

ЗООЛОГИЯ

Научная статья
УДК 576.89+594.3
doi: 10.17223/19988591/62/4

Зараженность моллюсков рода *Bithynia* церкариями трематод сем. *Opisthorchiidae* в водоемах бассейна реки Обь (Томская область, Россия)

Анастасия Викторовна Симакова¹, Ирина Борисовна Бабкина²,
Алексей Вадимович Катохин³, Александр Михайлович Бабкин⁴,
Елена Александровна Интересова⁵, Екатерина Васильевна Мракина⁶

^{1, 2, 4, 5, 6} Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия

³ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики,
Сибирское отделение Академии наук, Новосибирск, Россия

⁵ Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗАПСИБНИРО»),
Новосибирск, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0003-0906-9496>, omikronlab@yandex.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-3302-6819>, bibspheara@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0003-4537-456X>, katokhin@bionet.nsc.ru

⁴ babkin.alex1983@gmail.com

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>, interesovaea@yandex.ru

⁶ katerinamrakina@gmail.com

Аннотация. Проведено изучение зараженности моллюсков рода *Bithynia* – первых промежуточных хозяев трематод семейства *Opisthorchiidae* и, в частности, эпидемиологически значимого вида *Opisthorchis felineus* в бассейне Средней Оби (Западная Сибирь, Россия). В результате наших исследований в пойменных водоемах рек Оби и Томи выявлено два вида моллюсков р. *Bithynia* – *B. tentaculata* и *B. troschelii*, средняя численность которых составила 60,1 экз./м² (варьирует от 3 до 110 экз./м²). Соотношение особей двух видов битинийд в популяциях приблизительно равное. Численность моллюсков зависит от типа водоема, изменяется в течение сезона и по годам. Мелкие, заросшие водной растительностью водоемы с заиленным дном наиболее благоприятны для обитания битинийд. Экстенсивность инвазии моллюсков *B. troschelii* церкариями *O. felineus* в целом составила 1,09% (варьирует от 0 до 14,3%), может значительно изменяться в зависимости от водоема, сезона и года наблюдений. Зависимости численности моллюсков в водоеме с уровнем зараженности их церкариями не выявлено. В мае зараженные моллюски не регистрировались, они начали отмечаться только с середины июня. Наблюдается различие по уровню зараженности по годам наблюдений. Следовательно, зараженность зависит от типа водоема, сезона, изменяется она и по годам.

Ключевые слова: *Bithyniidae*, *Opisthorchis felineus*, церкарии, численность, экстенсивность инвазии

Источник финансирования: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2020-0019).

Для цитирования: Симакова А.В., Бабкина И.Б., Катохин А.В., Бабкин А.М., Интересова Е.А., Мракина Е.В. Зараженность моллюсков рода *Bithynia* церкариями трематод сем. Opisthorchiidae в водоемах бассейна реки Обь (Томская область, Россия) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2023. № 62. С. 79–93. doi: 10.17223/19988591/62/4

Original article

doi: 10.17223/19988591/62/4

The Infestation of Snails of the Genus *Bithynia* with Cercariae of the Trematodes of the Family Opisthorchiidae in Water Bodies of the Ob River Basin (Tomsk Oblast, Russia)

Anastasia V. Simakova¹, Irina B. Babkina², Alexey V. Katokhin³,
Alexander M. Babkin⁴, Elena A. Interessova⁵, Ekaterina V. Mrakina⁶

^{1, 2, 4, 5, 6} National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

³ Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

⁵ Novosibirsk Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography ("ZapSibNIRO"), Novosibirsk, Russian Federation

¹ <https://orcid.org/0000-0003-0906-9496>, omikronlab@yandex.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-3302-6819>, bibsphera@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0003-4537-456X>, katokhin@bionet.nsc.ru

⁴ babkin.alex1983@gmail.com

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>, interesovaea@yandex.ru

⁶ katerinamrakina@gmail.com

Summary. Gastropods of the family Bithyniidae are common inhabitants of freshwater reservoirs of Western Siberia. They make up to 16% of the biomass of gastropods in the ecosystems of the south of Western Siberia.

In Bithynid snails from the water bodies of this region, 33 species of parthenite trematodes of 15 families were found, of which the greatest medical importance is established in the parasites of the hepatobiliary system of the trematode of the Opisthorchiidae family. The liver fluke *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) is the causative agent of a dangerous zoonanthroposis – opisthorchiasis. In Western Siberia, in the basins of the Ob and Irtysh rivers, there is a powerful natural focus of opisthorchiasis. The study of the first intermediate hosts and their infestation with *O. felineus* cercariae is a necessary component in the assessment of the epidemiological situation and in the prevention of opisthorchiasis. It is important to understand the dynamics of opisthorchia infestation of the first intermediate hosts and to analyse the factors influencing their infestation. This work is aimed to study the infection of gastropods of the family Bithyniidae with opisthorchid cercariae, and especially *Opisthorchis felineus* in the middle Ob basin.

The material for the study was collected along the banks of floodplain lakes and the channel of the Ob River basin. For two seasons of 2021–2022, snails of the genus *Bithynia* (2987 specimens) of two species *B. troshelii* (Paasch, 1842) (1558 specimens), *B. tentaculata* (Linnaeus, 1758) (1429 specimens) were collected. Detection and separation of cercariae was carried out by compression, using light microscopy, isolated

cercariae were fixed in 70% ethanol to clarify their systematic status. Cercariae were identified by morphological features. Morphological identification of cercariae of the family Opisthorchiidae was confirmed by molecular genetic methods – PCR diagnostics based on a genetic marker.

As a result of our research, two species of snails of the genus *Bithynia* (*B. tentaculata* and *B. troschelii*) were identified, their average abundance was 60.1 ind. m⁻². In general, no differences in the number of two species of snails in water bodies were found during the period of research.

Trematode cercariae were found in 108 snails specimens; only 17 snails contained *O. felineus*. The general extensiveness of the invasion of snails of the genus *Bithynia* by trematode cercariae accounted for 3.62%, *B. tentaculata* – 3.98%, and *B. troschelii* – 3.27%. Extensiveness of invasion in the two species of snails in general in water bodies varies significantly, as well as the observed differences in the level of infection over the years of observation (Fisher test, $p < 0.05$).

Extensiveness of invasion of snails *B. troschelii* by cercariae *O. felineus* was 1.09% as a whole, varying in different reservoirs. The most infected with *O. felineus* were snails from flowing water bodies (rivers, channels), less infected in lakes that do not have an annual connection with the river, and not infected in continental lakes (Fisher test, $p < 0.05$). The study of the seasonal dynamics of infection of snails showed that in samples from May to mid-June, no infected snails were noted in any of the studied water bodies, snails with cercariae were noted only from the second half of June and in July.

Thus, the snails *Bithynia troschelii*, which are the first intermediate hosts of the trematodes *Opisthorchis felineus*, live in the basin of the middle Ob. The number of snails varies from 3 to 110 ind. m⁻² depending on the reservoir. In general, the prevalence of invasion of snails by *O. felineus* cercariae is low, in different water bodies it varies from 0% to 14.3%. Infestation depends on the type of reservoir, season, and year of observation.

The article contains 3 Figures, 2 Tables, 26 References.

Keywords: Bithyniidae, *Opisthorchis felineus*, cercariae, abundance, extensiveness of invasion

Funding: The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSWM-2020-0019).

For citation: Simakova AV, Babkina IB, Katokhin AV, Babkin AM, Interesova EA, Mrakina EV. The Infestation of Snails of the Genus *Bithynia* with Cercariae of the Trematodes of the Family Opisthorchiidae in Water Bodies of the Ob River Basin (Tomsk Oblast, Russia). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = *Tomsk State University Journal of Biology*. 2023;62:79-93. doi: 10.17223/19988591/62/4

Введение

Брюхоногие моллюски семейства Bithyniidae – обычные обитатели пресноводных водоемов Западно-Сибирской равнины [1, 2]. Они составляют до 16% от биомассы брюхоногих в экосистемах юга Западной Сибири. У битинид из водоемов юга Западной Сибири обнаружено 33 вида партенит трематод 15 семейств (Сербина, 2022), из которых наибольшее медицинское значение имеют паразиты гепатобилиарной системы сем. Opisthorchiidae и особенно кошачья двуустка *Opisthorchis felineus* – возбудитель опасного

зооантропоноза – описторхоза. Экстенсивность инвазии моллюсков, как правило, невелика и зависит в большой степени от близости расположения пойменного водоема к населенному пункту, в водоемах, находящихся на удалении 8–10 км, моллюски не инвазированы [3].

Известно, что мощный природный очаг описторхоза, вызываемого *O. felineus*, находится в Западной Сибири и приурочен к бассейнам рек Оби и Иртыша [4]. Изучение первого промежуточного хозяина и его зараженности церкариями *O. felineus* – необходимая составляющая в оценке эпидемиологической обстановки и в профилактике описторхоза. Важное значение имеют понимание динамики пораженности описторхами первых промежуточных хозяев и анализ факторов, влияющих на их зараженность [5].

Проблема описторхоза для России в настоящее время не только не утратила свое значение, но, напротив, заметно возросла. На территории, охватывающей бассейн Средней Оби, изучение зараженности битинийд церкариями описторхид было приостановлено 40 лет назад (в 1980-х гг.) и возобновлено нами в 2021 г.

Цель работы: изучить зараженность брюхоногих моллюсков сем. *Bithyniidae* церкариями описторхид и особенно *Opisthorchis felineus* в бассейне Средней Оби.

Материалы и методы

Материал для изучения собирали по берегам пойменных озер и проток бассейна р. Обь – 1 – 56°32'41.6" с.ш., 84°8'41.1" в.д. (окрестности с. Мельниково); бассейна р. Томь – 2 – 56°32'39.2", 84°49'38.0" (р. Бурундук, окрестности д. Петрово), 3 – 56°27'6.04" с.ш., 84°55'4.1" в.д. (оз. Боярское), 4 – 56°19'17.2" с.ш., 84°54'29.7" в.д. (пойменное озеро Медвежье, окрестности д. Барабинка), 5 – 56°19'22.6" с.ш., 84°53'29.1" в.д. (пойменное озеро без названия (оз. б/н), окрестности д. Барабинка), 6 – 56°19'12.2" с.ш., 84°57'13.5" в.д. (старица р. Томи, окрестности с. Коларово), 7 – 56°25'51" с.ш., 85°03'34" в.д. (Савинский пруд) (рис. 1).

За два сезона 2021/22 г. нами были собраны моллюски р. *Bithynia* (2 987 экз.) двух видов: *B. troshelii* (Paasch, 1842) (1 558 экз.) и *B. tentaculata* (Linnaeus, 1758) (1 429 экз.).

Сбор битиний проводили при помощи энтомологического сачка диаметром 40 см вдоль берега озер короткими проводками у дна, а также путем ручного сбора моллюсков с листьев высшей водной растительности (телорез *Stratiotes aloides* L., 1753, стрелолист *Sagittaria sagittifolia* L. (1753), аир обыкновенный *Acorus calamus* L., 1753, кувшинка белая *Nymphaea alba* L., 1753 и др.). Наибольшее количество моллюсков отмечено на телорезе. Данные по численности приведены на 1 м².

Идентификацию моллюсков проводили в лабораторных условиях [6, 7]. Обнаружение и выделение церкарий проводили методом компрессии с использованием световой микроскопии, выделенных церкарий фиксировали в 70% этаноле для уточнения их систематического статуса.

Идентификацию церкарий проводили по морфологическим признакам [8].

Ранее было показано, что видовая дивергенция нуклеотидов по маркеру ITS2 (Internal Transcribed Spacer 2) достаточна для того, чтобы с помощью ПЦР отличить *O. felineus* от других видов [9–11]. ДНК из церкарий выделяли индивидуально методом СТАВ [12]. Для проведения ПЦР использовали стандартные наборы для ПЦР. Универсальный для Opisthochiidae обратный праймер ITS2exR (5'-GGAACGACCTGAACACCA-3') в сочетании с видоспецифическим прямым праймером Off (5'-ATGATTTCCACGCAT-3') давал ПЦР-продукт длиной 408 н. Продукты ПЦР анализировали электрофорезом в 1% агарозном геле. В качестве положительного контроля использовали продукт ПЦР с использованием ДНК, выделенной из взрослых червей *O. felineus*.



Рис. 1. Карта-схема мест сбора моллюсков
[Fig. 1. Schematic map of snails gathering places]

Статистический анализ проводили с использованием статистического программного обеспечения R v4.0.5 [13]. Точный критерий Фишера (Fisher.test, $p < 0,05$) использовали для оценки различий зараженности моллюсков в зависимости от места обитания и года сбора, корреляцию Спирмена – для выявления зависимости зараженности и численности моллюсков (cor.test, $p < 0,05$).

Результаты исследования и обсуждение

Во всех исследованных нами пойменных водоемах Шегарского (бассейн Оби) и Томского (бассейн Томи) районов выявлены моллюски сем. Bithyniidae. В материковом водоеме (Савинский пруд) битиниид не обнаружено.

В результате наших исследований выявлено два вида моллюсков р. *Bithynia* – *B. tentaculata* и *B. troschelii*, средняя численность которых составила 60,1 экз./м². Самая высокая численность отмечена в пойменном оз. Медвежье, расположенном в пойме р. Томи на левом берегу в окрестностях с. Барабинка (табл. 1). Для водоемов с высокой численностью моллюсков характерно наличие илистых грунтов, небольшая глубина (1–1,5 м), зарастание поверхности воды водной растительностью 50–80% (ряска, стрелолист, телорез и др.).

Таблица 1 [Table 1]

Численность моллюсков рода *Bithynia* в водоемах бассейна**Средней Оби (2021–2022 гг.)**

[The number of snails of the genus *Bithynia* in the water bodies of the middle Ob basin (2021–2022)]

Бассейн [Basin]	Локация [Location]	Год [Year]	Численность битинид на 1 м ² [Number of bithinids per 1 m ²]					
			<i>B. tentaculata</i>		<i>B. troschelii</i>		Всего <i>Bithynia</i> spp.	
			<i>M</i>	<i>m</i>	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>M</i>	<i>m</i>
р. Обь [r. Ob]	Озера и старица, окр. с. Мельниково [Lakes and oxbow, environs of the v. Melnikovo]	2021	38,5	22,5	–	–	38,5	22,5
		2022	20	10	6,5	6,5	27	17
р. Томь [r. Tom]	р. Бурундук окр. с. Петрово [r. Burunduk environs of the v. Petrovo]	2021	43	9,54	50	21,22	93,33	28,6
		2022	8	8	11,5	3,5	19,5	11,5
	оз. Боярское [l. Boyarskoe]	2021	–	–	10	–	10	–
	оз. Медвежье (окр. с. Барабинка) [l. Medvezhye (environs of the v. Barabinka)]	2021	57	3	52,5	21,5	109,5	18,5
	оз. б/н, (окр. с. Барабинка) [l. without name (environs of the v. Barabinka)]	2021	43,33	5,61	50,67	5,81	94,67	0,33
		2022	16,5	0,5	41,5	9,5	58	9
	старица окр. с. Коларово [oxbow, environs of the v. Kolarovo]	2022	–	–	3	–	3	–

Примечание. *M* – среднее; *m* – стандартная ошибка среднего.

[Note. *M* – mean, *m* – standard error of the mean].

Водоемы с относительно небольшой численностью моллюсков – оз. Боярское и старица в окр. с. Коларово, где был обнаружен только один вид моллюсков – *B. troschelii* (см. табл. 1). В этих водоемах наблюдается относительно слабая зарастаемость прибрежной водной растительностью, не

более 10–20%, отсутствие телореза, также у оз. Боярское обрывистые берега, оно относительно глубокое (глубина 2–7 м), в настоящий период не имеет постоянной связи с поймой.

Таблица 2 [Table 2]

Экстенсивность инвазии моллюсков рода *Bithynia* церкариями трематод
[Extensive invasion of snails of the genus *Bithynia* by trematode cercariae]

Водоем [A body of water]	Локация [Location]	Год [Year]	Церкарии трематод разных систематических групп [Cercariae of trematodes of different systematic groups]		Кол-во моллюсков [Number of snails]	Cercariae <i>O. felineus</i>		Кол-во [number] <i>B. tro-schelii</i>
			ЭИ [Ext. of inv.], %	Кол-во зараженных моллюсков [Number of infected snails]		ЭИ [Ext. of inv.], %	Кол-во зараженных моллюсков [Number of infected snails]	
р. Обь [r. Ob]	Озера и старица, окр. с. Мельниково [lakes and oxbow, environs of the v. Melnikov]	2021	1,28	2	156	0,00	0	0
		2022	1,83	2	109	0,00	0	27
р. Бурундук [r. Burunduk]	Окр. с. Петрово [environs of the v. Petrovo]	2021	5,08	57	1121	0,83	5	603
		2022	4,40	7	159	5,21	5	96
р. Томь [r. Tom]	оз. Боярское [l. Boyarskoe]	2021	0,00	0	10	0,00	0	10
	Оз. Медвежье (окр. с. Барабинка) [l. Medvezhye (environs of the v. Barabinka)]	2021	8,68	19	219	0,95	1	105
	Оз. б/н, (окр. с. Барабинка) [l. without name (environs of the v. Barabinka)]	2021	1,99	17	854	1,09	5	460
		2022	0,85	3	352	0,00	0	250
	Старица (окр. с. Коларово) Коларово [oxbow, environs of the v. Kolarov]	2022	14,29	1	7	14,29	1	7

В целом за период исследований различий по численности двух видов моллюсков по водоемам не выявлено. Можно отметить изменение численности по годам наблюдения; так, в 2022 г. во всех исследованных водоемах наблюдалось значительное снижение численности по сравнению с 2021 г. в

среднем в 2,5 раза. Изменение численности в разные годы исследования, вероятно, зависит от погодных условий, температуры, степени залития поймы, осадков и др.

Общая экстенсивность инвазии моллюсков р. *Bithynia* церкариями трематод разных систематических групп составила 3,62%, *B. tentaculata* – 3,98%, *B. troschelii* – 3,27%. Экстенсивность инвазии у двух видов моллюсков в целом по водоемам значительно варьирует, также наблюдаются различия и по уровню зараженности по годам наблюдений (fisher.test, $p < 0,05$) (см. табл. 2).

Всего на зараженность церкариями *O. felineus* было исследовано 2 987 экз. моллюсков, из них в 108 моллюсках обнаружены церкарии трематод, только в 17 моллюсках отмечены *O. felineus* (рис. 2). Экстенсивность инвазии моллюсков *B. troschelii* церкариями *O. felineus* в целом составила 1,09%, отличаясь в разных озерах (см. табл. 2). Высокая ЭИ отмечена в старице в окрестности с. Коларово (правобережье р. Томь) – 14,28% и в р. Бурундук (правобережье р. Томь) – 1,43% (от 0,83 до 5,21%). Корреляции уровня зараженности моллюсков церкариями с численностью моллюсков в водоеме не выявлено.

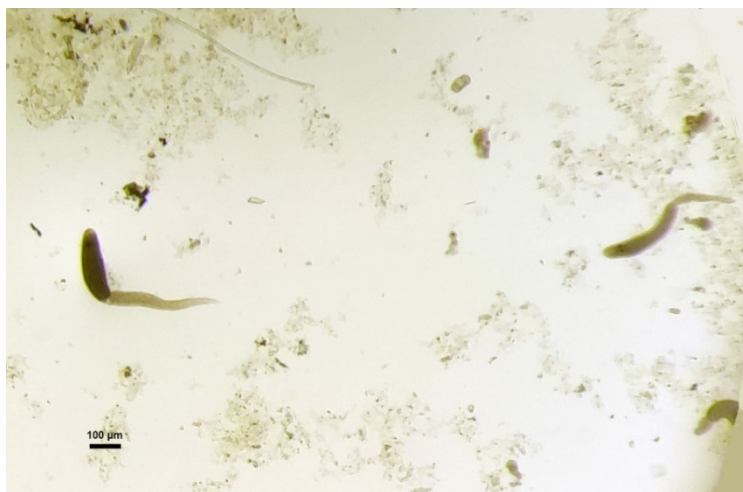


Рис. 2. Церкарии сем. Opisthorchiidae из моллюска *B. troschelii* (р. Бурундук, 2021 г.)
[**Fig. 2.** Cercariae family Opisthorchiidae from the snails *B. troschelii* (Burunduk river, 2021)]

Морфологическая идентификация церкарий сем. Opisthorchiidae была подтверждена молекулярно-генетическими методами – ПЦР-диагностикой на основе генетического маркера (рис. 3).

На рис. 3 показано, что образцы ДНК, выделенной из церкарий, паразитирующих в *B. tentaculata*, все же дают или слабые неспецифические продукты ПЦР, или продукты, заметно отличающиеся по длине. Очевидно, что это церкарии сем. Opisthorchiidae, возможно, *Metorchis bilis* или другие виды этого семейства, однако эти данные требуют более детального изучения.

Таким образом, можно заключить, что только образцы ДНК церкарий, извлеченных из *B. troschelii*, дают четкий продукт, характерный для ДНК

O. felineus. Наиболее зараженными *O. felineus* оказались моллюски из проточных водоемов (реки, протоки), менее заражены в озерах, не имеющих ежегодную связь с рекой, а в материковых озерах не заражены (Fisher.test, $p < 0,05$).

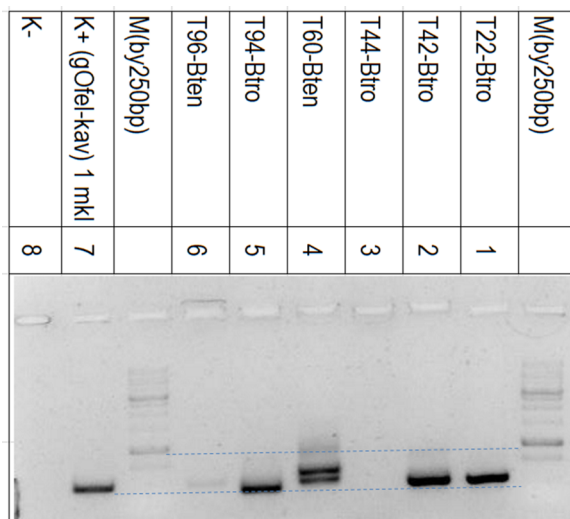


Рис. 3. Гель-электрофорез продуктов ПЦР, полученных с препаратами ДНК церкарий описторхидного типа: 1, 2, 5 – из *B. troschelii* (оз. б/н, левобережная пойма р. Томь); 4, 6 – из *B. tentaculata* (оз. б/н, левобережная пойма р. Томь)

[Fig. 3. Gel electrophoresis of PCR products obtained with DNA preparations of opisthorchid type cercariae. 1, 2, 5 – from *B. troschelii* (lake w/n, left-bank floodplain of the Tom River); 4, 6 – from *B. tentaculata* (lake w/n, left-bank floodplain of the Tom River)]

Изучение сезонной динамики зараженности моллюсков, проведенное нами в период с мая по июль, показало, что в пробах с мая до середины июня ни в одном из исследованных водоемов зараженные моллюски не отмечены, моллюски с церкариями отмечались только со второй половины июня и в июле. Ранее С.А. Безром [3] указывалось на наличие двух пиков выхода церкарий: среднелетний (заражение весной текущего эпидсезона) и в конце мая (возобновление развития перезимовавших партенид), что наблюдалось не каждый год. Нами был отмечен только один пик – среднелетний.

Таким образом, во всех обследованных нами пойменных водоемах бассейна Средней Оби обнаружены моллюски р. *Bithynia*. Численность моллюсков в разных озерах значительно варьировала, также отмечена зависимость от года наблюдений. Зараженность *B. troschelii* церкариями *O. felineus* в целом находится на низком уровне и составляет десятые доли процента, она не связана с численностью моллюсков, однако может значительно изменяться в зависимости от водоема, сезона и года наблюдений.

В водоемах Обь-Иртышского бассейна, в частности в Новосибирской и Томской областях, в качестве промежуточных хозяев описторхид отмечаются, как правило, два вида моллюсков: *B. tentaculata* и *B. troschelii* [14–16].

Ранее установлено, что в пределах небольшого водоема при равных гидрoхимических условиях битинииды концентрируются преимущественно на

мелководных участках с илистым и богатым органикой грунтом, на водных растениях, тогда как на дне (при глубине 1 м) бывают очень редки [6]. Кроме того, на численность и зараженность моллюсков трематодами влияют размер водоема, его происхождение и богатство высшей водной растительности по берегам: мелкие, хорошо прогреваемые, образованные и пополняемые в результате весенних разливов пойменные водоемы, богатые высшей водной растительностью (осоки, стрелолист, частуха, кувшинка, рдесты, кубышка, роголистник, элодея, телорез) [17].

В предыдущих исследованиях изучение зараженности битиниид церкариями кошачьей двуустки проводилось в пойме Оби и Иртыша. Показано, что зараженность моллюсков довольно низкая. Так, в верховьях Оби и Иртыша в пределах Алтайского края зараженность моллюсков сем. Bithyniidae достигает 2%, в пределах Новосибирской области – 6,1%, в Омской области в бассейне Иртыша – 0,3–20,2% [18, 19]. В Тюменской области в пойме рек Туры и Пышмы зараженность моллюсков от 4,0 до 9,0% [20]. В ХМАО показатели зараженности также низкие: от 1,4 до 6,7% [21]. В пойме реки Обь (ниже плотины ГЭС около с. Нижняя Ельцовка) зараженность моллюсков партенитами описторхид составляла 1,15% [22].

В.Д. Завойкин с соавт. [23] в результате многолетних динамических наблюдений в гиперэндемичных очагах Среднего Приобья отмечают, что экстенсивность инвазии моллюсков не превышает 3%. По более поздним данным С.А. Безра [3], в пойменных водоемах в бассейне Средней Оби экстенсивность инвазии была низкая (3,7%), достигая лишь в некоторых биотопах, расположенных вблизи населенных пунктов, 37%, при этом интенсивность инвазии очень высокая (в среднем 8 130 церкарий на моллюска). Коинвазии встречались крайне редко [3, 24]. Согласно нашим исследованиям, ЭИ также была низкая и колебалась от 0,38 до 14,39%.

По данным С.А. Безра [3], плотность популяции моллюсков в пойменных водоемах Обского бассейна может достигать 8 100 экз./м². В нашем исследовании плотность популяций была значительно ниже и не превышала 100,6 экз./м².

Предыдущие исследования разных видов моллюсков из водоемов поймы верхней Оби показали, что партениты сем. Opisthorchiidae обнаружены в 2002 и 2007 гг. у 0,6% *B. tentaculata*, а у *B. troschelii* партеногенетические стадии описторхид за анализируемые годы отмечены не были. Ранее уровень инвазии битиниид партенитами описторхид в том же месте был равен 0,3% *B. troschelii* и 1,2% *B. tentaculata* [25, 26]. Наши исследования также показали, что оба вида моллюсков р. *Bithynia* являются носителями церкарий описторхид, достоверно церкарии *O. felineus* выявлены только у *B. troschelii*.

Таким образом, полученные нами данные по зараженности битиниид партенитами описторхид сопоставимы с другими исследованиями в Обь-Иртышском бассейне. В большинстве исследованных водоемов Западной Сибири зараженность первых промежуточных хозяев стабильно низкая (от 0,3 до 3%) независимо от численности моллюсков и напряженности очага описторхоза.

Следовательно, экстенсивность инвазии моллюсков *B. troschelii* церкариями *O. felineus* в Томской области значительно варьирует. Высокая

зараженность карповых рыб, по-видимому, связана с максимальной интенсивностью инвазии моллюсков [3] и совпадением мест повышенной концентрации моллюсков и мест обитания карповых рыб.

Заключение

В бассейне Средней Оби обитают моллюски *Bithynia troschelii* (Paasch, 1842), являющиеся первыми промежуточными хозяевами трематод *Opisthorchis felineus*. Численность моллюсков в зависимости от водоема варьирует от 3 до 110 экз./м². В целом экстенсивность инвазии моллюсков церкариями *O. felineus* невысокая, в разных водоемах варьирует от 0 до 14,3%. Зараженность зависит от типа водоема, сезона, изменяется она и по годам.

Список источников

1. Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. Определители по фауне СССР. М. ; Л. : АН СССР. 1952. 374 с.
2. Сербина Е.А. Численность моллюсков семейства Bithyniidae в водоемах и водотоках Новосибирской области (юг Западной Сибири) // Чтения памяти В.И. Жадина: к 125-летию со дня рождения : тезисы докладов I Всероссийской научной конференции (с международным участием). СПб., 2022. С. 70–71.
3. Безр С.А. Понятие очаговости при описторхозе // Паразитология. 1982. Т. 16, № 4. С. 274–280.
4. Безр С.А. Биология возбудителя описторхоза. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2005. 336 с.
5. Щербак О.И., Счисленко С.А. Трематоды и трематодозы. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2016. 96 с.
6. Старобогатов Я.И., Затравкин М.Н. Bithynioidea (Gastropoda, Pectinibranchia) фауны СССР // Моллюски : результаты и перспективы их исследований. Л. : Наука, 1987. Вып. 8. С. 150–152.
7. Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М., Хлебович В.В., Чернышев А.В. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб. : Наука, 2004. Т. 6. С. 9–492.
8. Бонина О.М., Сербина Е.А. Морфобиологические характеристики церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49, № 6. С. 71–78.
9. Müller B., Schmidt J., Mehlhorn H. PCR diagnosis of infections with different species of Opisthorchiidae using a rapid clean-up procedure for stool samples and specific primers // Parasitology research. 2007. Vol. 100. PP. 905–909.
10. Брусенцов И.И., Катохин А.В., Сахаровская З.В. и др. ДНК-диагностика смешанной инвазии *Opisthorchis felineus* и *Metorchis bilis* с помощью ПЦР // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2010. № 2. С. 10–13.
11. Kiyani V.S., Bulashev A.K., Katokhin A.V. *Opisthorchis felineus* and *Metorchis bilis* metacercariae in cyprinid fish *Leuciscus idus* in Nura-Sarysu River, Kazakhstan // The Korean journal of parasitology. 2018. Vol. 56, № 3. PP. 267–274.
12. Rusch J.C., Hansen H., Strand D.A. et al. Catching the fish with the worm : a case study on eDNA detection of the monogenean parasite *Gyrodactylus salaris* and two of its hosts, Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Parasites and vectors. 2018. Vol. 11, № 1. PP. 1–12.
13. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2021.
14. Сербина Е.А. Систематическое положение моллюсков семейства Bithyniidae (Gastropoda : Prosobranchia) и их распространение в водоемах Новосибирской области // Биологическая наука и образование в педагогических вузах. 2002. Вып. 2. С. 119–122.

15. Романов К.В., Балышева В.И., Катохин А.В. и др. Молекулярная филогения видов моллюсков семейства Bithyniidae на основе митохондриальных и ядерных последовательностей // Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии : Тр. Томского гос. ун-та. Сер. биол. 2010. Т. 275. С. 391–395.
16. Serbina E.A. Bithyniid snails as hosts of Opisthorchiidae and Notocotylidae in the south of Western Siberia, Russia // Parasitology Research. 2022. Vol. 121, № 8. PP. 2367–2377.
17. Беспрозванных В.В. Фауна, биология, экология трематод, развивающихся с участием переднежаберных моллюсков Приморского края : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 2015. 39 с.
18. Дроздов В.Н. К изучению фауны моллюсков низовья реки Оми // Известия Омского отделения Географического общества СССР. 1964. № 6 (13). С. 120–123.
19. Федоров В.Г. Зараженность моллюска *Bithynia leachi* церкариями описторхиса в водоемах Верхней Оби // Проблемы природной очаговости гельминтозов человека. 1969. № 4. С. 71–75.
20. Шелиханова Р.М., Павлюков И.А., Майер В.А. Эпидемиологическая оценка ситуации по описторхозу некоторых территорий северо-восточного региона Западной Сибири // Научные основы оздоровительной работы при гельминтозах и некоторых арбовирусных инфекциях. 1989. № 2. С. 311–315.
21. Поцелуев А.Н. Влияние гидрологического режима и факторов деятельности человека на экологию первого промежуточного хозяина возбудителя описторхоза (на примере Обь-Иртышского бассейна) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1991. 21 с.
22. Сербина Е.А., Козминский Е.В. Двадцатипятилетняя динамика зараженности бithyniid (Gastropoda, Bithyniidae) описторхидами в пойме Оби (окрестности города Новосибирска) // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных. Томск, 2020. Вып. 5. С. 300–304. doi: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-78
23. Завойкин В.Д., Беэр С.А., Бочарова Т.А. Сравнительная описторхозная ситуация на крупнейших притоках Оби // Описторхоз человека : материалы научной конференции. Томск, 1979. С. 60–62.
24. Завойкин В.Д., Зеля О.П., Сокерина О.А. Современное состояние проблемы описторхоза в Западной Сибири // Актуальные проблемы инфектологии и паразитологии : материалы I Международной юбилейной конференции. Томск, 2001. С. 99.
25. Сербина Е.А., Юрлова Н.И. Участие *Codiella troscheli* (Mollusca, Prosobranchia) в жизненном цикле *Methorchis albidus* (Trematoda: Opisthorchiidae) // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2002. № 3. С. 21–23.
26. Сербина Е.А., Бонина О.М. Выявление локальных очагов описторхозов в пойме реки Обь и в Новосибирском водохранилище. Сообщение 2. Численность переднежаберных моллюсков и их зараженность паренитами трематод // Российский паразитологический журнал. 2011. № 4. С. 55–59.

References

1. Zhadin VI. Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR. Opredeliteli po faune SSSR [Mollusks of fresh and brackish waters of the USSR. Keys to the fauna of the USSR]. Moscow, Leningrad: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR Publ.; 1952. 374 p. In Russian
2. Serbina EA. Chislennost' mollyuskov semeystva Bithyniidae v vodoemakh i vodotokakh Novosibirskoy oblasti (yug Zapadnoy Sibiri) [The number of mollusks of the family Bithyniidae in water bodies and streams of the Novosibirsk region (south of Western Siberia)]. In: Chteniya pamyati VI Zhadina: k 125-letiyu so dnya rozhdeniya Tezisy dokladov I Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem) [Readings in memory of V.I. Zhadin: to the 125th anniversary of his birth. Abstracts of the I All-Russian Scientific Conference (with international participation)]. 2022. p. 70–71. In Russian
3. Beer SA. Ponyatie ochagovosti pri opistorkhoze [The concept of foci in opisthorchiasis]. *Parazitologiya*. 1982;16(4):274–280. In Russian

4. Beer SA. Biologiya vzbuditelya opistorkhoza [Biology of the pathogen of opisthorchiasis]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ.; 2005. 336 p. In Russian
5. Shcherbak OI, Schislenko SA. Trematody i trematodozy [Trematodes and trematodoses]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet Publ.; 2016. 96 p. In Russian
6. Starobogatov YaI, Zatravkin MN. Bithynioidea (Gastropoda, Pectinibranchia) fauny SSSR [Bithynioidea (Gastropoda, Pectinibranchia) of the fauna of the USSR]. In: Mollyuski : rezul'taty i perspektivy ikh issledovaniy [Mollusks : results and prospects of their research]. Leningrad: Nauka Publ.; 1987. p. 150-152. In Russian
7. Starobogatov YaI, Prozorova LA, Bogatov VV, Saenko EM, Khlebovich VV, Chernyshev AV. Mollyuski // Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Sankt-Peterburg: Nauka Publ.; 2004. Vol. 6. pp. 9-492. In Russian
8. Bonina OM, Serbina EA. Morphobiological characteristics of trematode cercariae of the families Opisthorchiidae and Notocotylidae. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2019;49(6):71-78. In Russian, English summary. doi: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-8>
9. Müller B, Schmidt J, Mehlhorn H. PCR diagnosis of infections with different species of Opisthorchiidae using a rapid clean-up procedure for stool samples and specific primers. *Parasitology research*. 2007;100:905-909. doi: [10.3347/kjp.2018.56.3.267](https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.3.267)
10. Brusentsov II, Katokhin AV, Sakharovskaya ZV, Sazonov AE, Ogorodova LM, Fedorova OS, Kolchanov NA, Mordvinov VA. DNK-diagnostics smeshannoy invazii *Opisthorchis felinus* i *Metorchis bilis* s pomoshch'yu PCR [DNA diagnostics of mixed invasion of *Opisthorchis felinus* and *Metorchis bilis* by PCR]. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*. 2010;(10):10-13. In Russian
11. Kiyan VS, Bulashev AK, Katokhin AV. *Opisthorchis felinus* and *Metorchis bilis* metacercariae in cyprinid fish *Leuciscus idus* in Nura-Sarysu River, Kazakhstan. *The Korean journal of parasitology*. 2018;56(3):267-274. doi: [10.3347/kjp.2018.56.3.267](https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.3.267)
12. Rusch JC, Hansen H, Strand DA, Markussen T, Hytterød S, Vrålstad T. Catching the fish with the worm: a case study on eDNA detection of the monogenean parasite *Gyrodactylus salaris* and two of its hosts, Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Parasites & vectors*. 2018;11(1):1-12. doi: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2916-3>
13. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2021.
14. Serbina EA. Sistematischeskoe polozhenie mollyuskov semeystva Bithyniidae (Gastropoda : Prosobranchia) i ikh rasprostranenie v vodoemakh Novosibirskoy oblasti [The systematic position of mollusks of the family Bithyniidae (Gastropoda : Prosobranchia) and their distribution in the reservoirs of the Novosibirsk region]. *Biologicheskaya nauka i obrazovanie v pedagogicheskikh VUZakh*. 2002;(2):119-123. In Russian
15. Romanov KV, Balysheva VI, Katokhin AV, Mordvinov VA. Molekulyarnaya filogeniya vidov mollyuskov semeystva Bithyniidae na osnove mitokhondrial'nykh i yadernykh posledovatel'nostey [Molecular phylogeny of mollusk species of the family Bithyniidae based on mitochondrial and nuclear sequences]. In: Trudy tomskogo gosudarstvennogo universiteta Seriya biologicheskaya [Proceedings of the Tomsk State University. Biology Series]. Tomsk; 2010. p. 391-395. In Russian
16. Serbina EA. Bithyniid snails as hosts of Opisthorchiidae and Notocotylidae in the south of Western Siberia, Russia. *Parasitology Research*. 2022;121(8):2367-2377.
17. Besprozvannykh VV. Fauna, biologiya, ekologiya trematod, razvivayushchikhsya s uchastiem perednezhabernykh mollyuskov Primorskogo kraya [Fauna, biology, ecology of trematodes developing with the participation of anteropod mollusks of Primorsky Krai] [DSci. Dissertation Abstract, Biology]. Vladivostok; 2008. 39 p. In Russian
18. Drozdov VN. K izucheniyu fauny mollyuskov nizov'ya reki Omi. *Izvestiya Omskogo otdeleniya geograficheskogo obshchestva SSSR* [To study the mollusk fauna of the lower reaches of the Om' River]. 1964;(6):120-123. In Russian

19. Fedorov VG. Zarazhennost' mollyuska *Bithynia leachi* tserkariyami opistorkhisa v vodoemakh Verkhney Obi [Infection of the *Bithynia leachi* mollusk with opisthorchis cercariae in the reservoirs of the Upper Ob]. *Problemy prirodnoy ochagovosti gel'mintozov cheloveka*. 1969; (4):71-75. In Russian
20. Shelikhanova RM, Pavlyukov IA, Mayer VA. Epidemiologicheskaya otsenka situatsii po opistorkhozu nekotorykh territoriy severo-vostochnogo regiona Zapadnoy Sibiri [Epidemiological assessment of the opisthorchiasis situation in some territories of the north-eastern region of Western Siberia]. *Nauchnye osnovy ozdorovitel'noy raboty pri gel'mintozakh i nekotorykh arbovirusnykh infektsiyakh*. 1989;311-315. In Russian
21. Potseluev AN. *Vliyaniye gidrologicheskogo rezhima i faktorov deyatel'nosti cheloveka na ekologiyu pervogo promezhutochnogo khozyaina vozbuditelya opistorkhoza (na primere Ob'-Irtyskogo basseyna)* [Influence of the hydrological regime and factors of human activity on the ecology of the first intermediate host of the pathogen of opisthorchiasis (on the example of the Ob-Irtys basin)] [CandSci. Dissertation Abstract, Biology]. Moscow; 1991. 21 p. In Russian
22. Serbina EA, Kozminskiy EV. Twenty-five years dynamics of bitiniid (Gastropoda, Bithyniidae) infection by opisthorchides in the Ob river (of South West Siberia). In: *Kontseptual'nye i prikladnye aspekty nauchnykh issledovaniy i obrazovaniya v oblasti zoologii bespozvonochnykh* [Conceptual and applied aspects of scientific research and education in the field of invertebrate zoology]. Tomsk; 2020. pp. 300-304. In Russian, English summary. doi: [10.17223/978-5-94621-931-0-2020-78](https://doi.org/10.17223/978-5-94621-931-0-2020-78)
23. Zavoykin VD, Beer SA, Bocharova TA. Sravnitel'naya opistorkhoznaya situatsiya na krupneyshikh pritokakh Obi [Comparative opisthorchiasis situation on the largest tributaries of the Ob]. In: *Opistorkhoz cheloveka : materialy nauchnoy konferentsii* [Human opisthorchiasis : materials of the scientific conference]. Tomsk; 1979. pp. 60-62. In Russian
24. Zavoykin VD, Zelya OP, Sokerina OA. Sovremennoe sostoyaniye problemy opistorkhoza v Zapadnoy Sibiri [The current state of the problem of opisthorchiasis in Western Siberia]. In: *Aktual'nye problemy infektologii i parazitologii: Materialy I Mezhdunarodnoy yubileynoy konferentsii* [Actual problems of infectology and parasitology: Materials of the I International Anniversary Conference]. Tomsk; 2001. P. 99. In Russian
25. Serbina EA, Yurlova NI. Uchastie *Codiella troscheli* (Mollusca, Prosobranchia) v zhiznennom tsikle *Methorchis albidus* (Trematoda: Opisthorchidae) [Participation of *Codiella troscheli* (Mollusca, Prosobranchia) in the life cycle of *Metorchis albidus* (Trematoda: Opisthorchidae)]. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*. 2002;(3):21-23. In Russian
26. Serbina EA, Bonina OM. Vyyavlenie lokal'nykh ochagov opistorkhidozov v poyme reki Ob' i v Novosibirskom vodokhranilishche. Soobshchenie 2. Chislennost' perednezhabernykh mollyuskov i ikh zarazhennost' partenitami trematode [Identification of local foci of opisthorchidosis in the floodplain of the Ob River and in the Novosibirsk reservoir. Message 2. The number of anteropod mollusks and their infection with trematode parthenites]. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal*. 2011;(4):55-59. In Russian

Информация об авторах:

Симакова Анастасия Викторовна – д-р биол. наук, доцент, зав. кафедрой зоологии беспозвоночных Биологического института, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0906-9496>

E-mail: omikronlab@yandex.ru

Бабкина Ирина Борисовна – канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического института, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3302-6819>

E-mail: bibsfhera@gmail.com

Катохин Алексей Вадимович – канд. биол. наук, рук. группы молекулярной паразитологии, с.н.с. отдела генетики насекомых, Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-456X>

E-mail: katokhin@bionet.nsc.ru

Бабкин Александр Михайлович – старший преподаватель кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического института, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия).

E-mail: babkin.alex1983@gmail.com

Интересова Елена Александровна – д-р биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического института, ФГАОУВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Томск, Россия); главный научный сотрудник лаборатории ихтиологии, Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗАПСИБНИРО») (Новосибирск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>

E-mail: interesovaea@yandex.ru

Мракина Екатерина Васильевна – студентка Биологического института, ФГАОУВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Томск, Россия).

E-mail: katerinamrakina@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Anastasia V. Simakova, Doc. Sci. (Biol.), Associate Professor, Head of the Department of Invertebrate Zoology, Biological Institute, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0906-9496>

E-mail: omikronlab@yandex.ru

Irina B. Babkina, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichtiology and Hydrobiology, Biological Institute, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3302-6819>

E-mail: bibsphera@gmail.com

Aleksey V. Katokhin, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Molecular Parasitology group, senior researcher of department of Insect Genetics, FSBSI Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB FAS (Novosibirsk, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-456X>

E-mail: katokhin@bionet.nsc.ru

Alexander M. Babkin, Senior lecturer of the Department of Ichtiology and Hydrobiology, Biological Institute, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

E-mail: babkin.alex1983@gmail.com

Elena A. Interesova, Doc. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichtiology and Hydrobiology, Biological Institute, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); Chief Researcher laboratory of ichthyology, Novosibirsk Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography ("ZapSibNIRO") (Novosibirsk, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>

E-mail: interesovaea@yandex.ru

Ekaterina V. Mrakina, student of the Department of Invertebrate Zoology, Biological Institute, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

E-mail: katerinamrakina@gmail.com

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 19.07.2023;
одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 03.10.2023.*

*The article was submitted 19.07.2023;
approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 03.10.2023.*