

Водные беспозвоночные

УДК 594-14:595.42(204)

ВЛИЯНИЕ ИНВАЗИВНОГО ВИДА *UNIONICOLA YPSILOPHORA* (BONZ, 1783) НА МОРФО- И ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛЛЮСКА *ANODONTA CYGNEA* (L.) РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. С. Соколова*, В. Р. Микряков, Д. В. Микряков, С. В. Кузьмичева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, *e-mail: Aleksandrasokol@rambler.ru

Поступила в редакцию 4.02.2022

Исследовано влияние инвазивного биологического вида Рыбинского водохранилища – водного клеща *Unionicola ypsilophora* (Bonz, 1783) на морфо- и иммунофизиологические показатели зараженных двустворчатых моллюсков *Anodonta cygnea* (L., 1758). Показана зависимость заражения моллюсков униониколидами от возраста, размера, коэффициента упитанности, соматических индексов жабр, ноги, содержания иммунных комплексов и малонового диальдегида, одного из конечных продуктов перекисного окисления липидов. Показатели размера, общей массы, содержания иммунных комплексов и малонового диальдегида у зараженных особей в возрасте 7–10 лет значительно превышали таковые незараженных младшего возраста 4–5 лет. Сделан вывод, что с возрастом снижается уровень врожденных механизмов антикарицидного иммунитета *A. cygnea* к униониколидами, что приводит к массовому заражению и гибели старших возрастных групп моллюсков. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования скорости распространения биологической инвазии *U. ypsilophora* в водоемах.

Ключевые слова: водной клещ *Unionicola ypsilophora*, двустворчатый моллюск *Anodonta cygnea*, Рыбинское водохранилище, паразитарная инвазия, антикарицидный иммунитет, иммунные комплексы, перекисное окисление липидов.

DOI: 10.47021/0320-3557-2022-58-64

ВВЕДЕНИЕ

Проблема биологических инвазий – серьёзная угроза для сохранения биологического разнообразия. Инвазийные виды могут являться переносчиками возбудителей заболеваний аборигенных видов или сами вызывать их заболевания. Проникновение чужеродных паразитарных организмов может инициировать вспышку эпизоотии заболевания у аборигенных видов и гибель зараженных хозяев [Дгебуадзе, 2002 (Dhebuadze, 2002)].

В 2012–2013 гг. при исследовании паразитофауны поселений моллюсков *Anodonta cygnea* из разных участков Рыбинского водохранилища был обнаружен новый инвазивный вид водяных клещей – *Unionicola ypsilophora* (Bonz, 1783). Данный паразит был выявлен почти на половине исследуемых станций. Наиболее высокое заражение зафиксировано у моллюсков, обитающих в акватории канала, ведущего от ихтиологического корпуса ИБВВ РАН к Рыбинскому водохранилищу [Жаворонкова, Песня, 2013 (Zhavoronkova, Pesnya, 2013)].

Водный клещ *U. ypsilophora* относится к классу паукообразных паразитов *Arachnidae* [Mitchell, 1955; Backer, 1977; Вайнштейн, 1980 (Weinstein, 1980); Hevers, 1980; Тузовский, 1987 (Tuzovskij, 1987); Edvars, Viridine, 2006; di Sabatino et al., 2008; Саенко, Балан, 2010 (Saenko, Balan, 2010); Столбов, Воронова, 2019

(Stolbov, Voronova, 2019)]. В отличие от простейших паразитов, подобно таковым многоклеточным (гельминтов), имеет сложный цикл онтогенетического развития, состоящих из 7 стадий: кроме имаго, яйцо, предличинка, паразитическая личинка, протонимфа, дейстониимфа, тритонимфа и имаго [Mitchell, 1955; Hevers, 1980; Вайнштейн, 1980 (Weinstein, 1980); Тузовский, 1987 (Tuzovskij, 1987); Жаворонкова, Песня, 2013 (Zhavoronkova, Pesnya, 2013)]. На начальных этапах развития их промежуточные хозяева – околотовные насекомые (хируномиды и комары), а дефинитивные на стадиях нимфа и имаго – пресноводные моллюски *Anodonta cygnea* [Вайнштейн, 1980 (Weinstein, 1980); Hevers, 1980; Жаворонкова, Песня 2013 (Zhavoronkova, Pesnya, 2013)].

Дефинитивного хозяина *U. ypsilophora* используют не только в качестве среды обитания, откладки яиц и источника питания, но и для обеспечения развития новой генерации униониколид энергетическим субстратом [Davids, 1973; Backer, 1977; Hevers, 1980; Edvars Viridine, 2006 и др.]. У моллюсков они вызывают повреждение тканей организма [Backer, 1977], считаются этиологической причиной массовой гибели унионид [Mitchell, 1955; Силина, 2011 (Silina, 2011); Янович и др., 2012 (Yanovich et al., 2012); Столбов, Вороно-

ва, 2019 (Stolbov, Voronova, 2019) и др.]. Клещевыми паразитами чаще болеют ослабленные, крупноразмерные моллюски рода *Anodonta*, обитающие в прибрежных слабо текущих и стоячих водоемах [Mitchell, 1955; Вайнштейн, 1980 (Weinstein, 1980); Жаворонкова, Песня, 2013 (Zhavoronkova, Pesnya, 2013); Столбов, Воронова, 2019 (Stolbov, Voronova, 2019) и др.].

Вместе с тем следует отметить, что сведения о патогенном влиянии *U. ypsilophora* на механизмы, обеспечивающие устойчивость моллюсков к униониколидам в доступной ли-

тературе, отсутствуют. Исходя из этого нами выдвинуто положение, что у находящихся на разных этапах онтогенеза моллюсков иммунитет к *U. ypsilophora* зависит от структурно-функционального состояния морфо- и иммунофизиологических механизмов гомеостаза.

В целях понимания повреждающего действия униониколид на механизмы естественного иммунитета двустворчатого моллюска проведено сравнительное исследование морфометрических и иммунофизиологических показателей инвазированных и неинвазированных клещами унионид.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на 40 особях двустворчатых моллюсков *A. cygnea* из акватории канала, ведущего от ихтиологического корпуса ИБВВ РАН к Рыбинскому водохранилищу. Отлов моллюсков проводили вручную на глубине 0.3–0.6 метра в ноябре 2017 г.

Морфометрические признаки определяли по данным измерения длины, высоты раковины, общей массы жабр и ноги, возраста, согласно общепринятым методикам [Цалолыхин, 2004 (Tsalolikhin, 2004)]. Одновременно измеряли коэффициенты упитанности по формуле Фултона [Правдин, 1966 (Pravdin, 1966)] $K = 100 \text{ м/L}^3$: где K – коэффициент упитанности, L^3 – длина тела, а также органо-соматические индексы жабр и ноги, на основе анализа отношение массы органа к весу тела, согласно формуле С.С. Шварца (1958) индекс = масса органа / вес тела $\times 100$.

Имунофизиологические показатели оценивали по содержанию в гомогенатах тканей жабр и ноги неспецифических иммунных комплексов (ИК) и продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Содержание ИК устанавливали спектрофотометрически при длине волны 450 нм методом селективной преципитации с 4% поли-

этиленгликолем молекулярной массой 6000, как рекомендовано ранее [Гриневич, Алферов, 1981 (Grinevich, Alferov, 1981)].

Интенсивности ПОЛ определяли по накоплению малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов перекисного окисления. Концентрацию МДА устанавливали по количеству продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой и дающих с ней окрашенный комплекс. Интенсивность окрашивания оценивали спектрофотометрически по изменению максимума поглощения при 535 нм [Андреева и др., 1988 (Andreeva et al., 1988)]. Содержание МДА вычисляли с учётом коэффициента молярной экстинкции: $1.56 \times 10^5 / (\text{М см})$ и выражали в наномолях на 1 г ткани.

Зараженность моллюсков *U. ypsilophora* устанавливали с помощью бинокулярного микроскопа МБС-9 и исследовательского микроскопа МБИ-3. Видовую принадлежность клещей устанавливали с помощью определителя [Соколов, 1940 (Sokolov, 1940)].

Статистическую обработку результатов количественных признаков проводили согласно стандартным алгоритмам, реализованным в пакете программ (Statistika) с использованием t-теста ($p < 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенное исследование уровня заражения *A. cygnea* водными клещами показало, что *U. ypsilophora* обнаружены у 47.5% особей. Анализ полученных результатов показал, что это особи старшего возраста (7–10 лет), а младшего возраста (4–5 лет) оказались устойчивыми. Зараженные и незараженные *A. cygnea* отличались друг от друга не только возрастом, но величинами морфометрических и иммунофизиологических показателей (см. таблицу).

У моллюсков старшей возрастной группы были значительно выше размерно-весовые характеристики: длина раковины, масса тела, жабр и ноги, тогда как *A. cygnea* младшей возрастной группы отличались высокими показателями коэффициента упитанности и соматических индексов жабр и ноги.

Содержание ИК и МДА в тканях ноги и жабр показало более высокие величины у зараженных особей по сравнению с незараженными.

Морфометрические и иммунофизиологические показатели моллюсков

Morphometric and immunophysiological indicators of mollusks

Показатели Indicators	Здоровые Healthy	Зараженные Infected
N, экз. N, ind.	21	19
Возраст Age	4–5+	7–10+
L раковины, мм L shell, mm	77.3±4.5	117.2±4.3*
Общая m, г Total m, g	56.58±8.98	144.73±14.38*
m жабр, г m gills, g	1.93±0.33	4.68±0.51*
m ноги, г m legs, g	2.99±0.40	5.02±0.38*
К. упитанности K. Refinance	12.28±1.52	8.99±0.95
Соматический индекс Somatic index	жабр gills ноги legs	3.41±0.65
		5.28±0.39
		3.23±0.26
ИК жабр, ус. ед. IK gills, con. un.	1.03±0.77	1.74±1.41
ИК ноги, ус. ед. IK legs, con. un.	1.31±0.73	6.93±2.16*
МДА жабр, Нмоль/г MDA gills, Nmol/g	7.79±2.41	12.78±1.49
МДА ноги, Нмоль/г MDA legs, Nmol/g	7.04±2.08	22.27±6.33*

Примечание. “*” – достоверные отличия при $p \leq 0.05$.

Note. “*” – significant differences at $p \leq 0.05$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Установленные различия исследуемых показателей свидетельствуют, что иммунитет *A. cygnea* к паукообразным паразитам зависит от возраста, морфофункционального состояния механизмов иммунной защиты и интенсивности метаболизма, регулируемой соотношением анаболической и катаболической фазами обмена веществ, обеспечиваемой прооксидант-антиоксидантной системами.

Известно, что ИК – комплексы, состоящие из антиген-антитело и связанных с ними компонентов системы комплемента, играют важную роль в процессах регуляции иммунных реакций, элиминации ксенобиотиков из организма и поддержании иммунофизиологического гомеостаза. При насыщении организма чужеродными телами, в том числе ксенобиотиками и инфекционными агентами, происходит избыточное образование ИК вследствие снижения клиринговой функции клеток фагоцитарной системы [Логоинов и др., 1990 (Loginov et al., 1990); Ройт и др., 2000 (Roit et al., 2000); Койхо и др., 2008 (Kojho et al., 2008)]. Повышенный уровень ИК является фактором, вызывающим супрессию меха-

низмов иммунного гомеостаза и неконтролируемые патологические процессы [Cohen, Ward, 1979; Микряков и др., 2001 (Mikryakov et al., 2001)]. По-видимому, повышенные показатели ИК у зараженных моллюсков – одна из причин снижения врожденных механизмов антиакарицидного иммунитета.

Одновременно с увеличением содержания ИК в организме инвазированных анадонт установлены высокие величины МДА – одного из высокотоксичных продуктов ПОЛ. Известно, что активация ПОЛ – интегральный показатель, отражающий нарушение окислительно-восстановительного баланса. Повышение интенсивности ПОЛ происходит под воздействием неблагоприятных для жизнедеятельности факторов биотической и абиотической природы, в том числе патогенных организмов (паразиты) и ксенобиотиков [Меньшикова и др., 2008 (Men'shikova et al., 2008); Микряков и др., 2001, 2011 (Mikryakov et al., 2001, 2011); Silkina et al., 2019 и др.]. Известно, что конечные продукты липидпероксидации, относящиеся к высокотоксичным соединениям, вызывают деполимеризацию крупных белковых молекул

ДНК, нарушение сульфгидрильных антиоксидантов, модификацию липидного слоя клеточных мембран [Зенков и др., 1999 (Zenkov et al., 1999)]. Вследствие этого происходит повреждение образования митохондриями аденозинтрифосфата (АТФ), одного из важных энергетических субстратов (соединений), необходимых для жизнедеятельности клеток, морфогенеза, обеспечения темпов роста, развития и жизнедеятельности целостного организма [Журавлев, Пантюшенко, 1989 (Zhuravlev, Pantyushenko, 1989); Кольтовер, 2000 (Kol'tover, 2000) и др.]. Индуцируемое токсическими формами кислорода ускорение процессов ПОЛ [Меньшикова и др., 2008 (Men'shikova et al., 2008)] приводит к снижению содержания антиоксидантных ферментов, дистрофическим изменениям в тканях и органах, истощению организма, и как следствие, снижению адаптивных функций к фенотипу организма [Скулачев, 2009 (Skulachev, 2009)].

Высокие уровни содержания ИК и МДА в гомогенатах жабр, ноги и низкие коэффициенты упитанности органосоматических индексов у инвазированных особей, свидетельствуют о многостороннем патогенном влиянии *U. ypsilophora* на дефинитивного хозяина. Униониколиты, подобно возбудителям гельминтозных заболеваний животных и растений, в том числе и человека [Шульц, Гвоздев, 1970 (Shul'c, Gvozdev, 1970)], вызывают разрушение барьерной функции врожденных механизмов антиакарицидного иммунитета; дизрегуляцию обмена веществ; изменение соотношения между анаболической и катаболической фазами метаболизма; индуцируют активацию процессов окислительного стресса, дистрофические изменения в тканях и органах. Все вышеперечисленное является причиной супрессии активности врожденных механизмов иммунной защиты, истощения организма и гибели дефинитивных хозяев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа представляет новые данные о воздействии паразита двустворчатых моллюсков *U. ypsilophora* на механизмы естественного иммунитета и морфофункциональное состояние *A. cygnea*. Выявленные различия морфометрических и иммунофизиологических показателей у пораженных и иммунных моллюсков позволяют заключить, что иммунитет *A. cygnea* к униониколитам зависит от возраста и морфофункционального состояния иммунофизиологических механизмов гомеостаза двустворчатых моллюсков. Клещи *U. ypsilophora* поражают старшие возрастные

группы моллюсков и оказывают многостороннее патогенное влияние на их организм. У инвазированных особей они вызывают дизрегуляцию метаболических функций, синтез высокотоксичных продуктов ПОЛ, дистрофические и атрофические процессы в тканях и органах, истощение механизмов иммунной защиты. Полученные результаты могут стать основой для будущих исследований по прогнозированию уровня заражения колоний моллюсков *A. cygnea* и скорости распространения инвазивного биологического вида *U. ypsilophora* в водоемах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность к.б.н. н.с. О. Д. Жаворонковой (ИБВВ РАН) за консультацию при проведении исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121050500046-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева Л.И., Кожемякин Н.А., Кишкун А.А. Модификация методов определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело. 1988. № 11. С. 41–43.
- Вайнштейн Б.А. Определение личинок водяных клещей // Общая часть. Л.: Наука, 1980. С. 29–41.
- Гриневич Ю.А., Алферов А.Н. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лаб. дело. 1981. № 8. С. 493–496.
- Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М.: МСОП; ИПЭЭ РАН, 2002. С. 11–14.
- Жаворонкова О.Д., Песня Д.С. Некоторые аспекты биологии и экологии водного клеща *Unionicola Ypsilophora* (Bonz, 1783) (*Acariformes: Hydrachnidia*) в Рыбинском водохранилище // Материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиатическим и водным насекомым. Ярославль: Филигрань, 2013. 57 с.
- Журавлев А.И., Пантюшенко В.Т. Свободнорадикальная биология. Москва: Моск. вет. акад. им. К.И. Скрябина, 1989. 58 с.
- Зенков Н.К., Меньшикова Е.Б., Вольский Н.Н., Козлов В.А. Внутриклеточный окислительный стресс и апоптоз // Успехи современной биологии. 1999. Т. 119, № 5. С. 440–450.
- Койхо Р., Саншайн Д., Бенджамини Э. Иммунология: учебное пособие. М.: Академия, 2008. 368 с.
- Кольтовер В.К. Свободнорадикальная теория старения: исторический очерк // Успехи геронтологии. 2000. № 4. С. 33–40.

- Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н. Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология. Новосибирск: РАСХН, 1999. 144 с.
- Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Лапкин В.З. и др. Окислительный стресс: патологические состояния и заболевания. Новосибирск: АРТА, 2008. 284 с.
- Метлицкий Л.В., Озерецковская О.Л., Кораблева Н.П. и др. Биохимия иммунитета, покоя, старения растений. Москва: Наука, 1984. 264 с.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А. и др. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.
- Микряков В.Р., Силкина Н.И., Микряков Д.В. Влияние антропогенного загрязнения на иммунологические и биохимические механизмы поддержания гомеостаза у рыб Черного моря // Биология моря. 2011. Т. 37, № 2. С. 142–148.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М. Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Ройт А., Бростофф Дж., Мейл Д. Иммунология. М.: Мир, 2000. 592 с.
- Саенко Е.М., Балан И.В. Первые данные по взаимоотношениям водяных клещей рода *Unionicola* и пресноводных двустворчатых моллюсков (*Bivalvia: Unionidae*) Хинганского заповедника и прилегающих территорий // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2010. Т. 14. С. 61–66.
- Силина А.Е. Клещевые паразитозы и массовая гибель беззубок (*Mollusca*) в затоне Матырского водохранилища в 2011 году // Материалы V юбилейной научно-практической конференции памяти проф. В.А. Ромашова. Воронеж: "Артефакт", 2011. 64 с.
- Скулачев В.П. Новые сведения о биохимическом механизме запрограммированного старения организма и антиоксидантной защите митохондрий // Биохимия. 2009. Т. 74, вып. 12. С. 1718–1721.
- Соколов И.И. *Hydracarina* – водяные клещи (ч. 1: *Hydrachnellae*) // Фауна СССР. Паукообразные. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. Т. 5, вып. 2. 511 с.
- Столбов В.А., Воронова К.П. Зараженность моллюсков (*Bivalvia: Unionidae*) водяными клещами рода *Unionicola* (*Acari: Hydrachnidia: Unionicolidae*) в водоемах юга Западной Сибири // Паразитология. 2019. Т. 53, № 3. С. 220–229.
- Тузовский П.В. *Hydrachnidia*. Водяные клещи // Определитель пресноводных беспозвоночных России ЗИН РАН. Санкт-Петербург, 1997. С. 13–105.
- Цалолыхин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 2004. Т. 6. 528 с.
- Шварца С.С. Метод морфо-физиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных животных // Зоол. журн. 1958. Т. 37, № 2. С. 161–173.
- Шульц Р.С., Гвоздев В.В. Основы общей гельминтологии. Москва: Наука, 1970. 309 с.
- Янович Л.Н., Шевчук Т.В., Пампура М.М. Морфологічні особливості та поширення кліщів роду *Unionicola* (*Acari: Hydracarina: Unionicolidae*) – паразитів перліницевих (*Mollusca: Bivalvia: Unionidae*) у річкових басейнах України // Вісник Запорізького Національного Університету. 2012. Т. 2. С. 47–56.
- Baker R.A., Channabasavanna G.P., Viraktamath C.A. Recent work on *Unionicolid* mites (*Acari: Unionicolidae*) parasitic in freshwater bivalve mollusks // In. Progress in Acarology. 1989. Vol. 1. P. 417–418.
- Cohen P.A., Ward R.T. Mechanisms of Immunopathology. New York, 1979. 358 p.
- Dauids C. The relation between mites of the genus *Unionicola* and the mussels *Anodonta* and *Unio* // Hydrobiologia. 1973. Vol. 41. № 1. P. 37–44.
- Di Sabatino A, Smit H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto N., Cicolani B. Global diversity of water mites (*Acari, Hydrachnidia; Arachnida*) in freshwater // Hydrobiologia. 2008. Vol. 595. P. 303–315.
- Edwards D.D., Vidrine M.F. Patterns of species richness among assemblages of *Unionicola* spp. (*Acari: Unionicolidae*) inhabiting freshwater mussel (*Bivalvia: Unionoida*) of North America // Journal of Parasitology. 2013. Vol. 99. № 2. P. 212–217.
- Hevers V.J. Biologisch – ökologische Untersuchungen zum Entwicklungszyklus der in Deutschland auftretenden *Unionicola* Arten (*Hydrachnellae, Acari*) // Archiv für Hydrobiologie. 1980. Vol. 52. № 3. P. 324–327.
- Mitchell R.D. Anatomy, life history, and evolution of the mites parasitizing fresh-water mussels // Miscellaneous public. Museum of Zool., University of Michigan. 1955. Vol. 89. P. 1–28.
- Silkina N.I., Mikryakov D.V., Mikryakov V.R., Sokolova A.S. Influence of Anthropogenic Contamination on the Content of Immune Complexes and Lipids and on the Oxidative Processes in *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // Hydrobiological Journal. 2019. Vol. 55. № 3. P. 53–58.

REFERENCES

- Andreeva L.I., Kozhemyakin N.A., Kishkun A.A. Modification of methods for determining lipid peroxide in test with Tobarbituric Acid. *Laboratornoe delo*, 1988, no. 11, pp. 41–43.
- Baker R.A., Channabasavanna G.P., Viraktamath C.A. Recent work on *Unionicolid* mites (*Acari: Unionicolidae*) parasitic in freshwater bivalve mollusks. In. *Progress in Acarology*, 1989, vol. 1, pp. 417–418.
- Calolihin S.Ya. *Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij*. SPb.: Nauka, 2004, vol. 6, 528 p.
- Cohen P.A., Ward R.T. Mechanisms of Immunopathology. New York, 1979. 358 p.

- Dgebuadze Yu.Yu. Problems of invasions of alien organisms. *Ekologicheskaya bezopasnost' i invazii chuzherodnyh organizmov*. M.: MSOP; IPEE RAN, 2002, pp. 11–14.
- Davids C. The relation between mites of the genus *Unionicola* and the mussels *Anodonta* and *Unio*. *Hydrobiologia*, 1973, vol. 41, no. 1, pp. 37–44.
- Di Sabatino A, Smit H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto N., Cicolani B. Global diversity of water mites (*Acari, Hydrachnidia; Arachnida*) in freshwater. *Hydrobiologia*, 2008, vol. 595, pp. 303–315.
- Edwards D.D., Vidrine M.F. Patterns of species richness among assemblages of *Unionicola* spp. (*Acari: Unionicolidae*) inhabiting freshwater mussel (*Bivalvia: Unionoida*) of North America. *Journal of Parasitology*, 2013, vol. 99, no. 2, pp. 212–217.
- Grinevich Yu.A., Alferov A.N. Definition of immune complexes in the blood of oncological patients. *Laboratornoe delo*, 1981, no. 8, pp. 493–496.
- Hevers V.J. Biologisch – ökologische Untersuchungen zum Entwicklungszyklus der in Deutschland auftretenden *Unionicola* Arten (*Hydrachnellae, Acari*). *Archiv für Hydrobiologie*, 1980, vol. 52, no. 3, pp. 324–327.
- Kojho R., Sanshajin D., Bendzhamini E. *Immunologiya: uchebnoe posobie*. M.: Akademiya, 2008. 368 p.
- Kol'tover V.K. Free radical theory of aging: historical essay. *Uspekhi gerontologii*, 2000, no. 4, pp. 33–40.
- Loginov S.I., Smirnov P.N., Trunov A.N. *Immunnnye komplekсы u zhivotnyh i cheloveka: norma i patologiya*. Novosibirsk: RASKHN, 1999. 144 p.
- Men'shikova E.B., Zenkov N.K., Lapkin V.Z. i dr. *Okislitel'nyj stress: patologicheskie sostoyaniya i zabolevaniya*. Novosibirsk, ARTA, 2008. 284 p. (In Russian)
- Metlickij L.V., Ozereckovskaya O.L., Korableva N.P. i dr. *Biohimiya immuniteta, pokoya, stareniya rastenij*. M., Nauka, 1984. 264 p.
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V., Zabolotkina E.A. i dr. *Reakciya immunnnoj sistemy ryb na zagryaznenie vody toksikan-tami i zakislenie sredy*. M., Nauka, 2001. 126 p.
- Mikryakov V.R., Silkina N.I., Mikryakov D.V. Effect of anthropogenic pollution on immunological and biochemical mechanisms for maintaining homeostasis at the Black Sea. *Biologiya moray*, 2011, vol. 37, no. 2, pp. 142–148.
- Mitchell R.D. Anatomy, life history, and evolution of the mites parasitizing fresh-water mussels. *Miscellaneous public. Museum of Zool.*, 1955, vol. 89, pp. 1–28.
- Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh)*. M., Pishchevaya promyshlennost', 1966. 376 p.
- Rojt A., Brostoff Dzh., Mejl D. *Immunologiya*. M., Mir, 2000. 592 p.
- Saenko E.M., Balan I.V. The first data on the relationship between water ticks of the genus *Unionicola* and freshwater bivalve mollusks (*Bivalvia: Unionidae*) of the Khingansky Reserve and adjacent territories. *Byulleten' Dal'nevostochnogo malakologicheskogo obshchestva*, 2010, vol. 14, pp. 61–66.
- Shul'c R.S., Gvozdev V.V. *Osnovy obshchej gel'mintologii*. M., Nauka, 1970. 309 p.
- Shvarca S.S. Morpho-physiological indicators in the ecology of ground vertebrate animals. *Zoologicheskij zhurnal*, 1958, vol. 37, no. 2, pp. 161–173.
- Silina A.E. Tick-mite parasitosis and mass death toothless (Mollusca) in the raise of the Matyrsky reservoir in 2011. *Materialy V yubilejnoj nauchno-prakticheskoy konferencii pamyati prof. V.A. Romashova*. Voronezh, “Artefakt”, 2011. 64 p.
- Silkina N.I., Mikryakov D.V., Mikryakov V.R., Sokolova A.S. Influence of Anthropogenic Contamination on the Content of Immune Complexes and Lipids and on the Oxidative Processes in *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). *Hydrobiological Journal*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 53–58.
- Skulachev V.P. New information about the biochemical mechanism of programmed aging of the body and antioxidant mitochondrial protection. *Biohimiya*, 2009, vol. 74, no.12, pp. 1718–1721.
- Sokolov I.I. Hydracarina – Water Ticks (h. 1: Hydrachnellae). *Fauna SSSR. Paukoobraznye*. M.; L., Izd-vo AN SSSR, 1940, vol. 5 (2), 511 p.
- Stolbov V.A., Voronova K.P. Mollusks infestation (*Bivalvia: Unionidae*) Water ticks of the genus *Unionicola* (*Acari: Hydrachnidia: Unionicolidae*) in the reservoirs of the south of Western Siberia. *Parazitologiya*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 220–229.
- Tuzovskij P.V. Water pincers. *Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii ZIN RAN*. Sankt-Peterburg, 1997. 13–105 p.
- Weinstein (Vajnshtejn) B.A. Definition of larvae of water tick. *Obshchaya chast'*. L., Nauka, 1980, pp. 29–41.
- YAnovich L.N., Shevchuk T.V., Pampura M.M. Morphologic Features and Distribution of the Liquid of *Unionicola* (*Acari: Hydracarina: Unionicolidae*) - Pearl's parasites (Mollusca: *Bivalvia: Unionidae*) in the river basins of Ukraine. *Visnik Zaporiz'kogo Nacional'nogo Universitetu*, 2012, vol. 2, pp. 47–56.
- Zenkov N.K., Men'shikova E.B., Vol'skij N.N., Kozlov V.A. Intracellular oxidative stress and apoptosis. *Uspekhi sovremennoj biologii*, 1999, vol. 119, no. 5, pp. 440–450.
- Zhavoronkova O.D., Pesnya D.S. Some aspects of biology and ecology of the Water Tick *Unionicola YPSILOPHORA* (BONZ, 1783) (*Acariformes: Hydrachnidia*) in the Rybinsk reservoir. *Materialy V Vserossijskogo simpoziuma po amfibiaticeskim i vodnym nasekomym*. Yaroslavl', Filigran', 2013. 57 p.
- Zhuravlev A.I., Pantyushenko V.T. *Svobodnoradikal'naya biologiya*. M., Mosk. vet. akad. im. K.I. Skryabina, 1989. 58 p.

INFLUENCE OF THE INVASIVE SPECIES OF *UNIONICOLA YPSILOPHORA* (BONZ, 1783) ON THE MORPHO AND IMMUNOPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF THE MOLLUSK *ANODONTA CYGNEA* (L.) OF THE RYBIN RESERVOIR

A. S. Sokolova, V. R. Mikryakov, D. V. Mikryakov, S. V. Kuzmicheva

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Russia, e-mail: Aleksandrasokol@rambler.ru; daniil@ibiw.ru*

The effect of the invasive biological species of the Rybinsk Reservoir, the water mite *Unionicola ypsilophora* (Bonz, 1783) on the morphological and immunophysiological parameters of the infected bivalve mollusks *Anodonta cygnea* (L., 1758), was studied. The dependence of mollusk infection by water mite on the age, size, fatness coefficient, somatic indices of gills, legs, the content of immune complexes and malondialdehyde, one of the final products of lipid peroxidation, is shown. Indicators of size, total weight, content of immune complexes and malondialdehyde in infected individuals aged 7–10 years significantly exceeded those of uninfected young children 4–5 years old. It is concluded that with age, the level of innate mechanisms of the anti-acaricidal immunity of *A. cygnea* to water mite decreases, which leads to mass infection and death of older age groups of mollusks. The obtained data can be used to predict the propagation rate of biological invasion of *U. ypsilophora* in water bodies.

Keywords: Unionicola ypsilophora water mite, *Anodonta cygnea* bivalve mollusk, Rybinsk Reservoir, parasitic invasion, anti-acaricidal immunity, immune complexes, lipid peroxidation