

УДК 594.111 (282.247.212)

ПРЕСНОВОДНАЯ ЖЕМЧУЖНИЦА *MARGARITIFERA* *MARGARITIFERA* L. В РЕКЕ СЮСКЮЯНЬОКИ (БАССЕЙН ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА)

**Е. П. Иешко¹, А. Е. Веселов¹, С. А. Мурзина¹, Й. Гейст²,
Д. И. Лебедева¹, Д. А. Ефремов¹, М. А. Ручьев¹, А. А. Зотин³**

¹Институт биологии КарНЦ РАН

²Отдел биологии водных сообществ, Технический университет, Мюнхен, Германия

³Институт биологии развития имени Н. К. Кольцова РАН

Исследованы условия совместного обитания молоди пресноводной формы атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и пресноводной жемчужницы *Margaritifera margaritifera* L. в реке Сюскюяньоки (приток Ладожского озера). Приведены данные, характеризующие численность, пространственное распределение и возрастную структуру молоди лосося и жемчужницы. Показано, что интенсивность заражения рыб глохидиями может варьировать в широких пределах, достигая иногда более 2000 личинок на рыбу. Дан анализ влияния температурных условий реки на продолжительность паразитарной фазы, которая в исследованный период составила более 8 месяцев. Представлены результаты гистологического анализа темпов развития глохидиев, инцистированных на жабрах молоди лосося. Полученные результаты исследований послужили научным обоснованием создания зоологического заказника «Сюскюяньоки» по сохранению популяций пресноводной жемчужницы и пресноводного лосося.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пресноводная жемчужница *Margaritifera margaritifera*, атлантический лосось *Salmo salar*, глохидий, заражение, охрана и сохранение окружающей среды.

E. P. Ieshko, A. E. Veselov, S. A. Murzina, J. Geist, D. I. Lebedeva, D. A. Efremov, M. A. Ruchiev, A. A. Zotin. FRESHWATER PEARL MUSSEL *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L. IN SYSKYÄNJOKI (LADOGA LAKE CATCHMENT)

Cohabitation of land-locked Atlantic salmon *Salmo salar* L. parr and freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the Syskyänjoki River, which empties into Lake Ladoga, was studied. Data on the population size, spatial distribution and age structure of the salmon parr and the freshwater pearl mussel are presented. It is shown that the intensity of the glochidial infection in salmon parr may vary in a wide range, sometimes exceeding 2000 larvae per fish. The effect of temperature conditions in the river on the duration of the parasitic phase, which lasted more than 8 month in the studied period, was analyzed. The results of the histological analysis of the development of glochidia encysted on the gills of salmon juveniles are reported. The results obtained in this study have been used to substantiate the designation of the Syskyänjoki zoological nature reserve for conservation of freshwater pearl mussel and land-locked Atlantic salmon populations.

K e y w o r d s: freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L., Atlantic salmon *Salmo salar* L., glochidial infestation, nature protection and conservation.

Введение

Пресноводная жемчужница *Margaritifera margaritifera* L. относится к одному из исчезающих видов в фауне Европы. Охранный статус моллюска обеспечивают: Приложение III Бернской конвенции [Bern Convention..., 1979], Красная книга IUCN [1996], куда он внесен как «находящийся под угрозой исчезновения», а также Красные книги Восточной Финляндии [Red Data..., 1998], России [2001] и Карелии [2007]. В настоящее время считается, что 95–100 % существовавших популяций жемчужницы в центральной и южной Европе находятся на грани вымирания [Bauer, 1986, 1988]. Устойчивые популяции с активным размножением сохранились менее чем в 50 реках в Канаде, на северо-западе России, в северо-восточной Скандинавии, малочисленными колониями в Баварии, Чехии и Австрии [Young et al., 2000]. Относительно водоемов России, согласно данным А. Махрова [Махров и др., 2009; Makhrov et al., 2011, 2014], обитание жемчужницы отмечается в 20 реках Карелии, впадающих в Белое море, Ладожское и Онежское озера. В большинстве случаев для многих водоемов подтверждается только факт существования колоний пресноводной жемчужницы.

Из рек Северного Приладожья, входящих в Зеленый пояс Финляндии, колонии пресноводной жемчужницы были известны для пяти из них. Так, в реках Китеенйоки и Ихаланйоки в 18 веке велся жемчужный промысел [Hermann, 1790, цит. по Makhrov, 2014], в Кокколанйоки, Сумерианйоки жемчужницу находили в прошлом столетии [Karki, 1915, цит. по Makhrov, 2014].

В настоящей статье дается комплексная характеристика и оценка состояния популяции обыкновенной жемчужницы *Margaritifera margaritifera* L. и пресноводной формы атлантического лосося *Salmo salar* L. в реке Сюскьянйоки (бассейн Ладожского озера), приводятся сведения о численности и возрастной структуре колоний моллюсков и молоди лосося, показателях заражения рыб-хозяев глосидиями, темпе их созревания. Полученные данные должны стать основой при разработке стратегии сохранения этих редких видов северных рек – жемчужницы и пресноводного лосося.

Материалы и методы

Река Сюскьянйоки берет начало в оз. Сюскьярви (61°46' с. ш., 31°36' в. д.) и впадает в залив Сюскьянлахти Ладожского озера (61°38' с. ш., 31°17' в. д.) (рис. 1). Ее длина 33 км, площадь водосбора 477 км², общее падение 64,7 м при среднем уклоне 1,9 м/км [Берсо-

нов, 1960; Ресурсы..., 1965]. Коэффициент озерности Сюскьянйоки – 4,1 %, заболоченности – 20 %, облесенности – 71 % [Соловьева, 1967]. Средний годовой расход воды в реке – 5,3 м³/с, модуль стока – 10,9 л/с км² [Берсонов, 1960]. В бассейне реки имеется один приток Кулисмайоки (или Кулисмаёки), впадающий на 17 км от устья, а также кроме озера Сюскьярви насчитывается еще 11 озер: Валкамаярви, Валкиаярви, Варпаярви, Йоутсенярви, Кимаярви, Луопасярви, Руокоярви, Салментаканен, Сариярви, Сатисенярви, Хипполанярви.

Грунты представлены песками с галькой и гравием, местами скальные, глинистые и суглинистые, на болотах – торфянистые. Большая часть бассейна занята смешанным лесом с преобладанием хвойных пород.

Вода в р. Сюскьянйоки отличается низкой минерализацией (сумма ионов 15,1–35,7 мг/л), имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав, бедна биогенами, несет в растворе железо и очень мало минерального фосфора (растворенные соединения фосфора и азота в основном органические). Мутность воды в разные сезоны года колеблется в пределах 13–18 г/м³, прозрачность (по диску Секки) – от 1,4 до 2,1 м [Соловьева, 1967].

Ихтиофауна р. Сюскьянйоки представлена 17 видами и подвидами рыб: пресноводная форма атлантического лосося, проходная кумжа, озерная кумжа, жилая кумжа (сем. Лососевые), щука (сем. Щуковые), окунь (сем. Окуневые), уклея, плотва, лещ, густера, елец, язь, голавль, сырть, голец усатый (сем. Карповые), налим (сем. Тресковые), речная минога (п/кл. Миноги). Кроме того, весной в низовье реки на нерест заходит в небольших количествах хариус, а осенью – озерно-речной сиг [Правдин, 1956; частично наши данные].

Работы проводились на порогах перед устьем, расположенных в весьма узком скалистом ущелье (начало: 61°40'03" с. ш., 31°16'26" в. д.; конец: 61°39'47" с. ш., 31°16'21" в. д.). Два из них короткие – 40–60 м и один длиннее – около 300 м, при ширине русла 15–22 м и 35–40 м соответственно. Русло порогов насыщено валунным и галечным грунтом, имеются отдельные глыбы. Глубины изменяются в пределах 0,4–1,2 м, поверхностная скорость течения составляет 0,8–1,4 м/с, местами доходит до 2,5 м/с. Кроме того, было проведено предварительное обследование всего русла реки от истока из оз. Сюскьярви для выяснения распространения как жемчужницы, так и молоди лососевых рыб.

Для изучения встречаемости глосидиев жемчужницы были использованы результаты паразитологических исследований. Методом

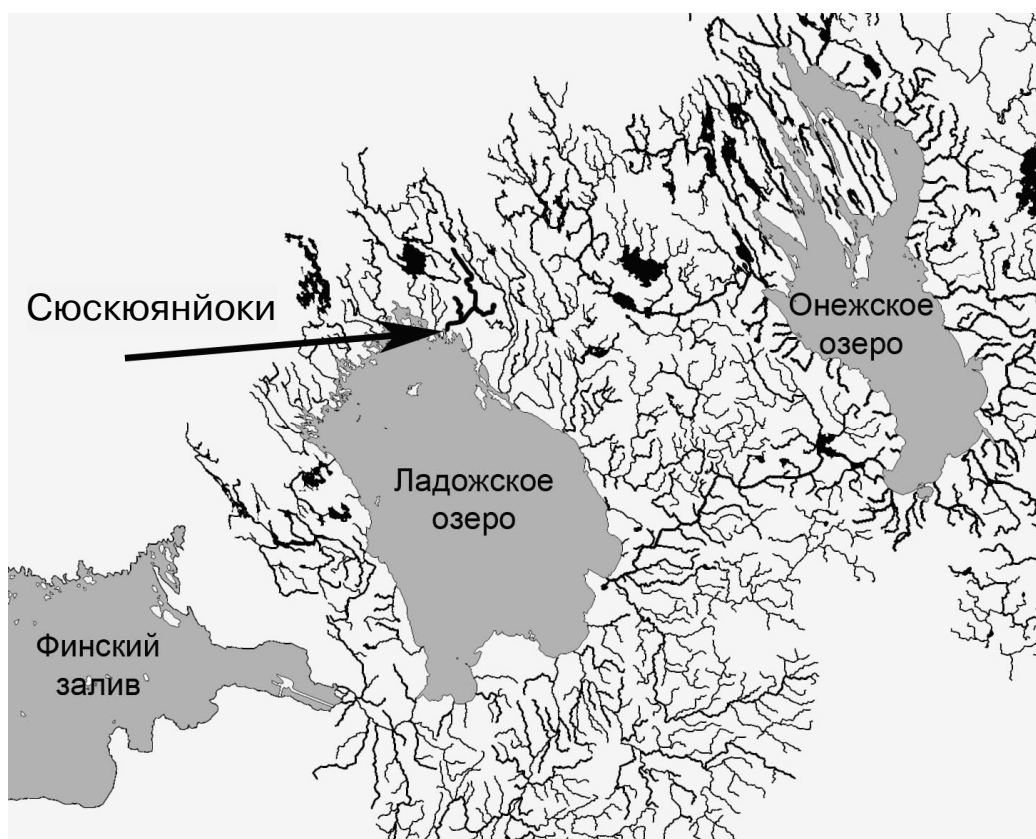


Рис. 1. Река Сяськянйокки, бассейн Ладожского озера

неполного паразитологического вскрытия [Быховская-Павловская, 1985] был исследован 51 экз. молоди пресноводного лосося в р. Сяськянйокки (табл. 1). Зараженность молоди исследовалась в различные годы, но примерно в одни сроки: конец октября – начало ноября, когда температура воды снижалась до 1–3 °С. Рыб отлавливали с помощью электролова (Fa-2, Norway). Численность молоди определялась методом трехкратного облова с последующим выпуском, согласно Zippin [1956] и Bohlin [1984].

Таблица 1. Показатели зараженности молоди пресноводного лосося глохидиями в р. Сяськянйокки в различные годы

Дата	Исследовано рыб	Заражено	Е, %	Мин. макс.	М
26.10.2009	15	15	100.0	91–2168	382,3
08.10.2013	23	23	100.0	1–31	10,5
05.12.2013	5	5	5 из 5	74–415	247,6
07.05.2014	8	6	6 из 8	0–800	165,4

У молоди, отловленной для исследования зараженности глохидиями, измеряли массу (г) и общую длину АВ (см). Возраст определяли по чешуе, отобранной ниже спинного плавника. Учитывалось общее количество глохидиев, найденных на жабрах исследуемых рыб.

Для количественной характеристики зараженности рыб использовались следующие показатели:

1. Экстенсивность инвазии (Е), или процент заражения (%).

$$E = (N_i \times 100) / N,$$

где N_i – количество зараженных рыб, N – количество исследованных рыб.

2. Средняя интенсивность заражения (экз. на рыбу), или индекс обилия (М).

$$M = \sum n / N,$$

где N – количество исследованных рыб, $\sum n$ – сумма всех паразитов, обнаруженных на исследованных рыбах.

Статистический анализ показателей зараженности и распределения численности паразитов проводился с использованием программы Quantitative Parasitology (QP) [Rozsa et al., 2000].

Для изучения роста и развития глохидиев на жабрах хозяина применяли методы гистологического анализа. Жаберные дуги молоди лосося извлекали из свежего материала и закладывали в гистологические кассеты, которые затем помещали в контейнер с 10%-м забуференным раствором формальдегида. Пробы хранили в холодильнике (–8 °С) до момента доставки в лабораторию. Проводку и пропитку парафином

осуществляли через автоматическую систему карусельного типа – модель STP-120 (MICROM). Декальцинацию костной ткани жаберной дуги рыбы проводили с использованием Biodeck R. Парафиновые блоки изготавливали с применением заливочного комплекса EC-350 (MICROM), их резку осуществляли на санном микротоме HM-440 (MICROM) с толщиной среза 6 мкм. Окраска гистологических срезов проводилась гематоксилин-эозином. Микроснимки изучали при помощи светового микроскопа Axioskop 40 (Carl Zeiss) с окуляром $\times 10$ и объективами $\times 5$; $\times 10$; $\times 20$; $\times 40$ и цифровой камеры Pixera Pro 150ES. В работе использованы методические рекомендации Микодиной с соавт. [2009].

Анализ материала проводился с использованием оборудования ЦКП Института биологии КарНЦ РАН.

Достоверность различий ($p \leq 0,05$) размеров глосидиев оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием пакета Statgraphics for Windows 2.5.

Результаты

На верхнем, первом от истока из оз. Сюсюярви пороге обнаружена молодь кумжи разных возрастных групп. Однако показатели плотности ее весьма низкие – 3–5 экз./100 м². Молоди лосося нет, несмотря на то что участки обитания хорошего качества.

На этом пороге встречаются единичные моллюски жемчужницы. Вместе с тем основные ее колонии располагаются сразу за порогом на плесовых участках, где ее плотность достигает 100 экз./10 м². Моллюски используют песчано-галечный грунт. Глубина в таких местах составляет 0,6–1,2 м, скорость течения – 0,4–0,6 м/с.

На следующей, расположенной в среднем течении группе порогов обитает молодь кумжи разных возрастных групп. Молоди лосося также нет. Плотность варьирует и оценивается в 10–18 экз./100 м², на некоторых участках до 25 экз./100 м². По возрастным группам на площади 100 м² встречаются: 0+ – 10–12 экз., 1+ – 5–6 экз., 2+ – 1–3 экз. Жемчужница в основном обнаружена в конце порогов на плесовых участках с крупнозернистым песком и галькой. Здесь выявлены колонии с высокой численностью. На самих порогах моллюски встречаются одиночно.

Далее следует плесовый участок реки, используемый кумжей для нагула. Плотность обитающей здесь жилой кумжи невелика и составляет 1–3 экз./100 м². Жемчужница обитает на песке или мелкой гальке, наполовину заглубив свое тело. Плотность составляет 3–5 экз./100 м². Иногда

на одном квадратном метре располагается колония из 6–9 или 12 моллюсков. В среднем на отдельных пятнах дна плотность жемчужницы может достигать до 5–6 экз./10 м².

В нижней трети реки расположен плесовый каналобразный участок с песчано-илистым дном и глубинами от 1,2–1,5 м и до 2,0 м. Моллюски и молодь лососевых рыб здесь не обнаружены.

В ходе исследований проведена оценка распределения численности и размерной структуры колоний жемчужницы в нижнем, устьевом участке. Моллюски здесь встречались группами по 3–4 особи и одиночно. На участке площадью 600 м² отмечено более 600 особей. Средняя плотность популяции жемчужницы составила 1–2 особи/м², местами – до 12–18 экз./м².

На нижнем участке реки средний размер жемчужниц составил 89,9 мм, при минимальных значениях 55,9 и максимальных 112,2 мм. Возраст моллюсков обследованной колонии варьировал от 7 до 22 лет, основу популяции составляли особи, имеющие возраст 10–15 лет (рис. 2).

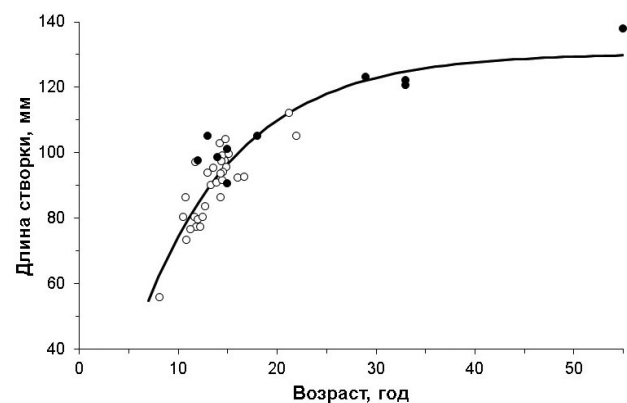


Рис. 2. Зависимость длины раковины от возраста моллюсков. Белые кружки – нижний порог; черные кружки – верхние пороги. Линия – аппроксимация уравнением Берталанфи

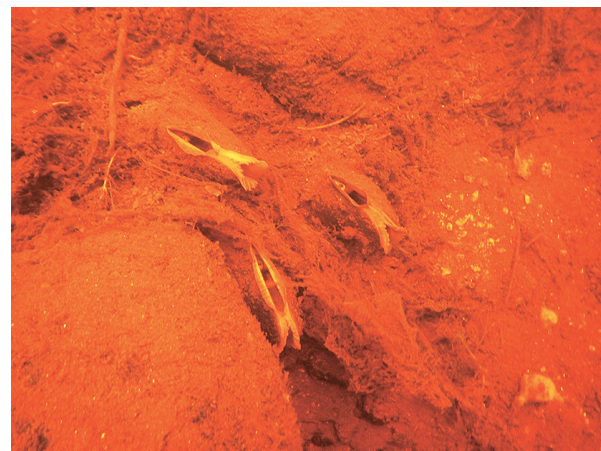
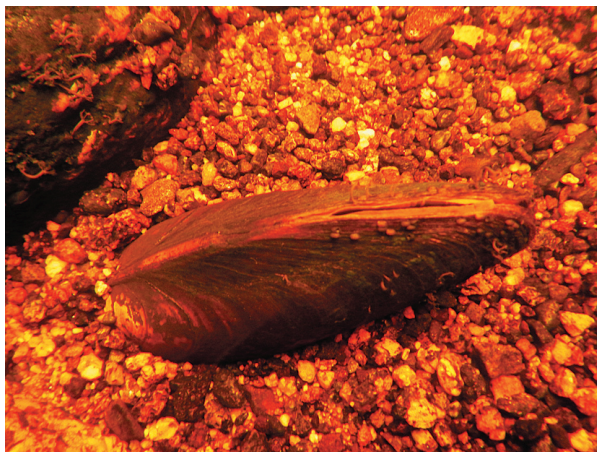
На верхних порогах средние размеры раковины жемчужниц были крупнее 110,2 мм, при минимальных значениях 90,5 и максимальных 137,9 мм. Возраст моллюсков этой части колонии варьировал от 12 до 55 лет (см. рис. 2). Зависимость длины раковины от возраста у обитающих на нижних и верхних порогах жемчужниц не различается и может быть описана единым уравнением роста Берталанфи:

$$L = L_{\infty}(1 - \exp(-k \cdot (t - t_0))),$$

где L – длина раковины; t – возраст моллюска; $L_{\infty} = 130,4 \pm 5,2$ – предельная длина раковины; $k = 0,101 \pm 0,020$ – константа роста; $t_0 = -1,6 \pm 1,7$ – константа нулевого возраста.



Верховье и устьевая часть русла реки Сюскюяййоки. Молодь лосося возрастом 1+ и 2+ на нижнем устьевом пороге (фото А. Е. Веселова)



Колонии и одиночные моллюски пресноводной жемчужницы на втором пороге и на нагульном плесе реки Сюскьянйоки (фото Е. П. Иешко и Д. А. Ефремова)

На приустьевом пороге обитает молодь пресноводного лосося разных возрастных групп (0+, 1+, 2+ и 3+), изредка встречаются молодь кумжи и карликовые самцы. Плотность молоди лосося на наиболее быстротекущих и скалистых участках порога (скорость поверхностного течения 1,5–1,7 м/с) в некоторых случаях составляла 122–154 экз./100 м², максимально – до 179 экз./100 м². После демонтажа плотины численность молоди существенно снизилась – 22–33 экз./100 м².

Зараженность рыб гложидиями изучалась в 2009 и 2013–2014 гг. Молодь лосося, исследованная в октябре 2009 г., была представлена преимущественно годовиками и двухлетками (1+ и 2+), а также двумя карликовыми самцами старших возрастов (3+ и 5+). Установлено, что интенсивность заражения молоди имела высокие значения (см. табл. 1). При этом анализ индивидуальных особенностей заражения имеет выраженную зависимость от размеров рыб-хозяев ($r\ 0,61$; $p < 0,05$). Даже в том случае, когда из анализа были исключены карликовые самцы, имевшие самые высокие показатели интенсивности заражения, высокая корреляция сохранялась ($r\ 0,58$; $p < 0,05$).

В 2013–2014 гг. молодь лосося в реке обследована в первой декаде октября (см. табл. 1). В выборке также были представлены все возрастные группы рыб от сеголетков 0+ до трехлеток (3+). В указанный период при 100 % встречаемости отмечена низкая интенсивность заражения рыб гложидиями, количество личинок на жабрах молоди преимущественно варьировало от 1 до 10 экз. (максимально – 31) гложидиев на рыбе. При этом не удалось обнаружить достоверной зависимости между числом гложидиев и размерно-весовыми показателями зараженных рыб.

Сравнивая данные по заражению рыб, полученные в разные годы, можно предположить, что 8 октября 2013 г. соответствует началу выхода гложидиев из зрелых моллюсков и заражению молоди лосося, а 26 октября 2009 г., по-видимому, – завершающему этапу заражения и расселения личинок в популяции хозяев. Начальный этап заражения гложидиями характеризуется высокой агрегированностью распределения числа личинок на жабрах зараженных рыб, с преобладанием особей, имеющих низкую интенсивность заражения (рис. 3). Следует также отметить, что и на завершающем этапе заражения, при более высоких значениях интенсивности инвазии, агрегированность распределения гложидиев сохраняется. На рисунке 3 видно, что в 2009 г. из 14 исследованных рыб при средней интенсивности заражения 382,3 экз. на рыбу у 10 пестряток лосося интенсивность заражения была менее или немногим более 200 экз. на рыбу.

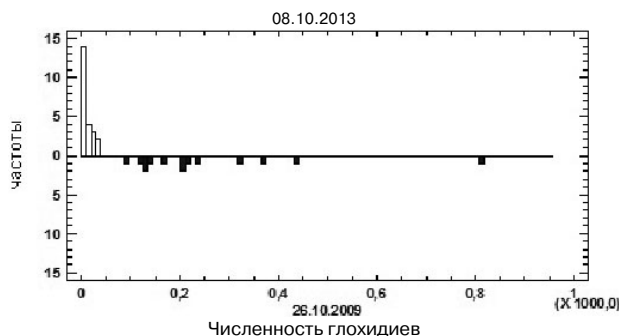


Рис. 3. Особенности распределения численности гложидиев в популяции молоди лосося на начальной (08.10.2013) и более поздней фазах заражения (26.10.2009). По оси X численность гложидиев, по оси Y – частоты

Отмеченные значения зараженности молоди лосося в конце октября 2009 г. по уровню заражения совпадают с данными интенсивности инвазии рыб в декабре 2013 г. и мае 2014 г., показавшими высокую выживаемость гложидиев в зимний период. Как видно из табл. 1, малые выборки не дают надежной статистики, однако в исследованных выборках максимальные значения интенсивности заражения были установлены у рыб не только старших возрастов – даже годовики имели до 30 гложидиев на рыбу.

Уточнение стадии заражения рыб и этапа метаморфоза гложидиев проведено с использованием данных гистологического анализа. Для проб, собранных в октябре, показана высокая вариабельность размерных характеристик гложидиев (табл. 2). При этом можно отметить, что в выборке преобладали личинки малых размеров, демонстрируя выраженную левую асимметрию частотного распределения (рис. 4). Установленные размеры и вариабельность значений длины и ширины гложидиев указывают, что начало октября соответствует начальному этапу заражения молоди лосося.

Данные декабря позволили показать темпы прироста размерных характеристик гложидиев за 58 дней развития. Выросли значения длины и ширины раковин, сформировавшихся в цистах моллюсков (см. табл. 2), которые увеличились за это время соответственно на 15 и 25,8 %. На этом этапе гистограмма распределения длины моллюсков имеет уже выраженное нормальное распределение, где модальными группами являются моллюски средних размеров (см. рис. 4)

Анализ морфологии инцистированных моллюсков в мае 2014 г. показал, как изменилась их размерная структура за зимне-весенний период, который составил 153 дня. В этот период значения длины увеличиваются почти в два раза, тогда как ширина изменяется незначительно (см. табл. 2).

Таблица 2. Статистические параметры значений длины и ширины гложидиев в период паразитирования на жабрах молоди лосося в период с октября 2013 г. до мая 2014 г.

	Октябрь 2013 г.		Декабрь 2013 г.		Май 2014 г.	
	Длина, мкм	Ширина, мкм	Длина, мкм	Ширина, мкм	Длина, мкм	Ширина, мкм
Количество промеров	45	45	24	24	51	51
Мин.	30,17	23,32	50,06	37,58	86,38	40,79
Макс.	117,51	102,06	127,96	104,14	241,36	157,98
Средняя	68,99	49,98	81,53	67,33	153,69	89,39
Ошибка средней	3,52	2,52	4,03	4,08	5,92	3,25
Дисперсия	557,17	285,99	389,44	399,25	1785,18	539,61
Skewness	0,44	0,58	0,56	0,35	0,15	0,33
Kurtosis	-0,45	0,76	-0,06	-1,23	-0,99	0,51

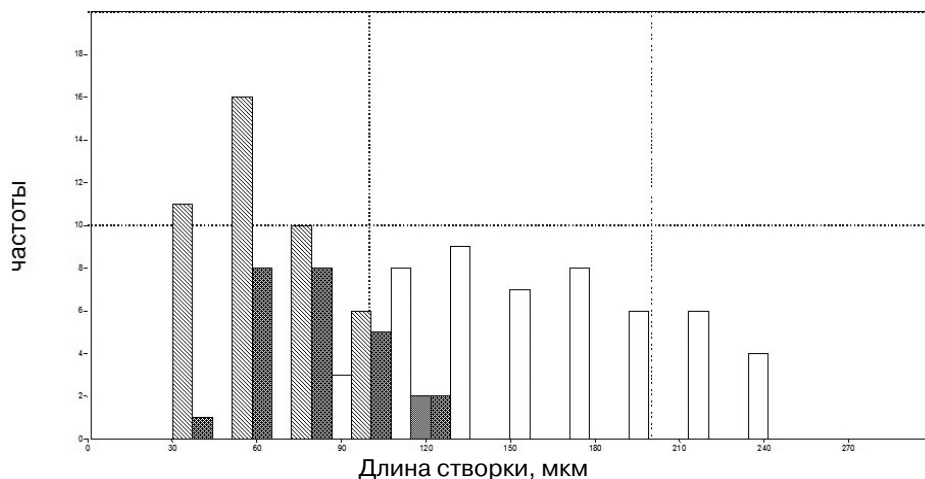


Рис. 4. Гистограмма размерной структуры гложидиев при паразитировании на жабрах лосося в октябре , декабре  2013 г. и мае  2014 г.

Особенностью данных, полученных в мае, является широкая вариабельность морфологических признаков гложидиев, что характеризуется высокой дисперсией (см. табл. 2). Максимальные значения длины инцистированных моллюсков варьировали от 86 до 200 мкм (см. рис. 4).

Обсуждение

Особый интерес к изучению реки Сюскюяййоки связан с тем, что на ней долгое время функционировала гидроэлектростанция (ГЭС), расположенная в устье. Для работы станции были сооружены несколько плотин. Одна в 2 км от устья и две регулировочные выше по течению в 5 и 23 км. В период действия ГЭС водохранилищем были затоплены участки основных нерестово-выростных угодий лосося и кумжи в среднем и верхнем течении реки. В 1989 г., после того как были демонтированы все плотины, лосось получил возможность нереститься практически на всех ее нерестилищах. Таким образом, в реке Сюскюяййоки можно оценить последствия ее зарегулирования спустя более 20 лет.

Изменение режима реки после демонтажа плотин оказало влияние и на особенно-

сти возрастной структуры пресноводной жемчужницы. Различие между субпопуляциями моллюсков, обитающих в верхних и нижних участках реки, состоит в разновозрастности этих групп: в верховьях обнаружены более крупные и более старые моллюски (см. рис. 2). При этом возраст 55 лет, по-видимому, является максимальным для популяции р. Сюскюяййоки. Можно предположить, что субпопуляция в низовьях реки образовалась сравнительно недавно (около 25 лет назад) за счет расселения моллюсков из субпопуляции в верховьях.

В большинстве притоков Ладожского озера, где воспроизводится пресноводная форма атлантического лосося, обычная плотность популяции молоди разных возрастных групп изменяется в пределах 18–73 экз./100 м² [Веселов, Калюжин, 2001]. В реке Сюскюяййоки на некоторых участках плотность молоди выше 100 экз./100 м². Это, при наличии на тех же участках разновозрастных моллюсков, в т. ч. и молодых особей, свидетельствует о достаточной плотности хозяина – молоди лососевых рыб, обеспечивающей при зимовальных и весенних перемещениях расселение личинок жемчужницы.

Полученные результаты заражения рыб глохидиями показали, что начало паразитарной фазы в жизненном цикле жемчужницы происходит в октябре, когда температура воды становится ниже 10 °C (рис. 5). Зараженность молоди лосося глохидиями варьирует в широких пределах в зависимости от фазы заражения. На начальных этапах заражения рыб при 100 % встречаемости интенсивность инвазии может быть низкой (данные 2013 г.), а также достигать высоких значений, как это было показано в октябре 2009 г. на финальных этапах заражения (см. табл. 1).

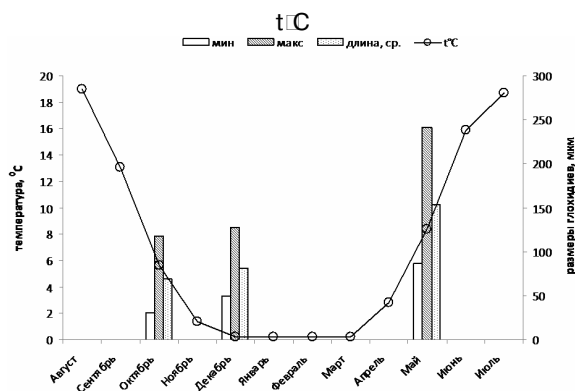


Рис. 5. Среднемесячная температура воды в реке Сюскюяйноки и изменения размеров глохидиев в разные месяцы (средних, минимальных и максимальных значений)

Следует отметить, что в течение всего периода с октября 2013 г. по май 2014 г. отмечалась высокая зараженность молоди, указывая на высокую выживаемость инцистированных глохидиев. Сходные данные были получены при экспериментальном изучении зараженности молоди атлантического лосося – кумжи [Cunjak, McGladdery, 1991]. Однако в естественных условиях на форели выживает за период с сентября до мая следующего года только 5 % глохидиев [Young, Williams, 1984a,b].

Продолжительность паразитарной стадии в жизненном цикле жемчужницы, необходимой для развития и роста глохидиев, требует около 1500 градусо-дней [Bauer, 1997]. Выход личинок из моллюсков и заражение рыб-хозяев приурочено к осени, когда глохидий, имеющий размеры около 50 мкм, поселяется на жабрах молоди лососевых рыб, далее проходит инцистирование и метаморфоз, который завершается формированием маленького моллюска. Молодой моллюск покидает хозяина весной следующего года, имея размеры до 500 мкм.

Накопление указанной суммы эффективных температур в осенне-зимний период года требует продолжительного времени. Большая часть развития глохидиев проходит в реке Сюс-

кюяйноки при низких температурах, с октября до апреля следующего года средняя температура не превышает 6 °C (см. рис. 5). Экспериментально [Scheder et al., 2014] показано, что поздней осенью и зимой увеличение длины глохидиев, инцистированных на жабрах рыб, за 103 дня составляет лишь 32 мкм, или 0,31 мкм/сут. В условиях Карелии прирост глохидиев с октября по декабрь был еще меньше и составил 0,21 мкм, а с декабря до мая – 0,47 мкм (см. рис. 5).

За наблюдаемый период с октября 2013 г. до мая 2014 г. глохидии на молоди лосося достигли размера 153,69 мкм, что потребовало приблизительно 323 градусо-дня. На рисунке 5 показано, что среднемесячные температуры в этот период варьировали от 5,6 °C в октябре до 8,4 °C в начале мая. Вероятно, основной рост глохидиев в реке Сюскюяйноки проходит в мае–июне, когда температура достигает значений выше 10 °C (см. рис. 5). Как было показано, температура выше 15 °C является пороговой, при ее достижении начинается массовое отторжение цист с глохидиями [Scheder et al., 2014].

Если предположить, что в середине июля происходит полное освобождение молоди лосося от глохидиев, то с учетом указанных среднемесячных температур для условий Карелии полное развитие и метаморфоз жемчужницы требует более 1300 градусо-дней. Соответственно, приблизительные размеры тела, которых достигают молодые моллюски в момент покидания рыб-хозяев, могут составлять более 400 мкм.

Закключение

Таким образом, в реке Сюскюяйноки пресноводный лосось воспроизводится в настоящее время только на нижнем пороге. Верхние участки (наиболее продуктивные) были изолированы начиная с 20-х годов прошлого века тремя плотинами действующей ГЭС до момента их демонстрации в 1989 г. Сейчас плотины полуразрушены и не являются препятствием для нерестовых миграций лосося. Однако миграции вверх не происходят по причине недостаточного количества производителей в низовье реки и из-за утраты хоминга – запоминания места рождения и возврата к нему [Hasler, Scholz, 1983].

Пресноводная жемчужница распространена по руслу реки Сюскюяйноки. Наиболее многочисленные колонии сосредоточены на всех трех порогах и плесовом участке реки. Доминирование молодых моллюсков свидетельствует об активном воспроизводстве популяции. Высокое значение константы роста $k = 0,109$ указывает также на благоприятные условия питания и роста моллюсков в реке.

Река Сюссянйоки, выделяясь своеобразием химического состава воды и низкой по сравнению с другими притоками Ладожского озера антропогенной нагрузкой, сохранила устойчиво сосуществующие популяции ключевых видов северных речных систем – пресноводную жемчужницу *Margaritifera margaritifera* L. и лососевых рыб рода *Salmo*.

Полученные сведения о численности и возрастной структуре колоний моллюсков и молоди лосося, показателях заражения рыб-хозяев глосидиями, темпе их созревания стали базой для научного обоснования организации зоологического заказника «Сюссянйоки». Создаваемый заказник будет играть важную роль в сохранении ценных объектов природного наследия в водоемах северного Приладожья и станет одной из ключевых охраняемых территорий в структуре планируемого национального парка «Ладожские шхеры» и Зеленого пояса Фенноскандии.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (тема № 51.4, № г. р. 01201358738), гранта Президента РФ по господдержке ведущих научных школ на 2014–2015 гг., НШ-1410.2014.4 и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития», грантов РФФИ № 12-04-00397-а, 12-04-00594-а.

Исследования пресноводной жемчужницы проводились согласно Разрешению Росприроднадзора РФ № 65 от 24 апреля 2013.

Литература

- Берсонов С. А. Водноэнергетический кадастр Карельской АССР. М.; Л., 1960. 407 с.
- Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
- Валетов В. А. Лосось Ладожского озера (биология, воспроизводство). Петрозаводск: КГПИ, 1999. 90 с.
- Веселов А. Е., Калюжин С. М. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. Петрозаводск: Карелия, 2001. 160 с.
- Красная книга Карелии. Петрозаводск: Карелия, 2007. С. 307–308.
- Красная книга Российской Федерации (животные). М.: Астрель, 2001. С. 61–62.
- Махров А. А., Иешко Е. П., Щуров И. Л. и др. Оценка состояния популяций европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera*) северной Карелии с использованием данных о численности и зараженности рыб-хозяев // Зоологический журнал. 2009. Т. 88, № 12. С. 1–8.
- Микодина Е. В., Седова М. А., Чмилевский Д. А. и др. Гистология для ихтиологов: опыт и советы. М.: Издательство ВНИРО, 2009. 111 с.
- Правдин И. Ф. Видовой состав ихтиофауны Ладожского озера и Приладожья // Изв. ВНИОРХ. 1956. Т. 38. С. 12–30.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Л., 1965. Т. 2. 611 с.
- Соловьева Н. Ф. Гидрохимия притоков Ладожского озера и Невы // Тр. лаб. озероведения ЛГУ. Л., 1967. Т. 23. С. 5–59.
- Bauer G. The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the south of its European range // Biological Conservation. 1986. Vol. 38. P. 1–9.
- Bauer G. Threats to the freshwater pearl mussel in Central Europe // Biological Conservation. 1988. Vol. 45. P. 239–253.
- Bauer G. Host Relationships at Reversed Generation Times: *Margaritifera* (Bivalvia) and Salmonids // Ecological Studies 1997. Vol. 130. P. 69–79.
- Bern Convention. Convention of the conservation of European wildlife and natural habitat. Switzerland: Bern, 1979.
- Bohlin T. Quantitative electrofishing for salmon and trout – views and recommendations // Information Institute Freshwater Research. Drottningholm. 1984. Vol. 4. P. 33.
- Cunjak R. A., McGladdery S. E. The parasite-host relationship of glochidia (Mollusca: Margaritiferidae) on the gills of young-of-the-year Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal Zoology. 1991. 69: 353–358.
- Hasler A. D., Scholz A. T. Olfactory imprinting and homing in salmon. Investigation into the mechanism of the imprinting process. Berlin; Heidelberg; New York; Tokio: Springer Verlag. 1983. 134 p.
- IUCN Red List of Threatened Animals, Gland. Switzerland. IUCN, 1996.
- Makhrov A., Bepalaya J., Bolotov I., Vikhrev I., Gofarov M., Alekseeva Y., Zotin A. Historical geography of pearl harvesting and current status of populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the western part of Northern European Russia // Hydrobiologia. 2014. DOI 10.1007/s10750-013-1546-1
- Makhrov A. A., Ieshko E. P., Shchurov I. L., Shirokov V. A. Distribution of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Republic of Karelia (North-West Russia) // Toxicological and Environmental Chemistry. 2011. Vol. 93, № 9. P. 1731–1747.
- Red Data Book of East Fennoscandia. Helsinki, 1998. P. 291–293.
- Rozsa L., Reiczigel J., Majoros G. Quantifying parasites in samples of hosts // Journal of Parasitology. 2000. Vol. 86. P. 228–232.
- Scheder C., Lerchegger B., Jung M., Csar D., Gumpenger C. Practical experience in the rearing of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*): advantages of a work-saving infection approach, survival, and growth of early life stages // Hydrobiologia. 2014. Vol. 735. P. 203–212.
- Young M., Williams J. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Scotland. I. Field studies. Archiv fur Hydrobiologie 1984a. 99: 405–422.

Young M., Williams J. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Scotland. II. Laboratory Studies. Archiv fur Hydrobiologie 1984b. 100: 29–43.

Young M. R., Cosgrove P. J., Hastie L. C. The extent of, and causes for, the decline of a highly threatened naiad: *Margaritifera margaritifera*. In

Ecological Studies. Vol 145. Ecology and Evolutionary Biology of the freshwater mussels Unionoidea: Springer-Verlag: Berlin, 2000. DOI 10.1007/978-3-642-56869-5

Zippin C. An evaluation of removal method of estimating animal populations // Biometrics. 1956. Vol. 12. P. 163–169.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Иешко Евгений Павлович

зав. лаб. паразитологии животных и растений,
д. б. н., проф.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ieshko@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Веселов Алексей Елпидифорович

главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: veselov@krc.karelia.ru

Мурзина Светлана Александровна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: murzina.svetlana@gmail.com
тел.: (8142) 571879

Гейст Йорген

профессор и директор Отдела биологии водных экосистем
Технический университет
Мюнхен, Германия
эл. почта: geist@wzw.tum.de
тел.: +49 8161713767

Лебедева Дарья Ивановна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: daryal78@gmail.com
тел.: (8142) 769810

Ефремов Денис Александрович

ведущий биолог
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: denisefremov@list.ru
тел.: (8142) 769810

Ручьев Михаил Андреевич

аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: lsstyle@yandex.ru
тел.: (8142) 769810

Зотин Алексей Александрович

ведущий научный сотрудник лаб. эволюционной
биологии развития, д. б. н.
Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН
ул. Вавилова, 26, Москва, Россия, 119334
эл. почта: aazotin@mail.ru
тел.: 89153559802

Ieshko, Evgueny

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: ieshko@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Veselov, Alexei

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: veselov@krc.karelia.ru

Murzina, Svetlana

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: murzina.svetlana@gmail.com
tel.: (8142) 571879

Geist, Juergen

Aquatic Systems Biology Unit
Technical University
Munich, Germany
e-mail: geist@wzw.tum.de
tel.: +49 8161713767

Lebedeva, Dariya

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: daryal78@gmail.com
tel.: (8142) 769810

Efremov, Denis

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: denisefremov@list.ru
tel.: (8142) 769810

Ruch'ev, Mikhail

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: lsstyle@yandex.ru
tel.: (8142) 769810

Zotin, Alexei

Koltzov Institute of Developmental Biology,
Russian Academy of Sciences
26 Vavilov St., 119334 Moscow, Russia
e-mail: aazotin@mail.ru
tel.: +79153559802