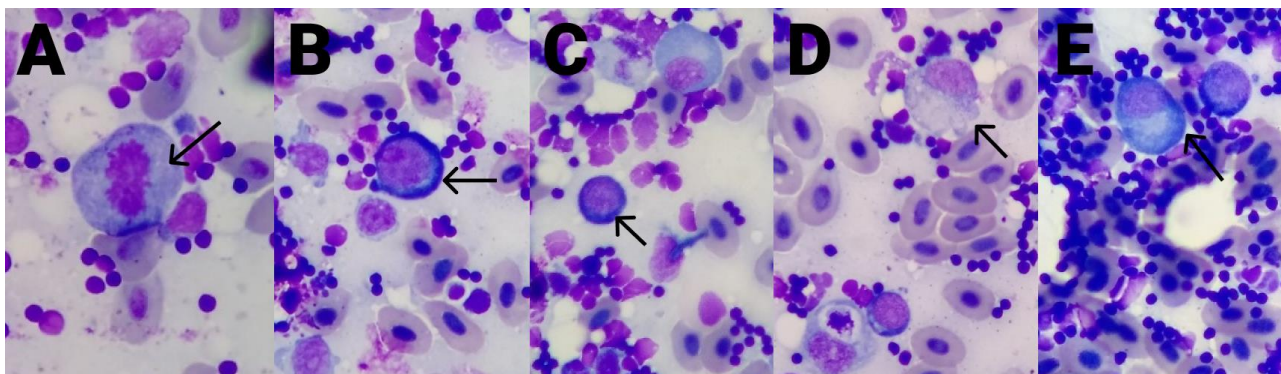


Рисунок 2 - Гемопоэтические клетки почек карпа обыкновенного. А – клетка в процессе деления (метафаза); В – эритробласт; С – рубрицит; D – миелоидная клетка; Е – плазмоцит

В таблице приведен подсчет клеток в почках карпа обыкновенного. Данные соответствуют физиологическим значениям, что указывает на отсутствие нарушений кроветворения.

Таблица - Соотношение гемопоэтических клеток в почках карпа обыкновенного:

Клетки	%
Эритробласт	3,5 ± 0,21
Полихроматофильный рубрицит	8,2 ± 1,2
Нейтрофилы зрелые	7 ± 1,04
Нейтрофилы с содержанием гранул	3,5 ± 0,24
Нейтрофилы	15,3 ± 3,21
Большие лимфоциты	16,4 ± 2,1
Малые лимфоциты	38,8 ± 5,2
Плазмоцит	1,1 ± 0,6
Макрофаги	2,3 ± 0,51
Клетки в состоянии митоза	1,2 ± 0,34
Другие	2,3 ± 0,14

Клетки паренхимы почек (рисунок 3) были представлены на препаратах в небольшом количестве. Они имели достаточно большую, слегка голубоватую цитоплазму, округлое центрально-расположенное ядро с ядрышком в центре. В цитоплазме были хорошо различимы вакуоли различного диаметра, что подтверждает наличие дистрофических процессов [11].

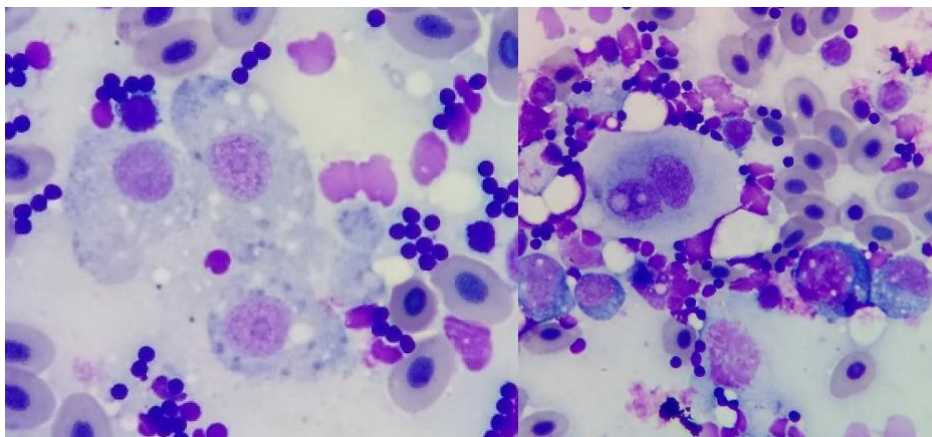


Рисунок 3 - Паренхиматозные клетки почечных канальцев

Заключение. У исследованной рыбы не было выявлено альтераций в почечном кровотоке, однако в почечных канальцах имелись четкие признаки белковой, вакуольной и смешанной дистрофии, что было видно как при гистологическом, так и при цитологическом исследовании. При отсутствии корректировки данные процессы могут усугубиться и тем самым привести к дисфункции выделительной системы. Из-за этого токсические продукты метаболизма не будут выводиться в достаточном количестве, что приведет к интоксикации организма гидробионтов, снижению продуктивности и ухудшению качества продукции. Так как данные дистрофии возникают лишь при длительном негативном воздействии, то в будущем нужно будет провести дополнительные исследования разных возрастных групп для её выявления.

Литература. 1. Савченко, М. С. Актуальные проблемы развития рыбководческого комплекса в Ростовской области и пути их решения на основе логистического и маркетингового подходов / М. С. Савченко // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 323. – С. 288–290. 2. Зайцев, В. В. Использование элементов интенсификации при выращивании товарной рыбы / В. В. Зайцев, Е. В. Долгошева, В. В. Тарабрин // ББК 48 А43. – 2017. – С. 99. 3. Усов, М. М. Морфология и физиология рыб. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / М. М. Усов. – 2017. – 115 с. 4. Романов, А. А. Морфофункциональные нарушения почек осетровых и костистых рыб Волго-Каспия в современных условиях / А. А. Романов, И. Н. Лепилина, А. А. Романов // Цитология. – 2006. – Т. 48, № 1. – С. 1–8. 5. Грушко, М. П. Особенности формирования основных органов и систем краснопёрки (*scardinius erythrophthalmus*) в раннем онтогенезе / М. П. Грушко, Н. Н. Федорова, В. А. Ижерская // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2021. – № 1 (49). 6. Структурная организация почек белых крыс в подостром опыте препарата мт-6 / Е. В. Михайлов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2021. – № 1 (14). – С. 10–15. 7. Агаева, Т. И. Влияние ферментных и антиоксидантных добавок на рост и развитие рыбы при содержании в бетонных каналах с артезианской водой / Т. И. Агаева, А. А. Уртаева, Н. И. Анищенко // Известия «Горского государственного аграрного университета». – Владикавказ, 2012. – Т. 49, ч. 4. – С. 181–184. 8. Грушко, М. П. Особенности гемопоза туловищной почки у Каспийской воблы (*rutilus rutilus caspicus*) / М. П. Грушко // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – № 3 (38). – С. 37–38. 9. Архитектоника печени белых крыс после применения препарата МТ-6 в подостром опыте / Е. В. Михайлов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2020. – № 4 (13). – С. 61–67. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2020.4.61. 10. Головина, Н. А. Лабораторный практикум по физиологии рыб : учебное пособие / Н. А. Головина, Н. Н. Романова. – СПб. : Лань, 2019. – 136 с. 11. Пищенко, Е. В. Гематология пресноводной рыбы : учебное пособие / Е. В. Пищенко ; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2002.

Поступила в редакцию 22.04.2021.