

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 574.34:594.381.5

БОДИЛОВСКАЯ
Ольга Александровна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РОСТА И РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ
ПРИ САМО- И ПЕРЕКРЕСТНОМ ОПЛОДОТВОРЕНИИ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

по специальности 03.02.08 – экология

Минск, 2018

Научная работа выполнена в учреждении образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ

Научный руководитель –

Голубев Александр Петрович,
доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры общей экологии, биологии и
экологической генетики учреждения образования
«Международный государственный экологический
институт имени А.Д. Сахарова» БГУ

Официальные оппоненты:

Байчоров Владимир Мухтарович,
доктор биологических наук, доцент,
заведующий сектором
мониторинга и кадастра животного мира
ГНПО «Научно-практический центр
НАН Беларуси по биоресурсам»

Круглова Оксана Юрьевна,
кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры зоологии
биологического факультета
Белорусского государственного университета

Оппонирующая организация –

Учреждение образования
«Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины»

Защита состоится 4 сентября 2018 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.22 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, юридический факультет, ауд. 407.

Телефон ученого секретаря: +375 17 2095558, e-mail: nlysukha@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «27» июня 2018 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук

Н.А. Лысухо

ВВЕДЕНИЕ

Легочные моллюски – одна из доминирующих групп макрозообентоса в большинстве континентальных водоемов. От состояния их сообществ во многом зависит стабильность и устойчивость всей экосистемы водоемов. Высокие адаптивные способности легочных моллюсков во многом обусловлены наличием у них, как гермафродитных видов, альтернативных способов размножения: перекрестного оплодотворения (ПО, норма размножения у большинства видов) и самооплодотворения (СО).

Размножение посредством СО приводит к повышению уровня гомозиготности популяций легочных моллюсков. Это, в свою очередь, в результате инбредной депрессии может привести к снижению жизнестойкости особей. Имеющиеся в научной литературе данные о воздействии СО в первом поколении на количественные параметры жизненных циклов легочных моллюсков, определяющих скорость роста численности их популяций, достаточно противоречивы. При этом большинство исследований выполнено на массовых и априорно эврибионтных видах, тогда как малочисленным и редким видам практически не уделялось внимания. Не исключено, что именно неодинаковая способность к размножению самооплодотворением может во многом определять степень распространенности вида.

Исследования особенностей воздействия экстремальных факторов среды (повышенная температура, антропогенное загрязнение и пр.) на потомство легочных моллюсков от разных способов размножения практически не проводились. Очевидно, что работы в этом направлении имеют важнейшее значение для оценки потенциальных возможностей устойчивости природных популяций легочных моллюсков, поскольку снижение численности в результате воздействия подобных факторов может привести к преобладанию в них особей от СО.

Для ряда видов легочных моллюсков показана способность к длительному (в ряду последовательных поколений) размножению посредством СО. Однако, воздействие длительного СО на параметры их жизненного цикла практически не изучено.

Легочные моллюски являются промежуточными хозяевами многих видов трематод – возбудителей опасных для человека заболеваний, в том числе шистосомоза, церкариоза и др. Можно предположить, что размножение самооплодотворением, приводящее у ряда видов к повышению уровня гомозиготности и инбредной депрессии, также будет влиять и на устойчивость моллюсков к паразитарной инвазии.

Перечисленные направления стали основными для настоящего диссертационного исследования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами.

Диссертационная работа выполнена в Учреждении образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» в рамках следующих Государственных научных программ и проектов НИР:

«Разработка и внедрение комплексных методов экспресс-оценки воздействия антропогенных факторов на ортоптеро- и малакофауну для совершенствования системы мониторинга окружающей среды и рационального природопользования». Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований «Радиация и экосистемы» (№ госрегистрации 20062652, 2006–2010 гг.).

«Закономерности биогенной миграции приоритетных дозообразующих радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Sc , ^{241}Am) и их воздействия на биоту в водоемах с разным уровнем радиационного загрязнения». Государственная программа научных исследований «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» (№ госрегистрации 201442170, 2014–2015 гг.).

Проекты Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований:

- Белорусско-украинский проект «Оценка антистрессорного ответа пресноводных двустворчатых и легочных моллюсков в Украине и Республике Беларусь» (№ госрегистрации 20091581, 2009–2011 гг.).

- Проект для молодых ученых «Оценка значения альтернативных способов размножения у пресноводных легочных моллюсков в сохранении природных очагов гельминтозных заболеваний» (№ госрегистрации 20102654, 2010–2012 гг.). Научный руководитель – О.А. Бодиловская.

- Белорусско-российский проект «Механизмы устойчивости в сообществах беспозвоночных водоемов Беларуси и России в условиях воздействия глобальных природных и антропогенных факторов» (№ госрегистрации 20122462, 2012–2014 гг.).

- Белорусско-российский проект для молодых ученых «Сравнительная оценка адаптивного потенциала белорусских и байкальских видов гастропод разной экологической валентности к воздействию стрессовых факторов среды» (№ госрегистрации 20151041, 2015–2017 гг.). Научный руководитель с белорусской стороны – О.А. Бодиловская.

Цель работы – оценка значения перекрестного оплодотворения и самооплодотворения у модельных видов пресноводных легочных моллюсков – широко распространенного большого прудовика (*Lymnaea stagnalis*) и более малочисленного болотного прудовика (*Stagnicola corvus*) – в формировании закономерностей их жизненных циклов.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- 1) Провести сравнительную оценку параметров роста и воспроизводства в лабораторных линиях модельных видов, происходящих из водоемов с разными уровнями и формами антропогенного загрязнения при разных способах размножения, в том числе при размножении посредством СО в ряду последовательных поколений;
- 2) Определить потенциальные возможности роста численности популяций модельных видов при длительном размножении посредством СО;
- 3) Установить термоустойчивость особей в поколениях от ПО и СО и наследуемость этого показателя при разных способах размножения, коррелятивные связи между термоустойчивостью и ключевыми параметрами роста и воспроизводства особей;
- 4) Провести интегральную оценку значения СО в популяциях *L. stagnalis*, гидрологических особенностей и характера загрязнения водоемов в сохранении очагов церкариозов.

Объекты исследования: пресноводные легочные моллюски большой прудовик *Lymnaea stagnalis* и болотный прудовик *Stagnicola corvus*.

Предмет исследования: влияние разных способов размножения (перекрестного и самооплодотворения) на параметры роста и воспроизводства особей модельных видов, их восприимчивость к инвазии личинками трематод, устойчивость к экстремальным температурам и антропогенному загрязнению водоемов.

Научная новизна. Впервые дана комплексная сравнительная оценка изменений ключевых количественных параметров жизненного цикла (длительность периода генерации, онтогенеза, динамика массы тела, плодовитость, выживаемость) у модельного вида – большого прудовика в поколении от перекрестного оплодотворения и 17-ти последовательных поколениях от самооплодотворения. Определены аналогичные параметры более редкого вида легочных моллюсков – болотного прудовика при разных способах размножения.

На примере большого прудовика впервые установлены уровни наследуемости термоустойчивости, плодовитости и длительности ювенильного периода при размножении посредством перекрестного оплодотворения и самооплодотворения, определены коррелятивные связи между этими параметрами.

Разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать рост численности популяций легочных моллюсков.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Широко распространенный вид – большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) способен к размножению посредством самооплодотворения (СО) по меньшей мере в 17-ти последовательных поколениях, однако уже в первом поколении от СО отмечено существенное, по сравнению с поколениями от ПО, снижение плодовитости особей.

При этом резкое снижение выживаемости эмбрионов выявлено, начиная только с 12-го поколения от СО. Длительное размножение посредством СО приводит к статистически значимому снижению размеров размножающихся особей и уменьшению возраста начала откладки яиц.

2. У редкого вида – болотного прудовика (*Stagnicola corvus*) эффективность СО в экспериментальных условиях значительно снижена по сравнению с *L. stagnalis*. Это выражается в увеличении возраста начала размножения и снижении выживаемости эмбрионов уже в первом поколении от СО.

3. Термоустойчивость *L. stagnalis* характеризуется высоким уровнем наследуемости при размножении как посредством ПО, так и СО в первом поколении. Это делает возможным естественный отбор на повышение термоустойчивости в природных популяциях *L. stagnalis* при обоих способах размножения в подогреваемых водоемах.

4. Размножение посредством СО является одним из важнейших механизмов выживания природных популяций большого прудовика в условиях постоянной и высокой элиминации. Даже при уровне смертности молоди до 95–99% СО в 11-ти последовательных поколениях может обеспечивать нормальное воспроизводство его природных популяций. При этом у *L. stagnalis* из чистых водоемов способность к размножению посредством СО выше, чем у обитающих в водоемах с высоким уровнем индустриального и коммунально-бытового загрязнения.

Личный вклад соискателя. Автором был проведен литературный анализ состояния исследуемой проблемы, лично получены данные лабораторных и полевых экспериментов, осуществлен их анализ и обобщение результатов. Выбор темы исследования, постановка задач, планирование экспериментальных и полевых исследований осуществлено совместно с научным руководителем.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы докладывались: «Проблема церкариозов в Нарочанском регионе» – семинар государственного природоохранного учреждения «Природоохранный парк «Нарочанский» (2006); «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2007, 2008, 2009, 2012, 2015 гг.), «Современные экологические проблемы Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура» (Мозырь, 2007); III Международной научной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск-Нарочь, 2007); 2-я студенческой научной конференции «Экологические проблемы современности» (Минск, 2007); Республиканской научной конференции молодых учёных, аспирантов, студентов «Экология человека и окружающей среды в постчернобыльский период» (Минск, 2008, 2010); «Проблемы экологии: чтения памяти профессора М. М. Кожова» (Иркутск, 2010); Республиканской научно-

практической конференции, посвященной 10-летию государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Нарочанский» (Минск, 2009); IV гидробиологическом съезде Украины (Житомир, 2010).

Опубликованность результатов. Материалы диссертации опубликованы в 28 научных работах, из них 13 статей в рецензируемых научных журналах Республики Беларусь, Украины, Российской Федерации и Франции (6,4 авт. листа), 14 в сборниках научных трудов и материалах научных конференций, 1 в тезисах докладов конференции. Общий объем опубликованных материалов составляет 9,1 авторских листа. Получено 4 акта о практическом использовании результатов исследований, 2 акта внедрения в учебный процесс и регистрационное свидетельство.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, библиографического списка, включающего 149 использованных источников (из них – 57 на русском языке), в том числе 28 публикаций соискателя, занимающего 17 страниц. Работа изложена на 126 страницах, содержит 21 рисунок, 16 таблиц и приложение, занимающих 30 страниц.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д-ру биол. наук А.П. Голубеву за постоянную помощь и поддержку, д-ру биол. наук Е.И. Бычковой (НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам) за научные консультации, директору учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станции им. Г.Г. Винберга БГУ» д-ру биол. наук Т.В. Жуковой за помощь в организации исследований, а также канд. биол. наук В.П. Курченко и канд. биол. наук С.В. Ризевскому (Белорусский государственный университет) за помощь в освоении методов ПЦР-диагностики.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследований. Исследования по теме диссертации выполнены на двух близкородственных видах пресноводных легочных моллюсков – массовом виде – большом прудовике (*Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758)) и менее широко распространенном виде – болотном прудовике (*Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791)) из ряда водоемов Беларуси и Российской Федерации с разными формами и уровнями антропогенного загрязнения, в числе которых:

1. Водоемы в зоне радиационного загрязнения ЧАЭС (затока Припяти, озеро Персток, Борщевское затопление);
2. Водоемы, подверженные тепловому и индустриально-бытовому загрязнению (Чижовское водохранилище, теплый сбросной канал Березовской ГРЭС, мелиоративный канал «Нивки»);
3. Контрольные (незагрязненные) водоемы (озеро Нарочь и водоем в пойме р. Ангара в черте г. Иркутска (Российская Федерация)).

В модельных водоемах отлавливали половозрелых особей модельных видов и доставляли их в лабораторию, где содержали группами по 10–15 особей в сосудах объемом 3–5 л при комнатной температуре в течение 3–4 недель. Полученные от этих особей кладки с высокой степенью вероятности являлись кладками от ПО.

Для получения кладок от СО, новорожденных особей, вышедших из полученных в лаборатории кладок от ПО, помещали поодиночке в сосуды объемом 0,2 л, где их содержали до вымета первых 2–3 кладок. Особей, отрожденных из этих кладок, выращивали поодиночке в таких же сосудах для получения от них кладок от СО во втором поколении (СО-2). Кладки от СО в третьем (СО-3) и последующих поколениях от СО (вплоть до СО-17) получены по аналогичной схеме.

По причине значительной сезонной цикличности процессов роста и размножения у этого вида, сохраняющейся даже в относительно стабильных лабораторных условиях, все лабораторные поколения были разделены на две серии. В зимнюю серию включены поколения, отрожденные в августе – сентябре и выращенные до апреля – мая, а в летнюю – отрожденные в конце апреля – мае и выращенные до конца сентября.

Для определения термоустойчивости *L. stagnalis* использованы особи из линий Припяти и Перстка в возрасте 5–6 месяцев. Выборки по 20–25 особей помещали в сосуды объемом 1 л, которые размещали в ультратермостат с температурой $35 \pm 0,1$ °С. Сосуды проверяли каждые 0,5 часа с регистрацией числа погибших особей, которых немедленно удаляли из сосудов. Значения наследуемости (h^2) рассчитаны дисперсионным и корреляционным методами.

Результаты собственных исследований

Параметры жизненного цикла *Lymnaea stagnalis* в потомстве от ПО и СО в первом поколении.

Затока Припяти (линия ПР) и *озеро Персток* (линия МС). Рост большого прудовика из обеих экспериментальных линий ПР и МС в зимней и летней сериях отличался существенной вариабельностью (рисунок 1).

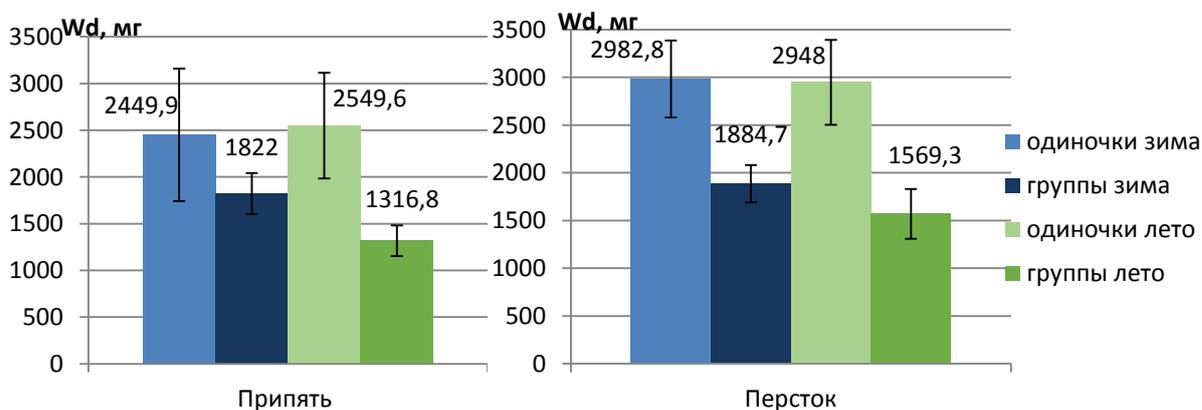


Рисунок 1. – Средняя масса особей к концу эксперимента ($W_d \pm \sigma W_d$, мг)

В зимней серии масса особей в отдельных семьях к концу эксперимента (W_d) различалась в 1,2–2,5 раза при одиночном выращивании, а при групповом – в 2,5–3 раза. В обеих линиях средние значения W_d при индивидуальном выращивании были достоверно выше (уровень значимости $p < 0,05$), чем при групповом. Достоверные различия между средними W_d для особей из разных линий, как при групповом, так и одиночном выращивании установлены не были ($p > 0,1$).

В зимней серии при групповом содержании вымет кладок за период эксперимента был отмечен во всех группах из обеих линий. При одиночном содержании кладки смогли отложить только около 60–80% особей. Возраст начала размножения (D) у одиночных особей в линии Припяти в среднем на 30 суток выше, чем у находившихся в группах. Выявленные различия были статистически достоверными ($0,01 < p < 0,05$). У особей линии Перстка различия по D оказались недостоверными ($p > 0,1$), однако и здесь выявлена тенденция к задержке размножения у одиночек.

В летней серии при обоих вариантах содержания отмечено значительное по сравнению с зимней серией снижение возраста начала овипозиции. В обеих линиях этой серии не было установлено достоверной разницы в возрасте вымета первой кладки у особей, содержавшихся поодиночке и в группах.

Поскольку при содержании в группах *L. stagnalis* размножается посредством ПО, первые кладки, произведенные в группах, скорее всего, являются результатом копуляции двух самых крупных особей. Рассчитанные, исходя из этого, значения средней массы особей при вымете ими первых кладок (W_g) в группах были существенно ниже, чем у одиночек (рисунок 2), причем в линии Перстка эти различия являлись статистически достоверными ($p < 0,05$).

Суммарная плодовитость, т.е. число яиц, произведенное одиночными особями за период эксперимента (F), изменялась в очень широких пределах. В зимней серии у особей линии Перстка оно изменялось от 0 до 1734, а в линии Припяти – от 0 до 608. В летней серии эти пределы составляли соответственно 0–1844 и 0–2413.

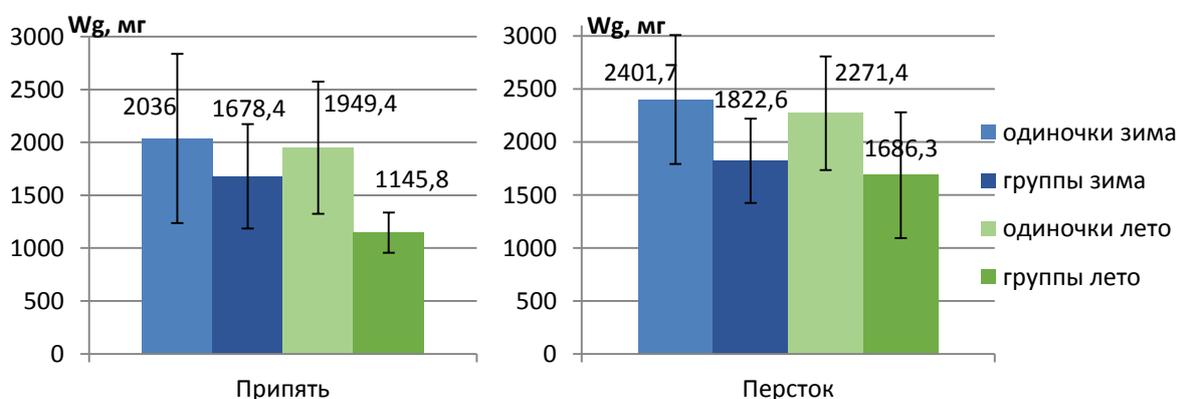


Рисунок 2. – Средняя масса особей при вымете первой кладки ($W_g \pm \sigma$, мг)

Максимальные значения F для одиночных особей из обеих линий оказались значительно выше, чем значения F для особей, выращенных в любой группе, однако различия между средними F при индивидуальном и групповом содержании в каждой линии оказались недостоверными ($p > 0,1$). Следует указать, что средняя плодовитость особей из линии Перстка как при одиночном, так и групповом содержании существенно выше, чем у особей линии Припяти. Однако достоверные различия ($p < 0,05$) выявлены только при групповом выращивании.

Теплый сбросной канал Березовской ГРЭС (линия ТК) и **мелиоративный канал** (линия ХК). Рост *L. stagnalis* из линий ТК и ХК изменяется в широком диапазоне значений, который сохраняется даже в пределах отдельных семей. Масса особей в семьях к концу эксперимента (W_d) сильно различается: минимально в 2,5–3 раза, а максимально в 5–6,5 раз. Однако, средние значения W_d для семей от СО и ПО из всех серий экспериментов во всех парах сравнений достоверно не различались ($p > 0,1$). В свою очередь, можно отметить тенденцию к повышению W_d в семьях от СО линии холодного канала по сравнению с аналогичными данными для остальных серий.

Возраст особей при вымете ими первых кладок (D) в разных семьях существенно изменялся – от 64 до 180 суток, но различия по средним значениям этого показателя для каждой серии экспериментов оказались статистически недостоверными ($p > 0,5$). При сравнении средней массы особей при вымете ими первых кладок (W_g) сделаны аналогичные выводы. Плодовитость особей за период эксперимента (F) в семьях от СО в обеих линиях была достоверно выше ($p < 0,01$), чем в семьях от ПО.

Чижовское водохранилище на реке Свислочь (линия СВ) и **озеро Нарочь** (линия НЧ). Исследования с *L. stagnalis* из указанных водоемов имели цель определить значение разных способов размножения в механизмах адаптации моллюсков к высокому уровню антропогенного загрязнения среды обитания.

Получение кладок с числом яиц, достаточным для закладки эксперимента в лаборатории от особей, отловленных в Чижовском вдхр., оказалось проблематичным. За неполный месяц содержания в группах половозрелые особи отложили только 5 подходящих кладок. Напротив, получение необходимого для экспериментов числа кладок от моллюсков, отловленных в Нарочи, никакой проблемы не составило.

Из 18-ти одиночных особей линии Нарочь размножалось 17 особей, размножение также наблюдалось во всех шести группах. Средняя плодовитость одиночных особей линии Нарочи (536 яиц) практически в 3 раза выше, чем у особей при групповом содержании.

Отрицательное влияние загрязнения водоема на параметры жизненного цикла большого прудовика проявляется уже в первом экспериментальном поколении, что выразилось в снижении доли размножавшихся особей и их суммарной плодовитости. В линии Свислочи размножалась только одна особь из 14 при одиночном содержании и 3 группы из 5.

Необходимо особо отметить статистически значимое измельчение половозрелых особей (W_g и W_d) в линии СВ при обоих условиях выращивания по сравнению с особями линии Нарочи. Возраст начала овипозиции у немногих особей из Свислочи, для которых удалось получить эти данные, также оказался достоверно более низким. Возможно, это является адаптивным механизмом, позволяющим в определенной степени компенсировать негативное влияние загрязнения водоема на организм.

Сравнительная оценка параметров роста и размножения *Lymnaea stagnalis* и *Stagnicola corvus* от ПО и СО в первом поколении. Исследования проведены с лабораторным потомством *S. corvus* из линии Борщевского затопления и сопоставлены с аналогичными данными для первых лабораторных поколений разных линий *L. stagnalis* (таблица 1).

Таблица 1. – Параметры роста и размножения *L. stagnalis* и *S. corvus* от ПО

Вид моллюсков, водоем	Выращивание	Число особей/ групп	$D \pm \sigma D$, сутки	$W_g \pm \sigma W_g$, мг	$W_d \pm \sigma W_d$, мг	$F \pm \sigma F$, яйца*особь ⁻¹	Se
<i>L. stagnalis</i> , Персток	Одиночки	18	171±36	2466±988	2983±403	236±392	0,99
	Группы	6	155±33	1845±550	1886±195	250±497	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Припять	Одиночки	18	205±30	2160±680	2450±708	161±193	0,99
	Группы	6	150±36	1678±493	1828±531	182±89	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Теплый канал	Одиночки	14	225±19	2593±530	2653±792	240±304	0,99
	Группы	3	119±12	2094±359	1541±43	171±31	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Мелиоративный канал	Одиночки	14	214±25	2801±600	3224±518	244±284	0,99
	Группы	3	129	1893±140	1385±18	107±17	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Нарочь	Одиночки	18	197±16	2062±430	3370±837	536±308	0,99
	Группы	6	188±21	1390±279	1894±452	193±306	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Свислочь	Одиночки	14	153*	2226*	2171±293	14±38	0,99
	Группы	5	141±7	1112±254	1001±364	37±71	0,99
<i>L. stagnalis</i> , Ангара	Одиночки	24	130±9	2609±580	2997±408	320±236	0,99
<i>S. corvus</i> , Борщевское затопление	Одиночки	9	285±3	1202±69	1282±224	129±222	0,68
	Группы	4	110±9	538 ± 66	769±316	678±169	0,71

Примечание: * Значение для единственной размножавшейся особи

Особь болотного прудовика, выращенные в группах, начали размножаться к возрасту 98–116 суток ($D \pm \sigma D$), при средней массе двух самых крупных особей ($W_g \pm \sigma W_g$) – в пределах 476–627 мг. Суммарная плодовитость моллюсков за период эксперимента ($F \pm \sigma F$), выращенных в отдельных группах, составила в среднем 678 эмбрионов*особь⁻¹, что существенно выше значений этого показателя для *L. stagnalis* из всех исследованных линий. При этом выживаемость эмбрионов (S_e) в кладках *S. corvus* равна в среднем 71%, тогда как у большого прудовика погибало не более одного процента эмбрионов.

При одиночном содержании первые кладки особи начали давать только в возрасте 282 суток, хотя уже к возрасту 4–5 месяцев все достигли размеров особей,

размножавшихся в группах. Таким образом, возраст начала овипозиции у *S. corvus* при одиночном содержании оказался достоверно более высоким, чем при групповом, а также выше, чем у *L. stagnalis* из всех лабораторных линий при размножении СО ($p < 0,05$). Поэтому новорожденные особи *L. stagnalis*, отрожденные в природных водоемах в начале лета, будут способны размножаться посредством СО уже в первое-второе лето жизни, учитывая продолжительный осенне-зимний период (октябрь–апрель), когда рост и развитие моллюсков прекращаются, а новорожденные *S. corvus* – лишь в третье лето жизни. Такое существенное удлинение предрепродуктивного возраста у одиночных *S. corvus* существенно повышает вероятность их гибели в природных водоемах вследствие многочисленных причин.

Плодовитость одиночных особей болотного прудовика характеризуется значительно более низкими значениями по сравнению с большим прудовиком, исключение составляет линия реки Свислочь, в которой самооплодотворение зафиксировано лишь у одной особи.

Существенное снижение плотности у малоподвижных половозрелых особей болотного прудовика и, как следствие, уменьшение вероятности найти партнеров по копуляции, реже приводит к переходу на размножение самооплодотворением, которое при этом характеризуется низкой плодовитостью и выживаемостью эмбрионов в сравнении с большим прудовиком. Поэтому популяции *S. corvus* могут существовать лишь в водоемах с достаточно стабильными условиями среды, где их плотность не опускается ниже некоторого критического уровня.

Изменение параметров жизненного цикла *Lymnaea stagnalis* в 17-ти последовательных поколениях от самооплодотворения. Исследования выполнены на лабораторных линиях, происходящих от популяций реки Припять (ПР) и озера Персток (МС). Во всех поколениях от СО обеих линий отмечены очевидные признаки инбредной депрессии по разным признакам. В первую очередь они выражаются в значительном снижении суммарной плодовитости особей (F) в летних сериях по сравнению с соответствующими поколениями от ПО (рисунок 3).

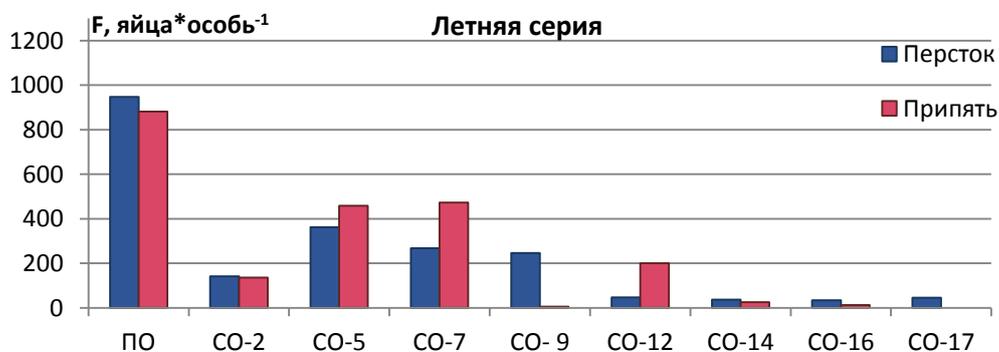


Рисунок 3. – Изменения суммарной плодовитости за жизненный цикл (F, яйца*особь⁻¹) у *L. stagnalis* в линиях затоки Припяти и озера Персток в родительских поколениях от ПО и последовательных поколениях от СО

Доля размножающихся одиночных особей α (от общего числа использованных в эксперименте) изменялась в широких пределах – от 22 до 100%. Определенной зависимости изменений этого показателя в поколениях от СО, равно как ее различий между отдельными линиями и сериями, не выявлено.

Выживаемость эмбрионов (рисунок 4) в поколениях от ПО до СО-11 оставалась весьма высокой – более 80%; лишь в поколении СО-4 линии Припяти она снизилась до 62%. Однако, начиная с поколения СО-12 обеих линий, выживаемость эмбрионов резко упала до 20–40%. При этом выживаемость на постэмбриональных стадиях развития в экспериментах оказалась весьма высокой и практически не различалась в разных поколениях.

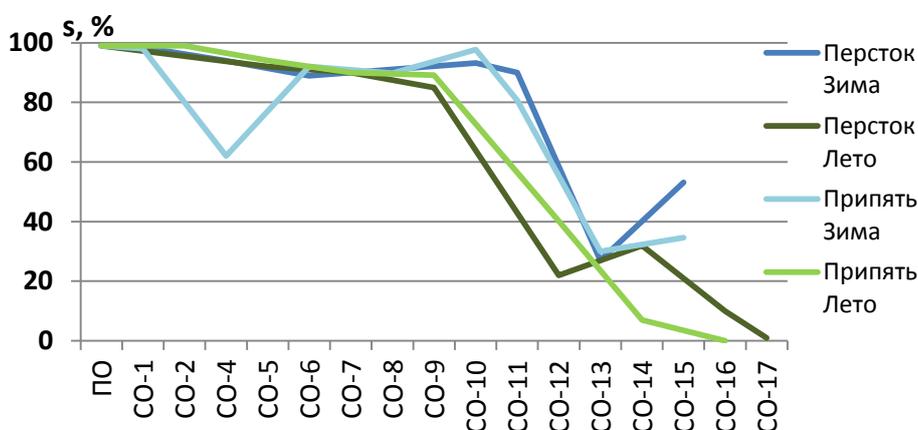


Рисунок 4. – Выживаемость эмбрионов (s, %) в кладках одиночных особей *Lymnaea stagnalis* в линиях залива Припяти и озера Персток в поколении от ПО и последовательных дочерних поколениях от СО (1-17)

Длительное размножение посредством СО не оказало заметного воздействия на возраст начала овипозиции (D) у *L. stagnalis*. В летних сериях обеих линий значения D изменялось в пределах 80–120 суток, а в зимних – возрастали до 150–350 суток. Очевидно, на этот показатель оказывает воздействие не способ размножения, а сезонные изменения факторов среды.

Во всех поколениях от СО зимней серии отмечено существенное, по сравнению с потомством от ПО, возрастание массы особей как в начале овипозиции, так и в конце эксперимента. В большинстве поколений от СО зимней серии обеих линий средние значения W_g и W_d статистически достоверно выше, чем в соответствующих поколениях от ПО. Во всех поколениях летней серии обеих линий, напротив, средние значения W_g и W_d были достоверно ниже ($p < 0,05$), чем в поколениях от ПО.

Динамика численности популяций *Lymnaea stagnalis* при длительном размножении посредством СО. Одной из важнейших адаптивных характеристик, определяющих способности популяции выживать в условиях постоянной и высокой элиминации, является удельная скорость роста ее численности (r):

$$r = \frac{\ln(\alpha \cdot S_e \cdot S_j \cdot F)}{0,5(D_g + D_f)} \quad (1)$$

где: α – доля размножающихся особей материнского поколения от общего числа особей этого поколения, достигших половой зрелости; S_e – эмбриональная выживаемость; S_j – выживаемость молодежи, дожившей до возраста начала овипозиции, F – суммарная плодовитость особей за жизненный цикл; D_g и D_f – средний возраст особей в начале овипозиции и при окончании эксперимента.

Для поколений от ПО и СО летней серии обеих линий рассчитаны значения r при трех уровнях S_j , равных 0,01, 0,03 и 0,1 (рисунок 5). Первые два значения соответствуют катастрофической смертности молодежи в популяции *L. stagnalis* (соответственно 99 и 97%), а третье – более низкой смертности (90%), имеющей место при менее выраженном неблагоприятном воздействии среды.

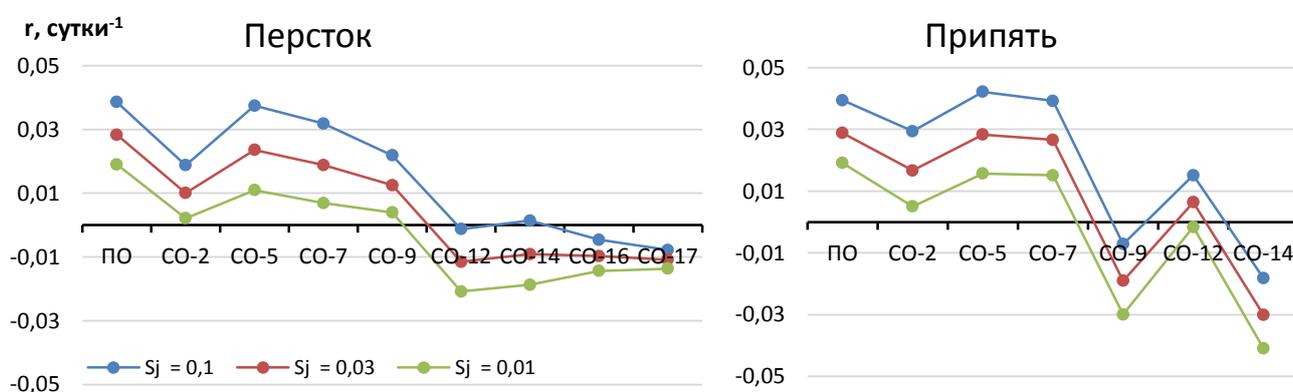


Рисунок 5. – Изменения мгновенной удельной скорости роста численности популяции (r , сутки⁻¹) в разных поколениях летних серий *L. stagnalis* в линиях Перстка и Припяти при разных уровнях смертности ювенильных особей (S_j)

В линии Перстка при всех значениях S_j значения r остаются положительными вплоть до 9-го поколения включительно. В поколениях СО-12 и СО-14 при $S_j=0,1$ r близки к нулю. Это значит, что численность популяции остается практически постоянной. Положительные значения r для линии Припяти наблюдаются до СО-7. В СО-9 этот показатель становится отрицательным, однако в СО-12 возрастает до положительных или близких к нулю значений, затем снова снижается. Следовательно, при катастрофическом уровне (до 97–99%) смертности молодежи в популяциях *L. stagnalis* размножение посредством СО способно обеспечивать их нормальное воспроизводство, по меньшей мере, в течение 10–12 последовательных поколений.

Роль разных способов размножения в механизмах температурной адаптации популяций *Lymnaea stagnalis*. Термоустойчивость популяций (средний срок выживания при сублетальной температуре) является одним из важнейших критериев адаптивных способностей легочных моллюсков в изменяющихся условиях среды. Исследования проведены с семьями *L. stagnalis* из лабораторных линий Припяти и Перстка в трех последовательных поколениях (ПО→ПО→СО) Для выборок особей из обеих линий определены средние значения термоустойчивости (DT , средний срок выживания при 35°C), возраста начала овипозиции (D) и суммарной плодовитости (F).

По этим данным рассчитаны значения показателя наследуемости исследованных параметров (h^2) и коэффициенты корреляции Спирмена (r) между их изменениями в каждой линии и поколении.

Оба поколения от ПО в линии Припяти имеют достоверно ($p < 0,01$) более высокую среднюю термоустойчивость, чем поколение от СО-1. Напротив, в линии Перстка этот показатель во всех поколениях практически одинаков. Тем не менее, в обоих смежных поколениях (ПО→ПО-2) и (ПО-2→СО-1) средняя термоустойчивость дочерних семей возросла с увеличением термоустойчивости родительских семей (рисунок 6).

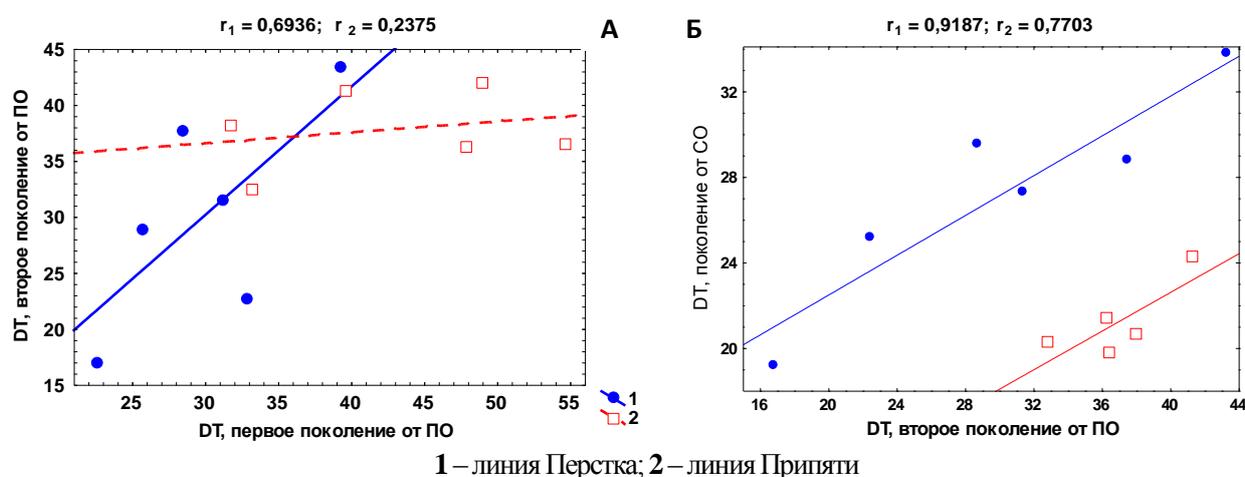


Рисунок 6. – Зависимость между средней термоустойчивостью (DT, часы) в семьях потомков от ПО (А) и СО (Б) и их родителей

Значения h^2 , рассчитанные дисперсионным и корреляционным методами в поколениях от ПО и СО, оказались сходными и очень высокими – в пределах 0,123–0,695 (таблица 2) и 0,238–0,919 (рисунок 6) соответственно. Это создает основу для процесса естественного отбора на повышение термоустойчивости природных популяций *L. stagnalis* при обоих способах размножения. Для остальных исследованных параметров (D и F) значения h^2 оказались очень низкими – не более 0,05–0,15, что делает проблематичным их направленные изменения в процессе отбора.

При межсемейных сопоставлениях в большинстве случаев выявлена тенденция к снижению суммарной плодовитости особей и задержке начала размножения с повышением средней термоустойчивости семей, особенно заметная в поколении от СО.

Таблица 2. – Значения наследуемости (h^2) термоустойчивости в поколениях *L. stagnalis* от ПО и СО (рассчитано дисперсионным методом)

Поколение	Линия Припяти	Линия Перстка
Первое поколение от ПО	0,537	0,123
Второе поколение от ПО	0,274	0,609
Поколение от СО	0,257	0,695

Способность к самоплодотворению как фактор потенциала природных популяций пресноводных легочных моллюсков в условиях загрязнения природной среды. Во всех исследованных линиях обоих модельных видов отмечено размножение посредством СО. При этом во всех случаях выявлена инбредная депрессия, выражающаяся в снижении доли размножающихся одиночных особей, их суммарной плодовитости, увеличении возраста начала овипозиции (D). По экспериментальным данным согласно (1) рассчитаны значения скорости роста (r) для модельных видов при ПО и СО-1. Значения S_j были во всех случаях приняты равными 0,1, что соответствует 90%-ной смертности ювенильных особей.

По величинам r при размножении посредством СО исследованные лабораторные линии *L. stagnalis* подразделяются на 3 группы (рисунок 7):

1. Линии незагрязненных водоемов – реки Ангара и озера Нарочь, для которых значения r являются максимальными – свыше $0,021 \text{ сутки}^{-1}$;
2. Линии водоемов со средней степенью антропогенного загрязнения – водоемы зоны ЧАЭС, теплого и мелиоративного каналов, значения r для которых находятся в пределах $0,012\text{--}0,018 \text{ сутки}^{-1}$;
3. Линия сильно загрязненного Чижовского водохранилища, отличающаяся наименьшим значением $r=0,002 \text{ сутки}^{-1}$. Таким же низким ($0,006 \text{ сутки}^{-1}$) этот показатель оказался и для соответствующего поколения *S. corvus*.

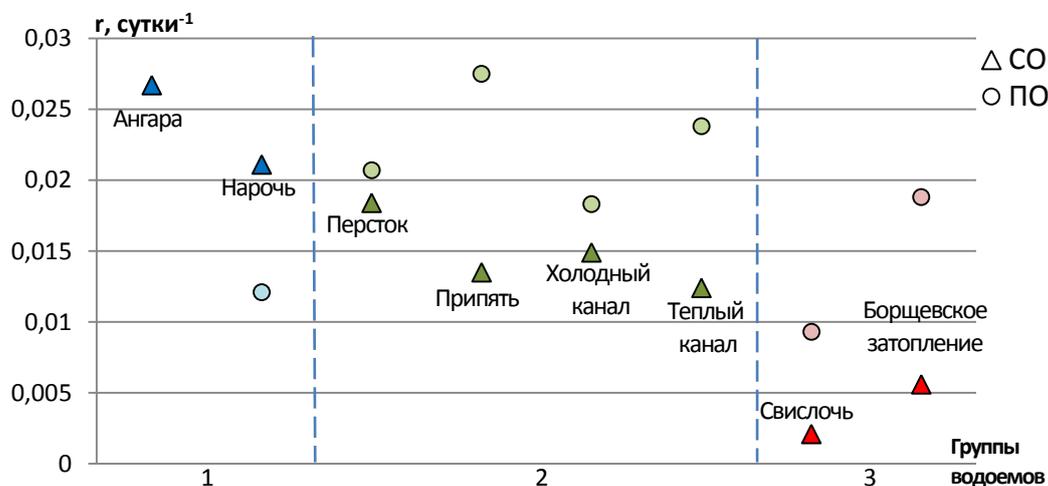


Рисунок 7. – Скорость роста численности моллюсков (из лабораторных линий, полученных из естественных водоемов) при размножении перекрестным и самоплодотворением

Скорость роста численности при размножении посредством ПО во всех лабораторных линиях двух видов, кроме линии Нарочь, оказалась выше, чем при размножении посредством СО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Лабораторные исследования показали, что массовый вид – большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) и более малочисленный – болотный прудовик (*Stagnicola corvus*) резко различаются способностью к СО. *L. stagnalis* способен к размножению посредством СО в 17-ти последовательных поколениях при сохранении высокой эмбриональной выживаемости (более 90–95%) и плодовитости вплоть до 10–11 поколений, несмотря на существенное увеличение возраста начала овипозиции и снижение плодовитости. Даже при катастрофической (до 97–99%) смертности молоди в популяциях *L. stagnalis* размножение посредством СО способно обеспечивать их нормальное воспроизводство, по меньшей мере, в течение 10–12 последовательных поколений. [2, 3, 5, 8, 9, 11, 15, 17, 19–23, 25, 28]

2. У *S. corvus* в лабораторных условиях даже в первом поколении от СО отмечено значительное увеличение возраста начала овипозиции, снижение суммарной плодовитости и эмбриональной выживаемости, что негативным образом сказывается на скорости роста их численности. Поэтому возможно, что природные популяции *S. corvus* могут существовать лишь при постоянном чередовании СО и ПО [12, 26].

3. Термоустойчивость в эксперименте у *L. stagnalis* при размножении посредством ПО и СО характеризуется высокой наследуемостью (h^2), достигающей 0,92, что означает, что естественный отбор на повышение термоустойчивости природных популяций *L. stagnalis* может быть весьма эффективным. Для суммарной плодовитости за жизненный цикл и возраста начала овипозиции значения h^2 не превышают 0,15. В поколениях от СО особи с повышенной термоустойчивостью характеризуются более низкой плодовитостью и задержкой начала размножения. В итоге, побочным результатом отбора *L. stagnalis* на повышенную термоустойчивость при размножении посредством СО является снижение скорости роста его численности. [7, 18].

4. Установлено значительное воздействие разных форм и уровней антропогенного загрязнения водоемов на скорость роста численности (r) *L. stagnalis* в эксперименте при ПО и СО в первом поколении. Так, наивысшие значения этого показателя при размножении СО получены для лабораторных линий из незагрязненных водоемов (оз. Нарочь, р. Ангара), а самая низкая величина соответствует моллюскам из линии сильно загрязненного Чижовского вдхр. В линиях из водоемов зоны ЧАЭС с разными уровнями радиационного загрязнения и водоема-охладителя Березовской ГРЭС скорость роста численности при размножении посредством СО имеет средние значения. Следовательно, высокий уровень индустриального и коммунально-бытового загрязнения водоемов значительно уменьшает эффективность СО [1, 4, 6, 14, 16, 24, 27].

5. Неодинаковая способность у легочных моллюсков к размножению посредством СО, а также уровни инбредной депрессии параметров роста и размножения в потомстве от СО, в том числе и в условиях загрязнения водоемов, в значительной степени определяют численность их природных популяций и спектр типов водоемов, в которых они способны существовать [10, 13].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Результаты исследований используются в практической деятельности при оценке и прогнозировании паразитологической ситуации и разработке мер борьбы с очагами церкариозных инфекций в Национальном парке «Нарочанский» (акты о практическом использовании результатов исследований Учебно-научным центром «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» Белорусского государственного университета от 20.10.2007 г., Полесским государственным радиационно-экологическим заповедником от 10.07.2008 г., Мозырским зональным центром гигиены и эпидемиологии от 30.06.2008 г.).

2. Разработана принципиально новая двухуровневая система критериев оценки воздействия антропогенного загрязнения на биоту пресных водоемов, которая прошла апробацию на популяциях большого прудовика из водоемов Беларуси и России и показала высокую эффективность (акт о практическом использовании результатов научных исследований в Научно-исследовательском институте биологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет» от 21.05.2014 г.).

3. Экспериментальные данные по параметрам жизненного цикла большого прудовика включены в Государственный регистр информационных ресурсов (регистрационное свидетельство № 1341404086 от 11.06.2014 г. Научно-инженерного республиканского унитарного предприятия «Институт прикладных программных систем»).

4. Материалы исследований используются в учебном процессе на кафедре общей экологии, биологии и экологической генетики при проведении практических и лабораторных занятий, а также выполнении курсовых и дипломных работ (акты внедрения в учебный процесс УО «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета от 16.10.2013 г. и 09.03.2017 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

*Статьи в научных изданиях,
включенных в перечень ВАК Республики Беларусь*

1. Потенциал роста численности популяций большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) – основного промежуточного хозяина трематод в очагах церкариозов при разных способах размножения / А.П. Голубев, Л.Е. Слесарева, О.А. Бодиловская, С.Е. Дромашко // Здоровье и окружающая среда. – Минск, 2007. – Вып. 9. – С. 232–240.

2. Динамические характеристики взаимодействующих популяций большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) и трематод семейства Echinostomatidae / А.П. Голубев, Т.В. Жукова, О.А. Бодиловская, Л.Е. Слесарева, Е.В. Годун // Экологический вестник. – 2008. – № 1. – С. 134.

3. Голубев, А.П. Воздействие длительного самооплодотворения на рост и размножение большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) – промежуточного хозяина возбудителей гельминтозных заболеваний / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Л.Е. Слесарева // Доклады НАН Беларуси. – 2010. – Т. 54, № 1. – С. 90–93.

4. Зараженность водоемов юго-восточной части Белорусского Полесья церкариями трематод / М.Ф. Мищенко, А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, В.Г. Сикорский // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. – 2011. – № 3 (32). – С. 50–54.

Статьи в зарубежных научных изданиях

5. Способность большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) к длительному самооплодотворению как фактор его популяционной стабильности / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Е.В. Годун, Л.Е. Слесарева, О.Б. Столяр // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2010. – № 3 (43). – С. 89–93.

6. Адаптивная способность системы антиоксидантной защиты и металл-аккумулирующей функции в тканях легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* при влиянии условий естественной среды // Л.Л. Гнатишина, Х.Б. Прийдун, Г.И. Фальфушинская, О.А. Олейник, О.А. Бодиловская, А.П. Голубев, О.Б. Столяр // Біологія тварин. – 2010. – Т. 12, № 2. – С. 106–112.

7. Golubev, A.P. Alternative modes of reproduction in populations of *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) as a factor of temperature adaptation / A.P. Golubev,

O.A. Bodilovskaya, L.E. Slesareva // *Doklady Biological Sciences*. – 2011. – Vol. 438. – P. 1–4.

Голубев, А.П. Альтернативные способы размножения у *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) как фактор температурной адаптации их популяций / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Л.Е. Слесарева // Докл. РАН. – 2011. – Т. 438, №5. – С. 714–717.

8. Роль особенностей размножения *Lymnaea stagnalis* в сохранении очагов церкариоза / С.В. Ризевский, О.А. Бодиловская, А.П. Голубев, В.П. Курченко // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5 (2). – С. 106–108.

9. Capacity for long-term self-fertilization of the pulmonate mollusk *Lymnaea stagnalis* as a factor of preservation of human cercarial dermatitis foci / S.V. Rizevsky, O.A. Bodilovskaya, A.P. Golubev, V.P. Kurchenko // *Doklady Biological Sciences*. – 2012. – Vol. 443, № 1. – P. 109–112.

Способность к длительному самооплодотворению у легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* как фактор сохранения очагов церкариоза / С.В. Ризевский, О.А. Бодиловская, А.П. Голубев, В.П. Курченко // Докл. РАН. – 2012. – Т. 443, №3. – С. 390–393.

10. Metallothionein and glutathione in *Lymnaea stagnalis* determine the specificity of responses on the effects of ionising radiation / L. Gnatyshyna, H. Falfushynska, O. Bodilovska, O. Oleynik, A. Golubev, O. Stoliar // *Radioprotection*. – 2012. – Vol. 47, № 2. – P. 231–242.

11. Population dynamics of the pulmonate mollusk *Lymnaea stagnalis* under the conditions of prolonged reproduction by self-fertilization / A.P. Golubev, O.A. Bodilovskaya, L.E. Slesareva, A.A. Shavel, M.A. Timofeyev // *Doklady Biological Sciences*. – 2013. – Vol. 452. – P. 300–304.

Динамика популяции легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* при длительном размножении посредством самооплодотворения / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Л.Е. Слесарева, Е.А. Шавель, М.А. Тимофеев // Докл. РАН. – 2013. – Том 452, № 6. – С. 694–698.

12. The ability to self-fertilization as a factor of eurybiontness in freshwater pulmonate mollusks / O.A. Bodilovskaya, A.S. Khomich, D.V. Axenov-Gribanov, Y.A. Lubyaga, Z.M. Shatilina, Y.A. Shirokova, M.A. Timofeyev, A.P. Golubev // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. – 2015. – Vol. 11, № 1. – P. 39–51.

13. The estimation of the antioxidant enzymes activity in representatives of different populations of *Lymnaea stagnalis* differ in the degree of infestation under temperature stress / D.V. Axenov-Gribanov, A.S. Khomich, O.A. Bodilovskaya, E.S. Kondratieva, Y.A. Lubyaga, Z.M. Shatilina, V.A. Emshanova, A.P. Golubev // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. – 2016. – Vol. 12, № 3. – P. 84–91.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

14. Скорость роста численности популяций большого прудовика *L. stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) – основного промежуточного хозяина возбудителей церкариозных дерматитов при разных способах размножения / А.П. Голубев, Л.Е. Слесарева, О.А. Бодиловская, Е.В. Знахарчук // Проблема церкариозов в Нарочанском регионе: материалы семинара, провед. ГПУ на базе УНЦ, Минск, 1–2 ноября 2006 г. / под ред. Т. В. Жуковой, В. С. Люштыка. – Минск: Медисонт, 2007. – С. 155–173.

15. Об эффективности мер борьбы с очагами шистосомных заболеваний посредством снижения численности популяций пресноводных легочных моллюсков / А.П. Голубев, Л.Е. Слесарева, О.А. Бодиловская, Е.В. Знахарчук // Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века: материалы 7-й междунар. науч. конф., Минск, 17–18 мая 2007 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.] – Минск, 2007. – С. 124.

16. Голубев, А.П. Влияние эффекта группы на рост и размножение большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) как промежуточного хозяина возбудителей церкариозных заболеваний в эксперименте / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Е.В. Знахарчук // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, сент. 2007 г.: в 3 ч. / МГПУ им. И.П. Шамякина; редкол.: В.В. Валетов [и др.]. – Мозырь, 2007. – Ч.1. – С. 60.

17. Альтернативные способы размножения у пресноводных легочных моллюсков как фактор сохранения очагов гельминтозных заболеваний / А.П. Голубев, Л.Е. Слесарева, О.А. Бодиловская, Е.В. Знахарчук // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы III междунар. науч. конф., Минск-Нарочь, 17–22 сент. 2007 г. / Белорусский государственный университет; сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 210–211.

18. Бодиловская, О.А. Изменение параметров роста и воспроизводства у легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* при отборе на повышенную термоустойчивость / О.А. Бодиловская, Е.В. Годун, А.Б. Фрицин // Экологические проблемы современности: материалы 2-й студенческой науч. конф., Минск, 15 нояб. 2007 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.Б. Мельнова. – Минск, 2007. – С. 9.

19. Бодиловская, О.А. Воздействие длительного самооплодотворения на параметры роста и воспроизводства большого прудовика *Lymnaea stagnalis* / О.А. Бодиловская, Е.В. Годун // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы

XXI века: материалы 8-й междунар. науч. конф., Минск, 22–23 мая 2008 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.] – Минск, 2008. – С. 118–119.

20. Бодиловская, О.А. Изменения параметров роста и размножения у большого прудовика *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) при длительном самооплодотворении / О.А. Бодиловская, О.А. Олейник, А.П. Голубев // Экология человека и окружающей среды в постчернобыльский период: материалы респуб. науч. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов, Минск, 27–28 сент. 2008 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.Б. Мельнова. – Минск, 2008. – С. 63–64.

21. Бодиловская, О.А. Лабильность стратегии размножения у легочных моллюсков как фактор устойчивости их природных популяций / О.А. Бодиловская, А.П. Голубев // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2009 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса [и др.]. – Минск, 2009. – С. 138–139.

22. Новый подход к оценке стратегии размножения в природных популяциях пресноводных легочных моллюсков / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, С.В. Ризевский, В.П. Курченко // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2009 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.] – Минск, 2009. – С. 144.

23. Голубев, А.П. Популяции пресноводных легочных моллюсков как природный резервуар возбудителей церкариозов: механизмы стабильности и контроля численности / А.П. Голубев, О.А. Бодиловская, Е.В. Годун // Научное обеспечение, природоохранная и эколого-просветительская деятельность, рекреационный потенциал: материалы респ. науч.-практич. конф., посвященной 10-летию ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», Курортный поселок Нарочь, 23–25 сент. 2009 г. / под ред. Т. В. Жуковой. – Минск: Медисонт, 2009. – С. 99–105.

24. Бодиловская, О.А. Сравнительная оценка степени инвазированности популяций *Lymnaea stagnalis* личинками трематод из водоемов с разным уровнем антропогенной нагрузки / О.А. Бодиловская, Е.В. Годун // Экология человека и окружающей среды в постчернобыльский период: материалы респуб. науч. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов, Минск, 11–12 нояб. 2010 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.Б. Мельнова [и др.]. – Минск, 2011. – С. 73.

25. Параметры жизненного цикла легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* в тринадцатом поколении от самооплодотворения / Е.А. Самцова, Н.Ю. Малуха, О.А. Бодиловская, А.П. Голубев // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века: материалы 12-й междунар. научн. конф., Минск, 17–18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2012. – С. 212–213.

26. Параметры роста и размножения стенобионтного легочного моллюска *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791) / О.А. Бодиловская, А.С. Хомич, Н.В. Коротчикова,

А.П. Голубев // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века: материалы 15-й междунар. научн. конф., Минск, 21–22 мая 2015 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.С. Позняк [и др.]. – Минск, 2015. – С. 165–166.

27. Оценка влияния загрязнения водоёмов и паразитарной инвазии на активность ферментов антиоксидантной системы у легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* / А.С. Хомич, О.А. Бодиловская, Ю.А. Широкова, Е.П. Щапова, Ю.А. Лубяга, В.А. Емшанова, Д.В. Аксенов-Грибанов // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы V междунар. науч. конф., Минск-Нарочь, 12–17 сент. 2016 г. / Белорусский государственный университет; сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Изд. центр БГУ, 2016. – С. 264.

Тезисы докладов

28. Молекулярно-генетические особенности *L.stagnalis* при различных способах оплодотворения *in vitro*, выявляемые при помощи метода RAPD-PCR / С.В. Ризевский, О.А. Бодиловская, В.С. Радевич, В.П. Курченко // Проблемы экологии. Чтения памяти профессора М.М. Кожова: тезисы докладов междунар. науч. конф. и междунар. школы для молодых ученых, Иркутск, 20–25 сент. 2010 г. / редкол.: В.И. Воронин [и др.] – Иркутск, 2010. – С. 230.

РЭЗІЮМЭ

Бадзілоўская Вольга Аляксандраўна

Экалага-біялагічная характарыстыка росту і размнажэння лёгачных малюскаў пры сама- і перакрыжаваным апладненні

Ключавыя словы: вялікі прудавік, балотны прудавік, самаапладненне, інбрэдная дэпресія, тэрмаўстойлівасць, колькасць папуляцыі.

Мэта работы – адзнака значэння перакрыжаванага апладнення і самаапладнення ў мадэльных відаў прэснаводных малюскаў – шырока распаўсюджанага вялікага прудавіка (*Lymnaea stagnalis*) і больш малалікага балотнага прудавіка (*Stagnicola corvus*) – у фарміраванні заканамернасцяў іх жыццёвых цыклаў.

Метады даследвання: гідрабіялагічныя, паразіталагічныя, статыстычныя.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: упершыню ў сусветнай экалагічнай навуке паказана здольнасць *L. stagnalis* да працяглага размнажэння пасродкам самаапладнення у 17 паслядоўных пакаленнях. Даследаваны параметры росту і ўзнаўлення прэснаводнага малюска балотнага прудавіка *S. corvus*.

На прыкладзе вялікага прудавіка ўпершыню ўстаноўлены ўзроўні успадкоўвання тэрмаўстойлівасці, пладавітасці і працягласці ювенільнага перыяду пры размнажэнні пасродкам перакрыжаванага і самаапладнення, вызначаны каррэлятыўныя сувязі паміж гэтымі параметрамі. Выяўлена, што сярэдняя тэрмаўстойлівасць у сем'ях *L. stagnalis* з лабараторных ліній адрозніваецца высокім узроўнем успадкоўвання, што стварае патэнцыйную магчымасць натуральнага адбору на павышэнне тэрмаўстойлівасці іх прыродных папуляцый.

Устаноўлена, што ў вадаёмах з высокім узроўнем індустрыяльнага і камунальна-бытавога забруджвання эфектыўнасць самаапладнення моцна зніжаецца.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны ўстановамі і структурамі Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя і Міністэрства аховы здароўя Рэспублікі Беларусь для распрацоўкі мер барацьбы з цэркарыозамі, а таксама для ацэнкі стану біёты вадаёмаў ва ўмовах павелічэння антрапагеннай нагрузкі.

Вобласць ужывання: экалогія, гідрабіялогія, заалогія.

РЕЗЮМЕ

Бодиловская Ольга Александровна

Эколого-биологическая характеристика роста и размножения легочных моллюсков при само- и перекрестном оплодотворении

Ключевые слова: большой прудовик, болотный прудовик, самооплодотворение, инбредная депрессия, термоустойчивость, численность популяции.

Цель работы – оценка значения перекрестного оплодотворения и самооплодотворения у модельных видов пресноводных легочных моллюсков – широко распространенного большого прудовика (*Lymnaea stagnalis*) и более малочисленного болотного прудовика (*Stagnicola corvus*) – в формировании закономерностей их жизненных циклов.

Методы исследования: гидробиологические, паразитологические, статистические.

Полученные результаты и их новизна: впервые в мировой экологической науке показана способность легочного моллюска *L. stagnalis* к длительному размножению посредством самооплодотворения в 17 последовательных поколениях. Изучены параметры роста и воспроизводства легочного моллюска болотного прудовика *S. corvus*.

На примере большого прудовика впервые установлены уровни наследуемости термоустойчивости, плодовитости и длительности ювенильного периода при размножении посредством перекрестного оплодотворения и самооплодотворения, определены коррелятивные связи между этими параметрами. Выявлено, что средняя термоустойчивость в семьях *L. stagnalis* из лабораторных линий отличается высоким уровнем наследуемости, что создает потенциальную возможность естественного отбора на повышение термоустойчивости их природных популяций.

Установлено, что в лабораторных линиях моллюсков из водоемов с высоким уровнем индустриального и коммунально-бытового загрязнения эффективность самооплодотворения сильно снижается.

Рекомендации по использованию: результаты исследований могут быть использованы учреждениями и структурами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерства здравоохранения Республики Беларусь для разработки мер борьбы с очагами церкариозов, а также для оценки состояния биоты водоемов в условиях увеличения антропогенной нагрузки.

Область применения: экология, гидробиология, зоология.

SUMMARY

Bodilovskaya Olga

Ecological and biological characteristics of growth and reproduction of pulmonary mollusks during self-and cross-fertilization

Key words: *Lymnaea stagnalis*, *Stagnicola corvus*, self-fertilisation, inbred depression, heat stability, population density.

The purpose of researches: the estimation of the value of cross-fertilization and self-fertilization in model species of freshwater pulmonary mollusks – widely distributed *Lymnaea stagnalis* and more rare *Stagnicola corvus* in the formation of the laws of their life cycles.

Methods of investigation: hydrobiological, parasitological, statistical.

Obtained results and their novelty: for the first time in the world ecological science, the ability of the pulmonary mollusk *L. stagnalis* to prolonged reproduction by self-fertilization in 17 consecutive generations has been shown. Parameters of growth and reproduction of pulmonary mollusks of the *S. corvus* were studied.

On the example of *L. stagnalis*, for the first time, the levels of inheritance of the thermal stability, fertility and duration of the juvenile period during reproduction by cross fertilization and self-fertilization have been revealed, and correlative relationships between these parameters have been determined. It was found, that the average thermal stability in families of *L. stagnalis* from laboratory lines is distinguished by a high level of heritability, which creates the potential for natural selection for increasing the thermal stability of their natural populations.

It is established that in laboratory lines of mollusks from water bodies with a high level of industrial and communal-domestic pollution, the effectiveness of self-fertilization strongly decreases.

Recommendations for use: the results of the research can be used by the structures of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection and the Ministry of Health of the Republic of Belarus to develop measures to control the foci of cercariosis, as well as to assess the state of biota of water bodies in conditions of increasing anthropogenic load.

Application field: ecology, hydrobiology, zoology.