

## ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ *Parafasciolopsis fasciolaemorph* (Ejsmont, 1932) НА ТЕРРИТОРИИ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ В УСЛОВИЯХ ПОГОДНЫХ АНОМАЛИЙ

Т.Г. ШИХОВА<sup>1</sup> ✉, О.В. МАСЛЕННИКОВА<sup>2</sup>, А.П. ПАНКРАТОВ<sup>1</sup>

Паразитофауна копытных — постоянный компонент природных биоценозов, регулирующий сохранение экологического баланса. Видоспецифический и наиболее патогенный биогельминт лося *Parafasciolopsis fasciolaemorph* Ejsmont, 1932 в лесной зоне имеет эпизоотическое значение и формирует устойчивые природные очаги. Изученность этой трематоды остается недостаточной на всем ареале вида, очень слабо освещено влияние абиотических факторов на жизненный цикл гельминта. В представленной работе на основе мониторинговых данных по парафасциолопсозу на территории Кировской области впервые статистически подтверждена высокая зависимость зараженности лося от количества выпавших в теплое время года осадков и меньшая зависимость от температурного фактора. Цель нашей работы — установить особенности заболеваемости лося парафасциолопсозом при значительных отклонениях температурно-влажностного режима летних сезонов. Исследования проводили в 2009-2021 годах в пойме р. Чепца (крупный приток р. Вятка), расположенной в зоне южной тайги на востоке Русской равнины. Методом гельминтологического вскрытия было обработано 189 проб печени от лосей, добытых в осенне-зимний период. Проводился количественный учет марит *P. fasciolaemorph* с последующей экстраполяцией данных. Рассчитывали экстенсивность инвазии (ЭИ) — долю зараженных лосей в выборке, интенсивность инвазии (ИИ) — среднее арифметическое число трематод у инвазированных особей с указанием диапазона вариации в выборке. Зараженность промежуточного хозяина, пресноводного моллюска *Planorbis corneus* (L., 1758), определяли методом компрессии гепатопанкреаса с подсчетом количества личинок трематод. Для оценки метеорологических условий летних сезонов — средней температуры воздуха (°C) и среднего количества выпавших осадков (мм) за июнь-август — использовали данные интернет-ресурсов открытого доступа по г. Кирову. Аномалии метеорологических показателей выражали в процентах от средних значений за опорный период — 1961-1990 годы (климатическая норма). При увеличении обилия локальной популяции лося с 3,1 до 16,7 особей/1000 га лесных угодий регистрировался последовательный рост заболеваемости парафасциолопсозом с 33,3 до 76,5 %. Установлена высокая положительная нелинейная взаимосвязь между обилием локальной группировки лося и экстенсивностью парафасциолопсозной инвазии ( $r = 0,76$ ,  $R^2 = 0,86$ ,  $n = 9$ ,  $p \leq 0,05$ ). В период исследования были зарегистрированы летние сезоны с экстремальными температурно-влажностными режимами: три аномально дождливых, четыре засушливых, четыре прохладных и пять жарких лет. В засушливые годы значительно возростала концентрация инвазионного начала в пойменных водоемах. Выявлена обратная нелинейная зависимость зараженности лося трематодой *P. fasciolaemorph* от аномалий количества выпавших за лето осадков. Дефицит осадков провоцировал повышение экстенсивности инвазии у дефинитивного хозяина ( $r = -0,60$ ,  $R^2 = 0,89$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0,05$ ). Температурный фактор оказывал слабое влияние на зараженность лося парафасциолопсами: корреляционная связь с ЭИ была средней положительной ( $r = 0,31$ ,  $R^2 = 0,75$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0,05$ ), с ИИ — средней отрицательной ( $r = -0,46$ ,  $R^2 = 0,24$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0,05$ ). Установлено снижение средней ИИ на фоне общей высокой встречаемости трематодоза у лося вследствие выработки сопутствующего иммунитета. Для нормализации ситуации в парафасциолопсозном очаге целесообразно проведение избирательного отстрела ослабленных самцов лося в период гона. В пойменных угодьях следует увеличить отстрел сеголетков как наиболее зараженной возрастной группы, служащей источником загрязнения окружающей среды яйцами паразитов. В засушливые сезоны необходима 1-кратная выкладка на солонцах антигельминтных препаратов.

**Ключевые слова:** лось, парафасциолопсоз, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии, метеорологические аномалии, река Чепца, Кировская область.

В последние десятилетия погодно-климатические условия характеризуются рекордными аномалиями метеорологических параметров в вегетационные сезоны (засухи, избыточные осадки и т.д.), что вызывает отклонения в развитии болезней растений и животных, нарушение сбалансированности в динамичной системе «паразит-хозяин», увеличение частоты и интенсивности паразитарных заболеваний (1, 2).

Среди представителей оленевых *Cervidae* к трематодозным заболеваниям особенно восприимчив лось *Alces alces* L., 1758 (3, 4), имеющий в гельминтофауне видоспецифического паразита *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* Ejsmont, 1932. Диксанный цикл развития трематоды включает промежуточного хозяина — водного моллюска *Planorbarius corneus* (L., 1758).

Наибольшая патогенность заболевания проявляется в Центральной и Восточной Европе (5), однако на всем ареале вида *P. fasciolaemorpha* отностительно слабо изучен. Исследование этого трематодоза ведется на территории Беларуси (6, 7), Польши (8-10) и Латвии (11, 12). Известно о зараженности лося парафасциолопсисами на территории России по некоторым центральным регионам европейской части (Московская, Воронежская и другие области) и на востоке Русской равнины (Кировская область) (13-15). В этих работах в основном приведены данные по экстенсивности инвазии (ЭИ), реже по интенсивности инвазии (ИИ) и индексу обилия (ИО). Описаны отдельные случаи значительного заражения лосей в Центральной Европе, приведшие к гибели животных, и описаны гистологические особенности пораженной парафасциолопсисами печени лося (5, 12, 16).

Применение современных молекулярно-генетических методов при изучении гельминтозов лося позволяет на основе исследования образцов фекалий установить не только распространенность *P. fasciolaemorpha* в течение вегетационного сезона, но также выявить разную степень зараженности дефинитивного хозяина в зависимости от пола (экстенсивность и интенсивность инвазии была выше у самцов) (10, 17).

Анализ факторов, влияющих на распространение парафасциолопсоза, в основном ограничивается оценкой изменения плотности группировок лося и обилия промежуточного хозяина, состава и качества природных биоценозов (18). Обсуждается увеличение зараженности основного и промежуточного хозяина, а также плодовитости марит в течение вегетационного сезона вследствие сезонных изменений абиотических факторов (10, 19). Низкие температуры в зимние месяцы оказывают подавляющее действие на плодовитость трематод, сводя ее к минимальным значениям (19).

Влияние погодных условий на циркуляцию *P. fasciolaemorpha* в природных экосистемах впервые охарактеризовал А.С. Рыковский (20), установивший высокую вероятность вспышки парафасциолопсоза в засушливые сезоны из-за перемещения лосей к водоемам и скопления моллюсков на мелководье. На примере центральных регионов Европейской части России отмечается увеличение заболеваемости лося парафасциолопсозом в засушливые годы на 10-20 % (13, 21). Однако в указанных работах отсутствуют статически значимые корреляционные данные о зависимости инвазивности дефинитивного хозяина от метеофакторов. В пойме р. Чепца (бассейн р. Вятка) регистрируется стабильный очаг парафасциолопсоза, где *P. fasciolaemorpha* представляет ядро гельминтоценоза лося, доминируя по частоте встречаемости и численности (4, 18). Регулярные наблюдения в бассейне р. Вятка мы проводим с 2009 года, но полученные ранее сведения были отрывочными и не носили системного характера по пространственно-временным параметрам.

В представленной работе на основе мониторинговых данных по эпизоотической ситуации в отношении парафасциолопсоза, вызываемого *P. fasciolaemorpha*, в Кировской области впервые статистически подтверждена высокая зависимость зараженности лося (интенсивность и экстенсивность инвазии) от количества выпавших в теплое время года осадков и в меньшей степени от температурного фактора.

Цель нашей работы — установить особенности заболеваемости лося

парафасциолопсозом при значительных отклонениях температурно-влажностного режима летних сезонов.

**Методика.** Исследования проводились в 2009–2021 годах в центральной части Кировской области на территории научно-опытного охотничьего хозяйства Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б.М. Житкова (НООХ ВНИИОЗ) площадью более 66 тыс. га, где пойменные угодья составляли 6,5 %, лесные — 65 %. Модельный участок был расположен в нижнем течении р. Чепца (крупнейший левый приток р. Вятка) и охватывал широкую (до 4 км) пойму реки с системой старичных озер, мелководных постоянных и временных водоемов. Плотность локальной популяции лося в пределах рассматриваемой территории определялась методом зимнего маршрутного учета особей на 1000 га лесных угодий (особь/1000 га).

Методом гельминтологического вскрытия (22) было обработано 189 проб печени от лосей, добытых в осенне-зимний период. Проводился количественный учет марит *P. fasciolaemorpha* с последующей экстраполяцией данных. Рассчитывали экстенсивность инвазии (ЭИ, %) — долю зараженных лосей в выборке, интенсивность инвазии (ИИ, min-max, экз/особь) — среднее арифметическое число трематод у инвазированных особей с указанием диапазона вариации в выборке.

Зараженность моллюсков *Planorbarius corneus* определяли методом компрессии гепатопанкреаса с подсчетом числа личинок трематод (23). Обилие моллюсков представлено в виде средней арифметической ( $M$ ) с доверительным интервалом (стандартное квадратичное отклонение,  $\pm SD$ ).

Для оценки метеорологических условий летних сезонов — средней температуры воздуха ( $^{\circ}C$ ) и среднего количества выпавших осадков (мм) за июнь-август — использовали данные интернет-ресурсов открытого доступа (24) по г. Кирову (60 км западнее НООХ). Аномалии метеорологических показателей выражали в процентах от средних значений за опорный период — 1961–1990 годы (климатическая норма).

Корреляционно-регрессионный анализ полученных данных проводился с применением статистических пакетов программ Microsoft Excel и Statistica 12 («StatSoft, Inc.», США). Вычисляли среднее значение выборки и стандартное квадратичное отклонение средней ( $\pm SD$ ) за число лет наблюдений ( $n$ ). Использовали индекс корреляции Пирсона ( $r$ ). Для оценки качества линейных и полиномиальных регрессионных моделей применяли коэффициент детерминации ( $R^2$ ). Достоверность полученных данных оценивали на уровне статистической значимости  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Современные климатические тенденции с возросшей частотой экстремальных погодных аномалий вносят коррективы в циркуляцию трематод в естественных биоценозах. Возможность всплеска парафасциолопсоза в засушливые сезоны рассматривалась ранее (13, 20) и подтверждается нашими исследованиями (3, 25). В настоящей работе акцентируется внимание на особенностях циркуляции трематоды *P. fasciolaemorpha* не только в зависимости от количества выпавших осадков, но и от температурного фактора при чередовании экстремально жарких и аномально холодных летних сезонов.

За период 2009–2021 годов отмечалось три аномально дождливых и четыре засушливых летних сезона (рис. 1), а также четыре прохладных (2009, 2015, 2017, 2019 годы) и пять жарких лет (2010, 2011, 2013, 2016, 2021 годы). Четыре вегетационных сезона характеризовались экстремальными температурно-влажностными режимами в разных сочетаниях: очень жаркое, засушливое лето 2010 года, холодное очень дождливое лето 2017 года,

холодное без дефицита осадков лето 2019 года и жаркое с дефицитом осадков лето 2021 года. Засушливые летние сезоны повторялись через 1-2 года, тогда как норма для Кировской области — 1 раз в 3-4 года (26).

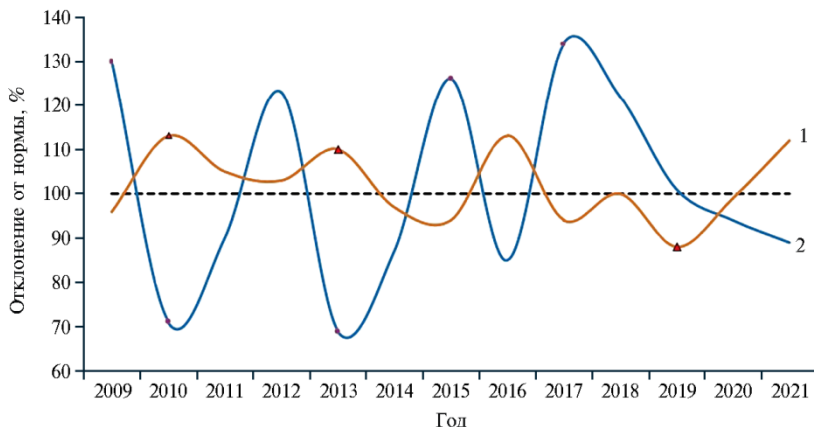


Рис. 1. Аномалии средней температуры воздуха (1) и количества выпавших осадков (2) за июнь-август в разные годы в центральной части Кировской области (г. Киров). Пунктирной линией обозначена норма показателя (100 %).

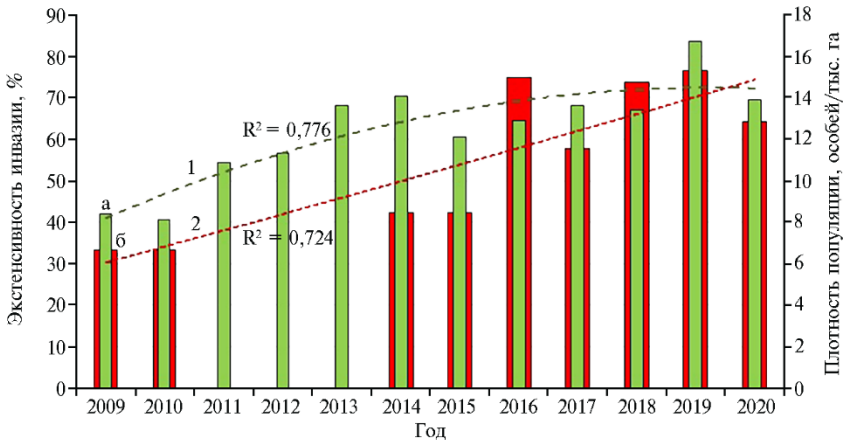
Увеличение частотности погодных аномалий со значительными изменениями температурно-влажностного режима (26) оказывает существенное влияние на количественные и качественные показатели развития биоты (27), в частности на поведенческие реакции лося в жаркие периоды (28). С 2011 года при относительной стабилизации популяционной плотности лося на территории НООХ появилась возможность за небольшой временной интервал проанализировать причинно-следственные связи между метеопараметрами и колебанием зараженности парафасциолопсисами дефинитивного хозяина.

В 1996-2000 годах на территории НООХ ВНИИОЗ ситуация с парафасциолопсозом была благополучной при невысокой плотности лося  $3,1 \pm 1,1$  особей/1000 га лесных угодий ( $n = 5$ ). Средняя ЭИ *P. fasciolaemorpha* составляла 16 % при средней ИИ 1038 (134-2087) экз/особь.

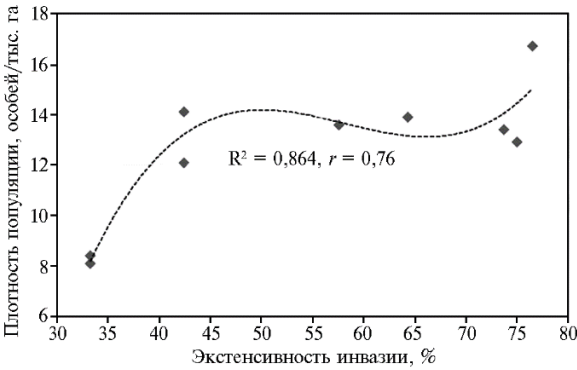
После депрессии 1990-х годов численность лося на рассматриваемой территории неуклонно увеличивалась (к 2014 году прирост составил 286 %), а в последующем стабилизировалась с небольшими разнонаправленными отклонениями под влиянием ряда биотических и абиотических факторов (3). Плотность локальной популяции лося с конца XX века увеличилась в 5 раз, достигнув в 2019 году 16,7 особей/1000 га. По мнению ряда исследователей (13, 21), для разных природных зон с определенными ландшафтными, гидрологическими и климатическими особенностями характерны разные величины оптимальной плотности лося, превышение которых провоцирует рост встречаемости паразитарных заболеваний. В условиях южной тайги Европейской части России при увеличении плотности группировки лося более 9-10 особей/1000 га значительно возрастает риск вспышки парафасциолопсоза (13). Это подтверждается и результатами наших исследований (3, 15). С 2011 по 2020 год на территории НООХ сформировалась плотность группировки лося выше критической —  $13,3 \pm 1,6$  (10,1-16,7) особей/1000 га ( $n = 10$ ) (рис. 2).

С увеличением обилия дефинитивного хозяина отмечался последовательный рост заболеваемости животных парафасциолопсозом. Была установлена высокая положительная взаимосвязь между плотностью населения лося и экстенсивностью парафасциолопсозной инвазии  $r = 0,76$  ( $n = 9$ ,

$p \leq 0,05$ ) (рис. 3).



**Рис. 2.** Абсолютные значения (а) и полиномиальная функция (1) плотности локальной популяции лося *Alces alces* L., 1758, а также абсолютные значения (б) и полиномиальная функция (2) экстенсивности инвазии *Parafasciolopsis fasciolaemorphae* Ejsmont, 1932 в разные годы (НООХ Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б.М. Житкова, Кировская обл.).



**Рис. 3.** Корреляционное поле обилия локальной популяции лося *Alces alces* L., 1758 и экстенсивности инвазии *Parafasciolopsis fasciolaemorphae* Ejsmont, 1932 (2009-2021 годы, НООХ Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б.М. Житкова, Кировская обл.).

фиксирован случай очень высокой интенсивности инвазии (более 10 тыс. экз/особь), приведший к необратимым гистологическим поражениям печени и гибели лося (5).

На циркуляцию трематод в природных экосистемах влияет комплекс абиотических факторов (температура, влажность, освещение и др.), синергическое воздействие которых неоднозначно и в разном соотношении может стимулировать или подавлять развитие гельминтов (30, 31). В настоящей работе мы проанализировали влияние температурно-влажностных аномалий летних сезонов на циркуляцию парафасциолопсоза на участке южнотаежных лесов Среднего Поволжья.

На территории Вятского Прикамья в засушливые летние сезоны 2010, 2013, 2014, 2016 годов осадков выпадало на 15-31 % меньше климатической нормы, а в дождливые 2015, 2017, 2018 годы — на 22-40 % больше. Например, в 2010 году было аномально жаркое засушливое лето, в 2013 го-

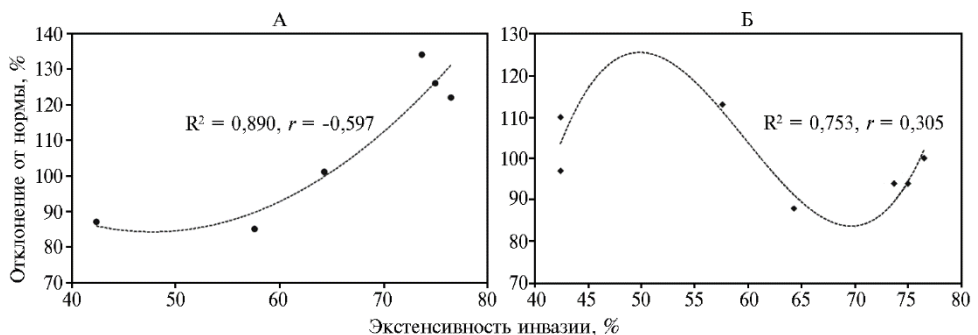
Средняя ЭИ *P. fasciolaemorphae* за 2009-2020 годы составила  $55,39 \pm 17,9$  %, постепенно возрастая с 33,3 % (2009-2010 годы) до 76,5 % (2019 год). Средняя ИИ за этот период —  $4305 \pm 2694$  (17-48984) экз/особь.

Сходная тенденция наблюдается в Польше и Латвии, где отмечено увеличение инвазированности лосей парафасциолопсисами (4, 29). В Латвии зараженность лосей *P. fasciolaemorphae* составляет от 24 до 42 % (12, 29). В Польше заболеваемость достигает 70-100 %, причем за-

ду — засушливое лето с кратковременными периодами жары. В дождливом 2015 году отмечался летний паводок на всех реках Кировской области, а на р. Чепца подъем воды в августе достигал 1,4 м. В холодное и дождливое лето 2017 года количество осадков превысило норму на 35-40 %.

Температурный фактор влияет на поведение дефинитивного хозяина марит *P. fasciolaemorpha*. Лоси чувствительны к тепловому стрессу, в жаркие дни они укрываются под кронами деревьев, а в прохладные сумеречные часы увеличивают свою активность и перемещения. При дальнейшем потеплении климата возможно изменение плодовитости и выживаемости лосей, модификации их поведенческих реакций в ответ на неблагоприятные погодные условия (28). Наши исследования показали, что в периоды засух и повышенной температуры лоси чаще посещают крупные водоемы для утоления жажды, охлаждения, спасаясь от гнуса и в поисках водно-болотного растительного корма, включая ядовитое растение вахту трехлистную (*Menyanthes trifoliata* L., 1753), способствующую циркуляции желчи (у лося отсутствует желчный пузырь), обезболиванию от укусов, заживлению ран. Именно в таких крупных водоемах обитает промежуточный хозяин *P. fasciolaemorpha* — роговая катушка *Planorbarius corneus*. Обмеление озер способствует скоплению моллюсков на мелководье в зоне зарослей макрофитов. Поэтому в засушливые годы значительно возрастает концентрация инвазионного начала в прибрежной полосе крупных озер-старич.

Влияние аномальных по количеству выпавших осадков сезонов сказывалось на зараженности лося спустя 1-2 года (4). Так, пик интенсивности инвазии *P. fasciolaemorpha* был зарегистрирован в охотничий сезон 2014-2015 годов, после засушливых 2010 и 2013 годов, — 8610 (19-48984) экз/особь. После аномально дождливого и прохладного лета 2015 года, в сезон охоты 2016-2017 годов отмечалась минимальная интенсивность инвазии — 915 (17-3490) экз/особь при снижении общей зараженности лося до 57,6 %. Холодное лето и дождливая осень 2019 года отразились на количественных показателях парафасциолопсозной инвазированности лося в сезон охоты 2019-2020 годов. По сравнению с предыдущим сезоном наблюдалось снижение встречаемости зараженных лосей до 64,3 % при интенсивности инвазии до 3,5 тыс. экз/особь.



**Рис. 4.** Корреляционные поля экстенсивности парафасциолопсозной инвазии лося *Alces alces* L., 1758 с метеорологическими аномалиями летних сезонов: А — выпавшие осадки, Б — средняя температура воздуха (2009-2021 годы, НООХ Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б.М. Житкова, Кировская обл.).

По результатам сопряженного анализа колебания зараженности лося парафасциолопсисами под влиянием значительных отклонений от нормы выпавших за лето осадков была выявлена обратная нелинейная зависимость. Дефицит осадков провоцировал повышение экстенсивности инвазии ( $r = -0,60, n = 8, p \leq 0,05$ ) (рис. 4, А). В то же время зараженность лося

парафасциолопсисами проявляла среднюю нелинейную зависимость от температурного фактора (см. рис. 4, Б). Корреляционная связь температурных аномалий летнего сезона с экстенсивностью инвазии была средней положительной ( $r = 0,31$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0,05$ ), с интенсивностью инвазии — средней отрицательной ( $r = -0,45$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0,05$ ). Слабая степень взаимосвязи с температурным фактором, вероятно, объясняется экологической особенностью промежуточного хозяина, который населяет крупные стоячие или слабопроточные водоемы, где температура не подвержена значительным колебаниям и развитие партенит происходит в относительно стабильных межгодовых условиях. Это согласуется с мнением исследователей из Великобритании (32) о том, что температура в пределах оптимального диапазона не оказывает существенного влияния на скорость развития церкарий в моллюсках-хозяевах. Однако американские ученые (33) выявили изменения в системе паразит—хозяин при потеплении климата: личиночные стадии паразита быстрее развиваются в моллюске при повышенных температурах, но существуют определенные ограничения: при температуре выше  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в средних широтах развитие партенит паразитов в моллюсках замедляется (32).

Плодовитость марит *P. fasciolaemorpha* в течение года также закономерно меняется в зависимости от температуры окружающей среды: она выше в теплые месяцы по сравнению с зимним периодом. Количество яиц, выделяемых паразитом, увеличивается в течение вегетационного сезона (10, 19).

Среди многочисленных факторов окружающей среды, вызывающих изменения в паразитарных инвазиях, климатические переменные оказывают наибольшее влияние. Трематоды, имеющие личиночные стадии, свободно живущие в окружающей среде или паразитирующие в беспозвоночных (*Arthropoda* и *Mollusca*), в большей степени подвержены влиянию климатических факторов, чем те гельминты, в жизненном цикле которых такие фазы отсутствуют. Резкие изменения климата могут воздействовать на популяции гельминтов (трематод) и даже привести к вспышкам паразитарных зоонозов (1, 34).

Передача паразитов происходит в условиях множества колеблющихся факторов внешней среды. Особенно уязвим этап поиска хозяина, когда церкарии трематод подвергаются непосредственному внешнему воздействию водной среды. По экспериментальным данным (30), церкарии литоральной трематоды *Maritrema novaezealandensis* быстрее погибали при более высокой температуре, повышенной солености и при воздействии ультрафиолетового излучения. Церкарии *P. fasciolaemorpha* в течение нескольких часов после выхода из моллюска инцистируются и превращаются в адолескарии, более устойчивые к неблагоприятным абиотическим факторам.

Устойчивая циркуляция парафасциолопсозной инвазии на рассматриваемой нами территории, вероятно, была вызвана повышенной плотностью населения дефинитивного хозяина, обуславливающей скопление инвазионного материала в водоемах, и совокупностью аномальных погодных условий — частой повторяемостью засушливых сезонов: за 12 лет исследований отмечено 6 лет с дефицитом осадков, из которых 4 — аномально засушливые. При этом зараженность моллюсков *P. corneus* партенитами (редии, церкарии) в период исследования оставалась высокой (ЭИ до 71 %). Средняя плотность популяции промежуточного хозяина в озерах-старницах составляла  $4,6 \pm 3,3$  экз/м<sup>2</sup>. В годы с дефицитом осадков концентрация роговой катушки в прибрежной зоне акваторий возрастала до 15 экз/м<sup>2</sup>, а в дождливые сезоны снижалась до 3 экз/м<sup>2</sup>.

Видоспецифический паразит лося *P. fasciolaemorpha* в южнотаежных лесах Среднего Поволжья — постоянный компонент биоценоза, который

служит одним из механизмов его экологического равновесия. Нарушение равновесия может вызвать вспышку парафасциолопсоза. В условиях современных климатических тенденций с участвующими погодными аномалиями необходимо принять меры для предотвращения возможной вспышки этого зооноза. В хозяйствах с чрезмерно высокой плотностью лося на ограниченных территориях требуется избирательный отстрел ослабленных самцов в период гона, а также животных с морфологическими отклонениями и задержкой развития. При освоении квот добычи лося целесообразно проводить отстрел преимущественно в пойменных угодьях и в основном сеголетков как наиболее зараженных и служащих источником загрязнения окружающей среды яйцами паразитов (19, 25, 35).

Организация антигельминтных мероприятий особенно необходима в засушливые сезоны. Согласно рекомендациям белорусских ученых (36), 1-ратно с выкладкой солонцов можно использовать ветеринарный препарат Трикламизол в дозе 75 мг/кг, эффективность которого при парафасциолопсозе лося составляет 95-100 %. Для постоянного привлечения лосей солонцы желательно располагать рядом с малыми водотоками и на удалении более 1,5 км от глубоких озер-старич, пригодных для обитания промежуточного хозяина.

Таким образом, установлена способность взрослых лосей нивелировать воздействие паразитов *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* Ejsmont, 1932 посредством выработки сопутствующего иммунитета, который поддерживается за счет постоянного контакта с инвазионным началом; его прерывание даже на короткое время приводит к потере иммунного статуса. Этим объясняется снижение интенсивности инвазии на фоне общей высокой экстенсивности инвазии парафасциолопсозами. На территории Кировской области выявлена статистически подтвержденная высокая прямая зависимость экстенсивности парафасциолопсозной инвазии лося от плотности популяции и высокая обратная зависимость от количества выпавших за лето осадков. Температурный фактор оказывает на зараженность лося парафасциолопсозами слабое влияние.

<sup>1</sup>ФГБНУ Всероссийский НИИ охотничьего хозяйства  
и звероводства им. профессора Б.М. Житкова,  
610020 Россия, г. Киров, ул. Преображенская, 79,  
e-mail: biota.vniioz@mail.ru ✉, pankratov-a@bk.ru;  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Вятский государственный  
агротехнологический университет,  
610017 Россия, г. Киров, пр. Октябрьский, 133,  
e-mail: olgamaslen@yandex.ru

Поступила в редакцию  
18 июля 2022 года

*Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2023, V. 58, № 2, pp. 302-312

## CIRCULATION FEATURES OF *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* (Ejsmont, 1932) ON THE TERRITORY OF THE VYATKA PRIKAMIE UNDER WEATHER ANOMALIES

T.G. Shikhova<sup>1</sup> ✉, O.V. Maslennikova<sup>2</sup>, A.P. Pankratov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, 79, ul. Preobrazhenskaya, Kirov, 610020 Russia, e-mail biota.vniioz@mail.ru ✉ corresponding author, pankratov-a@bk.ru;

<sup>2</sup>Vyatka State Agrotechnological University, 133, Oktyabr'skiy Pr., Kirov, 610017 Russia, e-mail olgamaslen@yandex.ru ORCID:

Shikhova T.G. orcid.org/0000-0002-4584-4675

Pankratov A.P. orcid.org/0009-0006-1271-8126

Maslennikova O.V. orcid.org/0000-0003-1859-4655

The authors declare no conflict of interests

Final revision received July 18, 2022

doi: 10.15389/agrobiol.2023.2.302eng

Accepted August 23, 2022



## Abstract

The parasite fauna of ungulates is a permanent component of natural biocenoses. Species-specific and most pathogenic moose biohelminth *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* Ejsmont, 1932 in the forest zone has epizootic significance, forms stable natural foci. The study of this trematode remains insufficient throughout the entire range of the species. There are few scientific publications on the influence of abiotic factors on the helminth life cycle. The presented work is based on monitoring data of parafasciolopsosis in the Kirov Region. There was statistically confirmed for the first time that moose infection depends on the amount of summer precipitation, and to a lesser extent depends on temperature. The purpose of our work is to establish the features of the incidence of parafasciolopsosis in moose with significant deviations in the temperature and humidity regime of summer seasons. The studies were carried out in the floodplain Cheptsra River (a large tributary of the Vyatka River) within the southern taiga zone of the east of the Russian Plain in 2009–2021. Liver samples of 189 moose were processed by helminthological autopsy. A quantitative account of sexually mature specimens *P. fasciolaemorpha* was carried out with subsequent extrapolation of data. The prevalence of invasion and intensity of invasion in moose were calculated. The infestation of the intermediate host, the freshwater snail *Planorbarius corneus* (L., 1758), was determined by the hepatopancreas compression method with counting the number of trematode larvae. To assess the meteorological conditions of the summer seasons, we used the average air temperature (°C) and the average amount of precipitation (mm) for June–August from open source data of Internet resources for the city of Kirov. Weather anomalies of summer seasons (average air temperature, average amount of precipitation) are expressed as a percentage of the average values for the reference period 1961–1990. With an increase in the abundance of the local population of moose (from 3.1 to 16.7 individuals/1000 ha of forest land), a consistent increase in the incidence of parafasciolopsosis is recorded (from 33.3 % to 76.5 %). A high positive non-linear relationship was established between the abundance of the local moose group and the prevalence of invasion ( $r = 0.76$ ,  $R^2 = 0.86$ ,  $n = 9$ ,  $p \leq 0.05$ ). During the study period, there were summer seasons with extreme temperature and humidity regimes: three abnormally rainy, four dry, four cool and five hot years. In dry years, the concentration of the invasiveness in floodplain water bodies increases significantly. An inverse non-linear dependence between the infestation of moose with the trematode *P. fasciolaemorpha* and anomalies in the amount of precipitation during the summer was revealed. The precipitation deficiency provokes an increase prevalence of invasion in the definitive host ( $r = -0.60$ ,  $R^2 = 0.89$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0.05$ ). The temperature factor has a weak effect on the *Parafasciolopsis* infection of the moose: the correlation with the prevalence of invasion is medium positive ( $r = 0.31$ ,  $R^2 = 0.75$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0.05$ ), with the intensity of invasion is medium negative ( $r = -0.46$ ,  $R^2 = 0.24$ ,  $n = 8$ ,  $p \leq 0.05$ ). A decrease in the average intensity of invasion was found together with a general high incidence of this trematodosis in moose due to the development of concomitant immunity. To normalize the situation in the parafasciolopsosis focus, it is advisable to selectively shoot weakened male moose during the rutting season. In floodplain lands, it is required to increase the shooting of calves, as the most infected age group, serving as a source of environmental pollution with parasite eggs. In dry seasons, a single application of anthelmintic preparations into licks is necessary.

Keywords: moose, parafasciolopsosis, prevalence of invasion, intensity of invasion, meteorological anomalies, Cheptsra River, Kirov region.

## REFERENCES

1. Hudson P.J., Cattadori I.M., Boag B., Dobson A.P. Climate disruption and parasite-host dynamics: patterns and processes associated with warming and the frequency of extreme climatic events. *Journal of Helminthology*, 2006, 80(2): 175–182 (doi: 10.1079/joh2006357).
2. Kołodziej-Sobocińska M. Factors affecting the spread of parasites in populations of wild European terrestrial mammals. *Mammal Research*, 2019, 64(3): 301–318 (doi: 10.1007/s13364-019-00423-8).
3. Maslennikova O.V., Shikhova T.G., Pankratov A.P. *Zoologicheskii zhurnal*, 2019, 98(5): 578–587 (doi: 10.1134/S0044513419050076) (in Russ.).
4. Filip-Hutsch K., Czopowicz M., Barc A., Demiaszkiewicz A.W. Gastrointestinal helminths of a European moose population in Poland. *Pathogens*, 2021, 10(4): 456 (doi: 10.3390/pathogens10040456).
5. Filip-Hutsch K., Hutsch T., Kolasa S., Demiaszkiewicz A.W. First description of histopathological lesions associated with a fatal infection of moose (*Alces alces*) with the liver fluke *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* Ejsmont, 1932. *Journal of Veterinary Research*, 2019, 63(4): 549–554 (doi: 10.2478/jvetres-2019-0068).
6. Subbotin A.M. *Gel'mintozenozy zhivotnykh Belarusi (parnokopytnye i plotoyadnye), ikh lechenie i vliyaniye na mikrobiotsenoz organizma khozyaina* [Helminthocenoses of Belarusian animals (artiodactyls and carnivores), their treatment and influence on the microbiocenosis of the host organism]. Vitebsk, 2010 (in Russ.).

7. Gulakov A.V., Pen'kevich V.A. Parafastioplosoz i raspredelenie <sup>137</sup>Cs po organam i tkanyam losya i kosuli, obitayushchikh na territorii Poleskogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika. *Vesnik Mazyrskaga dzyarzhaynaga pedagagichnaga yuniversiteta imya I.P. Shamyakina*, 2020, 1(55): 30-36.
8. Filip K.J., Demiaszkiewicz A.W. Internal parasitic fauna of elk (*Alces alces*) in Poland. *Acta Parasitologica*, 2016, 61(4): 657-664 (doi: 10.1515/ap-2016-0092).
9. Filip K.J., Demiaszkiewicz A.W., Pyziel A.M. Rola łosi (*Alces alces*) w rozprzestrzenianiu pasożytów. *Życie Weterynaryjne*, 2017, 92(5): 359-363.
10. Filip-Hutsch K., Czopowicz M., Świśłocka M., Ratkiewicz M., Borkowska A., Kowalczyk R., Demiaszkiewicz A.W. Patterns of parasite eggs, oocysts and larvae shedding by moose in the Biebrza marshland (NE Poland). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 2020, 11: 191-197 (doi: 10.1016/j.ijppaw.2020.02.007).
11. Bergmane B., Berzina D. Pathological changes of the liver in elks (*Alces alces*) infected with Parafasciolopsis fasciolaemorpha. *Journal of Comparative Pathology*, 2020, 174: 195 (doi: 10.1016/j.jcpa.2019.10.173).
12. Bergmane B., Berzina D., Visocka A. Histopathological changes in liver of elks with *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* invasion. *Proc. 25th Int. Conf. «Research for rural development 2019»*, 2019, Jelgava, 1: 262-264 (doi: 10.22616/rrd.25.2019.040).
13. Fertikov V.I., Sonin M.D., Rykovskiy A.S., Egorov A.N. *Gel'minty dikikh kopytnykh Natsional'nogo parka «Zavidovo» i lesnoy zony Rossii* [Helminths of wild ungulates of the Zavidovo National Park and the forest zone of Russia]. Tver', 1999 (in Russ.).
14. Romashova N.B., Breslavtsev S.A., Gribkova S.A., Romashov B.V. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami*, 2016, 17: 390-392 (in Russ.).
15. Maslennikova O.V., Shikhova T.G. *Veterinariya*, 2017, 4: 37-40 (in Russ.).
16. Filip K.J., Pyziel A.M., Demiaszkiewicz A.W. A massive invasion of *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* in elk (*Alces alces*) in Lublin Province, Poland. *Annals of Parasitology*, 2016, 62(2): 107-110 (doi: 10.17420/ap6202.40).
17. Świśłocka M., Borkowska A., Matosiuk M., Czajkowska M., Duda N., Kowalczyk R., Ratkiewicz M. Sex-biased polyparasitism in moose (*Alces alces*) based on molecular analysis of faecal samples. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 2020, 13: 171-177 (doi: 10.1016/j.ijppaw.2020.10.008).
18. Litvinov V.F., Kovalev N.A., Podoshvelev D.A., Krasochko P.A. Parazitotsenozy okhotnich'ikh zhivotnykh v okhotnich'ikh ugod'yakh i okhrannykh territoriyakh Belarusi. *Vesti Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk*, 2017, 3: 79-90.
19. Maslennikova O.V. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami*, 2020, 21: 223-228 (doi: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.223-228) (in Russ.).
20. Rykovskiy A.S. V sbornike: *Trudy gel'mintologicheskoy laboratorii AN SSSR* [In: Proceedings of the Helminthological Laboratory of the Academy of Sciences of the USSR]. Moscow, 1975, 25: 135-145 (in Russ.).
21. Govorka Ya., Maklakova L.P., Mitukh Ya., Pel'gunov A.N., Rykovskiy A.S., Semenova M.K., Sonin M.D., Erkhardova-Kotrla B., Yurashek V. *Gel'minty dikikh kopytnykh Vostochnoy Evropy* [Helminths of wild ungulates of Eastern Europe]. Moscow, 1988 (in Russ.).
22. Ivashkin V.M., Kontrimavichus V.L., Nazarova N.S. *Metody sbora i izucheniya gel'mintov nazemnykh mlekopitayushchikh* [Methods for collecting and studying helminths of terrestrial mammals]. Moscow, 1971 (in Russ.).
23. Kotel'nikov G.A. *Gel'mintologicheskie issledovaniya zhivotnykh i okruzhayushchey sredy: spravochnik* [Helminthological animal and environmental research: a handbook]. Moscow, 1984 (in Russ.).
24. *Reliable prognosis rp5.ru*. Available: [https://rp5.ru/Weather\\_in\\_Kirov](https://rp5.ru/Weather_in_Kirov). No date.
25. Maslennikova O.V., Shikhova T.G. Zarazhennost' molodykh losey (*Alces alces*) parafastioplosozom v zavisimosti ot meteoulovoy. *Vesti Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk*, 2022, 60(3): 313-320 (doi: 10.29235/1817-7204-2022-60-3-312-319).
26. Perevedentsev Yu.P., Parubova E.M., Shantalinskiy K.M., Myagkov M.A., Sherstyukov B.G. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*, 2021, 31(1): 65-75 (doi: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-65-75) (in Russ.).
27. Solov'ev A.N., Shikhova T.G., Busygin E.I. The influence of climatic anomalies on the animals in Middle latitudes of the East of the Russian plain. *Agricultural Biology*, 2015, 50(2): 137-151 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.137eng).
28. Borowik T., Ratkiewicz M., Maślanka W., Duda N., Kowalczyk R. Too hot to handle: summer space use shift in a cold-adapted ungulate at the edge of its range. *Landscape Ecology*, 2020, 35: 1341-1351 (doi: 10.1007/s10980-020-01018-4).
29. Bergmane B., Keidāne D., Krūklīte A., Bērziņa D. Invasion of Parafascioloposis in elks in Latvia. *Proc. of the Conf. «Current events in veterinary research and practice»*. Jelgava, 2017: 7-10.
30. Studer A., Poulin R. Cercarial survival in an intertidal trematode: a multifactorial experiment with temperature, salinity and ultraviolet radiation. *Parasitology Research*, 2013, 112(1): 243-249 (doi: 10.1007/s00436-012-3131-3).
31. Prokofiev V.V., Galaktionov K.V., Levakin I.A. Patterns of parasite transmission in polar seas:

- Daily rhythms of cercarial emergence from intertidal snails. *Journal of Sea Research*. 2016, 113: 85-98 (doi: 10.1016/j.seares.2015.07.007).
32. Morley N., Lewis J. W. Thermodynamics of cercarial development and emergence in trematodes. *Parasitology*, 2012, 140(10): 1-14 (doi: 10.1017/S0031182012001783).
  33. Paull S., Johnson P. High temperature enhances host pathology in a snail-trematode system: Possible consequences of climate change for the emergence of disease. *Freshwater Biology*, 2011, 56(4): 767-778 (doi: 10.1111/j.1365-2427.2010.02547.x).
  34. Mas-Coma S., Valero M., Bargues M. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. *Veterinary Parasitology*, 2009, 163(4): 264-80 (doi: 10.1016/j.vetpar.2009.03.024).
  35. Glushkov V.M., Pankratov A.P. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2014, 2: 53-60 (in Russ.).
  36. Myastsova T.Ya., Kaplich V.M., Bakhur O.V. *Ekologiya i zhivotnyy mir*, 2020, 2: 3-6 (in Russ.).