

Влияние зараженности метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832) на упитанность молоди карповых рыб в пойменном водоеме бассейна р. Припять

Н.А. ЛЕБЕДЕВ¹, А.А. РАДКЕВИЧ², А.В. КРУК¹

Проведена оценка влияния интенсивности инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* на упитанность красноперки *Scardinius erythrophthalmus* и плотвы обыкновенной *Rutilus rutilus* в пойменном водоеме бассейна р. Припять вблизи д. Велавск. Выявлена обратная корреляционная связь между интенсивностью инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* и коэффициентами упитанности по Фультону и Кларк у молоди красноперки и плотвы обыкновенной. Для молоди красноперки коэффициент корреляции Спирмена между интенсивностью инвазии метацеркариями и показателем упитанности по Кларк составил $-0,830$ ($p < 0,001$), что свидетельствует о наличии высокой статистически значимой связи. У молоди плотвы связь между аналогичными показателями была слабой и находилась на пороге статистической значимости: коэффициент корреляции Спирмена составил $-0,42$ ($p = 0,051$). Полученные данные могут свидетельствовать о существовании видовой специфичности воздействия метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* на упитанность молоди карповых рыб. При высокой интенсивности инвазии отмечены заметные изменения в окраске молоди рыб, повышающие их уязвимость перед хищниками.

Ключевые слова: Cyprinidae, коэффициент упитанности по Кларк, постодиплостомоз, *Posthodiplostomum cuticola*, интенсивность инвазии, метацеркарии, плотва обыкновенная *Rutilus rutilus*, красноперка *Scardinius erythrophthalmus*.

An assessment was performed on the impact of the invasion intensity of *Posthodiplostomum cuticola* metacercariae on the body condition of the rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) and the common roach (*Rutilus rutilus*) in a floodplain waterbody of the Pripyat River basin near the village of Velavsk. An inverse correlation was established between the intensity of *Posthodiplostomum cuticola* metacercariae invasion and the Fulton and Clark condition factors in juvenile rudd and common roach. For juvenile rudd, Spearman's rank correlation coefficient between the intensity of metacercariae invasion and the Clark condition factor was $-0,830$ ($p < 0,001$), indicating a strong, statistically significant relationship. In juvenile roach, the relationship between the same parameters was weak: Spearman's rank correlation coefficient was $-0,420$ ($p = 0,051$). The obtained data may indicate the existence of species-specific effects of *Posthodiplostomum cuticola* metacercariae on the body condition of juvenile cyprinid fish. Additionally, at high invasion intensities, marked changes in the coloration of juvenile fish were observed, increasing their vulnerability to predators.

Keywords: Cyprinidae, Clark's condition factor, postodiplostomosis, *Posthodiplostomum cuticola*, invasion intensity, metacercariae, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*.

Введение. Одним из широко распространенных заболеваний карповых рыб, обитающих в естественных водоемах и водотоках Европы, является постодиплостомоз (чернопятнистая болезнь) [1]. Эта болезнь также встречается у карповых рыб, являющихся объектами аквакультуры в прудовых хозяйствах. Особую опасность постодиплостомоз представляет для особей младших возрастных групп, поскольку в этот период жизни рыбы наиболее уязвимы к воздействию паразитов. Возбудителем заболевания у рыб являются метацеркарии *Posthodiplostomum cuticola*, заключенные в подкожной клетчатке, плавниках и некоторых других частях тела в цисты. Внешне постодиплостомоз проявляется появлением на теле рыб черных пятен и бугорков, образующихся из-за отложения пигмента гемомелонина в местах локализации метацеркариев [2]. При высокой интенсивности инвазии у молоди наблюдается замедление роста, деформация тела, включая искривление позвоночника, снижается выживаемость. В отдельных водоемах экстенсивность инвазии может достигать 100 % [3]. Современные данные по заболеваемости постодиплостомозом молоди карповых рыб в бассейне р. Припять фрагментарны. Имеются лишь отдельные исследования, посвященные оценке зараженности паразитами рыб, обитающих в водотоках и водоемах Полесского государственного радиационно-экологического

заповедника [4]. Вопрос о степени влияния метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* на показатели упитанности молоди карповых рыб в научной литературе освещен недостаточно полно, а имеющиеся публикации носят противоречивый характер. Одной из немногих работ, непосредственно посвященных данной проблематике, являются исследования хорватских ученых S. Zrnčić et al. [5]. Исследователями было установлено, что наиболее высокая экстенсивность инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* наблюдалась у плотвы обыкновенной, чебачка амурского, уклейки, ельца, несколько меньшая – у голавля, существенно более низкая у горчача обыкновенного. Для оценки корреляционной связи между интенсивностью инвазии и коэффициентом упитанности по Фультону авторами был выбран коэффициент корреляции Пирсона, показавший статистическую значимость только для голавля ($r = 0,50$ при $p = 0,0031$), но не для плотвы ($p > 0,05$). Вместе с тем авторы обращают внимание, что, вероятнее всего, отсутствие корреляции между анализируемыми показателями у плотвы обыкновенной объясняется малым числом (всего 5) экземпляров в выборке. Между тем коэффициенты упитанности по Фультону и Кларк часто используют в прудовом рыбоводстве для оценки подготовленности сеголетков рыб к зимовке, а также в селекционной работе как один из экстерьерных индексов. При низких значениях коэффициентов упитанности сеголетков прудовых рыб принимаются соответствующие технологические решения (продление кормления и др.). В этой связи целью работы стало определение влияния интенсивности зараженности метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* на показатели упитанности молоди красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) и плотвы обыкновенной *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) в пойменном водоеме бассейна р. Припять.

Материалы и методы исследований. Отлов молоди рыб проведен в конце августа–начале сентября 2024 г. в пойменном водоеме р. Припять (рисунок 1), расположенном вблизи д. Велавск Мозырского района. Дно водоема песчано-илистое, берега песчаные, местами заболоченные, со стороны р. Припять низкие, с противоположной стороны с обрывистыми участками. Водная и прибрежно-водная растительность типична для водоемов поймы Припяти, развита хорошо.



Рисунок 1 – Участки отлова молоди рыб в пойменном водоеме р. Припять, август–сентябрь 2024 г.

В весенний период 2024 г. уровни весенних паводковых вод на р. Припять были выше средних многолетних значений, что привело к затоплению прилегающих к водоему участков (рисунок 2).



Рисунок 2 – Пойменный водоем бассейна р. Припять, май 2024 г.

В качестве орудия лова использована подъемная сетка размером 1 × 1 метр и шагом ячеи до 10 мм. Всего было поймано 74 экземпляра молоди двух видов карповых: красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (52 экз.) и плотвы обыкновенной *Rutilus rutilus* (22 экз.). В водоеме встречаются и иные виды рыб: горчак обыкновенный *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), густера *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758), щука *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), окунь речной *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) и некоторые другие. Из-за относительно небольшого количества отловленных особей и низкой интенсивности инвазии анализ по этим видам рыб не проводился. Так, у горчака обыкновенного в 2024 г. выявлено только 5 зараженных метацеркариями особей, амплитуда интенсивности составила 1–5, индекс обилия – 2,4 экз./рыбу. Все отловленные рыбы предварительно осматривались на наличие характерных черных пигментных пятен [6]; подсчет цист с заключенными в них метацеркариями проводился микроскопически. Количественно зараженность рыб чернопятнистой болезнью оценивали на основании интенсивности инвазии, экстенсивности инвазии и индекса обилия. У отловленных особей измеряли длину без С (далее длина) и массу тела. Упитанность определяли по классическим формулам Фультона [7] и Кларк. Оценка половой зрелости проведена при вскрытии рыбы с использованием шкалы зрелости гонад для карповых рыб [7]. Поскольку отловленные особи не достигли половой зрелости, все показатели анализировались без разделения собранного материала по полу. Статистическая обработка данных выполнена в пакете Statistica 7. На первом этапе была проведена проверка интенсивности инвазии, коэффициентов упитанности по Фультону и Кларк на нормальность распределения с помощью теста Шапиро-Уилка. Данные по коэффициентам упитанности по Фультону и Кларк в основном соответствовали нормальному распределению, а интенсивность инвазии нет. Поэтому для установления связи между интенсивностью инвазии и показателями упитанности по Фультону и Кларк по всей выборке рыб применены коэффициенты корреляции Спирмена. В статье приняты следующие обозначения: $M \pm m$ – средняя арифметическая величина и ее ошибка; r_s – коэффициент ранговой корреляции Спирмена; t – критерий для оценки статистической значимости коэффициента корреляции; df – число степеней свободы. Пороговый уровень статистической значимости принимался при $p < 0,05$. Корреляционная связь от 0,901 до 0,999 считалась очень сильной, от 0,701 до 0,900 – сильной, от 0,501 до 0,700 – средней, от 0,301 до 0,500 – слабой, от 0 до 0,300 – отсутствующей.

Результаты исследований и их обсуждение. Всего было отловлено 23 здоровые особи красноперки длиной от 39 до 64 мм (в среднем $50,13 \pm 1,15$ мм) и 29 зараженных длиной от 40 до 77 мм (в среднем $54,90 \pm 1,76$ мм) (таблица 1). Рыбы, инвазированные метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola*, имели несколько большую длину при меньшей массе, чем здоровые. Экстенсивность инвазии у красноперки составила 56 %, интенсивность инвазии варьировала в широком диапазоне – от 3 до 34 метацеркариев на рыбу [8], а индекс обилия достиг 8,6 экз./рыбу. Среди отловленных особей половозрелых экземпляров не выявлено. Согласно П.И. Жукову [9], половозрелость красноперки обычно наступает в возрасте 3–4 года при длине около 10 см. Коэффициенты упитанности по Фультону и Кларк у здоровых и зараженных постодиплостомозом особей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели упитанности у здоровых и зараженных метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* особей красноперки *Scardinius erythrophthalmus* в пойменном водоеме р. Припять, август–сентябрь 2024 г.

Показатели	Здоровые особи красноперки, 23 экз.		Зараженные особи красноперки, 29 экз.	
	min–max	$M \pm m$	min–max	$M \pm m$
Длина без С, мм	39–64	$50,13 \pm 1,15$	40–77	$54,90 \pm 1,76$
Масса, г	1,44–5,80	$2,69 \pm 0,22$	1,11–7,43	$2,48 \pm 0,21$
Ку (Ф)	1,80–2,43	$2,05 \pm 0,04$	1,61–1,88	$1,72 \pm 0,01$
Ку (К)	1,57–2,24	$1,77 \pm 0,04$	1,12–1,63	$1,44 \pm 0,03$

Коэффициент упитанности по Фультону у здоровых особей красноперки варьировал от 1,80 до 2,43 (в среднем $2,05 \pm 0,04$) и был выше на 19,2 % по сравнению с аналогичным показателем у зараженных экземпляров (в среднем $1,72 \pm 0,01$ с колебаниями от 1,61 до 1,88). Ко-

эффицент упитанности по Кларк также был выше у здоровых рыб на 22,9 % по сравнению с зараженными (в среднем $1,77 \pm 0,04$ и соответственно $1,44 \pm 0,03$). У отдельных особей с высокой интенсивностью инвазии отмечено изменение окраски за счет появления и слияния черных пятен (рисунок 3) в местах локализации метацеркариев.

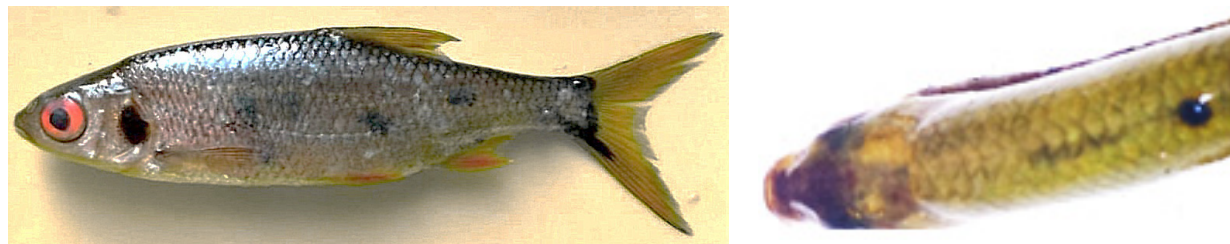


Рисунок 3 – Черные пигментные пятна на теле красноперки (вид сбоку и сверху), август 2024 г.

Поскольку плотва обыкновенная и красноперка имеют маскирующую окраску (темно-зеленую или темно-бурую спинку с серебристыми боками) [9], то появление на теле черных пятен делает их более заметными для хищников, включая рыбоядных птиц. Это согласуется с гипотезой паразитарной манипуляции, в соответствии с которой механизм индуцирования метацеркариями образования черных пятен, а также изменения поведения возник в ходе эволюции как адаптация для усиления трофической передачи паразита через промежуточных к дефинитивным хозяевам [10], [11]. В случае постодиплостомоза первым промежуточным хозяином выступают брюхоногие моллюски рода *Planorbis*, вторым – пресноводные рыбы преимущественно семейства *Cyprinidae*, дефинитивными хозяевами являются различные виды цапель и другие рыбоядные птицы.

Данные корреляционного анализа связи между интенсивностью инвазии и коэффициентами упитанности по Фультону и Кларк у красноперки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа корреляционной связи между интенсивностью инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* и коэффициентами упитанности у красноперки *Scardinius erythrophthalmus* в пойменном водоеме р. Припять

Показатели	Коэффициент упитанности по Фультону	Коэффициент упитанности по Кларк
r_s	-0,822	-0,830
t	-10,21	-10,51
df	50	50
Уровень значимости (p)	< 0,001	< 0,001
Сила и направление связи	сильная обратная связь	сильная обратная связь

Между интенсивностью инвазии и коэффициентами упитанности у молоди красноперки выявлена статистически значимая ($p < 0,001$) сильная обратная корреляционная связь. Так, коэффициент корреляции Спирмена между интенсивностью инвазии постодиплостомозом и показателем упитанности по Фультону составил -0,822, по Кларк – -0,830. Таким образом, оба коэффициента упитанности достаточно информативны и могут использоваться для оценки влияния зараженности метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* на упитанность молоди.

Показатели упитанности плотвы обыкновенной из пойменного водоема р. Припять представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели упитанности плотвы обыкновенной *Rutilus rutilus* в пойменном водоёме р. Припять, август–сентябрь 2024 г.

Показатели	Здоровые особи плотвы обыкновенной, 10 экз.		Зараженные особи плотвы обыкновенной, 12 экз.	
	min–max	M ± m	min–max	M ± m
Длина без С, мм	43–62	$50,5 \pm 1,88$	48–75	$55,5 \pm 2,54$
Масса, г	1,32–3,78	$2,12 \pm 0,28$	1,13–6,04	$2,36 \pm 0,45$
Ky (Ф)	1,41–1,90	$1,57 \pm 0,05$	0,87–1,51	$1,22 \pm 0,06$
Ky (К)	1,16–1,77	$1,39 \pm 0,05$	0,72–1,43	$1,10 \pm 0,07$

Всего было отловлено и исследовано 10 здоровых и 12 зараженных метацеркариями особей плотвы обыкновенной (таблица 3). Экстенсивность инвазии достигла 55 %, интенсивность инвазии колебалась в диапазоне от 2 до 60 метацеркариев на особь [9], индекс обилия составил 6,6 экз./рыбу. Все отловленные экземпляры не достигли половой зрелости, что соответствует данным П.И. Жукова [9], согласно которым половозрелость плотвы наступает при длине тела не менее 80 мм. Длина здоровых особей плотвы варьировала в пределах от 43 до 62 мм при средней $50,5 \pm 1,88$ мм; у зараженных метацеркариями экземпляров – от 48–75 мм (в среднем $55,5 \pm 2,54$). Таким образом, как и в случае с красноперкой незараженные особи плотвы несколько уступали в длине зараженным. Напротив, коэффициент упитанности по Фультону у здоровых особей ($1,57 \pm 0,05$) был выше на 28,7 % по сравнению с зараженными ($1,22 \pm 0,06$); коэффициент упитанности по Кларк соответственно – на 26,4 % ($1,39 \pm 0,05$ и $1,10 \pm 0,07$).

Результаты корреляционного анализа для зараженных особей обыкновенной плотвы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты корреляционного анализа связи коэффициентов упитанности и интенсивности инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* у зараженных особей плотвы *Rutilus rutilus*

Показатели	Коэффициент упитанности по Фультону	Коэффициент упитанности по Кларк
r_s	-0,557	-0,420
t	-3,00	-2,07
df	20	20
Уровень значимости (p)	< 0,007	< 0,051
Сила и направление связи	средняя обратная связь	слабая обратная связь

У плотвы обыкновенной установлены обратные корреляции между интенсивностью инвазии и коэффициентом упитанности по Фультону (связь статистически значима при $p < 0,007$) и на пороге статистической значимости для коэффициента упитанности по Кларк ($p = 0,051$). Для показателя упитанности по Фультону коэффициент корреляции Спирмена составил -0,557 (средняя обратная связь), по Кларк – -0,420 (слабая обратная связь).

Таким образом, у молоди плотвы обыкновенной по сравнению с красноперкой корреляционная связь между анализируемыми показателями была слабее, что может свидетельствовать о существовании видовых различий по устойчивости к воздействию на организм метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* при сходной длине, экстенсивности и интенсивности инвазии.

Заключение. В пойменном водоеме р. Припять вблизи д. Велавск выявлен очаг постодиплостомоза, характеризующийся устойчивостью и относительно высокими показателями экстенсивности и интенсивности инвазии у молоди красноперки и плотвы обыкновенной. Для красноперки в августе-сентябре 2024 г. экстенсивность инвазии метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* составила 56 %, амплитуда интенсивности – 3–34, индекс обилия – 8,6 экз./рыбу. Для плотвы обыкновенной эти показатели составили соответственно – 55 %, 2–60 и 6,6 экз./рыбу. И для красноперки и плотвы обыкновенной отмечено, что зараженные особи имели несколько большую длину по сравнению со здоровыми экземплярами. Возможно, некоторые различия в длине между здоровыми и зараженными особями обусловлены действием естественного отбора: более мелкие особи, зараженные метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola*, элиминируются чаще и быстрее, чем крупные, поэтому их доля в уловах ниже. Впрочем, существует и другое альтернативное объяснение. По мнению Ondračková M. et al. [10], установленный ими эффект усиления роста у зараженных возбудителем *Posthodiplostomum cuticola* карповых рыб служит для усиления передачи паразита в трофических цепях и объясняется в рамках гипотезы паразитарной манипуляции. Другие исследователи [12], напротив, сообщают о комплексном негативном воздействии метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* на рыбу. В частности, в ходе эксперимента установлены патологические изменения в дыхательной и выделительной системах, печени; также отмечена отечность и полное разрушение мышечных волокон в местах локализации паразитов, что приводило к нарушениям двигательной активности [12]. Это согласуется с результатами наших исследований, согласно которым у здоровой молоди красноперки и плотвы обыкновен-

ной коэффициенты упитанности были выше, чем у зараженных метацеркариями экземпляров. Оба коэффициента могут использоваться для анализа воздействия метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* на упитанность молоди карповых рыб.

Корреляционный анализ выявил статистически значимые обратные корреляции между интенсивностью инвазии и показателями упитанности у красноперки и плотвы обыкновенной. Для молоди красноперки коэффициент корреляции Спирмена составил $-0,830$ ($t = -10,51$; $df = 50$; $p < 0,001$). У молоди плотвы связь между интенсивностью инвазии метацеркариями постодиплостомоза и показателем упитанности по Кларк была слабой и находилась на пороге статистически значимой: коэффициент корреляции Спирмена составил всего $-0,42$ ($t = -2,07$; $df = 20$; $p = 0,051$). Отличия в силе, но не характере связи у красноперки и плотвы обыкновенной могут свидетельствовать о существовании видовой специфичности влияния метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* на упитанность молоди карповых рыб. При высокой интенсивности инвазии отмечены заметные изменения в окраске молоди рыб, повышающие их уязвимость перед хищниками. Вместе с тем, учитывая противоречивость существующих в научной литературе данных, необходимо продолжение и расширение исследований по этому вопросу.

Литература

1. Романова, Н. Н. Фауна трематод рыб в водохранилищах европейской части России / Н. Н. Романова, Н. А. Головина, А. А. Вишторская // Российский паразитологический журнал. – 2023. – № 17 (1). – С. 28–42.
2. Negrea, O. Some investigations on incidence and infestation level in Cyprinid posthodiplostomosis / O. Negrea [et al.] // Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies. – 2015. – Vol. 72, № 2. – P. 203–206.
3. Козлова, Т. В. Ихтиопатология / Т. В. Козлова, Е. Л. Микулич, А. И. Козлов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 276 с.
4. Юрченко, И. С. Видовое разнообразие паразитов рыб, обитающих в водоемах и водотоках Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / И. С. Юрченко // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2020. – № 3 (120). – С. 99–104.
5. Zrnčić, S. First observation of *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832) metacercariae in cypriniformes from Croatia / S. Zrnčić, D. Oraić, Ž. Mihaljević [et al.] // Helminthologia. – 2009. – Vol. 46, № 2. – P. 112–116.
6. Быховская-Павловская, И. Е. Паразиты рыб : Руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская. – Л. : Наука : Ленингр. отделение, 1985. – 123 с.
7. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
8. Лебедев, Н. А. Зараженность молоди красноперки и плотвы метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* в пойменном водоеме бассейна реки Припять / Н. А. Лебедев, А. А. Радкевич, А. В. Крук // Экологические аспекты устойчивого развития Белорусского Полесья и сопредельных территорий : Международная научно-практическая конференция, Гомель, 2–3 октября 2025 г. : сб. матер. / М-во образования Респ. Беларусь, ГГУ им. Ф. Скорины ; редкол. : Н. А. Лебедев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – С. 58–61.
9. Жуков, П. И. Рыбы Беларуси / П. И. Жуков. – Минск : Наука и техника, 1965. – 415 с.
10. Ondračková, M. Seasonal dynamics of *Posthodiplostomum cuticola* (Digenea, Diplostomatidae) metacercariae and parasite-enhanced growth of juvenile host fish / M. Ondračková, M. Reichard, P. Jurajda [et al.] // Parasitology Research. – 2004. – Vol. 93, № 2. – P. 131–136.
11. Lafferty, K. D. Altered behaviour of parasitized killifish increases susceptibility to predation by bird final hosts / K. D. Lafferty, A. K. Morris // Ecology. – 1996. – Vol. 77, № 5. – P. 1390–1397.
12. Терпугова, Н. Ю. Постодиплостомоз ранней молоди воблы / Н. Ю. Терпугова, М. П. Грушко, Н. Н. Федорова // Ветеринария. – 2022. – № 3. – С. 45–49.

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

²Гимназия г. Калинковичи