

УДК 597.554.3; 594.1

DOI: 10.25221/2782-1978\_2025\_4\_3

<https://elibrary.ru/tajplm>

## О взаимоотношениях горчаков рода *Rhodeus* Agassiz, 1832 (Cyprinidae) и двустворчатых моллюсков семейства Unionidae в бассейне р. Раздольная (Приморский край)

Елена Михайловна Саенко

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,  
Владивосток, 690022, Российская Федерация  
E-mail: [sayenko@biosoil.ru](mailto:sayenko@biosoil.ru)

Получена 29 августа 2025 г.; принята к публикации 14 ноября 2025 г.

**Аннотация.** Обсуждаются новые данные о взаимоотношениях горчаков рода *Rhodeus* и унионид *Sinanodonta schrenkii* и *Nodularia douglasiae*, обитающих в бассейне р. Раздольная. Впервые для этого бассейна икра горчаков обнаружена в жабрах беззубок *S. schrenkii* из оз. Лотос (Уссурийский городской округ, Приморский край). Приводятся морфологические признаки разных этапов развития предличинки *R. sericeus* в *Nodularia douglasiae* в сравнении с литературными данными.

**Ключевые слова:** моллюски, *Sinanodonta schrenkii*, *Nodularia douglasiae*, рыбы-остракофилы, *Rhodeus*, предличинки, бассейн р. Раздольная.

## On the relationship between bitterlings of the genus *Rhodeus* Agassiz, 1832 (Cyprinidae) and unionid bivalve mollusks in the Razdolnaya River basin (Primorsky Krai)

Elena M. Sayenko

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the  
Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation  
E-mail: [sayenko@biosoil.ru](mailto:sayenko@biosoil.ru)

Received August 29, 2025; accepted November 14, 2025

**Abstract.** New data on the relationships of bitterlings of the genus *Rhodeus* with species of the family Unionidae *Sinanodonta schrenkii* and *Nodularia douglasiae* from the Razdolnaya River basin are discussed. In this basin, bitterling eggs were discovered for the first time in the gills of *S. schrenkii* from Lake Lotos (Ussuriysk Urban District, Primorsky Krai). The morphological features of different stages of the *R. sericeus* prelarvae development in mussels *N. douglasiae* are presented in comparison with published data.

**Keywords:** mollusks, *Sinanodonta schrenkii*, *Nodularia douglasiae*, bitterlings, *Rhodeus*, prelarvae, Razdolnaya River basin.

## Введение

Среди отличающихся разными особенностями нереста экологических групп рыб особое место занимают остракофилы – это рыбы, откладывающие икру при нересте в пресноводных двустворчатых моллюсков (Крыжановский 1949; Крыжановский и др. 1951; Aldridge 1999; Макеева и др. 2011). Основную часть остракофилов (далее таксономия приводится по FishBase <<https://www.fishbase.se/search.php>> и Eschmeyer's Catalog of Fishes <<https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>) составляют горчакоподобные Acheilognathidae, большинство видов которых обитает на территории Восточной Азии: это колючие горчаки *Acheilognathus* Bleeker, 1860, горчаки танакия *Tanakia* Jordan et Thompson, 1914 и паратанакия *Paratanakia* Chang, Chen et Mayden 2014, а также обыкновенные горчаки *Rhodeus* Agassiz, 1832. Также к остракофилам относятся некоторые виды пескариевых Gobionidae, а именно: пескари-лени *Sarcocheilichthys* Bleeker, 1860

(Kondo et al. 1984; Барабанщиков 2004; Smith et al. 2004; Liu et al. 2006; Reichard et al. 2007a, 2007b; Хлопова 2009 и др.).

Эмбриональный период развития рыб, когда питание идет за счет желтка, можно упрощенно разделить на этап икринки (до вылупления зародышей) и предличинки (после вылупления), при этом в моллюсках основное время развития остракофильных рыб занимает именно эмбриональный период (икринка и предличинка), а следующий, личиночный период развития, характеризующийся переходом на экзогенное питание фито- и зоопланктоном, наступает только перед самым выходом из моллюска (Макеева 1992). У горчаков зародыши вылупляются из оплодотворенных икринок в течение нескольких дней, а затем предличинки развиваются в жабрах моллюсков около месяца (Li et al. 2022 и др.).

Если у горчаков икра сразу должна попасть в пространство между жаберными нитями, где и происходит дальнейшее развитие эмбрионов, то у пескарей-леней *Sarcocheilichthys lacustris* (Dybowski, 1872) икра вначале развивается в мантийной полости моллюска и лишь затем предличинки крепятся к жаберным филаментам с помощью развитых грудных плавников (Крыжановский и др. 1951; Барабанщиков 2004; Smith et al. 2004; Sayenko, Khloпова 2009).

В бассейне Раздольной на данный момент отмечают несколько видов горчаков, это обыкновенный горчак *Rhodeus sericeus* (Pallas, 1776) и два вида колючих горчаков рода *Acheilognathus* – *A. chankaensis* (Dybowski, 1872) и *A. asmussii* Dybowski, 1872 (Шедько 2001; Барабанщиков, Магомедов 2002; Новиков и др. 2002; Таразанов 2003; Колпаков 2008; Максимов и др. 2025).

Сведений по остракофильному нересту рыб с использованием беззубок рода *Sinanodonta* Modell, 1944 в бассейне Раздольной до настоящего времени не было. Для унioniда бассейна р. Раздольная икру и предличинки остракофильных рыб указывали только в перловицах *Nodularia douglasiae* (Griffith et Pidgeon, 1834), при этом были получены первые данные по остракофильному нересту горчаков (Саенко, Палатов 2023; Вайнутис, Богатов 2024).

Данное исследование является продолжением ранее начатых работ по взаимоотношениям унioniда и горчаков в бассейне р. Раздольная.

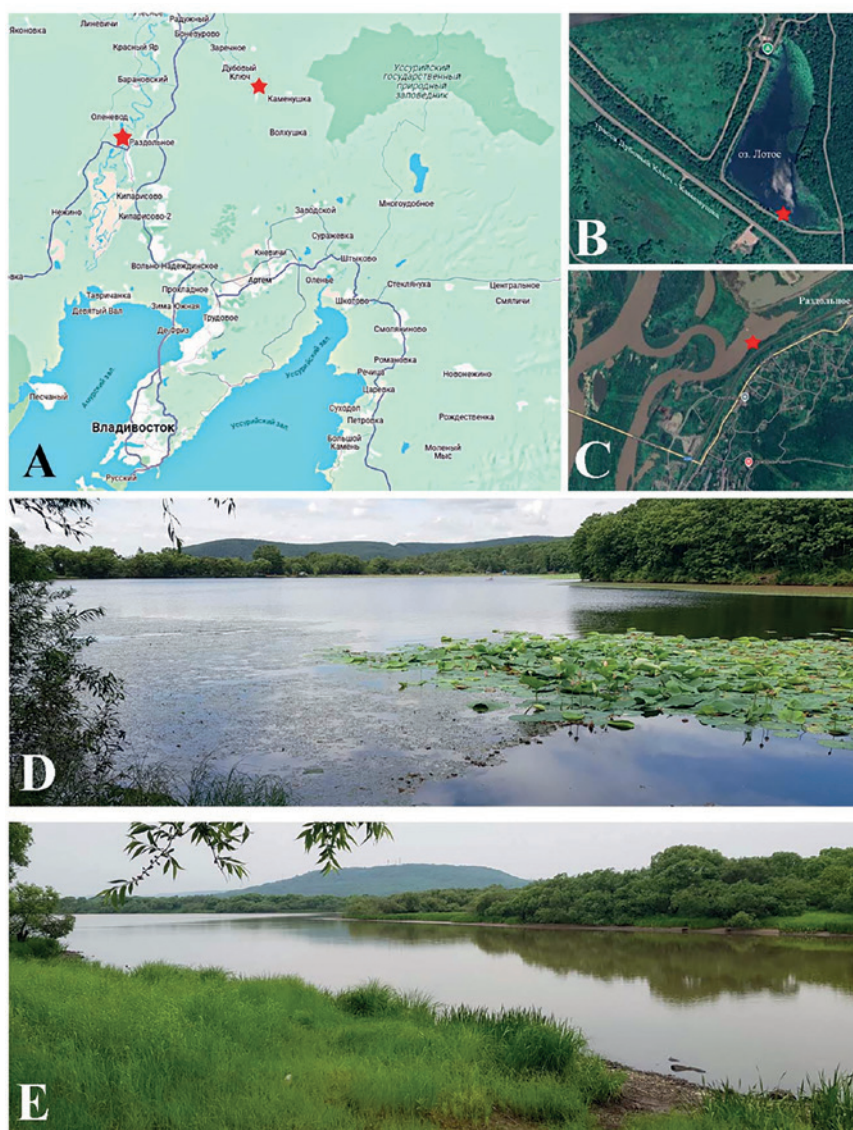
## Материал и методы

Материалом для работы послужили двустворчатые моллюски из бассейна р. Раздольная (сборщики Е. М. Саенко, И. А. Родионов) (рис. 1, 2): 1) беззубки *Sinanodonta schrenkii* Lea, 1870, сборы 2021, 2023 и 2024 гг. в оз. Лотос за селом Дубовый Ключ Уссурийского городского округа Приморского края (координаты 43°38'48.7" N, 132°09'22.0" E); 2) перловицы *Nodularia douglasiae*, сборы 2023 г. в старице р. Раздольная у железнодорожной станции «Раздольное» (координаты 43°33'26.2" N, 131°54'35.8" E).

Беззубок *S. schrenkii* проверяли в 2021 и 2023 гг. с июня по сентябрь, а в 2024 г. – с апреля по ноябрь включительно. В 2023 г. сбор перловиц *Nodularia douglasiae* в старице р. Раздольная провели только в июне и июле, т. к. весной была очень высокая вода.

Предварительный осмотр моллюсков проводили на месте, экземпляры с обнаруженными икрой и предличинками фиксировали 75% этиловым спиртом.

Видовые названия моллюсков даются согласно последним ревизионным данным (Bolotov et al. 2020; Lopes-Lima et al. 2020).

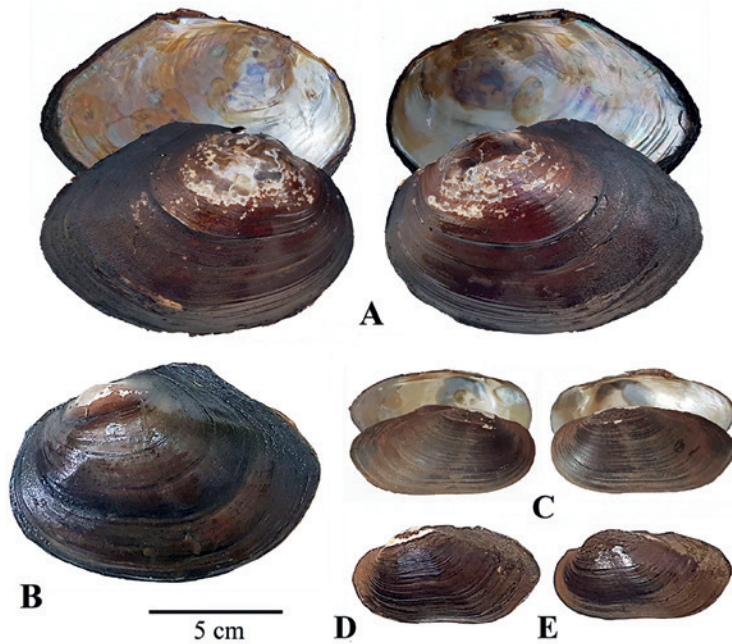


**Рис. 1.** Места сбора материала (обозначены звездочкой): А – карта-схема части бассейна р. Раздольная; В – спутниковое фото оз. Лотос; С – спутниковое фото старицы р. Раздольная у железнодорожной станции «Раздольное»; D – фотография оз. Лотос в месте сбора моллюсков; E – фотография старицы р. Раздольная.

**Fig. 1.** Sampling sites (indicated by an asterisk): A – map of a section of the Razdolnaya River basin; B – satellite image of Lake Lotos; C – satellite image of an oxbow of the Razdolnaya River near the Razdolnoye railway station; D – photograph of Lake Lotos at the mollusk sampling site; E – photograph of the Razdolnaya River oxbow.

Для описания локализации икры в синанодонтах применялась следующая методика (по: Baek, Song 2005): вертикальная линия условно делит каждую полужабру на переднюю и заднюю (сифональную) половины, а две горизонтальные линии – на дорсальный (граничащий с наджаберной камерой), средний и вентральный (брюшной) участки, так что каждая полужабра в итоге разделялась на 6 фрагментов.





**Рис. 2.** Раковины моллюсков, в которых обнаружены икра и предличинки горчаков: А, В – *Sinanodonta schrenkii* из оз. Лотос; С–Е – *Nodularia douglasiae* из старицы р. Раздольная.

**Fig. 2.** Shells of unionid mussels containing bitterling eggs and prelarvae: А, В – *Sinanodonta schrenkii* from Lake Lotos; С–Е – *Nodularia douglasiae* from an oxbow of the Razdolnaya River.

Для описания размеров икринок используется понятие длинного и короткого диаметров. Для предличинок измеряли стандартную длину (L), длину желточного мешка, высчитывали процент длины желточного мешка от длины предличинки.

Описание икры и определение предличинок рыб делалось по опубликованным ранее исследованиям (Крыжановский 1949; Крыжановский и др. 1951; Balon 1962; Макеева 1976; Smith et al. 2004; Макеева и др. 2011). При описании икры учитывали следующие признаки: место локализации (в жабрах как у горчаков, а не в мантийной полости, как у пескарей-леней), форма и размеры.

Промеры икры и предличинок, их фотографии выполнены в Центре коллективного пользования «Биология и генетическая инженерия» (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) на бинокуляре AxioCam MRc (Carl Zeiss, Германия) с использованием камеры AxioCam HRc и программы Axiovision 4.6, а также в лаборатории пресноводной гидробиологии (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) на бинокулярном микроскопе МБС-10 и световом микроскопе Nikon.

### Результаты и обсуждение

**Икра горчаков в беззубках *Sinanodonta schrenkii*.** В 2021 и 2023 гг. икра и предличинки горчаков в синанодонтах не были обнаружены. Только 24 апреля 2024 г. в 5-ти беззубках из 12-ти просмотренных была найдена икра, по признакам принадлежащая горчакам рода *Rhodeus*. В июньских (15 экз.) и более поздних сборах того же года предличинки обнаружены не были, поэтому, учитывая обитание обыкновенного горчака *R. sericeus* в бассейне р. Раздольная, можно предположить, что найденная икра относится к данному виду горчаков.

Длина раковин беззубок, содержащих икру горчаков, составила 11–13.5 см (рис. 2А, В). Максимальное количество икринок на одну беззубку – 23 штуки. Согласно опубликованным сведениям по Европе, количество икринок горчаков составляло не менее 100 штук на одну двустворку (Mills, Reynolds 2003) и эти результаты, на первый взгляд, существенно превышают как опубликованные ранее данные по дальневосточному региону (Клишко 2012; Саенко, Палатов 2023; Вайнутис, Богатов 2024), так и вновь полученные. Однако при сравнении следует учитывать такие факторы, как размер моллюсков, численность моллюсков, численность горчаков и т. п., а также недостаточную степень изученности взаимоотношений моллюсков и горчаков в водоемах Дальнего Востока.

Икринки горчаков были локализованы во всех полужабрах моллюсков, наружных и внутренних, а именно – в задней половине полужабр в их средней и нижней частях (рис. 3, табл. 1). Ни одной икринки в дорсальной, граничащей с наджаберной камерой, части и в передней половине полужабр не обнаружено.

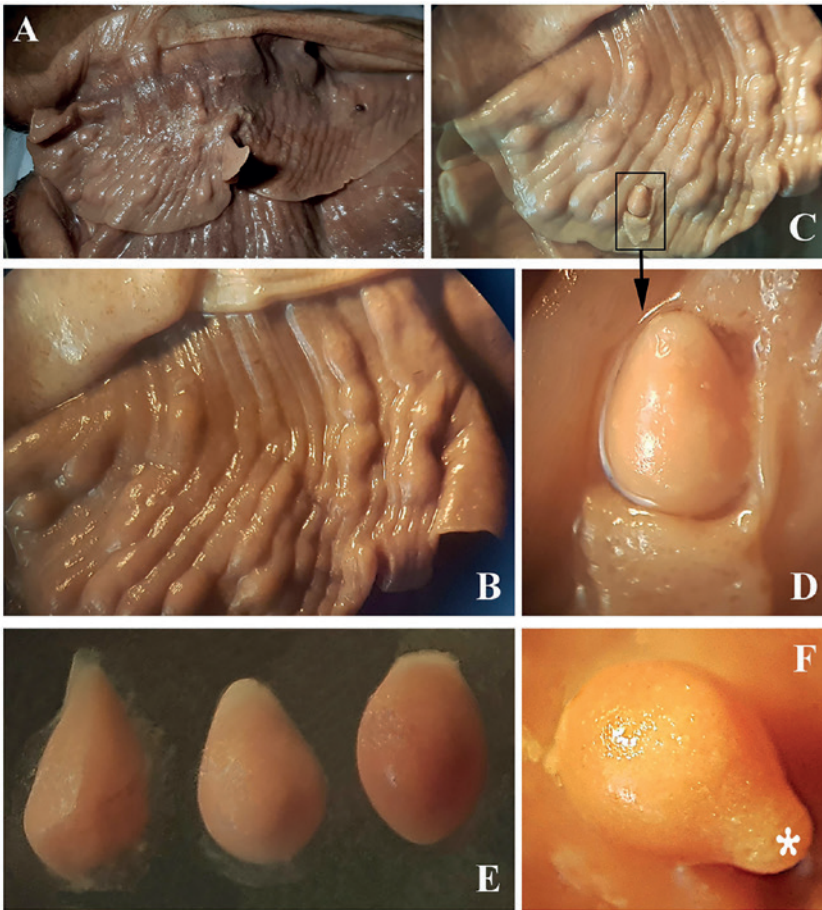
По форме найденные в синанодонтах икринки продолговато-удлиненные: эллипсовидные и грушевидные (в английской литературе используются термины «reag» – грушевидная, либо «bulb like» – в виде лампочки) с оттянутым зауженным концом, на котором находится анимальный полюс (рис. 3). Овальная и грушевидная формы ооцитов и икринок характерны для колючего и обыкновенного горчаков. Грушевидная форма яйцеклетки особенно выражена у колючего горчака, что связывают с его большей плодовитостью, следовательно, икринки развиваются в условиях худшего снабжения кислородом (Соин 1968; Чмилевский 2009).

Длинный диаметр собранных в синанодонтах икринок составил 2.7–3.35 мм, короткий диаметр – до 1.85 мм. Разброс величин и разная форма икринок свидетельствуют о том, что эмбрионы находились на разных стадиях развития.

Согласно опубликованным данным, у обыкновенного горчака *Rhodeus sericeus* размер ооцитов и икринок сразу после оплодотворения составляет 2.1–2.6 мм по длинному диаметру (Aldridge 1999; Smith et al. 2004; Саенко, Хлопова 2009; Макеева и др. 2011; Саенко, Палатов 2023), что меньше размера икринок, обнаруженных в синанодонтах из оз. Лотос. Это может быть связано с идущим процессом обводнения найденных икринок, либо они принадлежат другому виду горчаков. Опубликованные указания на остракофильный нерест представителями других видов рода *Rhodeus* с использованием синанодонт на данный момент отсутствуют.

Согласно опубликованным данным, икру и предличинки рыб в жабрах беззубок *Sinanodonta schrenkii* на территории Дальнего Востока России находили только в моллюсках из бассейна Амура. Так, для синанодонт р. Амур отмечены предличинки обыкновенных и колючих горчаков *Rhodeus sericeus*, *R. amurensis* (Vronsky, 1967), *Acheilognathus asmussii* (Хлопова 2009; Sayenko, Khloпова 2009; Барабанщиков 2022), для синанодонт р. Уссури – икра и предличинки обыкновенных и колючих горчаков *R. sericeus*, *R. amurensis*, *A. asmussii*, а также икра пескаря-леня *Sarcocheilichthys lacustris* (Барабанщиков 2022), для синанодонт оз. Ханка – предличинки горчаков и икра пескаря-леня *S. lacustris* (Барабанщиков 2004) (табл. 2).

В Корее размер икринок горчаков *Acheilognathus signifer* Berg, 1907, извлеченных из полужабр перловиц *Nodularia sinuolata* Martens, 1905 (= *Unio douglasiae sinuolatus*), составил по длинному диаметру 2.09–3.39 мм (Baek, Song 2005). В Забайкалье икринки обыкновенного горчака, извлеченные из жабр перловиц *N. douglasiae*, имели размеры до 4.3 мм (длинный диаметр) и 2.3–2.6 мм (короткий диаметр) (Клишко 2012).



**Рис. 3.** Жабры беззубки *Sinanodonta schrenkii* с икрой горчака внутри (A–C) и извлеченная икра горчака *Rhodeus sericeus* (D–F): A – наружная полужабра моллюска с инкапсулированными икринками горчака; B – передняя часть наружной полужабры с инкапсулированными икринками горчака; C – задняя (сифональная) часть наружной полужабры с инкапсулированными икринками горчака; D – фрагмент полужабры с вскрытой капсулой, в которой находится икринка горчака; E, F – икра горчака из жабр моллюсков с вариациями размеров и формы, звездочкой обозначен анимальный полюс.

**Fig. 3.** Gills of the anodontine bivalve *Sinanodonta schrenkii* with encapsulated bitterling eggs (A–C) and extracted eggs of *Rhodeus sericeus* (D–F): A – outer demibranch of the mollusk with encapsulated bitterling eggs; B – anterior part of the outer demibranch with encapsulated bitterling eggs; C – posterior (siphonal) part of the outer demibranch with encapsulated bitterling eggs; D – fragment of a demibranch with an opened capsule containing a bitterling egg; E, F – bitterling eggs extracted from the mollusk gills, showing variations in size and shape; the asterisk indicates the animal pole.

Размер моллюска-хозяина может быть важным фактором, определяющим выбор горчака. Ранее в ходе экспериментов было показано, что горчаки предпочитают использовать более крупных хозяев в качестве нерестилища, т. е. вероятность нереста у рыб возрастала с увеличением размера подсаженных двустворок (Choi, Lee 2024). Крупные раковины беззубок *Sinanodonta* по сравнению, например, с более

**Табл. 1.** Количество собранной икры горчака *Rhodeus sericeus* в полужабрах моллюсков *Sinanodonta schrenkii*.

**Tab. 1.** Number of bitterling (*Rhodeus sericeus*) eggs found in the gill demibranchs of the anodontine bivalve *Sinanodonta schrenkii*.

N	Правые полужабры моллюска Bivalve right demibranchs		Левые полужабры моллюска Bivalve left demibranchs	
	Наружная Outer	Внутренняя Inner	Наружная Outer	Внутренняя Inner
23	17	3	1	2
17	2	2	10	3
13	4	1	6	2
12	8	2	0	2
21	4	2	12	3

**Примечание.** N – общее количество икры горчака в моллюске.

**Note.** N – total number of bitterling eggs per mollusk.

**Табл. 2.** Литературные данные по местам находок унионид в Приморском крае с икрой и предличинками рыб в жабрах моллюсков.

**Tab. 2.** Published records of unionid mussels in Primorsky Krai found with fish eggs and prelarvae in their gills.

Моллюск-хозяин Host bivalve	Рыба-остракофил Ostracophile fish	Место сбора Locality	Ссылка Reference
<i>Lanceolaria</i> spp.	пескарь-лень <i>Sarcocheilichthys lacustris</i> (= <i>S. sinensis</i> )	оз. Ханка, юго-западное побережье у канала Астраханской насосной станции	Барабанщиков 2004
<i>Sinanodonta</i> spp.	горчак <i>Rhodeus</i> spp.		
<i>Lanceolaria</i> spp., <i>Sinanodonta</i> spp.	пескарь-лень <i>Sarcocheilichthys lacustris</i>	р. Уссури, залив Эндопал	Барабанщиков 2022
<i>Nodularia douglasiae</i> , <i>Sinanodonta</i> spp., <i>Buldotskia</i> spp.	обыкновенные горчаки рода <i>Rhodeus</i> , колючий горчак <i>Acheilognathus asmusii</i>	р. Уссури, от заливов Эндопал и Олейника ниже слияния рек Уссури и Арсеньевка до залива Первого выше по р. Уссури от г. Дальнереченска	Барабанщиков 2022
<i>Nodularia douglasiae</i>	обыкновенный горчак <i>Rhodeus sericeus</i>	р. Раздольная, старица у железнодорожной станции «Раздольное»	Саенко, Палатов 2023
<i>Nodularia douglasiae</i>	обыкновенный горчак <i>Rhodeus sericeus</i>	р. Раздольная, искусственное озеро	Вайнутис, Богатов 2024

мелкими беззубками *Buldotskia* Moskvicheva, 1973 или перловицами *Nodularia* Conrad, 1853, обитающими вместе с синанодонтами в бассейне Раздольной, в этом случае должны бы быть более привлекательны для горчаков как потенциальное место нереста. Однако в случае с синанодонтами все не так однозначно. Проведенные на европейских видах двустворчатых моллюсков эксперименты показали, что в случае выбора горчаки полностью избегали раковины *Sinanodonta woodiana* Lea, 1834, предпочитая другие виды беззубок (*Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)) и перловиц (*Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), *U. crassus* Philipsson, 1788, *U. tumidus* Philipsson, 1788), а вот среди используемых для нереста моллюсков (анодонт и унио) икра откладывалась в первую очередь и чаще в более крупных анодонт, чем в мелких



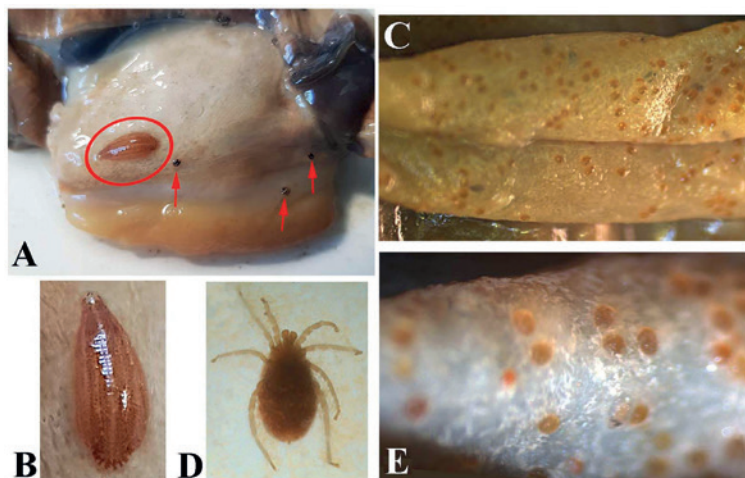
унию (Marčić et al. 2024). Итак, синанодонты не являются привлекательным местом для нереста горчаков, даже несмотря на крупный размер моллюсков.

Отсутствие предличинок горчаков в синанодонтах из оз. Лотос можно объяснить, во-первых, выбросом икринок и ранних предличинок в результате усиленной прокачки воды через жабры беззубки, как это описано для многих видов моллюсков (Smith, Hartel 1999; Mills, Reynolds 2003; Smith et al. 2004; Kitamura 2005); во-вторых, нападением ассоциированных с моллюсками пиявок рода *Hemiclepsis* Vejdovský, 1884, которые питаются эмбрионами горчаков (Bolotov et al. 2019; Nishino et al. 2023; Nishino, Yoshiyama 2025). В беззубках из оз. Лотос нами отмечена высокая зараженность моллюсков не только пиявками *Hemiclepsis kasmiana* Oka, 1910, которых находили в мантийной полости у более половины проверенных моллюсков, но также клещами рода *Unionicola* Haldeman, 1842 (рис. 4).

Для ответов на вопрос: что именно стало причиной отсутствия предличинок горчаков в синанодонтах из оз. Лотос менее чем через месяц после обнаружения икры (за этот срок икра горчаков не может полностью развиваться до подвижной стадии и успеть выйти из моллюска в виде мальков) – необходимы дополнительные исследования.

**Предличинки горчаков в перловицах *Nodularia douglasiae*.** Предличинки горчаков *R. sericeus* были обнаружены 02 июня 2023 г. в 3-х моллюсках из 8-ми проверенных. Всего в перловицах собран 41 экземпляр предличинок. В начале июля у проверенных 9-ти нодулярий предличинок в полужабрах не было.

Длина раковин перловиц с предличинками равнялась 5.5–7 см (рис. 2С–Е). У всех трех перловиц предличинки рыб были локализованы только во внутренних полужабрах, в то время как наружные были заполнены созревающими глохидиями.



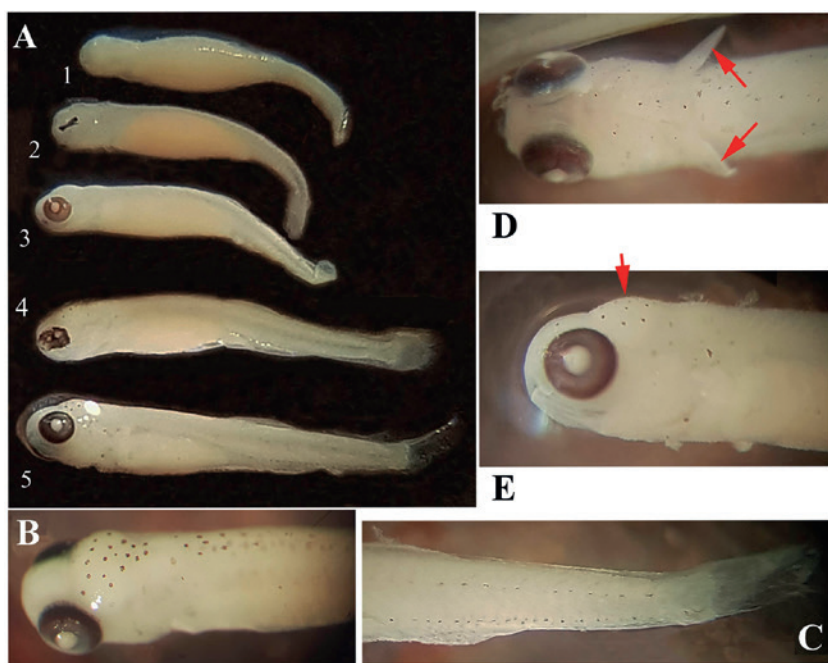
**Рис. 4.** Паразиты беззубок *Sinanodonta schrenkii* из оз. Лотос: А, В – пиявка *Hemiclepsis kasmiana* (выделена овалом) на ноге моллюска; А, D – имаго клещей *Unionicola* sp. (указаны стрелками) на ноге моллюска; С, Е – нимфы клещей *Unionicola* sp. в жабрах моллюска.

**Fig. 4.** Parasites of the anodontine mussel *Sinanodonta schrenkii* from Lake Lotos: А, В – the leech *Hemiclepsis kasmiana* (outlined by an oval) on the host's foot; А, D – imago water mites *Unionicola* sp. (indicated by arrows) on the host's foot; С, Е – nymphs of the water mite *Unionicola* sp. in the host's gills.



Согласно опубликованным ранее данным по нодуляриям из Раздольной, предличинки также были найдены либо только во внутренних полужабрах, в то время как наружные были заняты собственными личинками (глохидиями) перловиц (Саенко, Палатов 2023), либо исключительно в наружных (Вайнутис, Богатов 2024). Считается, что заполненные глохидиями марсупии (участки жабр, приспособленные к вынашиванию глохидиев) препятствуют попаданию икры в эти полужабры (Mills, Reynolds 2003).

Предличинки от 5.5 до 7.95 мм длиной (рис. 5). По морфологическим особенностям собранные предличинки можно разделить на несколько групп, соответствующих разным этапам развития личинок (рис. 5А): 1) общая длина  $L = 5.5\text{--}5.7$  мм, меланобласты отсутствуют, желточный мешок составляет 48–50% от длины предличинки; 2)  $L = 5.75\text{--}5.8$  мм, на месте глаз появляются первые пятна пигментации, желточный мешок составляет 45–46% от длины предличинки; 3)  $L = 6\text{--}7$  мм, глаза с большим количеством пигмента, желточный мешок не более 43% от длины предличинки;



**Рис. 5.** Предличинки *Rhodeus sericeus*, извлеченные из жабр перловицы *Nodularia douglasiae*: А – внешний вид предличинок, соответствующих разным этапам (1–5) развития (их морфологические характеристики приводятся в тексте); В – меланофоры на голове и вдоль позвоночника предличинки; С – меланофоры по брюшному краю и вдоль боковой линии хвостовой части предличинки; D – брюшные плавники (указаны стрелками) предличинки; E – характерный для горчаков выступ (указан стрелкой) на голове предличинки.

**Fig. 5.** Prelarvae of the bitterling *Rhodeus sericeus* extracted from the gills of the mussel *Nodularia douglasiae*: A – external view of prelarvae representing different developmental stages (1–5); B – melanophores on the head and along the spine of a prelarva; C – melanophores along the ventral edge and lateral line of a prelarva tail; D – ventral fins (indicated by arrows) of a prelarva; E – protrusion on the head of a prelarva (indicated by an arrow), typical for bitterlings.

4)  $L = 7.4\text{--}7.8$  мм, на верхней части головы появляются меланофоры, формируются брюшные плавники (рис. 5D), желточный мешок составляет не более 35% от длины предличинки; 5)  $L = 7.85\text{--}7.95$  мм, меланофоры на верхней части головы между глаз, по спине вдоль позвоночника, вдоль брюшного края тела, а также вдоль боковой линии (рис. 5B, 5C), на голове заметен характерный для рода *Rhodeus* выступ (рис. 5E), желточный мешок почти исчез и составляет не более 20% от длины предличинки.

Согласно литературным данным, у обыкновенного горчака пигментация глаз предличинок отмечена при их длине 7.4 мм; появление меланофоров происходило при длине предличинок 7.9 мм; движения предличинок внутри полужабр моллюска отмечали при длине 8.2 мм, а выход из моллюска наступал при длине предличинок 10.5 мм, когда полностью исчезал желточный мешок (Aldridge 1999).

Обнаружение находящихся на разных стадиях развития предличинок в одном хозяине говорит в пользу неоднократного нереста горчаков в одну и ту же особь двустворчатого моллюска (Mills, Reynolds 2003; Клишко 2012). Годом ранее, 29 мая 2022 г., в той же старице Раздольной в перловицах были собраны предличинки длиной 5.3–7.5 мм; при этом в одном моллюске также можно было найти предличинок на разных стадиях развития – от имеющих большой желточный мешок и с неразвитыми глазами без пигментации до предличинок с сильно уменьшившимся желточным мешком, развитыми глазами и меланофорами по телу (Саенко, Палатов 2023).

Полученные данные позволили уточнить сроки развития предличинок обыкновенного горчака и установить факт остракофильных взаимоотношений горчаков с синанодонтами в бассейне Раздольной.

### Благодарности

Автор выражает свою благодарность И. А. Родионову (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за неоценимую помощь в сборе моллюсков, а также чл.-корр. РАН, д. б. н. И. Н. Болотову (ФГБУН ФИЦКИА УРО РАН) за помощь в определении пиявок.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012400285-7).

### Литература (References)

- Барабанщиков Е. И.** 2004. Обнаружение икры пескаря-леля *Sarcocheilichthys sinensis* (Cyprinidae) в мантийной полости двустворчатых моллюсков рода *Lanceolaria* (Bivalvia, Unionidae) // *Вопросы ихтиологии*. Т. 44, № 4. С. 565–566. (**Barabanshchikov E. I.** 2004. Finding the eggs of the Scarlet carp *Sarcocheilichthys sinensis* (Cyprinidae) in the mantle cavity of bivalve mollusks of the genus *Lanceolaria* (Bivalvia, Unionidae). *Journal of Ichthyology* 44(4): 565–566. [In Russian].)
- Барабанщиков Е. И.** 2022. Новые виды двустворчатых моллюсков, используемых пескарем-ленем *Sarcocheilichthys lacustris* (Dybowski, 1872) при остракофильном нересте // *Труды СахНИРО: Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях*. Т. 18. С. 223–226. (**Barabanshchikov E. I.** 2022. New species of bivalves used by the lake gudgeon *Sarcocheilichthys lacustris* (Dybowski, 1872) for ostracophilic spawning. *Transactions of the SakhNIRO: Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas* 18: 223–226. [In Russian].)
- Барабанщиков Е. И., Магомедов Р. А.** 2002. Состав и некоторые черты биологии рыб эстуарной зоны рек Южного Приморья // *Известия ТИНРО*. Т. 131. С. 179–200. (**Barabanshchikov E. I., Magomedov R. A.** 2002. [Composition and some biological features of fish in the estuarine zone of the rivers of Southern Primorye]. *Izvestiya TINRO* 131: 179–200. [In Russian].)
- Вайнугис К. С., Богатов В. В.** 2024. Личинки горчакоподобных карповых как паразиты жабр моллюсков *Nodularia douglasiae* (Gray, 1833) на юге Приморского края // Моллюски: биология, экология, эволюция и формирование малакофаун. Материалы 2-й международной

- научной конференции 17–20 сентября 2024, ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск. С. 34–38. (Vainutis K. S., Bogatov V. V. 2024. Larvae of acheilognathin cyprinids as parasites of the gills of the mussel *Nodularia douglasiae* (Gray, 1833) in the South of Primorsky territory. In: Mollusks: biology, ecology, evolution and formation of malacofauna. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> scientific conference 17–20 September 2024, FECIAR UrB RAS, Arkhangelsk, pp. 34–38. [In Russian].)
- Клишко О. К.** 2012. Некоторые данные по репродуктивной биологии двустворчатых моллюсков (Margaritiferidae, Unionidae) и их взаимоотношениях с горчаками (Cyprinidae) в водоемах Забайкалья // *Бюллетень Дальневосточного малакологического общества*. Вып. 15/16. С. 31–55. (Klishko O. K. 2012. Some data on reproductive biology of the freshwater mussels (Margaritiferidae, Unionidae) and their relationships with bitterlings (Cyprinidae) in Transbaikalye. *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society* 15/16: 31–55. [In Russian].)
- Колпаков Н. В.** 2008. Новые данные по распределению рыб в эстуариях Южного Приморья. 1. Река Раздольная // *Известия ТИНРО*. Т. 153. С. 155–166. (Kolpakov N. V. 2008. New data on species composition and distribution of fishes in estuaries of souther Primorye. 1. Razdolnaya River. *Izvestia TINRO* 153: 155–166. [In Russian].)
- Крыжановский С. Г.** 1949. Эколого-морфологические закономерности развития карповых, вьюновых и сомовых рыб (Cyprinoidei и Siluroidei) // Труды ИМЖ АН СССР. Вып. 1. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 5–332. (Kryzhanovsky S. G. 1949. [Ecomorphological principles of development of carp, loach and catfish (Cyprinoidei and Siluroidei)]. In: [Transactions of A. N. Severtsov Institute of Animal Morphology RAS. Vol. 1. Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR, pp. 5–332 p. [In Russian].)
- Крыжановский С. Г., Смирнов А. И., Соин С. Г.** 1951. Материалы по развитию рыб р. Амура // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. Т. II. – М.: Изд-во МОИП. С. 5–222. (Kryzhanovsky S. G., Smirnov A. N., Soin S. G. 1951. [Materials on fish development in the Amur River]. In: [Proceedings of the Amur Ichthyological Expedition 1945–1949]. Vol. II. M.: Publishing House of the Moscow Institute of Nature Protection, pp. 5–222. [In Russian].)
- Макеева А. П.** 1976. Особенности развития нового в ихтиофауне СССР вида горчака – *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Kner) // *Вопросы ихтиологии*. Т. 16, № 5. С. 823–845. (Makeeva A. P. 1976. [Development of *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Kner), a new species of bitterling in the ichthyofauna of the USSR]. *Journal of Ichthyology* 16(5): 823–845. [In Russian].)
- Макеева А. П.** 1992. Эмбриология рыб. – М.: Изд-во МГУ. 216 с. (Makeeva A. P. 1992. [Fish embryology]. Moscow: Moscow State University Press, 216 pp. [In Russian].)
- Макеева А. П., Павлов Д. С., Павлов Д. А.** 2011. Атлас молоди пресноводных рыб. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 383 с. (Makeeva A. P., Pavlov D. S., Pavlov D. A. 2011. Atlas of larvae and juveniles of freshwater fishes of Russia. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 383 pp. [In Russian].)
- Максимов Р. А., Вайнутис К. С., Богатов В. В.** 2025. Видовая идентификация предличинок горчакоподобных рыб семейства карповых Cyprinidae на основе методов молекулярной генетики // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. Материалы Национальной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 28–29 ноября 2024, Дальрыбвтуз. – Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 131–135. (Maksimov R. A., Vainutis K. A., Bogatov V. V. 2025. Species identification of pre-larvae of acheilognathine fish of Cyprinidae based on molecular genetics methods. In: Integrated research in the fisheries industry. Proceedings of the National Scientific and Technical Conference of students, postgraduates and young scientists 28–29 November, 2024, Far East Fisheries Technical University. Vladivostok: Far East Fisheries Technical University, pp. 131–135. [In Russian].)
- Новиков Н. П., Соколовский А. С., Соколовская Т. Г., Яковлев Ю. М.** 2002. Рыбы Приморья. – Владивосток: Дальрыбвтуз. 552 с. (Novikov N. P., Sokolovsky A. S., Sokolovskaya T. G., Yakovlev Yu. M. 2002. The fishes of Primorye. Vladivostok: Far East Fisheries Technical University, 552 pp. [In Russian].)
- Саенко Е. М., Палатов Д. М.** 2023. Новые данные о взаимоотношениях рыб (Cyprinidae) и моллюсков (Bivalvia: Margaritiferidae, Unionidae) российского Дальнего Востока // *Чтения памяти проф. В. Я. Леванидова*. Вып. 10. С. 226–234. (Sayenko E. M., Palatov D. M. 2023. New data on relationships between fishes (Cyprinidae) and mollusks (Bivalvia, Margaritiferidae, Unionidae) in the Russian Far East. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings* 10: 226–234. [In Russian].) <https://doi.org/10.25221/levanidov.10.19>

- Саенко Е. М., Хлопова А. В. 2009. Новые данные по репродуктивным взаимоотношениям горчаков (Cyprinidae: Acheilognathinae) и перловиц (Unionidae: Nodulariinae) бассейна реки Амур // X съезд Гидробиологического общества при РАН. Тезисы докладов 28 сентября-2 октября 2009, Владивосток: Дальнаука. С. 349–350. (Sayenko E. M., Khlopova A. V. 2009. [New data on reproductive relationships of bitterlings (Cyprinidae: Acheilognathinae) and freshwater mussels (Unionidae: Nodulariinae) in the Amur River basin. In: Proceedings of the X Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences 28 September-02 October 2009, Vladivostok: Dalnauka, pp. 349–350. [In Russian].)
- Соин С. Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. – М.: Изд-во МГУ. 89 с. (Soin S. T. 1968. [Adaptive features of fish development]. Moscow: Moscow University, 89 pp. [In Russian].)
- Таразанов В. И. 2003. Особенности ската молоди рыб в эстуарной части реки Раздольной (Приморский край) // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 2. С. 454–459. (Tarzanov V. I. 2003. Quality of the seaward migration of the juvenile fishes to the estuary of the Razdolnaya River (Primorye Territory). *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 2: 454–459. [In Russian].)
- Хлопова А. В. 2009. Морфофункциональная характеристика репродуктивной системы горчаков (Cyprinidae, Acheilognathinae) и пескарей-леней (Cyprinidae, Gobioninae) бассейна реки Амур: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 25 с. (Khlopova A. V. 2009. [Morphofunctional characteristics of the reproductive system of bitterlings (Cyprinidae, Acheilognathinae) and gudgeons (Cyprinidae, Gobioninae) of the Amur River basin: PhD thesis]. Vladivostok, 25 pp. [In Russian].)
- Чмилевский Д. А. 2009. Параллелизмы в организации морфологических структур развивающихся ооцитов костистых рыб // Вестник Санкт-Петербургского университета Сер. 3, вып. 3. С. 69–81. (Chmilyevsky D. A. 2009. [Parallelism in organization of morphological structures of developing oocytes of ostei fishes]. *Bulletin of St. Petersburg University* 3(3): 69–81. [In Russian].)
- Шедько С. В. 2001. Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 1. С. 229–249. (Shedko S. V. 2001. [List of cyclostomes and fishes of the freshwater coastal basins in Primorye]. *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 1: 229–249. [In Russian].)
- Aldridge D. C. 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. *Journal of Fish Biology* 54: 138–151.
- Baek H.-M., Song H.-B. 2005. Spawning in mussel adaptation strategy of *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae: Acheilognathinae). *Korean Journal of Ichthyology* 17(2): 105–117. [In Korean].
- Balon E. K. 1962. Note on the number of Danubian bitterlings developmental stages in mussels. *Věstník Československé Společnosti Zoologické* 26: 250–256.
- Bolotov I. N., Klass A. L., Kondakov A. V., Vikhrev I. V. et al. 2019. Freshwater mussels house a diverse leech assemblage. *Scientific Reports* 9(16449): 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52688-3>
- Bolotov I. N., Kondakov A. V., Konopleva E. S. et al. 2020. Integrative taxonomy, biogeography and conservation of freshwater mussels (Unionidae) in Russia. *Scientific Reports* 10(3072). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59867-7>
- Choi Hk., Lee H. J. 2024. Host size matters for reproduction: evolution of spawning preference and female reproductive phenotypes in mussel-symbiotic freshwater Bitterling fishes. *Ecology and Evolution* 14: e11142. <https://doi.org/10.1002/ece3.11142>
- Kitamura J. 2005. Factors affecting seasonal mortality of rosy bitterling (*Rhodeus ocellatus kurumeus*) embryos on the gills of their host mussel. *Population Ecology* 47: 41–51. <https://doi.org/10.1007/s10144-004-0201-0>
- Kondo T., Yamashita J., Kano M. 1984. Breeding ecology of five species of bitterling (Pisces: Cyprinidae) in a small creek. *Physiology and Ecology Japan* 21: 53–62.
- Li F., Smith C., Kawamura K., Vetešník L., Arai R., Reichard M. 2022. Unusual egg shape diversity in bitterling fishes. *Ecology* 103: e3816. <https://doi.org/10.1002/ecy.3816>
- Liu H.-Zh., Zhu Yu., Smith C., Reichard M. 2006. Evidence of host specificity and congruence between phylogenies of bitterling and freshwater mussels. *Zoological Studies* 45(3): 428–434.
- Lopes-Lima M., Hattori A., Kondo T. et al. 2020. Freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) from the rising sun (Far East Asia): phylogeny, systematics, and distribution. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 146(106755): 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106755>
- Marčić Z., Prenz P., Horvatić S., Mustafić P., Zanella D., Čaleta M., Buj I., Karlović R., Lajtner J. 2024. Is bitterling (*Rhodeus amarus* (Bloch, 1782)) threatened by the invasive unionid species



- Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834)? *Biological Invasions* 26: 3417–3431. <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03381-8>
- Mills S. C., Reynolds D. C.** 2003. The bitterling–mussel interaction as a test case for co-evolution. *Journal of Fish Biology* 63(Suppl. A): 84–104. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00209.x>
- Nishino D., Nishida T., Yoshiyama K.** 2023. Feeding of mussel-associated leeches *Hemiclepsis kasmiana* on bitterling embryos: Novel interaction between parasites in a shared host. *Journal of Fish Biology* 103(5): 1232–1236. <https://doi.org/10.1111/jfb.15510>
- Nishino D., Yoshiyama K.** 2025. Mussel preferences of two spring-spawning bitterling species are differently affected by the presence of mussel-associated leeches. *Environmental Biology of Fishes* 108: 279–289. <https://doi.org/10.1007/s10641-024-01664-6>
- Reichard M., Liu H., Smith C.** 2007a. The co-evolutionary relationship between bitterling fishes and freshwater mussels: insights from interspecific comparisons. *Evolutionary Ecology Research* 9: 239–259.
- Reichard M., Przybylski M., Kaniewska P., Liu H., Smith C.** 2007b. A possible evolutionary lag in the relationship between freshwater mussels and European bitterling. *Journal of Fish Biology* 70: 709–725. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01333.x>
- Sayenko E. M., Khlopova A. V.** 2009. Some new data on reproductive interrelations between cyprinid fishes (Cyprinidae: Acheilognathinae) and freshwater bivalves (Unionidae) in the Amur river, Russia. In: Abstracts of the 10<sup>th</sup> International Congress on Medical and Applied Malacology. 26–29 August 2009, Busan, Korea, pp. 54.
- Smith C., Reichard M., Jurajda P., Przybylsk M.** 2004. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*). *Journal of Zoology* 262: 107–124. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004497>
- Smith D. G., Hartel K. E.** 1999. Margaritiferidae (Mollusca: Unionida): host for *Rhodeus* (Pisces: Cyprinidae). *Polish Archives of Hydrobiology* 46: 272–281.