

Личинки стрекоз (Insecta) как вторые промежуточные хозяева трематод рода *Plagiorchis* в бассейне озера Чаны, Западная Сибирь

Н. М. ПОНОМАРЕВА, О. Н. ПОПОВА, Н. И. ЮРЛОВА

Институт систематики и экологии животных СО РАН
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11

E-mail: Rastyazhenko86@mail.ru, popova-2012@yandex.ru, yurlova@ngs.ru

Статья поступила 05.05.2022

После доработки 30.05.2022

Принята к печати 01.06.2022

АННОТАЦИЯ

Трематоды семейства Plagiorchiidae являются широко распространенными эндопаразитами с жизненным циклом, включающим нескольких хозяев. Впервые исследованы вторые промежуточные хозяева трематод рода *Plagiorchis* в лесостепной зоне Западной Сибири в бассейне оз. Чаны, где проходят миграционные пути многих видов водных и околоводных птиц – окончательных хозяев этих трематод. Работа выполнена в 2014–2015 гг. в тростниковой зоне оз. Фадиха, которая является местом обитания первых промежуточных хозяев плагиорхид – моллюсков. На предмет экстенсивности и интенсивности трематодной инвазии исследованы обнаруженные в гидробиологических пробах беспозвоночные животные из классов Insecta, Malacostraca и Gastropoda – потенциальные вторые промежуточные хозяева плагиорхид. Метацицеркарии (личинки вторых промежуточных хозяев) трематод рода *Plagiorchis* (*P. elegans* и *P. multiglandularis*) найдены только у насекомых из отряда Odonata: наибольшую долю среди зараженных составили личинки стрекоз *Sympetrum vulgatum* (68 %), далее следовали виды *S. flaveolum* (18 %), *S. sanguineum* (9 %) и *Aeshna serrata* (5 %). Экстенсивность инвазии метацицеркарий обнаруженных видов трематод для четырех видов стрекоз в годы исследования варьировалась в диапазоне от 3,3 до 45,5 %, интенсивность инвазии – от 2 до 4 трематод на одну личинку стрекозы. Зараженность метацицеркариями увеличивалась с возрастом личинок стрекоз. Выявлена тенденция положительной связи между зараженностью первых (моллюсков) и вторых (личинок стрекоз) промежуточных хозяев. Установлена достоверная связь экстенсивности инвазии личинок стрекоз с плотностью их популяций, которая меняется на протяжении сезона. Сезонные изменения в зараженности стрекоз метацицеркариями трематод рода *Plagiorchis* связаны с фенологией этих насекомых: периоды подъема зараженности регистрировались накануне массового вылета стрекоз, когда численность личинок стрекоз в водоеме предельно высокая, и, наоборот, периоды спада зараженности отмечались после массового метаморфоза стрекоз.

Ключевые слова: личинки стрекоз (Odonata), зараженность трематодами (Trematoda, Plagiorchiidae), Западная Сибирь.

ВВЕДЕНИЕ

Трематоды (Trematoda), сосальщики, относятся к классу паразитических плоских червей, личинки которых обитают в беспозвоночных и позвоночных животных – промежуточных (дополнительных) хозяевах, а взрослые особи (мариты) специализируются только на позвоночных – окончательных

звоночных и позвоночных животных – промежуточных (дополнительных) хозяевах, а взрослые особи (мариты) специализируются только на позвоночных – окончательных

(дефинитивных) хозяевах. Размеры личинок сосальщиков составляют около миллиметра и менее.

Трематоды сем. Plagiorchiidae (плагиорхиды), особенно рода *Plagiorchis* Lühe, 1899, – потенциальные возбудители гельминтозов многих животных; известны также случаи заражения человека [Asada et al., 1962; Hong et al., 1996; Guk et al., 2007; Гаевская, 2015]. Первыми промежуточными хозяевами плагиорхид (рис. 1) выступают моллюски, в которых находятся спороцисты, продуцирующие церкарий [Масу, 1960; Vayrynen et al., 2000; Żbikowska et al., 2006; Faltýnková et al., 2007; Радев и др., 2009; Soldánová et al., 2010; Zhytova, 2010]. Вторыми промежуточными хозяевами этих трематод могут быть ракообразные, моллюски, личинки стрекоз, хирономид и ручейников, в которых развиваются метацеркарии [Котица, 1965; Краснолобова, 1982; Краснолобова, Илюшина, 1991; Hong et al., 1999; Сударилов и др., 2002; Kryukova et al., 2005; Faltýnková, 2007; Chaea et al., 2012]. В качестве окончательных хозяев зарегистрированы водные и околоводные птицы [Карпенко, 1975; Яковлева и др., 2011, 2012; Кириллов, Кириллова, 2013], млекопитающие [Панов, Карпенко, 2004; Al-Zihiry, Awad, 2008; Шакарбоев и др., 2012; Chai et al., 2013; Guabanyi et al., 2015; Chihai et al., 2020], рептилии и амфибии [Радев и др., 2009], в которых развиваются мариты трематод.



Рис. 1. Схема жизненного цикла трематод семейства Plagiorchiidae

Плагиорхиды широко распространены в Западной Сибири. Партениты этих гельминтов зарегистрированы у девяти видов моллюсков рода *Lymnaea* (Lymnaeidae), в частности, у его подродов *Stagnicola*, *Radix* и *Peregrina* [Водяницкая, Юрлова, 2013; Растяженко, Юрлова, 2013]; встречаемость их у первых промежуточных хозяев достигает 74 % [Yurlova et al., 2006; Doi, Yurlova, 2011; Водяницкая, Юрлова, 2013; Растяженко, Юрлова, 2013]. Мариты обнаружены у 58 видов птиц из 6 отрядов: воробьинообразные, ржанкообразные, поганкообразные, гусеобразные, соколообразные и кукушкообразные [Быховская-Павловская, 1953; Филимонова, Шаляпина, 1975; Ятченко, 1979]; их встречаемость у окончательных хозяев достигает до 60 % [Карпенко, 1975; Филимонова, Шаляпина, 1975; Ятченко, 1979; Водяницкая, Сербина, 2008].

Что касается сведений о вторых промежуточных хозяевах трематод рода *Plagiorchis* на юге Западной Сибири, то имеются данные только по водоемам степной зоны (Карасукская водная система) исследуемого региона: это личинки стрекоз, поденок, водных жуков, хирономид, кулицид и ручейников [Илюшина, 1975; Карпенко, Заика, 1979]. В лесостепной зоне вторые промежуточные хозяева плагиорхид ранее никогда не изучались.

Настоящее исследование выполнено в бассейне оз. Чаны, самого большого водоема Западной Сибири, расположенного в Барабинской лесостепи [Булатов и др., 2015]. Тростниковые заросли бассейна служат благоприятным местообитанием для многих гидробионтов, водных и околоводных птиц, которые участвуют в реализации жизненных циклов трематод. Здесь гнездятся и останавливаются на пролете во время сезонных миграций до 285 видов птиц [Юрлов и др., 2015].

Представители зообентоса (потенциальные вторые промежуточные хозяева трематод рода *Plagiorchis*) в бассейне оз. Чаны имеют разнообразный таксономический состав и высокую численность [Мисейко и др., 1986; Безматерных, 2005; Кириллов и др., 2015]. Например, по нашим данным, в тростниках оз. Фадиха среди всех выявленных водных беспозвоночных основная доля по численности принадлежит классу насекомых (Insecta, 60 %), где доминируют хирономиды (Diptera, Chi-

ronomidae, 27 %) и стрекозы (Odonata, 25 %), субдоминантами выступают клопы (Hemiptera, 19 %), нехирономидный комплекс двукрылых (non-chironomid Diptera, 15 %) и жуки (Coleoptera, 11,5 %), к прочим таксонам относятся поденки (Ephemeroptera, 2 %) и ручейники (Trichoptera, 0,5 %) [Попова, Смирнова, 2010].

Целью нашей работы было исследование бентосных животных в бассейне оз. Чаны для выявления вторых промежуточных хозяев трематод рода *Plagiorchis* с последующей оценкой зараженности выявленных хозяев и сезонной динамики их численности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование проведено в 2014–2015 гг. в бассейне оз. Чаны в прибрежной тростниковой зоне проточного оз. Фадиха (54°36'76" с. ш., 78°13'26" в. д.), расположенного в нижнем течении р. Чулым и соединяющегося с оз. Малые Чаны небольшой протокой.

Отбор гидробиологических проб проводили еженедельно с начала июня до конца августа на контрольных площадках, расположенных на разном расстоянии от уреза воды. Учеты водных беспозвоночных осуществлялись при помощи биоценометра (для сбора бентосных форм беспозвоночных) и водного сачка (для сбора бентосных, а также обитающих в толще воды среди растений форм). Биоценометр – металлическая труба квадратного сечения со стороной 25 см и высотой 70–90 см. Водным сачком диаметром 0,3 м осуществлялось “кошение” (проводка равна 1 м) по погруженной растительности. Исходя из числа проводок, осуществлялся пересчет плотности гидробионтов на 1 м². Всего собрано 72 пробы биоценометром и 72 пробы сачком, в которых содержалось около 7000 водных беспозвоночных.

Паразитологическое исследование гидробионтов на предмет их зараженности метацеркариями трематод рода *Plagiorchis* проводилось с использованием компрессорного метода [Догель, 1933]. Подсчет метацеркарий проводился при просмотре препаровальных стекол с пробой под бинокулярной лупой МБС-9 при 16–24-кратном увеличении или под световым микроскопом. Для определения таксономической принадлежности метацеркарий извлекали из цист и окрашивали уксусно-кислым кармином [Судариков и др., 2002].

По результатам гельминтологических исследований рассчитаны следующие показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ) (или встречаемость) – доля зараженных особей (личинок стрекоз) в выборке, интенсивность инвазии (ИИ) – среднее количество паразитов на одну зараженную особь, а также стандартная ошибка встречаемости и интенсивности инвазии ($\pm SE$). Из-за сложности видовой идентификации обнаруженных нами метацеркарий трематод зараженность личинок стрекоз рассчитывалась суммарно для всех видов трематод. Анализ сезонной динамики численности и зараженности личинок стрекоз производили суммарно для всех четырех видов стрекоз.

Связь зараженности трематодами личинок стрекоз с их численностью и зараженностью первых промежуточных хозяев (моллюсков) изучена с использованием коэффициента корреляции Спирмена (r). Достоверность различий между показателями среднегодовой экстенсивности инвазии личинок стрекоз оценена с использованием теста Манна – Уитни. Для статистической обработки данных использован пакет программ Microsoft Excel 2007, Statistica 6.0 и Past 2.10.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В собранных на оз. Фадиха гидробиологических пробах выявлены представители следующих классов: Насекомые (Insecta, $n = 2495$) – стрекозы (Odonata), двукрылые (Diptera: Ceratopogonidae, Chironomidae), поденки (Ephemeroptera), ручейники (Trichoptera), клопы (Hemiptera); Высшие раки (Malacostraca, $n = 250$) – гаммарусы (Amphipoda), изоподы (Isopoda); Брюхоногие моллюски (Gastropoda, $n = 3100$) – прудовики (Lymnaeidae), физиды (Physidae), катушки (Planorbidae). Все гидробионты были исследованы на предмет их принадлежности ко вторым промежуточным хозяевам трематод рода *Plagiorchis*. Метацеркариями плагиорхисов оказались заражены только насекомые из отряда Odonata ($n = 808$). Соответственно, в дальнейшем мы исследовали только личинок стрекоз: видовой состав, сезонную динамику зараженности метацеркариями трематод, связь зараженности с возрастом и численностью вторых промежуточных хозяев.

Видовой состав и численность личинок стрекоз на оз. Фадиха. В прибрежных трост-

никах оз. Фадиха обнаружены личинки девяти видов стрекоз: подотряд Равнокрылые стрекозы (Zygoptera) – *Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840), *Sympetrum paedisca* (Brauer, 1877); подотряд Разнокрылые стрекозы (Anisoptera) – *Aeshna mixta* Latreille, 1805, *A. serrata* Hagen, 1856, *Libellula quadrimaculata* L., 1758, *Sympetrum danae* Sulzer, 1776, *S. flaveolum* (L., 1758), *S. sanguineum* (Mueller, 1764), *S. vulgatum* (L., 1758). Ранее в тростниках этого озера был выявлен список из 14 видов личинок стрекоз [Попова, Смирнова, 2010]. Наше исследование добавило к этому списку два вида – *E. cyathigerum* и *A. mixta*, итого для тростниковых зарослей оз. Фадиха стало известно 16 видов стрекоз, а для всего озера – 19 видов (с учетом его плесовой части). Всего в бассейне оз. Чаны обитает 42 из 68 видов стрекоз, известных для Западно-Сибирской лесостепи [Попова, Харитонов, 2004; Ророва, 2007].

По численности (в порядке убывания) виды расположились следующим образом: *S. vulgatum* (47 % от общей численности всех исследованных девяти видов), *S. flaveolum* (24 %), *S. sanguineum* (16 %), *S. danae* (7 %), *E. cyathigerum* (2 %), *S. paedisca*, *A. mixta*, *A. serrata* и *L. quadrimaculata* (по 1 %).

На оз. Фадиха численность личинок стрекоз (сумма всех обнаруженных девяти видов) в июне–августе 2014 г. варьировала от 15 до 36 экз./м², 2015 г. – от 3 до 25 экз./м² (рис. 2).

Видовой состав трематод и инвазированных ими стрекоз. У 4 из 9 исследованных видов стрекоз обнаружены метацеркарии двух видов трематод – *Plagiorchis multiglandularis* (Rudolphi, 1802) и *P. elegans* Семенов, 1927. Наибольшую долю среди зараженных соста-

вили личинки стрекоз *S. vulgatum* (68 %), далее по убыванию зараженности идут *S. flaveolum* (18 %), *S. sanguineum* (9 %) и *Ae. serrata* (5 %).

Возрастная структура зараженности личинок стрекоз метацеркариями трематод рода *Plagiorchis*. Среди зараженных особей более 70 % составляли личинки старшего возраста, 24 % – среднего и всего 5 % – младшего. С возрастом у личинок стрекоз также увеличивается интенсивность заражения метацеркариями: у личинок младшего и среднего возрастов интенсивность паразитов не превышала 1 экз. на 1 личинку стрекозы, у личинок старшего возраста варьировала от 1 до 8 экз.

Общая характеристика и сезонная динамика зараженности личинок стрекоз метацеркариями трематод рода *Plagiorchis*. В 2014 и 2015 гг. зараженные особи встречались с первой декады июня по первую декаду августа, за исключением третьей декады июня в 2014 г. и третьей декады июля в 2015 г., когда личинки стрекоз не были обнаружены (рис. 3).

В 2014 г. средняя встречаемость метацеркарий трематод рода *Plagiorchis* у совокупности личинок четырех исследованных видов стрекоз составила $6,5 \pm 2,9$ % (3,3–19,2 %). В 2015 г. средняя встречаемость возросла до $11,5 \pm 5,5$ % (4–46,5 %) ($U = 0,6$; $p > 0,1$). Интенсивность инвазии в 2014 и 2015 гг. составила 4 ± 2 и $2 \pm 0,5$ экз. соответственно.

Сезонные изменения встречаемости метацеркарий трематод рода *Plagiorchis* у личинок стрекоз в годы исследования характеризуются двумя подъемами (см. рис. 3, а): в середине июня (2015 г.) или в начале июля (2014 г.) и в начале августа (2014, 2015 гг.). В интен-

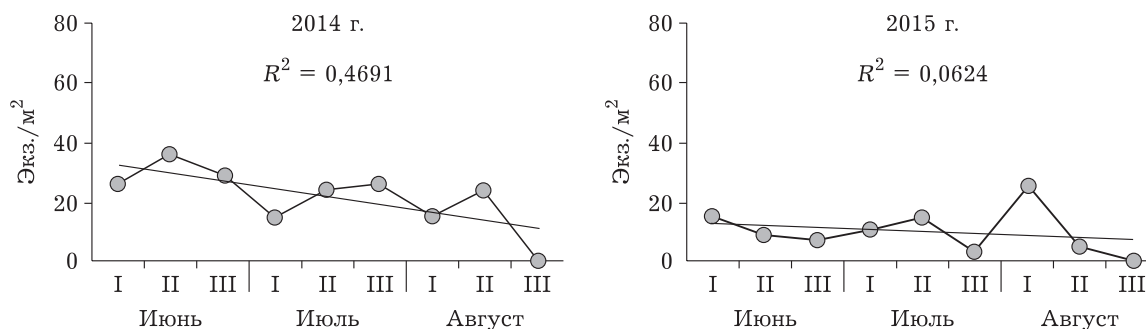


Рис. 2. Сезонная динамика численности девяти видов личинок стрекоз на оз. Фадиха, бассейн оз. Чаны. Прямые линии на графиках – тренд с величиной достоверности аппроксимации (R^2)

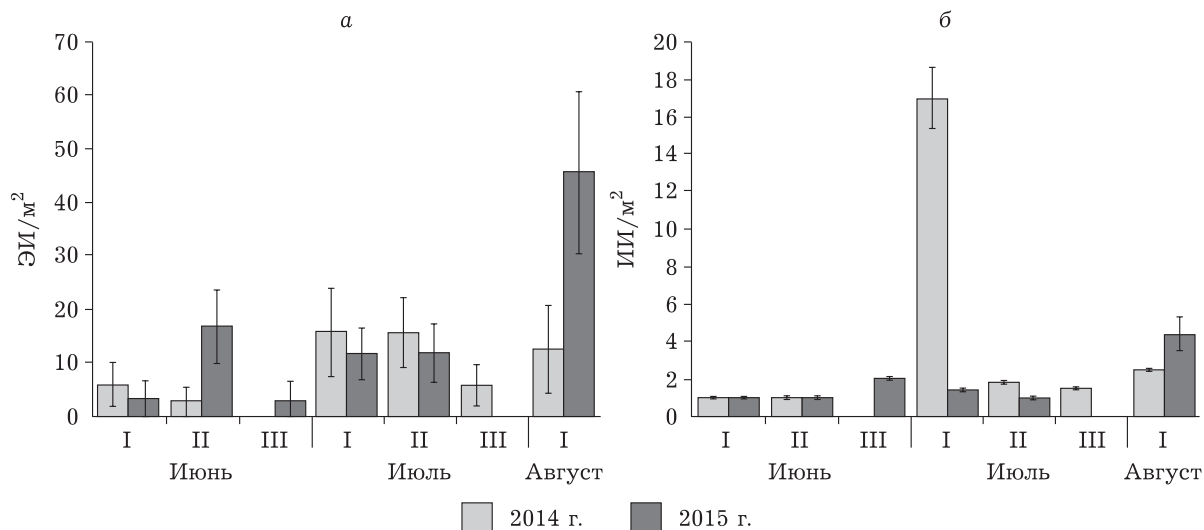


Рис. 3. Сезонная динамика экстенсивности (а) и интенсивности (б) инвазии метацеркарий трематод рода *Plagiorchis* у четырех видов личинок стрекоз на оз. Фадиха, бассейн оз. Чаны. Вертикальные планки – стандартные ошибки среднего значения

сивности инвазии личинок стрекоз метацеркариями трематод не выявлено сезонных изменений, лишь в первой декаде июля 2014 г. и первой декаде августа 2015 г. наблюдался достоверный рост (см. рис. 3, б).

В 2014 г. выявлена слабая ($r = 0,2$; $p < 0,05$), в 2015 – умеренная ($r = 0,6$; $p < 0,05$) положительная связь (корреляция) между встречаемостью личинок плагиорхис у первых (моллюсков) и вторых (стрекоз) промежуточных хозяев (рис. 4).

Установлена сильная связь (2014: $r = -0,8$; 2015: $r = 0,82$; $p < 0,05$) между численностью личинок стрекоз и их зараженностью (ЭИ) метацеркариями трематод рода *Plagiorchis* (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Отряд Odonata занимает особое место в классе Insecta. Одна из важных экологических особенностей стрекоз заключается в том, что они являются облигатными, прожорливыми и многочисленными хищниками [Бельшев, 1973а; Харитонов, 1975], что может также сказываться на степени их заражаемости паразитами.

Обнаруженные в тростниках оз. Фадиха девять видов стрекоз относятся к обычным или массовым видам в районе исследования, личинки которых предпочитают мелкие, хорошо прогреваемые водоемы. Численность населения личинок этих 9 видов в июне – августе 2014–2015 гг. изменялась от 3 до 36 экз./м²

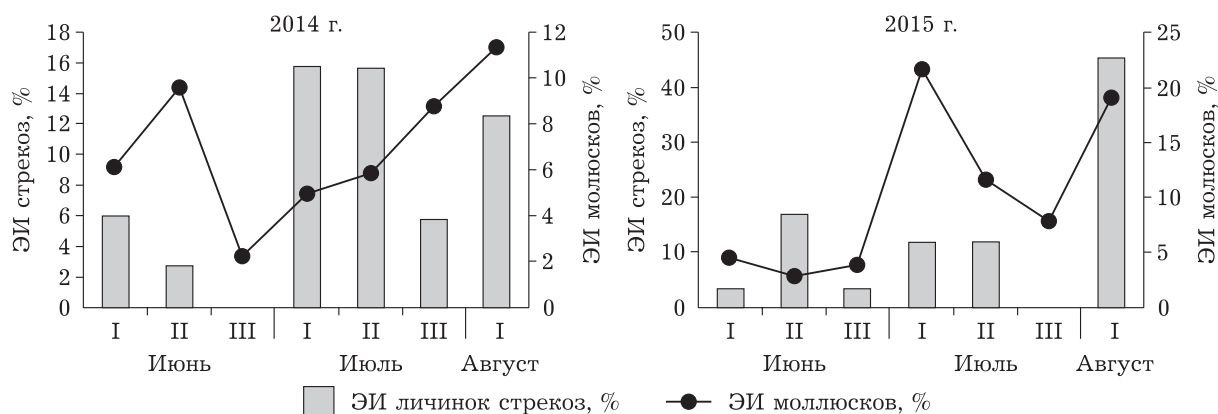


Рис. 4. Сезонные изменения зараженности (ЭИ) личинок стрекоз и моллюсков личинками трематод рода *Plagiorchis* на оз. Фадиха

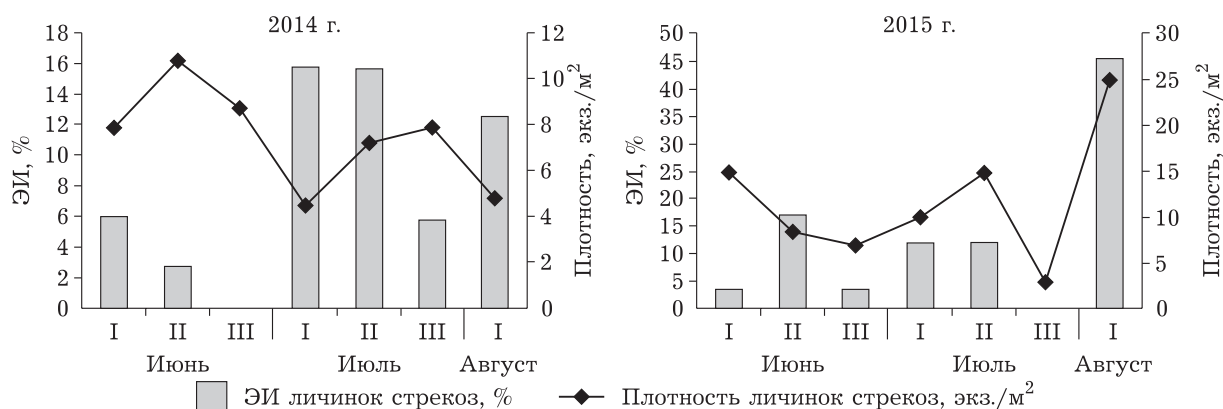


Рис. 5. Сезонные изменения численности личинок стрекоз и их зараженности (ЭИ) метацеркариями трематод рода *Plagiorchis* на оз. Фадиха

(см. рис. 2). Для сравнения, численность населения личинок 14 видов стрекоз в тростниковом побережье оз. Фадиха в июне – августе 2004–2006 гг. изменялась от 95 до 102 экз./м² [Попова, Харитонов, 2007], что сопоставимо с Карасукской системой озер, где этот показатель варьирует от 70 до 120 экз./м² [Зайка, 1982; Борисов и др., 2010]. Плотность личиночного населения стрекоз в бассейне оз. Чаны может достигать 300–500 экз./м² [Попова, Харитонов, 2008, 2009]. Важно отметить, что относительная численность личинок стрекоз в тростниках оз. Фадиха, где происходит контакт с личинками трематод, в 3,3 раза больше, чем на плесе [Попова, Харитонов, 2007].

В годы исследования в сезонной динамике численности личинок стрекоз наблюдалось два периода спада: в конце июня – начале июля и в конце августа (см. рис. 2). Такая закономерность обусловлена биологией личинок стрекоз, а именно переходом их в имаго, массовый вылет которых приходится именно на эти периоды на исследуемой территории [Борисов и др., 2010].

Стрекозы на всех фазах развития подвергаются воздействию многочисленных паразитов, становясь их промежуточными хозяевами. Из эндопаразитов в стрекозах найдены бактерии, простейшие (в частности, микроспоридии и грегарины), гельминты, из эктопаразитов – водяные клещи [Павлюк, 1989].

Взаимоотношения изучаемых объектов – моллюсков и личинок стрекоз – интересны уже потому, что они являются массовыми компонентами водных биоценозов, занимая в них одну экологическую нишу. Личин-

ки стрекоз находятся в постоянном контакте с моллюсками – первыми промежуточными хозяевами плагирихид, поэтому легкодоступны для церкарий. Церкарии выходят в воду в колоссальных количествах. Ранее полученные нами данные показали, что в районе исследования в сутки из одного моллюска *Lymnaea stagnalis* с высотой раковины 44 мм может выходить до 30 тысяч церкарий *Plagiorchis multiglandularis* [Растяженко и др., 2015]. Годовая продукция церкарий видов *Plagiorchis multiglandularis* и *P. elegans* в сумме в годы исследования на контрольном участке оз. Фадиха достигала 3,5 млн церкарий/м² [Пономарева, 2020]. Церкарии трематод р. *Plagiorchis* не проявляют фото- и геотаксиса [Краснолобова, 1982], поэтому они рассредоточены по всей толще воды. Личинки стрекоз, активно двигаясь, проникают в слои воды, где церкарии наиболее многочисленны, и подвергаются заражению последними.

Из исследованных личинок равнокрылых (2 вида) и разнокрылых (7 видов) стрекоз метацеркарии *Plagiorchis multiglandularis* и *P. elegans* были обнаружены только у разнокрылых стрекоз (Anisoptera). Заражение личинками трематод происходит через отверстия в покровах животного (у личинок стрекоз – это дыхательные отверстия по бокам брюшка, а также анальное отверстие); через желудочно-кишечный тракт (при питании церкариями трематод) заражения не происходит [Shikano et al., 2015]. Возможно, накопление паразитов в организме именно разнокрылых стрекоз связано со спецификой дыхания и передвижения в воде представителей этого подотряда, что в свою очередь обусловлено анато-

мическими особенностями двух подотрядов (у личинок Anisoptera на конце брюшка имеется анальная пирамида, у личинок Zygoptera – три жаберных пластинки). Помимо присущего всем личинкам Odonata передвижения с помощью ног по субстрату или посредством плавания, у личинок Anisoptera существует реактивное движение, когда вода по принципу вакуумного насоса сначала всасывается через анальное отверстие в прямую кишку, а затем под напором выбрасывается наружу [Белышев, 1973б]. При этом в организм насекомого помимо растворенного в воде кислорода могут поступать в большом количестве личинки паразитов. В организм личинок Zygoptera паразиты могут поступить только через отверстия в покровах тела; плавают они, изгибая веретеновидное тело и поворачивая жаберные пластинки. К тому же на заражаемости личинок стрекоз могут также сказываться размеры (личинки Anisoptera в среднем больше, чем личинки Zygoptera), а также биотопическая приуроченность (личинки Anisoptera входят в состав фитофильных, придонных и бентосных сообществ, а личинки Zygoptera – только в состав фитофильных сообществ) [Белышев, 1973б].

Выявленные нами в бассейне оз. Чаны вторые промежуточные хозяева трематод рода *Plagiorchis* – стрекозы *Sympetrum vulgatum*, *S. flaveolum*, *S. sanguineum* и *Aeshna serrata*, были также зарегистрированы в качестве вторых промежуточных хозяев и в других водных системах юга Западной Сибири [Илюшина, 1975, 1979; Карпенко, Заика, 1979]. Различия в уровне встречаемости метацеркарий у отдельных видов стрекоз оказались связаны с их численностью. Наибольшую долю среди зараженных занимали наиболее многочисленные личинки стрекоз *S. vulgatum* (ЭИ 68 %), меньшую долю – менее многочисленные *S. flaveolum* (18 %) и *S. sanguineum* (9 %) и самую маленькую долю – малочисленные *A. serrata* (5 %). Таким образом, чем выше численность вида хозяина, тем больше вероятность его встречи с церкариями, что подтверждается данными, полученными для других водоемов [Карпенко, Заика, 1979; Chaea et al., 2012].

Экстенсивность инвазии для четырех исследованных видов стрекоз варьировала от 3,3 до 45,5 % (см. рис. 3, а). На сопредельной с Чановской – Карасукской системе озер наи-

большая экстенсивность инвазии метацеркариями *Plagiorchis elegans* отмечена у стрекоз *S. vulgatum* – 46,7 %, и *S. flaveolum* – 44 % [Карпенко, Заика, 1979]. В Карасукской системе помимо личинок стрекоз выявлен широкий круг других дополнительных хозяев [Илюшина, 1975].

Наши данные по средней встречаемости (6,5–11,5 %) и интенсивности инвазии (2–4 экз.) метацеркарий трематод рода *Plagiorchis* у личинок стрекоз (см. рис. 3) согласуются с данными (ЭИ 6,9, ИИ 1–7 экз.), полученными по стрекозам из водоемов Астраханского заповедника [Илюшина, 1979]. Зараженность окончательных хозяев на этих территориях также схожа [Водяницкая, Сербина, 2008; Иванов и др., 2013].

Наблюдаемые нами более высокие показатели экстенсивности и интенсивности инвазии метацеркарий у личинок стрекоз старшего возраста по сравнению с личинками среднего и младшего возрастов, скорее всего, обусловлены увеличением продолжительности их контакта с церкариями и большей площадью контакта для церкарий, что способствует аккумуляции метацеркарий в теле второго промежуточного хозяина.

В годы исследования выявлена слабая (2014 г.) и умеренная (2015 г.) положительная корреляция между экстенсивностью трематодной инвазии первых (моллюсков) и вторых (личинок стрекоз) промежуточных хозяев (см. рис. 4). Видимо, для рассматриваемых хозяев в принципе характерна такая нестабильность связи (ее межгодовые перепады), что обусловлено вполне объективными причинами. Во-первых, абиотическими факторами – условиями перезимовки личинок стрекоз и моллюсков, а также гидрорежимом конкретного сезона. Во-вторых, биотическими факторами. Так, по нашим и литературным данным, большая часть свободноживущих расселительных личинок – церкарий, не достигает своих вторых промежуточных хозяев (и, соответственно, не может быть учтена в исследованиях), а становится пищевым ресурсом для хищников, включаясь в пищевые сети водно-болотных экосистем [Kaplan et al., 2009; Shikano et al., 2015; Yurlova, 2016]. Кроме того, метацеркарии могут оказывать на вторых промежуточных хозяев (личинок стрекоз) определенное влияние, делая их более

доступными для окончательных хозяев (например, птиц): изменять поведение [Беспрозванных, 2002], задерживать метаморфоз [Регель, Прачик, 2013], угнетать их активность, что может приводить к отклонениям в распределении по акватории и глубине [Юрлова и др., 2000; Mouritsen, Poulin, 2003; Weber, Rau, 2011].

Расчеты показали, что динамика заражения личинок стрекоз метациркуляриями рода *Plagiorchis* достоверно коррелировала с динамикой плотности популяций личинок стрекоз (см. рис. 5). Наличие отрицательной (2014 г.) и положительной (2015 г.) корреляции может быть объяснено разным возрастным составом личинок стрекоз, приходящимся на каждую исследованную декаду: нами выяснено, что младшие, средние и старшие возраста личинок стрекоз имеют разные показатели экстенсивности и интенсивности трематодной инвазии.

Динамика численности личинок стрекоз в свою очередь связана с фенологией исследованных видов. Четыре вида стрекоз, зараженных метациркуляриями плагиорхид, начинают летать в Барабе в начале июня и заканчивают свой лет в сентябре. На протяжении срока лета виды рода *Sympetrum* имеют около трех пиков выплода имаго разной интенсивности – в июне, июле и августе, вид *Aeshna serrata* имеет два пика выплода – в июле и августе. В первой половине августа происходит самый массовый выплод имаго у всех четырех видов стрекоз (выполняющих роль второго промежуточного хозяина): в начале августа зараженность личинок стрекоз трематодами была достоверно выше ($t = 2,1$; $p < 0,01$), чем в остальные периоды. Плотность населения имаго стрекоз в околотовдных биоценозах оз. Фадиха в это время может составлять в среднем 20 экз./м². В этот же период птицы перед осенней миграцией активно питаются, в том числе стрекозами родов *Sympetrum* и *Aeshna*, заражаясь от них трематодами.

Следует отметить, что ежегодное появление стрекоз (численность и биомасса) из воды на сушу в околотовдных биоценозах всего бассейна оз. Чаны может составлять в среднем 75,5 экз./м², или 1,8 г/м² (сухой массы) [Popova et al., 2017], что близко к среднему значению потоков водных насекомых из очень продуктивного озера Миватн (Mývatn) в Исландии – 1,9 г/м² [Dreyer et al., 2015], а также

из “усредненного” пресного озера – 1,5 г/м² [Moys, 2020]. Поток органического углерода (который является источником пищи для наземных потребителей), передаваемый через Odonata на сушу, может достигать 2 г С/м² в год [Schriever et al., 2014; Popova et al., 2017], что близко к самому высокому значению глобальной оценки для всех амфибиотических насекомых [Gratton, Vander Zanden, 2009]. Кроме того, выполаживающиеся Odonata являются одним из основных источников потоков полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК, HUFA) из водных в наземные экосистемы [Gladyshev et al., 2013; Twining et al., 2018], которые являются физиологически важными биохимическими веществами для многих наземных животных, включая птиц [Gladyshev, Sushchik, 2019].

Личинки стрекоз и взрослые особи играют большую роль в пищевом рационе водных и околотовдных птиц [Dodson et al., 2016; Wesner et al., 2020], становясь ведущими дополнительными хозяевами трематод рода *Plagiorchis* [Карпенко, Заика, 1979]. Зараженность птиц в Чановской водной системе стабильно высокая. Высокая встречаемость трематод р. *Plagiorchis* была у птиц отрядов Passeriformes (воробьинообразных) ($62,5 \pm 4,42\%$) и Charadriiformes (ржанкообразных) (сем. Laridae (чайковые) – $60,0 \pm 12,65$, подотр. Charadrii (кулики) от 5 до 100 %) [Пересадыко, 1979; Водяницкая, Сербина, 2008]. Встречаемость мари у птиц других отрядов составила: Podicipediformes (поганкообразные) – $10,0 \pm 11,34\%$, Gruiformes (журавлеобразные) – $4,6 \pm 7,92\%$ [Водяницкая, Сербина, 2008], Anseriformes (гусеобразные) – $4,2 \pm 14,18\%$, в частности, у представителей сем. Anatidae – $0,6\text{--}14,3\%$ [Ятченко, 1979]. Вероятно, это можно объяснить тем, что тростниковые заросли, занимающие здесь около 30 % всей водопокрытой площади [Попова, Харитонов, 2012], являются оптимальным местообитанием для большинства водных насекомых и особенно для личинок стрекоз [Попова, Смирнова, 2010]. Оз. Чаны с его обширной площадью мелководий и высокой биологической продуктивностью [Безматерных, Вдовина, 2017] обеспечивает большую кормовую базу для питания птиц стрекозами – вторыми промежуточными хозяевами трематод рода *Plagiorchis*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые исследованы вторые промежуточные хозяева трематод рода *Plagiorchis* в бассейне оз. Чаны на юге Западной Сибири. Данные хозяева обнаружены только у насекомых из отряда Odonata (виды родов *Sympetrum* и *Aeshna*).

В водных и околоводных биоценозах Барабинской лесостепи стрекозы имеют высокую численность и биомассу (а также высокое содержание ПНЖК), что делает их важным кормовым объектом птиц и, соответственно, увеличивает трансмиссию трематод к окончательным хозяевам.

Установлена достоверная связь экстенсивности трематодной инвазии личинок стрекоз с плотностью их популяций.

В период исследования выявлена тенденция положительной связи между зараженностями личинок стрекоз и моллюсков (первых промежуточных хозяев) личинками трематод рода *Plagiorchis*.

Очевидно, что на показатели зараженности стрекоз метацеркариями трематод рода *Plagiorchis* может оказывать влияние комплекс факторов, к основным из которых можно отнести: наличие трансмиссивных личинок – церкарий, доступность для них личинок стрекоз, численность личинок стрекоз, а также сезонные особенности биологии и фенологии стрекоз (накопление личинок трематод в теле стрекоз на протяжении сезона/сезонов, вылет имаго).

В лесостепной зоне Западной Сибири тростниковые гидроценозы способствуют поддержанию паразитарных систем, образуемых трематодами рода *Plagiorchis*, благодаря сочетанию факторов. Во-первых, в тростниковых зарослях, которые занимают более одной трети от общей акватории, имеются оптимальные условия для успешного развития и поддержания высокой численности моллюсков – первых промежуточных хозяев, и стрекоз – вторых промежуточных хозяев трематод рода *Plagiorchis*. Во-вторых, они являются местом пролета и гнездования большого числа окончательных хозяев – водных и околоводных птиц.

Полученные показатели зараженности личинок стрекоз метацеркариями плагиорхид являются оптимальными для обеспечения успешной реализации жизненного цикла трематод, подтверждением чему служат высокие

показатели зараженности дефинитивных хозяев (птиц) в бассейне оз. Чаны.

Исследование поддержано Программой фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственной академии наук на 2021–2025 гг., проекты № 122011800141-7 и № FWGS-2021-0002, грантом РФФИ № 20-54-50004 ЯФ-а.

ЛИТЕРАТУРА

- Безматерных Д. М. Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году // Сиб. экол. журн. 2005. № 2. С. 249–254. [Bezmaternykh D. M. Composition, Structure and Quantitative Characteristic of Zoobenthos of the Lake Chany in 2001 // Siberian Ecological Journal. 2005. № 2. P. 249–254.]
- Безматерных Д. М., Вдовина О. Н. Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья: аналитический обзор // ИВЭП. Сер. Экология. 2017. Вып. 106. 180 с.
- Бельшев Б. Ф. Стрекозы как компоненты водных биоценозов и некоторые общие вопросы хищничества в природе // Проблемы экологии. Томск, 1973а. Т. 3. С. 131–134.
- Бельшев Б. Ф. Стрекозы Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. от-ние, 1973б. Т. 1. Ч. 1. 332 с.
- Беспрозванных В. В. К вопросу о последовательности включения хозяев в жизненный цикл трематод // Паразитологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке: материалы I Межрегион. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Мозгового, 8–10 октября 2002 г. С. 19–22.
- Борисов С. Н., Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Стрекозы // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь) / под ред. Ю. С. Равкина. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. С. 135–148.
- Булатов В. И., Ротанова И. И., Казанцев В. А., Курепина Н. Ю. Географическое положение, геология, геоморфология и рельеф: Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / отв. ред. О. Ф. Васильев, Я. Вейн. Новосибирск: Академ. изд-во "Гео", 2015. С. 9–18.
- Быховская-Павловская И. Е. Фауна сосальщиков птиц Западной Сибири и ее динамика // Паразитол. сб. Зоол. ин-та АН СССР. 1953. Вып. 15. С. 1–116.
- Водяницкая С. Н., Сербина Е. А. Зараженность птиц трематодами сем. Plagiorchiidae в бассейне оз. Чаны (юг Западной Сибири) // Биоразнообразие и экология паразитов наземных и водных ценозов. М., 2008. С. 60–62.
- Водяницкая С. Н., Юрлова Н. И. Партениты и церкарии трематод из моллюска *Lymanea sardinalensis* (Gastropoda, Pilsbryonata) в бассейне озера Чаны (юг Западной Сибири) // Сиб. экол. журн. 2013. Т. 20, № 1. С. 17–25. [Vodyanitskaya S. N., Yurlova N. I. Parthenites and Cercaria of Trematodes in the Snails *Lymanea sardinalensis* (Gastropoda, Pulmonata), which Inhabits the Watershed Area of Chany Lake (the South of Western Siberia) // Contemporary Problems of Ecology. 2013. Vol. 6, N 1. P. 12–19.]
- Гаевская А. В. Мир паразитов человека. I. Трематоды и трематодозы пищевого происхождения. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. 410 с.

- Догель В. А. Проблемы исследования паразитофауны рыб. (Методика и проблематика ихтиопаразитологических исследований) // Тр. Ленингр. о-ва естествоиспыт. Л., 1933. Т. 62, № 3. С. 247–288.
- Заика В. В. Место и роль стрекоз в биоценозах Северной Кулунды // Опыт комплексного использования Карасукских озер. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. С. 119–127.
- Иванов В. М., Калмыков А. П., Семенова Н. Н. Влияние трофических связей птиц на их гельминтофауну в дельте Волги и Северном Каспии // Поволжский экол. журн. 2013. № 1. С. 29–41.
- Илюшина Т. Л. Фауна метацеркарий трематод водных насекомых Астраханского заповедника // Тр. гельминтол. лаб. АН СССР. М.: Наука, 1979. Т. 29. С. 59–66.
- Илюшина Т. Я. Роль водных насекомых в жизненном цикле трематод // Паразиты в природных комплексах Северной Кулунды. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 53–94.
- Карпенко С. В. Гельминтофауна воробьиных птиц – обитателей озерных котловин северо-кулундинской лесостепи // Паразиты в природных комплексах Северной Кулунды. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 143–153.
- Карпенко С. В., Заика В. В. Материалы по экологии трематоды *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802) в Северной Кулунде // Экология и морфология гельминтов Западной Сибири: тр. Биол. ин-та СО АН СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. Вып. 38. С. 131–138.
- Кириллов А. А., Кириллова Н. Ю. Трематоды птиц (Aves) Среднего Поволжья. 2. Отряды Plagiorchidae, Renicolida, Strigeida и Shistosomatida // Паразитология. 2013. Т. 47, № 2. С. 136–177.
- Кириллов А. А., Безматерных Д. М., Двуреченская С. Я., Ермолаева Н. И., Кириллова Т. В., Ковалевская Н. М., Марусин К. В., Митрофанова Е. Ю., Романов Р. Е., Юрлова Н. И. Лимнология озера Чаны: Зообентос // Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / отв. ред. О. Ф. Васильев, Я. Вейн. Новосибирск: Академ. изд-во “Гео”. 2015. С. 96–102.
- Краснолобова Т. А. Обзор жизненных циклов трематод рода *Plagiorchis* и близких к нему родов *Plagioglyphe* и *Metaplagiorchis* (Trematoda, Plagiorchidae) // Тр. гельминтол. лаб. АН СССР. 1982. Т. 31. С. 23–60.
- Краснолобова Т. А., Илюшина Т. Л. Стрекозы как промежуточные хозяева гельминтов // Гельминты животных: тр. ГЕЛАН. 1991. Т. 38. С. 59–71.
- Мисейко Г. Н., Сипко Л. Л., Крыжановский В. В. Зообентос озера Чаны // Экология озера Чаны. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 128–147.
- Павлюк Р. С. Паразиты стрекоз // Фауна и экология стрекоз. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 206 с.
- Панов В. В., Карпенко С. В. Динамика популяции куторы обыкновенной – *Neomys fodiens* (Mammalia: Soricidae) и ее гельминтофауны в Северной Барабе // Паразитология. 2004. Т. 38, вып. 5. С. 448–456.
- Пересадько Л. В. Трематоды куликов юга Западной Сибири // Экология и морфология гельминтов Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 114–130.
- Пономарева Н. М. Реализация жизненных циклов трематод семейств Plagiorchidae и Echinostomatidae в пресноводных экосистемах юга Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2020. 21 с.
- Попова О. Н., Смирнова Ю. А. Население водных насекомых лесостепных озер Барабы (юг Западной Сибири) // Сиб. экол. журн. 2010. Т. 17, № 1. С. 69–74 [Popova O. N., Smirnova Yu. A. Community of aquatic insects in forest-steppe lakes of Baraba (south of West Siberia) // Contemporary Problems of Ecology. 2010. Vol. 3, N 1. P. 50–54].
- Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Фауна стрекоз (Insecta, Odonata) западносибирской лесостепи // Вестн. Том. гос. ун-та. 2004. № 11. С. 75–79.
- Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Биотопические особенности организации мезофауны на водоемах с тростниковыми зарослями // Актуальные вопросы изучения микро-, мейзообентоса и фауны зарослей пресноводных. Борок, 2007. С. 239–244.
- Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Население стрекоз (Insecta, Odonata) рек Барабинской лесостепи // Современное состояние водных биоресурсов: материалы Всерос. конф. (НГАУ, 26–28 марта 2008 г.). Новосибирск, 2008. С. 113–118.
- Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Особенности населения стрекоз (Insecta, Odonata) водоемов Барабинской лесостепи // Материалы X Съезда гидробиол. о-ва при РАН (Владивосток, 28 сентября – 2 октября 2009 г.). Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 318–320.
- Попова О. Н., Харитонов А. Ю. Оценка выноса вещества стрекозами из водоемов на сушу в лесостепи Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2012. Т. 19, № 1. С. 49–56 [Popova O. N., Kharitonov A. Yu. Estimation of the carry-over of substances by dragonflies from water bodies to land in the forest-steppe of West Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5, N 1. P. 34–39].
- Радев В., Канев И., Хрусанов Д., Фрид Б. Жизненный цикл *Isthmiophora melis* (Trematoda: Echinostomatidae) по материалам из Юго-Восточной Европы // Паразитология. 2009. Т. 43, № 6. С. 445–453.
- Растяженко Н. М., Юрлова Н. И. Зараженность популяции *Lymnaea tumida* (Gastropoda, Pulmonata) паразитами трематод сем. Plagiorchidae в бассейне озера Чаны // Проблемы биологической науки и образования в педагогических ВУЗах: VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новосибирск, 2013. С. 32–33.
- Растяженко Н. М. (Пономарева Н. М.), Водяницкая С. Н., Юрлова Н. И. Эмиссия церкарий трематоды *Plagiorchis multiglandularis* из моллюска *Lymnaea stagnalis* в бассейне оз. Чаны, юг Западной Сибири // Паразитология. 2015. Т. 49, вып. 3. С. 190–199.
- Регель К. В., Прачик Н. Э. О блокирующем влиянии метацистод *Mircia shigini* (Schistosaeniidae) на метаморфоз личинок стрекоз *Aeshna* spp. // Паразитология в изменяющемся мире: материалы V Съезда Паразитол. о-ва при РАН. 23–26 сентября, Новосибирск, 2013. С. 154.
- Судариков В. Е., Шигин А. А., Курочкин Ю. В., Ломакин В. В., Стенько Р. П., Юрлова Н. И. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов России / отв. ред. В. И. Фрезе. М.: Наука, 2002. Т. 1. 298 с.
- Филимонова Л. В., Шаляпина В. И. Трематоды водных и болотных птиц Северной Кулунды // Паразиты в природных комплексах Северной Кулунды. Новосибирск: Наука, 1975. С. 35–52.
- Харитонов А. Ю. Стрекозы как массовые компоненты водных биоценозов // Биологические ресурсы Западной

- Сибири и их охрана. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 63–64.
- Шакарбоев Э. Б., Акрамова Ф. Д., Азимов Д. А. Трематоды – паразиты позвоночных Узбекистана (структура, функционирование и биоэкология) / под ред. Д. А. Азимова. Ташкент: Изд-во Chinor ENK, 2012. 192 с.
- Юрлов А. К., Телепнев В. Г., Чернышов В. М., Яновский А. П., Вейн Я., Буре Г. К. Позвоночные животные озера Чаны и Причановского участка лесостепи: Птицы // Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / отв. ред. О. Ф. Васильев, Я. Вейн. Новосибирск: Академ. изд-во “Гео”. 2015. С. 162–196.
- Юрлова Н. И., Водяницкая С. Н., Глузов В. В. Анализ взаимоотношений в системе паразит–хозяин (на примере моллюсков и трематод) // Успехи соврем. биологии. 2000. Т. 120, № 6. С. 573–580.
- Яковлева Г. А., Лебедева Д. И., Иешко Е. П. Эхиностоматиды птиц Карелии // Уч. зап. ПетрГУ: Естественные и технические науки. 2011. № 8 (121). С. 24–28.
- Яковлева Г. А., Лебедева Д. И., Иешко Е. П. Фауна трематод водоплавающих птиц Карелии // Паразитология. 2012. Т. 46, № 2. С. 98–110.
- Ятченко (Юрлова) Н. И. Гельминты диких утиных птиц юга Западной Сибири // Экология и морфология гельминтов Западной Сибири / под ред. В. Е. Сударикова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 157–189.
- Al-Zihiry K. J. K., Awad A. H. H. First record of *Plagiorchis muris* Tanabe, 1922 from black rat *Rattus rattus* in Qarmat Ali, Basrah, Iraq // J. Thi-Qar Univ. 2008. Vol. 3, N 4. P. 1–6.
- Asada J. I., Otagaki H., Morita M., Takeuchi T., Sakai Y., Konishi T., Okahashi K. A case report on the human infection with *Plagiorchis muris* Tanabe, 1922 in Japan // Jpn J. Parasitol. 1962. Vol. 11. P. 512–516.
- Chaea J.-S., Parkb M. K., Kimc H.-C., Jungd J.-Y., Sond H.-Y., Ryud S.-Y., Shind H.-J., Sime C., Parkd B.-K. Infection Status of Metacercaria in Adult Dragonflies from Republic of Korea // Inter. J. Vet. Sci. 2012. Vol. 1, N 2. P. 55–58.
- Chai J. Y., Bahk Y. Y., Sohn W. M. Trematodes recovered in the small intestine of stray cats in the Republic of Korea // Korean J. Parasitol. 2013. Vol. 51, N 1. P. 99–106.
- Chihai O., Toderas I., Erhan D., Rusu S., Tălămbuță N., Nistoreanu V., Larion A., Zamornea M., Melnic G., Naforniță N. Epidemiology of *Plagiorchis elegans* in small rodents from wet and dry biotopes of the Republic of Moldova // Sci. Parasitol. 2020. Vol. 21, N 3. P. 120–130.
- Dreyer J., Townsend P. A., Iii J. C. H., Hoekman D., Vander Zanden M. J., Gratton C. Quantifying aquatic insect deposition from lake to land // Ecology. 2015. Vol. 96. P. 499–509.
- Dodson J. C., Moy N. J., Bulluck L. P. Prothonotary warbler nestling growth and condition in response to variation in aquatic and terrestrial prey availability // Ecolut. Evol. 2016. Vol. 6. P. 7462–7474.
- Doi H., Yurlova N. I. Host-parasite interactions and global climate oscillations // Parasitology. 2011. Vol. 138. P. 1022–1028.
- Faltýnková A., Našincová V., Kablášková L. Larval trematodes (Digenea) of the great pond snail, *Lymnaea stagnalis* (L.), (Gastropoda, Pulmonata) in Central Europe: a survey of species and key to their identification // Parasite. 2007. Vol. 14. P. 39–51.
- Gladyshev M. I., Sushchik N. N. Long-chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Natural Ecosystems and the Human Diet: Assumptions and Challenges. Review // Biomolecules. 2019. N 9. P. 485–501.
- Gladyshev M. I., Sushchik N. N., Makhutova O. N. Production of EPA and DHA in aquatic ecosystems and their transfer to the land // Prostaglandins Other Lipid Mediat. 2013. Vol. 107. P. 117–126.
- Gratton C., Vander Zanden M. J. Flux of aquatic insect productivity to land: comparison of lentic and lotic ecosystems // Ecology. 2009. N 90. P. 2689–2699.
- Guabanyi A., Matskasi I., Meszaros F. Helminthological investigations of small mammals in the Sălaj county, Romania // Seria Științele Vieții. Studia Universitatis “Vasile Goldis”, 2015. Vol. 25, N 3. P. 169–173.
- Guk S.-M., Kim J.-L., Park J.-H., Chai J.-Y. A Human Case of *Plagiorchis vespertilionis* (Digenea: Plagiorchiidae) Infection in the Republic of Korea // J. Parasitol. 2007. Vol. 93, N 5. P. 1225–1227.
- Hong S. G., Woo H. C., Lee S. U., Huh S. Infection status of dragonflies with *Plagiorchis muris*. metacercariae in Korea // Korean J. Parasitol. 1999. Vol. 37, N 2. P. 65–70.
- Hong S. J., Woo H. C., Chai J. Y. A human case of *Plagiorchis muris* (Tanabe, 1922: Digenea) infection in the Republic of Korea: freshwater fish as a possible source of infection // J. Parasitol. 1996. P. 647–649.
- Kaplan A. T., Rebhal S., Lafferty K. D., Kuris A. M. Small estuarine fishes feed on large trematode cercariae: Lab and field investigations // J. Parasitol. 2009. N 95. P. 477–480.
- Komiya Y. Metecercariae in Japan and adjacent territories // Prog. of Med. Parasitol. in Japan. Tokyo: Meguro Parasitological Museum, 1965. Vol. II. P. 225–233.
- Kryukova N. A., Yurlova N. I., Glupov V. V. The effect of trematodes on the cellular immunity of the dragonfly *aeschna grandis* (odonata) larvae // Паразитология. 2005. Т. 39, № 4. С. 306–317.
- Macy R. W. The life cycle of *Plagiorchis vespertilionis parorchis*, n. spp. (Trematoda: Plagiorchiidae) and observations on the effects of light on the emergence of the cercaria // J. Parasitol. 1960. Vol. 46, N 3. P. 337–345.
- Mouritsen K. N., Poulin R. Parasite-induced trophic facilitation exploited by a non-host predator: a manipulators nightmare // Int. J. Parasitol. 2003. Vol. 33. P. 1043–1050.
- Moyo S. Preliminary estimations of insect mediated transfers of mercury and physiologically important fatty acids from water to land // Biomolecules. 2020. Vol. 10. P. 129–147.
- Popova O. N. The dragonflies of forest-steepes in West Siberia: fauna, ecology, biology // Odonata: Biology of Dragonflies / Ed. B. K. Tyagi. Madurai: Scientific Publishers, India, 2007. P. 89–104.
- Popova O. N., Haritonov A. Y., Sushchik N. N., Makhutova O. N., Kalachova G. S., Kolmakova A. A., Gladyshev M. I. Export of aquatic productivity, including highly unsaturated fatty acids, to terrestrial ecosystems via Odonata // Sci. Total Environ. 2017. N 581–582. P. 40–48.
- Schriever T. A., Cadotte M. W., Williams D. D. How hydroperiod and species richness affect the balance of resource flows across aquatic-terrestrial habitats // Aquat. Sci. 2014. Vol. 76. P. 131–143.

- Shikano Sh., Kanaya G., Yurlova N. I., Rastyazhenko N. M., Urabe M. Integrating parasites into a lake food web // Tohoku University CNEAS20th anniversary International symposium. Japan, Sendai, 4–6 December, 2015. P. 94.
- Soldánová M., Selbach C., Sures B., Kostadinova A., Pérez-del-Olmo A. Larval trematode communities in *Radix auricularia* and *Lymnaea stagnalis* in a reservoir system of the Ruhr River // Parasites and Vectors. 2010. Vol. 3. P. 56–68.
- Twining C. W., Shipley J. R., Winkler D. W. Aquatic insects rich in Omega-3 fatty acids drive breeding success in a widespread bird // Ecol. Lett. 2018. Vol. 21. P. 1812–1820.
- Vayrynen T., Siddall R., Valtonen E. T., Taskinen J. Patterns of trematode parasitism in lymnaeid snails from northern and central Finland // Ann. Zool. Fenn. 2000. Vol. 37. P. 189–199.
- Webber R. A., Rau M. E. The effects of *Plagiorchis noblei* (Trematoda: Plagiorchiidae) metacercariae on the behavior of *Aedes aegypti* larvae // Can. J. Zool. 2011. Vol. 65, N 6. P. 1340–1342.
- Wesner J. S., Swanson D. L., Dixon M. D., Soluk D. A., Quist D. J., Yager L. A., Warmbold J. W., Oddy E., Seidel T. C. Loss of potential aquatic-terrestrial subsidies along the Missouri River Floodplain // Ecosystems. 2020. Vol. 23. P. 111–123.
- Yurlova N. I. Productivity and biomass of trematode (Digenea) parasites in lake ecosystems // Doklady Biological Sciences. 2016. Vol. 466. P. 28–31.
- Yurlova N. I., Vodyanitskaya S. N., Serbina E. A., Biserkov V. Y., Georgiev B. B., Chipev N. H. Temporal Variation in Prevalence and Abundance of Metacercariae in the Pulmonate Snail *Lymnaea stagnalis* in Chany Lake, West Siberia, Russia: Long-Term Patterns and Environmental Covariates // J. Parasitol. 2006. Vol. 92, N 2. P. 249–259.
- Żbikowska E., Kobak J., Żbikowski J., Kąklewski J. Infestation of *Lymnaea stagnalis* by digenean flukes in the Jeziorak Lake // Parasitol. Res. 2006. Vol. 99. P. 434–439.
- Zhytova O. P. Cercaria of the trematode *Plagiorchis mutationis* (Trematoda) from the pond snails, *Lymnaea stagnalis*, in Ukraine // Vestnik zoologii. 2010. Vol. 44, N 4. P. 29–32.

Odonata (Insecta) larvae as the second intermediate hosts of the trematodes of *Plagiorchis* genus in the basin of Chany Lake, Western Siberia

N. M. PONOMAREVA, O. N. POPOVA, N. I. YURLOVA

*Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS
630091, Novosibirsk, Frunze str., 11
E-mail: Rastyazhenko86@mail.ru*

Trematodes of *Plagiorchis* genus are widespread endoparasites with a life cycle involving several hosts. The present work on the study of the second intermediate hosts of the genus *Plagiorchis* was carried out in the basin of Chany Lake, located in the forest–steppe of Western Siberia, where pass the migration routes of many species of aquatic and near-water birds – the final hosts of these trematodes. The work was carried out in 2014–2015 in the reed zone of the Fadikha Lake, which is the habitat of the first intermediate hosts of plagiorchids – snails. Representatives of the classes Insecta, Malacostraca, Gastropoda were studied to identify the potential second intermediate hosts of the genus *Plagiorchis*. In the Chany Lake basin, metacercariae of *Plagiorchis* genus (*P. elegans* и *P. multiglandularis*) were found only in insects from the order Odonata: the largest part of infected were larvae of *Sympetrum vulgatum* (68 %), followed by species *S. flaveolum* (18 %), *S. sanguineum* (9 %) and *Aeshna serrata* (5 %). The prevalence of metacercariae of the detected trematode species for 4 Odonata species during the study years varied in the range from 3.3 to 45.5 %, the intensity of invasion – from 2 to 4 trematodes per 1 odonate larva. Infection with metacercariae increased with the age of odonate larvae. The tendency of a positive relationship between the infection (prevalence) of the first (snails) and the second (odonate larvae) intermediate hosts was revealed. A reliable relationship has been established between the prevalence of the invasion of odonate larvae and the abundance of their populations, which varies throughout the season. Seasonal changes in the infection of odonates with metacercariae of *Plagiorchis* genus are associated with the phenology of these insects: periods of increased infection were recorded on the eve of the mass emergence of odonates, when the number of odonate larvae in the reservoir is extremely high, and vice versa, periods of decline in infection were noted after the mass metamorphosis of odonates.

Key words: Odonata larvae, trematode (Trematoda, Plagiorchiidae) infection, Western Siberia.