

**ДЕСТАБИЛИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНАХ ГЕМОПОЭЗА  
СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ КАК СЛЕДСТВИЕ СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ  
ЦЕСТОДЫ *Ligula (Digramma) interrupta* (Cestoda: Pseudophyllidea)**

© 2022 г. О. Е. Мазур<sup>а</sup>, \*, И. А. Кутырев<sup>а</sup>, Ж. Н. Дугаров<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук,  
Улан-Удэ, Россия

\*e-mail: olmaz33@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.09.2018 г.

После доработки 26.01.2022 г.

Принята к публикации 04.02.2022 г.

Впервые изучены цитоморфологические параметры органов гемопоэза (пронефрос, селезенка) серебряного карася *Carassius auratus* L., 1758, зараженного *Ligula (Digramma) interrupta* (Logan, 2004). Биологический материал получен от рыб из озер Долгое и Черемуховое (бассейн оз. Байкал, Республика Бурятия), неблагополучных по диграммузу. Заражение плероцеркоидами вызвало гемопоэтические трансформации – компенсаторную активацию эритропоэза в пронефросе на фоне низкого числа зрелых эритроцитов, снижение пролиферативной активности эритроидных элементов в селезенке.

**Ключевые слова:** рыбы, эритропоэз, пронефрос, селезенка, *Ligula (Digramma) interrupta*

**DOI:** 10.31857/S0320965222040209

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение отношений в системе “паразит–хозяин” – актуальное направление в экологических исследованиях, поскольку позволяет выявлять процессы коадаптации всех сочленов, формирующих эту биологическую систему. Гельминты отряда лентецов (Pseudophyllidea), имеющие обширный ареал распространения, встречаются у представителей всех классов позвоночных животных, включая костистых рыб, многие из которых – промысловые объекты. Ремнецы (семейство Ligulidae) имеют важнейшее эпизоотологическое значение. На стадии плероцеркоида, локализуясь в брюшной полости тела, в основном, карповых рыб, они инициируют летальные заболевания, тем самым регулируя численность хозяина в популяции. Имеются данные о широком распространении лигулид на всех континентах и о массовых эпизоотиях в водоемах Европы, Азии и Северной Америки, вызванных этими паразитами (Пронин, Пронина, 2005; Жохов, Пугачева, 2012; Матишов и др., 2013; Shakarboev et al., 2015; Sohn et al., 2016; Scholz, Kuchta, 2016; Gabagambi, Skorpung, 2017; Lagrue et al., 2018; Иванков и др., 2020), что негативно сказывается на рыбодобывающей промышленности.

Вся организация ремнецов приспособлена к максимальному использованию в своих жизнен-

ных процессах организма хозяина (Дубинина, 1966). Известно, что представители сем. Ligulidae оказывают патогенное воздействие на организм, инициируя функциональные изменения и атрофию внутренних органов, нарушение поведенческих механизмов у рыб (Brown et al., 2002; Извекова, Тютин, 2011; Силкина и др., 2012; Bozorgnia et al., 2016; Aydogan et al., 2018; Мазур и др., 2020; Biswas, Ash, 2021). В результате их жизнедеятельности организм переходит в фазу “истощения”, рыба теряет возможность активно перемещаться, всплывает на поверхность воды и поедается рыбацкими птицами – окончательными хозяевами для паразитов (Дубинина, 1966).

Одна из систем, обеспечивающих оптимальный уровень функционирования организма, – эритроциты. Это сложнейшая структурно-функциональная система, включающая циркулирующие в сосудистом русле эритроциты, органы эритропоэза и эритролизиса, а также факторы, регулирующие процессы кроветворения (цитокины, гормоны). Изучение этой гомеостатической системы позволяет оценивать реактивные изменения эритроидного ростка кроветворения в аспекте механизмов адаптации в условиях воздействия абиотических и биотических факторов среды. Структурно-функциональные трансформации в эритроците достоверно отражают патологические состояния в организме рыб при многих парази-

тарных инвазиях (Головина, Тромбицкий, 1989; Tavares-Dias et al., 2008; Corrêa et al., 2013; Khurshid, Ahmad, 2013; Мазур, Толочко, 2015; Sousa et al., 2020).

Серебряный карась *Carassius auratus* — доминантный дополнительный хозяин для одного из видов сем. Ligulidae — *Ligula (Digramma) interrupta* (Logan, 2004). Рыба заражается, поедая инвазированных олигохет — первых промежуточных хозяев цестоды. Имеются немногочисленные сведения по региональной эпизоотологии и органической морфопатологии зараженных диграммой рыб (Пронин, Пронина, 2005; Однокурцев, Апсолихова, 2009; Чугунова, Шадрин, 2018), выявлены отдельные аспекты иммунопатологии (Кутырев и др., 2011; Мазур и др., 2020). Также ранее нами обнаружены у *Carassius auratus* и *Rutilus rutilus lacustris* L., 1758, зараженных ремнецами, анемия, цитоморфологические нарушения и дегенеративные внутриклеточные аномалии эритроцитов периферической крови (Мазур, Пронин, 2006; Мазур и др., 2016). Данные о функционировании эритроидного ростка в органах гемопоэза хозяина при инвазии *Ligula interrupta* отсутствуют.

Цель работы — исследовать состояние эритропоэза у серебряного карася при заражении *L. interrupta* в условиях локальных биоценозов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Биологический материал получен в июле 2011 г. и 2013 г. из неводных уловов серебряного карася в озерах Долгое и Черемуховое (бассейн оз. Байкал, Республика Бурятия), неблагополучных по диграмму. По данным Пронина и Прониной (2005) и наших исследований, ремнец *L. interrupta* — абсолютный доминантный паразит серебряного карася, обитающего в этих озерах. Поэтому сложившаяся система “паразит—хозяин” уникальна и максимально приближена к экспериментальным условиям (с минимальной зараженностью другими видами паразитов).

Выборка рыб состояла из особей одного размерно-возрастного состава — 3+...5+, длина 145–182 мм, масса 100–184 г (незараженные особи) и 2+...5+, длина 150–180 мм, масса 120–174 г (зараженные). Незараженные особи были половозрелыми самками и самцами (1 : 1), у зараженных рыб пол не был определен из-за ингибирования развития гонад. Число извлеченных из полости рыб плероцеркоидов варьировало от 1 до 19 экз. в одной особи. Морфобиологические исследования проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966).

Для определения клеточного состава органов гемопоэза брали отпечатки пронефроса и селезенки (по три стекла от каждой рыбы), которые после высушивания на воздухе и последующей

фиксации спирт-эфиром (1 : 1) окрашивали азур-эозином по Романовскому—Гимза (Сборник..., 1999). Эритроидные клетки подсчитывали с помощью светового микроскопа МС300 (Micros, Австрия) при увеличении в 1350 раз. В каждой группе рыб (незараженных и зараженных) считали по 3000 клеток. Популяционную идентификацию эритроцитов проводили по атласу клеток крови (Иванова, 1983).

Результаты исследований обрабатывали с помощью статистических программ. Для сравнения различий между показателями применяли критерий Манна—Уитни (U-тест).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клеточные элементы эритроидного ряда в органах гемопоэза (пронефросе и селезенке) у *C. auratus* представлены пролиферирующими (эритробласты), созревающими (дифференцировочные стадии — базофильные, полихроматофильные, оксифильные нормобласты) и зрелыми формами (табл. 1). Обнаружено, что в пронефросе незараженных рыб зрелые эритроциты — самая многочисленная группа клеток. В селезенке этих же особей, напротив, наблюдали более высокий темп эритроидной пролиферации и дифференцировки.

Анализ результатов исследования пронефроса и селезенки показал различия в клеточном составе их эритроидного ростка между незараженными и зараженными рыбами (табл. 1). В пронефросе карася, зараженного *L. interrupta*, отмечено более низкое число зрелых эритроцитов (в 2.8 раза,  $p < 0.01$ ) и увеличение числа незрелых форм: эритробластов (в 1.9 раза,  $p < 0.05$ ), полихроматофильных (в 1.8 раза,  $p < 0.05$ ) и оксифильных (в 2.7 раза,  $p < 0.01$ ) нормобластов.

Исследование популяционного состава эритроцитов в селезенке зараженных карасей выявило обратную тенденцию: значимое увеличение числа зрелых эритроцитов и снижение числа незрелых их форм (в 1.3 раза,  $p < 0.05$ ) по сравнению с незараженными особями, в основном за счет эритробластов и оксифильных нормобластов.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

У костистых рыб отсутствует единый орган кроветворения. Гемопоэтическая, в том числе эритропоэтическая, активность зафиксирована в про- и мезонефросе (Иванова, 1983; Головина и др., 2003; Флерова и др., 2020). Эритропоэз — сложный и строго регулируемый процесс, необходимый для гомеостаза крови посредством непрерывного образования эритроцитов (Ganz, 2019). Эритроцитарный состав органов кроветворения у всех исследуемых особей карася был представлен зрелыми эритроцитами и незрелыми их формами — проли-

**Таблица 1.** Изменение эритроидного состава почки и селезенки серебряного карася, незараженных (1) и зараженных (2) *Ligula interrupta*

Показатель	Пронефрос		Селезенка	
	1	2	1	2
Число исследованных рыб, экз.	6	6	13	13
Зрелые эритроциты, %	60.2 ± 3.24	21.5 ± 2.88**	45.0 ± 1.03	58.3 ± 1.92*
Незрелые эритроциты, %:	39.8 ± 3.24	78.5 ± 2.88**	54.8 ± 1.03	41.7 ± 1.92*
эритробласты	11.8 ± 1.24	22.0 ± 2.65*	4.6 ± 0.36	1.7 ± 0.27*
базофильные нормобласты	9.1 ± 1.86	10.9 ± 1.86	0.3 ± 0.13	0.3 ± 0.22
полихроматофильные	5.8 ± 0.44	10.4 ± 1.43*	4.6 ± 0.36	3.9 ± 0.66
оксифильные	13.1 ± 0.71	35.1 ± 3.3**	45.3 ± 1.25	35.9 ± 0.58*

Примечание. Дано среднее значение и его ошибка. Значимые различия с группой незараженных особей: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ .

ферлирующими и созревающими. Первыми морфологически распознаваемыми пролиферирующими клетками в эритроиде карася были эритробласты. Эти клетки в процессе дифференцировки давали базофильные, а затем полихроматофильные нормобласты. Полихроматофильные нормобласты дозревали в последующем до оксифильных нормобластов и зрелых эритроцитов, основная функция которых производить кислород–транспортный белок – гемоглобин.

В почке зараженных ремнецом карасей на фоне низкого числа зрелых клеток нами обнаружена компенсаторная интенсификация эритропоэза. При патологии компенсаторные процессы считаются важной частью адаптационных механизмов в организме. Вместе с тем, согласно работе (Мазур и др., 2016), клеточная миграция из органов кроветворения не приводила к повышению в крови оксифильных нормобластов и зрелых эритроцитов, что в итоге свидетельствовало о неэффективном эритропоэзе.

Селезенка костистых рыб также является органом гемопоэза и функционально напоминает красный костный мозг высших позвоночных (Головина и др., 2003; Noga, 2006). В наших исследованиях в селезенке зараженных *L. interrupta* рыб наблюдали эритропению, обусловленную преимущественно снижением числа эритробластов и оксифильных нормобластов, что указывало на слабый репаративный ответ в органе.

У зараженных *L. interrupta* карасей обнаружены эритропоэтические изменения свидетельствовали о нарушении гомеостаза и снижении эффективности функционирования органов эритропоэза. По данным (Bozorgnia et al., 2016), выявлено, что ремнецы, в частности *L. intestinalis* L., вызывали у окуня дегенеративные клеточные изменения почечной ткани, вплоть до некроза органа. В ра-

боте (Taylor, Hoole, 1989) показано значительное снижение массы селезенки лигулезной плотвы, что связано с уменьшением эритроцитарной массы в органе. Патогенное воздействие *L. interrupta* на состав красной крови карася было подтверждено наличием значимых отрицательных корреляционных связей между концентрацией гемоглобина, числом эритроцитов, цитолизом и интенсивностью инвазии (Мазур и др., 2016).

Обнаруженные дестабилизационные процессы в органах гемопоэза развиваются из-за комплексного патологического воздействия ремнецов. Токсические продукты жизнедеятельности плероцеркоидов, выступающие, очевидно, как гемолитические факторы, а также механическое повреждение и сдавливание органов и тканей желудочно-кишечного тракта, почек, селезенки вплоть до их атрофии приводят к кровотечениям, ухудшению адсорбции питательных веществ, кислородному дефициту, обуславливая метаболические нарушения и, соответственно развитие механической и алиментарной анемии (Пронина, Пронин, 2005; Clauss et al., 2008; Извекова, Тютин, 2011; Shoemaker et al., 2012; Bozorgnia et al., 2016). Возможно конкурентное поглощение цестодами питательных веществ, в том числе микро- и макроэлементов, витаминов группы В (Дубинина, 1966; Давыдов, Стражник, 1971; Бекиш и др., 2007; Куклина, Куклин, 2016; Heins, 2017), необходимых для полноценного кроветворения (Новицкий и др., 2009; Павлов и др., 2011; Остроумова, 2012). Следует отметить и возможное нарушение синтеза гуморальных стимуляторов эритропоэза – эритропоэтинов в почке (Kulkeaw, Sugiyama, 2012) из-за редукции почечной ткани.

**Выводы.** В системе *Ligula interrupta* – *Carassius auratus* в организме хозяина происходит ряд структурно-функциональных эритропоэтических пере-

строек. Данные трансформации, инициируемые паразитом, свидетельствуют о включении компенсаторных механизмов с признаками декомпенсации, и постепенным истощением адаптационных возможностей эритроидного ростка, сопровождающимся нарастанием деструктивных и необратимых патологических процессов. Такая стратегия цестоды способствует скорейшему развитию гельминтов в ослабленном организме промежуточных хозяев и попаданию в организм окончательных хозяев, где заканчивается цикл развития паразита.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда № 22-24-00341 и в рамках темы госзадания № 121030900141-8.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бекиш О.-Я.Л., Семенов В.М., Бекиш Л.Э. и др. 2007. Влияние гельминтов на метаболизм витаминов у их хозяев // Вестник Витебского государственного медицинского университета. Т. 6. № 3. С. 1.
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.И. и др. 2003. Ихтиопатология. Москва: Мир.
- Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. 1989. Гематология прудовых рыб. Кишинев: Штиинца.
- Давыдов О.М., Стражник Л.В. 1971. О роли тиамин в жизнедеятельности плероцеркоида *Ligula intestinalis* // Доповіді АН УРСР. № 8. С. 751.
- Дубинина М.Н. 1966. Ремнецы Cestoda: Ligulidae фауны СССР. Москва: Наука.
- Жохов А.Е., Пугачева М.Н. 2012. Распределение и встречаемость плероцеркоидов *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda, Ligulidae) в оз. Тана, Эфиопия // Биология внутр. вод. № 3. С. 71. <https://doi.org/10.1134/S1995082912020162>
- Иванков В.Н., Каплуненко В.А., Большаков С.Г., Железнова Л.В. 2020. Первые случаи обнаружения ремнеца *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) (Cestoda: Ligulidae) у анадромной дальневосточной красноперки *Tribolodon hakonensis* (Gunther, 1880) (Teleostei: Cyprinidae) в Приморье // Биол. моря. Т. 46. № 3. С. 211. <https://doi.org/10.31857/S0134347520030079>
- Иванова Н.Т. 1983. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). Москва: Легк. и пищ. пром-сть.
- Извекова Г.И., Тютин А.В. 2011. Зараженность и особенности отношений паразит-хозяин в системе *Ligula intestinalis* — чехонь (*Pelecus cultratus*) в Рыбинском водохранилище // Поволжский экол. журн. № 2. С. 137.
- Куклина М.М., Куклин В.В. 2016. Гематология и биохимия крови серебристой чайки *Larus argentatus* при инвазии цестодами *Diphyllobothrium dendriticum* (Cestoda: Pseudophyllidea) // Паразитология. Т. 50. № 5. С. 365.
- Кутырев И.А., Пронин Н.М., Дугаров Ж.Н. 2011. Лейкоцитарный состав головного отдела почки карася серебряного *Carassius auratus gibelio* (Cypriniformes: Cyprinidae) и влияние на него инвазии цестоды *Digamma interrupta* (Cestoda: Pseudophyllidea) // Изв. РАН. Сер. биол. № 6. С. 759.
- Мазур О.Е., Пронин Н.М. 2006. Показатели крови и иммунной системы *Rutilus rutilus lacustris* (Cypriniformes: Cyprinidae) при инвазии плероцеркоидами *Ligula intestinalis* (Pseudophyllidea: Ligulidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 46. № 3. С. 393.
- Мазур О.Е., Толочко Л.В. 2015. Цитоморфологические и биохимические показатели байкальского омуля *Coregonus migratorius* при инвазии плероцеркоидами *Diphyllobothrium dendriticum* (Cestoda: Pseudophyllidea) // Изв. РАН. Сер. биол. № 2. С. 155. <https://doi.org/10.7868/S000233291502006X>
- Мазур О.Е., Кутырев И.А., Дугаров Ж.Н. 2016. Морфофункциональные особенности эритроидного ростка крови карася серебряного, зараженного *Ligula (Digamma) interrupta* (Cestoda: Pseudophyllidea) // Научная жизнь. № 11. С. 104.
- Мазур О.Е., Кутырев И.А., Дугаров Ж.Н. 2020. Цитоморфологические изменения крови и мезонефроса серебряного карася, зараженного *Ligula (Digamma) interrupta* (Cestoda: Pseudophyllidea) // Изв. РАН. Сер. биол. № 1. С. 51. <https://doi.org/10.31857/S0002332920010075>
- Матишов Г.Г., Казарникова А.В., Куцын Д.Н. 2013. Вспышка численности плероцеркоидов *Digamma interrupta* у азовской тарани (*Rutilus rutilus heckeli*) // Наука юга России. № 1. С. 53.
- Новицкий В.В., Гольдберг Е.Д., Уразова О.И. 2009. Патологическая физиология. Т. 1. Москва: ГЭОТАР-Медиа.
- Однокурцев В.А., Ансолихова О.Д. 2009. Паразитарные болезни рыб и их влияние на рыбную продукцию, и здоровье человека // Альманах современной науки и образования. № 11. Ч. 2. С. 150.
- Остроумова И.Н. 2012. Биологические основы кормления рыб. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ.
- Павлов А.Д., Морщакова Е.Ф., Румянцев А.Г. 2011. Эритропоз, эритропозитин, железо. Молекулярные и клинические аспекты. Москва: ГЭОТАР-Медиа.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. Москва: Пищ. пром-сть.
- Пронин Н.М., Пронина С.В. 2005. Гостально-пространственное распределение плероцероидов ремнецов (Pseudophyllidea, Ligulidae) и экология *Ligula intestinalis* в водоемах бассейна оз. Байкал // Проблемы цестодологии: Сб. науч. тр. Санкт-Петербург: Зоол. ин-т РАН. Вып. 3. С. 207.
- Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Ч. 2. 1999. Москва: Агро-Вестник.
- Силкина Н.И., Микряков В.Р., Микряков Д.В. 2012. Характер изменения некоторых иммунофизиологических показателей зараженных плероцеркоидами *Ligula intestinalis* лещей *Abramis brama* на разных

- стадиях развития паразита // Изв. РАН. Сер. биол. № 5. С. 567.
- Флерова Е.А., Сендек Д.С., Юрченко В.В. 2020. Особенности ультраструктуры мезонефроса покатной молды балтийского лосося *Salmo salar* и кумжи *Salmo trutta* // Биология внутр. вод. № 4. С. 393. <https://doi.org/10.31857/S0320965220040075>
- Чугунова Ю.К., Шадрин Е.Н. 2018. Основные закономерности долгосрочных изменений фауны рыбьих паразитов в Красноярском водохранилище // Паразитология. Т. 52. № 5. С. 366–381. <https://doi.org/10.7868/S0031184718050025>
- Aydogan A., Innal D., Dolu H. 2018. Pathological investigations in tench (*Tinca tinca* (L., 1758)) naturally infected with *Ligula intestinalis* plerocercoids // Israel J. Vet. Medicine. V. 73. № 1. P. 31.
- Biswas R., Ash A. 2021. Impact of endocrine disruption on host-parasite interaction: a digest from a cosmopolitan cestode model *Ligula intestinalis* // Proc. Zool. Soc. № 74. P. 523. <https://doi.org/10.1007/s12595-021-00409-y>
- Bozorgnia A., Omidzahir S.H., Hoseini S.M. et al. 2016. Occurrence and histopathological effect of *Ligula intestinalis* on Sea bream (*Abramis brama orientalis*) // Iranian J. Aquatic Animal Health. V. 2. № 2. P. 34. <https://doi.org/10.18869/acadpub.ijaah.2.2.34>
- Brown S.P., Loot G., Teriokhin A. et al. 2002. Host manipulation by *Ligula intestinalis*: a cause or consequence of parasite aggregation? // Int. J. Parasitol. V. 32. № 7. P. 817.
- Clauss T.M., Dove A.D.M., Arnold J.E. 2008. Hematologic disorders of fish // Vet. Clin. Exot. Anim. № 11. P. 445.
- Corrêa L.L., Karling L.C., Takemoto R.M. et al. 2013. Hematological alterations caused by high intensity of L3 larvae of *Contracaecum* sp. Railliet and Henry, 1912 (Nematoda, Anisakidae) in the stomach of *Hoplias malabaricus* in lakes in Pirassununga, Sro Paulo // Parasitol. Res. № 112. P. 2783. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3446-8>
- Gabagambi N.P., Skorping A. 2017. Spatial and temporal distribution of *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphyllobothriidea) in usipa (*Engraulicypris sardella*) (Pisces: Cyprinidae) in Lake Nyasa // J. Helminthology. V. 92. № 4. P. 1. <https://doi.org/10.1017/S0022149X17000724>
- Ganz T. 2019. Erythropoietic regulators of iron metabolism // Free Radical Biology and Medicine. V. 133. P. 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.07.003>
- Heins D.C. 2017. The cestode parasite *Schistocephalus punctatus*: castrator or nutrient thief of ninespine stickleback fish? // Parasitology. № 144. P. 834. <https://doi.org/10.1017/S0031182016002596>
- Khurshid I., Ahmad F. 2013. Helminthology and haematological parameters of *S. labiatus*, in Shallabugh Wetland and river Sindh // Int. J. Scient. Engineering Res. V. 4. № 5. P. 1993.
- Kulkeaw K., Sugiyama D. 2012. Zebrafish erythropoiesis and the utility of fish as models of anemia // Stem Cell. Res. Ther. 3. P. 55. <https://doi.org/10.1186/scrt146>
- Lagrué C., Presswell B., Dunckley N., Poulin R. 2018. The invasive cestode parasite *Ligula* from salmonids and bullies on the South Island, New Zealand // Parasitol. Res. V. 117. № 1. P. 1. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5684-7>
- Logan F.J., Horak A., Stefka J. et al. 2004. The phylogeny of diphyllobothriid tapeworms (Cestoda: Pseudophyllidae) based on ITS-2 rDNA sequences // Parasitol. Res. № 94. P. 10.
- Noga E.J. 2006. Spleen, thymus, reticulo-endothelial system, blood // Systemic pathology of fish. Scotian Press, London. A text and atlas of normal tissues in teleosts and their responses in disease. P. 121.
- Scholz T., Kuchta R. 2016. Fish-borne, zoonotic cestodes (Diphyllobothrium and relatives) in cold climates: A never-ending story of neglected and (re)-emergent parasites // Food Waterborne Parasitol. № 4. P. 23. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2016.07.002>
- Shakarboev E., Safarova F.E., Azimov D., Urimbetov A. 2015. Fauna, ecology and taxonomy of cypriniform fish helminths in Uzbekistan // J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci. № 5. P. 88. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.5.1.88-91>
- Shoemaker C.A., Martins M.L., Xu D-H. et al. 2012. Effect of *Ichthyophthirius multifiliis* parasitism on the survival, hematology and bacterial load in channel catfish previously exposed to *Edwardsiella ictaluri* // Parasitol. Res. № 11. P. 223.
- Sohn W.-M., Na B.-K., Jung S.G., Kim K.K. 2016. Mass death of Predatory Carp, *Chanodichthys erythropterus*, induced by plerocercoid larvae of *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphyllobothriidae) // Korean J. Parasitology. V. 54. № 3. P. 363. <https://doi.org/10.3347/kjp.2016.54.3.363>
- Sousa L.F., Sousa D.C., Coêlho T.A. et al. 2020. Morphometric Characterization of Trypanosoma spp. and blood parameters in *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) from the Brazilian Amazon // Anais da Academia Brasileira de Ciências. V. 92. Suppl. 2. P. 1. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190577>
- Tavares-Dias M., Moraes F.R., Martins M.L. 2008. Hematological assessment in four Brazilian teleost fish with parasitic infections, collected in feefishing from Franca, Sao Paulo, Brazil // B. Inst. Pesca, Sao Paulo. V. 34. № 2. P. 189.
- Taylor M., Hoole D. 1989. *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda: Pseudophyllidae): plerocercoid-induced changes in the spleen and pronephros of roach, *Rutilus rutilus* (L.), and gudgeon *Gobio gobio* (L.) // Fish Biol. V. 34. № 4. P. 583.

**Destabilization Processes in the Hemopoietic Organs of the *Carassius auratus* as a Consequence of the Survival Strategy of the Cestode *Ligula (Digramma) interrupta* (Cestoda: Pseudophyllidea)**

**O. E. Mazur<sup>1</sup>, \*, I. A. Kutyrev<sup>1</sup>, and Zh. N. Dugarov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia*

*\*e-mail: olmaz33@yandex.ru*

The cytomorphological parameters of hemopoietic organs (pronephros, spleen) of the crucian carp *Carassius auratus* L., 1758 infected with *Ligula (Digramma) interrupta* (Logan, 2004) were first studied. Biological material was obtained from fish of Dolgoe and Cheryomukhovoye Lake Buryatia (Baikal Lake basin), unfavorable for digrammosis. Infection with plerocercoids caused hematopoietic transformation – compensatory activation of erythropoiesis in the pronephros the background of a low number of mature erythrocytes, a decrease in the proliferative activity of erythroid elements in the spleen.

*Keywords:* fish, erythropoiesis, pronephros, spleen, *Ligula (Digramma) interrupta*