

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
(КарНЦ РАН)

*На правах рукописи*

БЕЛИКОВА  
Вера Сергеевна

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД**  
**об основных результатах научно - квалификационной работы**  
**(диссертации)**

**на тему: ОСОБЕННОСТИ ПАЗАРИТОФАУНЫ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ**  
**РОДА SALMO БАСЕЙНА РЕКИ ТУЛОМА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ),**

подготовленной в соответствии с требованиями  
Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования  
по направлению 06.06.01. Биологические науки (уровень подготовки кадров  
высшей квалификации)

Научный руководитель:  
профессор, доктор биологических наук  
Евгений Павлович Иешко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В настоящее время современное состояние окружающей среды подвергает огромного прессингу со стороны различных экологических факторов, как абиотических, так и биотических. Оказываемое влияние этих фактов на окружающий мир является большой проблемой всего человечества. Водные экосистемы и их гидробиоценозы, испытывающие огромное влияние различных экологических факторов, нуждаются в изучении, мониторинге и охране на законодательном уровне для их сохранения. Мониторинг паразитарного состояния является одним из методов изучения состояния водной среды (Юнчис, 2000).

Река Тулома одна из крупнейших водных систем Кольского полуострова, русло которой было зарегулировано в 1934-1936 гг. строительством Нижнетуломской ГЭС и образовано Нижнетуломское водохранилище, позже в 1962-1967 гг. было образовано Верхнетуломское водохранилище в результате строительства Верхнетуломской ГЭС. Создание водохранилищ путём зарегулирования стока реки, является одним из антропогенных факторов, который подвергает водные экосистемы негативному влиянию. После создания Нижнетуломской ГЭС со встроенным рыбоходом в притоках, впадающих в бассейн реки и водохранилища сохранилось естественное воспроизводство одного из важнейших видов анадромного мигранта – атлантического лосося. Река Тулома и её притоки находятся в непосредственной близости с населёнными пунктами и испытывают значительное антропогенное воздействие, связанное не только с браконьерством, но и загрязнением вод хозяйственно-бытовыми отходами предприятий рекреационного и сельскохозяйственного назначения (ссылка). Определенную угрозу последних лет для популяций лососевых рыб представляют действующие в акватории реки и водохранилища форелевые хозяйства, выращивающие радужную форель.

Настоящая работа посвящена изучению паразитофауны и её современному состоянию от молоди атлантического лосося. Актуальность паразитологическим и ихтиопатологическим исследованиям придает возможная угроза эпизоотии естественных популяций атлантического лосося, связанная с активным развитием

аквакультуры по выращиванию радужной форели в бассейне реки Туломы. Возможность распространения паразитов радужной форели, подтверждена нами недавней находкой моногеней рода *Gyrodactylus* на дикой молоди лосося рек Пак и Шовна рассматриваемого бассейна. Данный паразит является чужеродным для водоема и его распространение может иметь отрицательные последствия, вплоть до гибели молоди лососевых рыб и как следствие полное исчезновение природной популяции атлантического лосося данного водоема.

**Цель работы** – изучить современную паразитофауну молоди атлантического лосося, и оценить влияние деятельности объектов аквакультуры на популяции лососевых рыб в бассейне реки Тулома.

Для её достижения были определены следующие задачи:

1. Провести сравнительные исследования видового состава и зараженности массовыми видами паразитов молоди лосося в модельных реках бассейна реки Туломы.

2. Показать видовые и сезонные особенности заражения молоди атлантического лосося и моногенейми рода *Gyrodactylus*, оценить границы распространения этих паразитов в реках, впадающих в бассейн реки Туломы.

3. Изучить видовой состав и сезонную динамику заражения массовыми видами паразитов радужной форели в условиях аквакультуры, с приоритетным исследованием динамики численности монегеней рода *Gyrodactylus*.

4. Провести сравнительный морфологический и молекулярно-генетический анализ монегеней рода *Gyrodactylus*, паразитирующих на садковой форели, дикой молоди лосося, с целью определения генетического статуса паразитов.

**Научная новизна.** Изучение современной паразитофауны и уточнение видового статуса некоторых видов паразитов (инфузории, миксоспоридии, трематоды) молоди лосося, обитающих в реках Кольского полуострова (на примере рыб бассейна реки Тулома). Выявление видов-индикаторов антропогенной сукцессии паразитофауны рыб (условия зарегулирования стока, загрязнение вод, деятельность объектов аквакультуры). Морфологические и генетические аспекты динамики эпизоотических процессов, на примере монегеней рода *Gyrodactylus* происходящих в аквакультуре и природных популяциях лососевых рыб.

**Практическая значимость.** Результаты работы могут послужить для разработки рекомендаций по использованию естественных водоемов для целей аквакультуры.

**Апробация работы.** Материалы научно-квалификационной работы докладывались на: международной конференции «Лососевые рыбы: биология, охрана и воспроизводство» (Петрозаводск, 2017), международной научно-практической конференции «Проблемы Арктического региона» (Мурманск, 2019 г.), национальной научно-практической конференции «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации» (Калининград, 2019 г.).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для настоящей работы послужили данные мониторинга гиродактилеза молоди лососевых рыб рек Кольского полуострова, проводимого сотрудниками Полярного филиала ВНИРО (ранее «ПИНРО» им. Н.М. Книповича). В 1993 г. ПИНРО был начат факультативный мониторинг зараженности молоди лосося моногенеей *G. salaris* в 17 реках Кольского полуострова, но с 2009 г. мониторинг ведется на постоянной основе в соответствии с приказами ФАР № 844 от 22 сентября 2009 г. и № 648 от 25 августа 2014 г. В работе использованы данные по паразитам с 2009 по 2024 гг. собранные от молоди атлантического лосося бассейна реки Тулома (рис.1). Исследования с целью мониторинга гиродактилеза бассейна реки Туломы проводились июле в двух реках - Пак и Печа. После обнаружения моногены рода *Gyrodactylus* в 2015 году на молоди атлантического лосося в реке Пак, с целью обозначения распространения паразита в бассейне исследуемого водоема в мониторинг в 2017 г. включили еще две реки – Шовна и Пяйве. На этом этапе сбор материала от пестряток проводили несколько раз в год для уточнения годовой динамики заражения.

Также в работе использованы материалы полного паразитологического вскрытия молоди атлантического лосося в 2017 -2018 гг. и 2024 г. Для установки причины появления паразита в исследуемых реках были отобраны паразитологические пробы от радужной форели с рыбоводных хозяйств, расположенных в бассейне реки Тулома и собран материал от беглецов радужной форели, пойманных в исследуемом водоеме. Объем исследуемого материала представлен в таблице 1 и таблице 2.

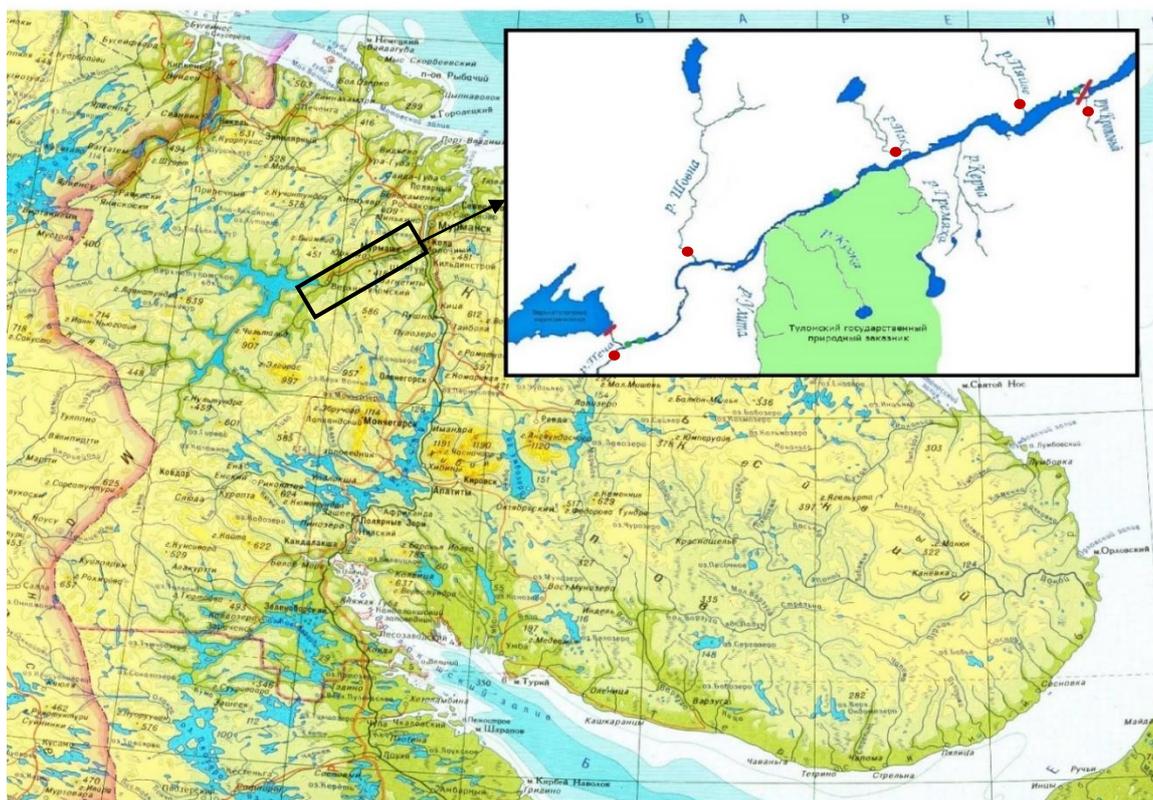


Рисунок 1 - Карта отбора проб в бассейне реки Туломы ( - реки в которых собирались пробы, - рыбоводные хозяйства).

Таблица 1 – Количество и биологическая характеристика молоди атлантического лосося исследованной в бассейне реки Тулома.

Год	Приток	Количество рыб, экз.	Длина рыб, см		Масса рыб, г	
			мин. - макс.	средняя	мин. - макс.	средняя
2009	Пак	25	3,0-11,6	5,56	0,3-19,2	2,9
	Печа	25	3,8-11,0	7,07	0,7-28,0	5,86
2010	Пак	27	3,3-12,5	7,72	0,3-26,1	5,94
	Печа	27	3,6-10,5	6,37	0,4-10,7	3,35
2011	Пак	27	3,0-12,2	6,23	0,2-19,0	4,5
	Печа	26	4,0-11,7	5,26	0,7-17,5	2,12
2012	Пак	26	3,0-9,2	5,92	0,3-9,3	2,73
	Печа	25	4,4-12,8	5,78	0,9-20,0	2,71
2013	Пак	25	3,3-10,2	5,53	0,3-12,7	2,59
	Печа	25	3,7-13,2	7,81	0,6-24,9	7,8
2014	Пак	21	2,2-11,5	6,72	0,2-16,5	4,36
	Печа	26	4,2-12,0	6,07	0,8-15,4	3,05
2015	Пак	30	3,6-12,6	7,31	0,5-24,7	6,48
	Печа	18	3,6-8,9	5,92	0,5-7,9	2,91

2016	Пак	47	5,0-12,3	9,2	1,5-21,5	10,7
	Печа	25	3,8-11,0	7,85	0,5-14,5	5,74
2017	Пак	39	2,9-12,1	6,65	0,2-18,9	4,85
	Печа	26	4,2-11,4	5,04	0,8-18,6	2,05
	Шовна	7	5,7-13,0	10,79	1,6-22,9	14,67
	Пяйве	22	3,7-12,0	5,28	0,5-17,2	2,31
	Руч. Кротовый	14	5,3-19,9	13,74	4,9-15,7	12,51
2018	Пак	38	3,9-15,7	7,71	0,5-38,6	7,83
	Печа	17	4,1-5,2	4,74	0,6-1,1	0,85
	Шовна	20	4,1-12,6	9,10	0,7-20,7	9,28
	Пяйве	30	4,5-13,2	8,21	0,9-23,6	7,35
2019	Пак	25	2,9-9,0	4,26	0,2-7,5	1,06
	Печа	18	3,9-13,1	8,95	0,5-23,0	9,75
	Шовна	11	7,5-16,2	10,25	5,5-52,8	14,75
	Пяйве	14	3,8-11,8	7,61	0,6-18,4	6,26
2020	Пак	23	5,5-15,0	7,67	2,0-39,5	6,49
	Печа	3	8,0-11,5	10,23	5,5-16,8	11,97
	Шовна	5	8,3-12,8	11,18	7,5-21,9	16,9
	Пяйве	21	4,3-11,5	7,24	0,7-18,5	5,95
2021	Пак	23	4,8-12,5	8,93	1,0-25,4	10,87
	Печа	0	0	0	0	0
	Шовна	0	0	0	0	0
	Пяйве	12	4,7-16,1	9,06	1,1-44,6	12,6
2022	Пак	11	7,5-12,1	9,85	4,8-18,8	10,72
	Печа	2	8,0-10,4	9,20	4,9-11,7	8,30
	Шовна	1	6,8 (1 экз.)	-	2,8(1 экз.)	-
	Пяйве	24	3,5-10,4	6,47	0,4-10,7	3,49
2023	Пак	24	3,4-5,8	4,56	0,4-1,8	0,98
	Печа	17	4,6-12,3	9,61	1,3-19,7	11,19
	Шовна	1	13,6(1 экз.)	-	33,4(1 экз.)	-
	Пяйве	27	3,2-8,2	4,47	0,3-5,8	1,23
2024	Пак	15	3,0-6,3	3,7	0,3-2,6	0,78
	Печа	24	4,3-12,5	9,4	0,9-23,6	11,5
	Шовна	1	9,1(1 экз.)	-	9,4(1 экз.)	-
	Пяйве	14	3,4-9,5	6,04	0,4-9,3	3,29
Всего		954				

Таблица 2 – Количество и биологическая характеристика радужной форели исследованной в бассейне реки Тулома на хозяйствах и беглецов.

Год	Количество рыб, экз.	Длина рыб, см		Масса рыб, г	
		мин. - макс.	средняя	мин. - макс.	средняя
2017	45	12,9-36,5	24,3	25-679	234
2018	32	18,9-27,1	23,3	81,4-255,5	153,7
Всего	77				

Сбор и обработку материала проводили по возможности в одно и тоже время ежегодно. В исследуемых притоках были выбраны участки (станции) с хорошей транспортной доступностью и с достаточной плотностью скопления молоди атлантического лосося. Молодь отбирали на порогах при помощи электроловильного аппарата и транспортировали в живом виде для камеральной обработки или исследовали на месте при возможности. Отобранных живых рыб обездвигивали путем разрушения спинного мозга с помощью препаровальной иглы. Длину лососевых рыб измеряют от конца рыла до развилки хвостового плавника (АС), мы также измеряли 2 оставшиеся длины: от конца рыла до конца чешуйного покрова (АВ) и до конца хвостового плавника (АД). Для определения возраста берут несколько чешуек в районе спинного плавника, ближе к боковой линии.

Паразитологические исследования рыб проводились по общепринятым методикам неполного и полного парзитологического вскрытия (Быховская-Павловская, 1985). При неполном парзитологическом вскрытии под стереоскопическим микроскопом (МБС) просматривались плавники и слизь с поверхности тела молоди атлантического лосося на наличие моногеней *Gyrodactylus salaris*. Плавники с моногенеями фиксировались в 96% спирте для дальнейшего морфологического и молекулярно-генетического исследования. При полном парзитологическом вскрытии под световым микроскопом просматривались мазки со всех поверхностей (поверхность тела, жабры, носовые ямки), а также мазки со всех внутренних органов (сердце, почки, печень, селезенка, мочевого пузыря, кишечник, мозг) и мышц. Жабры и плавники

просматривают к капле воды под стереоскопическим микроскопом (МБС). Все внутренние органы просматривают компрессионным методом под МБС. Глазное яблоко аккуратно разрезают и извлекают хрусталик, стекловидное тело и содержимое передней камеры глаза, раскрывают отдельно на предметном стекле, просматривая под микроскопом МБС. В последнюю очередь проводят исследование мышц путем поперечных разрезов до хребта, отворачивая слой мышц, просматривают их, как будто листая страницы.

Для оценки степени зараженности использовали следующие показатели инвазии:

Экстенсивность инвазии (ЭИ), % - процент зараженных рыб в пробе.

Интенсивность инвазии (ИИ), экз. – число паразитов одного вида на одной рыбе (минимальное и максимальное количество экземпляров).

Индекс обилия(ИО), экз. – среднее число паразитов одного вида на один исследованный экземпляр рыбы. (Беклемишев 1970, Bush,1997)

Видовая диагностика паразитов, обнаруженных в результате исследований паразитов, основана на материалах соответствующих определителей (Определители). Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Excel 2000.

Морфологический анализ проводился с помощью программного обеспечения Levenhuk TourView 3.5 (V. Levenhuk, Inc.).

Молекулярная идентификация осуществлялась с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) с последующим определением последовательности нуклеотидов в двух генетических локусах: внутреннем транскрибируемом спейсере рибосомальной ядерной ДНК (ITS рДНК) и гене цитохром с оксидазы I (COI) митохондрий.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ ПАРАЗИТОВ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ БАССЕЙНА РЕКИ ТУЛОМА

### Характеристика паразитофауны

Рассмотрим видовой состав и количественные показатели зараженности молоди семги в исследуемых притоках реки Тулома (рр. Пак, Печа и Шовна). Паразитофауна молоди атлантического лосося бассейна реки Тулома, как и в других водоемах Кольского полуострова, оказалась достаточно обедненной (таблица 2).

Анализ современных данных по паразитам молоди семги данной реки показал, что большинство видов оказались широко распространёнными с высокой экологической пластичностью, то есть которые встречаются у рыб различных семейств и отрядов. Только 3 вида (*Chloromyxum truttae*, *Gyrodactylus salaris*, *Crepidostomum farionis*) специфичны для семейства *Salmonidae* и 2 вида (*Phyllodistomum conostomum*, *Ichthyocotylurus erraticus* mtc.) относятся к более широкому кругу хозяев *Salmonidei*.

Другая особенность паразитофауны молоди атлантического лосося - соотношение видов по циклам развития, обусловленной средой обитания рыб. С прямым циклом развития отмечено 5 вида (*Chloromyxum truttae*, *Apiosoma* sp., *Trichodina* sp., *Gyrodactylus salaris*, *Hydrachnella* gen. sp.) (табл.3,4,5). Встречались они редко и единично в двух исследуемых притоках реки Тулома – это р. Пак и р. Шовна, в р. Печа паразиты с прямым циклом отмечены не были. Из паразитов с прямым циклом развития 100% заражение молоди атлантического лосося отмечено только *G. salaris* в реках Пак и Шовна (табл.4 и 5 ). Остальные обнаруженные виды имеют сложный жизненный цикл. Заражение трематодами *Phyllodistomum conostomum* происходит путем заглатывания рыбой свободноплавающих церкарий этих паразитов. Метациркарии трематод (*Diplostomum* sp. mtc. *Ichthyocotylurus erraticus* mtc.) активно проникают в ткани рыбы, выходя из промежуточных хозяев - моллюсков на стадии церкарий. Трематоидой *Crepidostomum farionis* молодь заражается через пищу. Инвазия *Cr. farionis* указывает на то, что основной пищей у молоди семги являются личинки насекомых (поденок), которые служат вторыми промежуточными хозяевами этих

паразитов. Таким образом, основу питания молоди составляют различные группы насекомых (личиночные бентические формы и взрослые особи, падающие в воду), а также олигохеты. Также можно отметить, что в фауне паразитов молоди семги преобладают паразиты с прямым циклом развития

Таблица 3 – Состав фауны паразитов молоди семги реки Тулома.

№	Паразит	Локализация
1	<i>Chloromyxum truttae</i>	Желчный пузырь
2	<i>Apiosoma</i> sp.	Поверхность тела
3	<i>Trichodina</i> sp.	Поверхность тела
4	<i>Gyrodactylus salaris</i>	Поверхность тела, плавники
5	<i>Crepidostomum farionis</i>	Желчный пузырь
6	<i>Phyllodistomum conostomum</i>	Мочевой пузырь
7	<i>Diplostomum</i> sp. mtc.	Стекловидное тело глаза
8	<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> mtc.	Сердце, почки, печень, мезентерий
9	<i>Hydrachnella</i> gen sp.	Жабры

Атлантический лосось относится к рыбам арктического пресноводного комплекса. Из отмеченных 9 видов паразитов молоди семги 2 вида относятся к экологической группе арктических пресноводных видов, 3 вида к бореально предгорным видам и 4 вида к неясной экологической группе.

Паразитофауна молоди лосося в реки Тулома включает в себя виды, характерные для молоди этой рыбы и соответствует таковой из других водоемов (Догель, Петрушевский 1935; Митенев, 1970, 1977, 1984, 1985; Митенев, Шульман, 1980, 1985, 1986, 1988; Miteneuf, 1971; Митенев, Карасев, 1995; Полянский 1955, Шульман, Шульман-Альбова, 1953; Малахова, 1972; Иешко, Б. Шульман, 1994). Однако если рассматривать исследования предыдущих годов в рассматриваемом водоеме (Митенев, Карасев, 1995; Митенев, Карасев, 1998), наши исследования имеют существенные отличия (табл.2,3,4). Авторами было отмечено 9 видов паразитов у молоди, однако только 3 вида – *Crepidostomum*

*farionis*, *Phyllodistomum conostomum*, *Ichthyocotylurus erraticus* mtc. были отмечены в наших исследованиях. В 2015 г. впервые обнаружены моногенеи рода *Gyrodactylus*, в последующем при помощи морфологических и молекулярно-генетических методов установлено, что они принадлежат к виду *Gyrodactylus salaris*. Появление данного паразита, вероятно связано с аквакультуой радужной форели, которая последние годы активно развивается в исследуемом водоеме. Нами были отмечены такие паразиты как *Apiosoma* sp. и *Trichodina* sp., которые раньше не отмечались у молоди исследуемого водоема, наличие данных паразитов может свидетельствовать о загрязнении вод органикой (Юнчис, 1969).  
Увеличение органических

Таблица 4 – Состав паразитофауны и количественные показатели зараженности молоди атлантического лосося в р. Шовна в октябре 2018 г., n=15 экз.

Паразит	Локализация	Экстенсивность заражения, %	Интенсивность заражения, экз. (мин. - макс.)	Индекс обилия, экз.
<i>Apiosoma</i> sp.	Поверхность тела	13,3 (1,3-34,9)*	+	+
<i>Gyrodactylus salaris</i>	Поверхность тела, плавники	33,3 (12,2-58,8)	1-7	1,3
<i>Phyllodistomum conostomum</i>	Мочевой пузырь	20,0 (4,2-43,7)	1-1	0,2
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> mtc.	Сердце, почки, печень, мезентерий	6,6 (0,0-24,6)	4-4	0,3

веществ скорее всего связано с развитием рыбоводства в бассейне реки Тулома, что и приводит к увеличению этих паразитов. Также нами были обнаружены миксоспоридии *Chloromyxum truttae* и трематода *Diplostomum* sp., которые не встречались у молоди семги, но присутствовали у взрослых особей атлантического лосося данного водоема. При исследовании трёх притоков реки Тулома, сильного отличия в паразитофауне не отмечено, кроме того, что р. Печа остается свободной от *G. salaris*, а также в ней не отмечены *Apiosoma* sp. и *Trichodina* sp., которые являются показателями органического загрязнения.

Таблица 5 – Состав паразитофауны и количественные показатели зараженности молоди атлантического лосося в р. Пак в октябре 2017 г., n=15 экз.

Паразит	Локализация	Экстенсивность заражения, %	Интенсивность заражения, экз. (мин. - макс.)	Индекс обилия, экз.
<i>Chloromyxum truttae</i>	Желчный пузырь	6,7	+	+
<i>Trichodina</i> sp.	Поверхность тела	6,7	+	+
<i>Gyrodactylus salaris</i>	Поверхность тела, плавники	100	9-899	125,1
<i>Phyllodistomum conostomum</i>	Мочевой пузырь	6,7	+	+
<i>Diplostomum</i> sp.	Глаза	13,3	1-2	0,2

Эпизоотическое состояние молоди лосося в настоящее время можно было бы охарактеризовать как благополучное. Однако необходимо обратить внимание на моногенеи *G. salaris* и его высокую экстенсивность инвазии. Этот паразит локализуется на плавниках и покровах хозяина, а при высокой инвазии и на жабрах. *G. salaris* обычный паразит атлантического лосося бассейна Балтийского моря. Однако, попав в реки, где обитает проходная семга, *G. salaris* может быть причиной ее гибели (Johnsen, Jensen, 1988, 1992; Шульман и др., 2001). В реках Пак и Шовна где обнаружен паразит, обитает проходная семга. Поэтому при распространении паразита в другие притоки водоема, а также на соседние реки, он может существенно повлиять на оставшуюся здесь популяцию семги. Это с свою очередь может повлечь за собой снижение численности или полное исчезновение лосося в данной реке и бассейне реки Тулома в целом. Кроме того, изменение экологических условий (загрязнение водоема, рыбоводные работы и т. д.) рассматриваемого водоема может привести к увеличению численности. *G. salaris*.

Таблица 6 – Состав паразитофауны и количественные показатели зараженности молоди атлантического лосося в р. Печа в октябре 2024 г., n=15 экз.

Паразит	Локализация	Экстенсивность заражения, %	Интенсивность заражения, экз. (мин. - макс.)	Индекс обилия, экз.
<i>Chloromyxum truttae</i>	Желчный пузырь	6,7	+	+
<i>Crepidostomum farionis</i>	желчный пузырь	26,7	1-4	0,53
<i>Ichtyocotylurus erraticus</i>	Сердце, почки, печень, мезентерий	33,3	1-3	0,53
<i>Phyllodistomum conostomum</i>	Мочевой пузырь	33,3	1-4	0,67
<i>Diplostomum</i> sp.	Глаза	26,7	1-1	0,27

**Особенности заражения молоди атлантического лосося моногенеями *Gyrodactylus salaris* и их распространение в бассейне реки Тулома.**

Динамика заражения молоди атлантического лосося (*Salmo salar*) паразитом *Gyrodactylus salaris* демонстрирует значительные колебания в реках Пак и Шовна в течение периода наблюдений с 2015 по 2024 год. Рассмотрим динамику заражения молоди атлантического лосося паразитом *G. salaris*, который представляет собой серьезную угрозу для рыб. В реке Пак, где этот паразит был впервые зафиксирован в 2015 году, наблюдалась высокая степень зараженности. На тот момент 36,7 % рыб в данной реке оказались инвазированы, что является значительным показателем. На каждой зараженной особи атлантического лосося паразитировало от 1 до 127 особей *G. salaris*, а среднее количество паразитов на одну рыбу в выборке составило 4,93. В течение следующих двух лет, с 2016 по 2017 год, показатели заражения продолжали расти. К октябрю 2017 года экстенсивность заражения достигла 100 %, что свидетельствовало о том, что все исследованные рыбы были инвазированы. Интенсивность заражения варьировала от 9 до 899 особей, а индекс обилия в этот период составил 125,1, что указывает на серьезное увеличение численности паразитов на рыбе. Однако в 2018 году, несмотря на три проведенные попытки обследования в разные периоды, *G. salaris*

не был обнаружен в реке Пак. Это дало надежду на то, что ситуация может улучшиться. Но в 2019 году паразит вновь появился в этой реке осенью, при этом экстенсивность составила 50 %, интенсивность варьировала от 1 до 53 особей, а индекс обилия достиг 11,7. Эти данные указывают на то, что паразит, хоть и в меньших масштабах, вновь начал увеличивать свою численность. В 2020 году наблюдалось заметное увеличение уровня зараженности. Экстенсивность возросла с 43,7 % до 71,4 %, интенсивность увеличилась с 1-44 до 1-1218 экземпляров, а индекс обилия подскочил с 3,4 до 189,0. Это говорит о том, что паразит активно размножался и угроза для рыбы становилась все более серьезной. В 2021 году наблюдалось некоторое снижение показателей зараженности, однако к осени 2022 года ситуация кардинально изменилась: уровень заражения достиг пиковых значений за весь период наблюдений, с экстенсивностью 100 %, интенсивностью от 2 до 639 особей и индексом обилия 262,8. Следующие два года индекс обилия снижался и достиг 41,7 в 2024 г в октябре, а экстенсивность составила 100 % в 2023 г. и в 2024 г. составила 87,5 %.

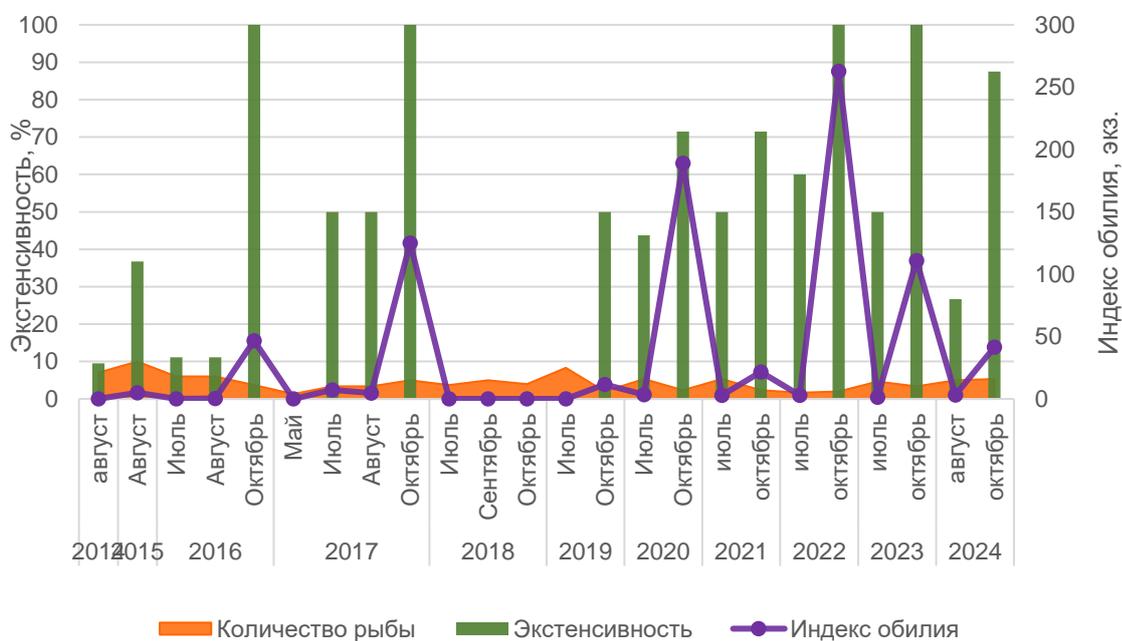


Рисунок 2. Межгодовая динамика показателей инвазии атлантического лосося моногенеей *G. salaris* в р. Пак.

Рассмотрим динамику заражения *G. salaris* в реке Шовна, где он был впервые обнаружен в октябре 2017 года. При первом обнаружении экстенсивность составила 71,4%, интенсивность варьировала от 1 до 347 особей, а индекс обилия достиг 60,7. В 2018 году паразит был зафиксирован только осенью, и показатели были значительно ниже: экстенсивность составила 33,3%, интенсивность находилась в пределах 1-7 особей, а индекс обилия составил всего 1,2. В 2019 году *G. salaris* не был обнаружен в реке Шовна. В октябре 2020 года паразит вновь появился, и на этот раз показатели были высокими: экстенсивность составила 100%, интенсивность варьировала от 4 до 804 особей, а индекс обилия достиг 404,0. Это говорит о том, что паразит увеличил свою численность и при такой инвазии может негативно влиять на молодь атлантического лосося в данной реке. В 2021 году уровень зараженности снизился, а в 2022 году в реке Шовна не было поймано ни одной особи молоди, что может указывать на серьезные проблемы в популяции рыб. В последующие годы 2023 и 2024 гг. на реке Шовна не удалось отловить молодь, что свидетельствует о снижении численности в данном притоке реки Тулома. Утверждать, что это влияние паразита мы не можем, так как на популяцию данной реки также оказывает сильное негативное влияние вирусное заболевание UDN (ульцеративный (язвенный) дермальный некроз)(Карасева, Мельник, 2019). В следствии которого сократилось количество производителей, заходящих в реку на нерест. Таким образом, динамика заражения молоди атлантического лосося *G. salaris* в реках Пак и Шовна демонстрирует сложную картину, где наблюдаются как вспышки численности паразита, так и временные улучшения ситуации. Это подчеркивает важность постоянного мониторинга и контроля за состоянием популяций рыб, чтобы своевременно реагировать на угрозы, исходящие от паразитов.

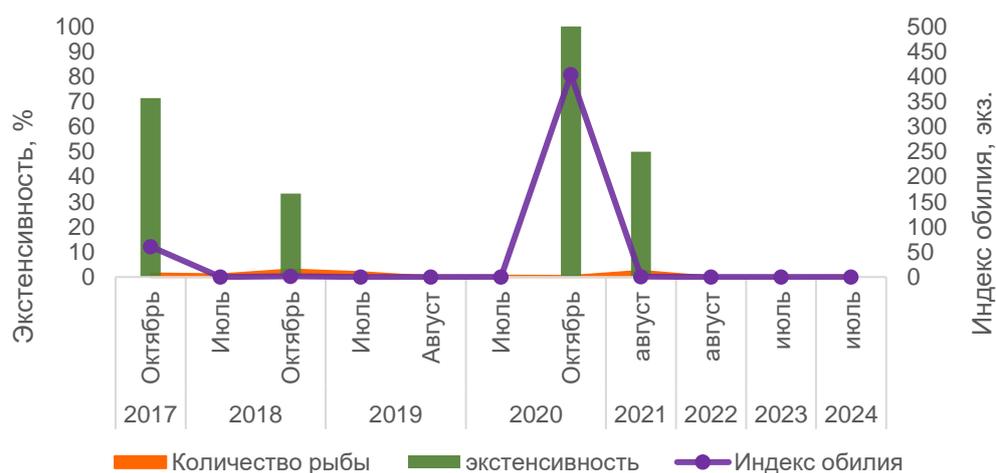


Рисунок 3. Межгодовая динамика показателей инвазии атлантического лосося моногенеей *G. salaris* в р. Шовна.

Отсутствие паразита *G. salaris* в реках Печа и Пяйве является важным аспектом, поскольку это может свидетельствовать о состоянии экосистемы этих водоемов. На сегодняшний день в указанных реках данный паразит не был обнаружен. Тем не менее, учитывая опыт, полученный в Норвегии (Johnsen, Jensen, 1991), вероятность появления *G. salaris* в этих реках, входящих в бассейн реки Тулома, не следует исключать. Это связано с тем, что распространение паразита может происходить не только в пределах одной речной системы, но также и в соседние водоемы через опресненные прибрежные воды. Например, во время весеннего паводка, когда Туломские гидроэлектростанции (ГЭС) сбрасывают значительные объемы воды, существует вероятность проникновения *G. salaris* в реку Кола. В ходе исследования динамики инвазии *G. salaris* было установлено, что этот процесс развивается в два основных этапа. Первый этап, который продолжался до 2017 года, был отмечен значительным увеличением уровня зараженности. Однако в 2018 году произошло резкое снижение этого показателя, что, скорее всего, связано с аномально высокой температурой воздуха в июле, достигавшей 31 °С, что значительно превышает средние сезонные значения. В то же время, в период с 2019 по 2024 год наблюдался повторный и стремительный рост популяции паразита, который достиг своего пика в позднюю осень. Это связано с оптимальными температурными условиями для жизнедеятельности *G. salaris*, которые составляют 6-12 °С (Soleng, Bakke, 1997). Аналогичная ситуация с развитием инвазии была зафиксирована в реке Кереть в

начале 2000-х годов, что указывает на возможные общие закономерности в распространении этого паразита. Но следует отметить, что гиперинвазии, и как следствия гибели молоди пока мы не наблюдаем. Так как рассмотрев данные о плотности популяции молоди лосося в реке Пак (рис 4) мы не наблюдаем большого сокращения численности молоди атлантического лосося. В связи с вышеизложенным, крайне важно усилить мониторинг ситуации с *G. salaris* в реке Тулома. Особое внимание следует уделить осеннему периоду, когда риск заражения наиболее высок. Кроме того, целесообразно расширить зону мониторинга, включив в нее все реки Кольского залива, особенно те, которые находятся в непосредственной близости к устью реки Тулома. В частности, это касается низовьев реки Кола, а также рек Большая и Малая Лавна. Такой подход позволит более эффективно отслеживать возможные изменения в экосистемах и предотвращать дальнейшее распространение паразита, что имеет критическое значение для сохранения рыбных ресурсов и здоровья водоемов региона.

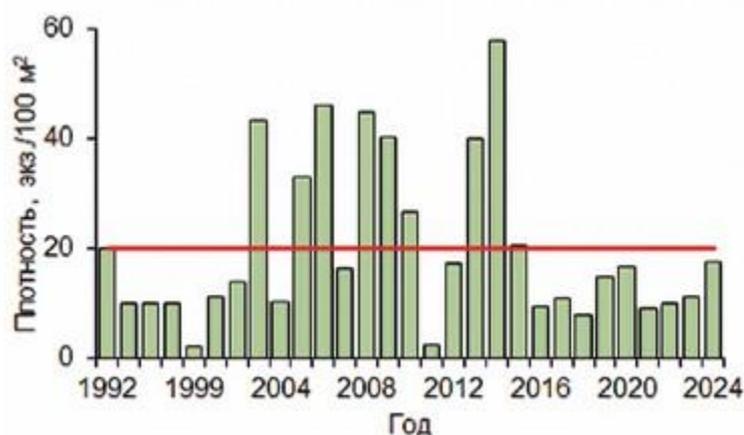


Рисунок 5 - Плотность молоди на НВУ р. Пак в 1992-2024 гг. (— — средняя плотность) (Ткаченко А.В., Зубченко А.В., 2025 г.)

## АКВАКУЛЬТУРА ТУЛОМЫ

Мурманская область имеет большой потенциал для развития аквакультуры, особенно в сфере коммерческого выращивания лососевых рыб. Культивирование радужной форели в этом регионе выгодно благодаря благоприятным климатическим и гидрологическим условиям. Здесь наблюдается длительный световой день, что способствует росту рыб, а также комфортные температуры воды. Кроме того, акватории региона не замерзают зимой и остаются чистыми от загрязнений, что является важным фактором для здоровья рыб. Водоемы в основном олиготрофные, что означает низкое содержание питательных веществ, что также благоприятно сказывается на качестве воды и условиях для разведения рыбы. (Пестрикова, 2004).

В бассейне реки Тулома располагаются фермы по выращиванию радужной форели, которые оказывают влияние на популяции диких рыб.

### **Динамика заражения массовыми видами паразитов радужной форели в условиях аквакультуры.**

Исследования радужной форели проводились нами в 2017 и 2018 гг. в трех хозяйствах, расположенных в бассейне реки Тулома.

В апреле 2018 года в рыбноводном хозяйстве под названием «Причалное» была проведена тщательная исследовательская работа, целью которой было изучение состояния форели. В ходе исследования была зафиксирована средняя длина рыб, которая составила 25,1 см, а средняя масса достигла 183,2 гр. Результаты исследования показали, что уровень экстенсивности заражения форели паразитом *G. salaris* составил 60 %. При этом индекс обилия этого паразита оказался равным 10,3 экземпляра на одну рыбу. Далее, в мае того же года, в другом рыбноводном хозяйстве, известном как «Найнас», были проведены аналогичные исследования. В этой пробе средняя длина рыб составила 21,5 см, а их средняя масса была равна 121,7 гр. Результаты показали, что экстенсивность заражения *G. salaris* в данной группе составила 70 %. Интенсивность заражения варьировала в довольно широких пределах, колеблясь от 7 до 398 экземпляров, в то время как в среднем на одну рыбу приходилось 59,9 экземпляра паразита. В ходе дальнейших исследований была также исследована проба форели, средняя масса которой составила 649,4 гр. Эта

проба была получена в июне 2018 года в том же хозяйстве «Найнас». Интересно, что в данном случае экстенсивность заражения *G. salaris* достигла 100 %, однако индекс обилия оказался значительно ниже и составил всего 4,1 экземпляра на одну рыбу. Это свидетельствует о том, что более крупная форель имела меньшую интенсивность заражения по сравнению с мелкой рыбой. Кроме того, в июне 2018 года было проведено исследование форели в рыбноводном хозяйстве «МурманРыбхоз». Здесь длина рыб составила 24,6 см, а средняя масса достигла 227,8 гр. Однако в этой пробе паразит *G. salaris* не был обнаружен, что может говорить о более благоприятных условиях для здоровья рыб в данном хозяйстве.

В 2017 и 2018 годах было проведено исследование, в ходе которого изучили 27 экземпляров радужной форели-беглецов, из садков рыбноводных хозяйств, расположенных в бассейне реки Тулома. Уровень заражения составил 3,7%, а индекс обилия — 0,04 экземпляра. Хотя уровень заражения форели-беглецов оказался невысоким, она все же может представлять опасность при входе в нерестовые реки, где обитает дикий атлантический лосось, так как может быть носителем паразита *G. salaris*. Кроме того, другие рыбы, которые свободно передвигаются вокруг садков и затем попадают в реки, где происходит нерест семги, также могут быть источником заражения.

**Результаты морфологического и молекулярно-генетического анализа моногений рода *Gyrodactylus*, паразитирующих на садковой форели и дикой молоди лосося исследуемого водоема.**

Морфологический анализ проводился на твердых частях гаптора – особой прикрепительной структуре моногений рода *Gyrodactylus*. Для этого гапторы аккуратно извлекались из тел паразитов. Затем проводилась обработка гапторов раствором протеиназы К, фермента, расщепляющего белки. Этот этап необходим для подготовки образцов к микроскопическому исследованию, устранения мешающих наблюдению тканей и получения четких изображений морфологических деталей. После обработки готовились микропрепараты согласно стандартной методике (Paladini et al. 2009), позволяющей получить качественные препараты, которые были сфотографированы, и измерения каждого образца были сделаны и обработаны с помощью программного обеспечения Levenhuk TourView 3.5 (V. Levenhuk, Inc.). Были выбраны четыре измерения твердых частей, для описания их общего размера: общая длина крючка (HTL), общая длина вентральной планки (VBTL), общая ширина вентральной планки (VBTW) и длина серпа маргинального крючка (MHSL) (Shinn et al. 2004).

В основе молекулярной идентификации лежали полимеразная цепная реакция (ПЦР) и последующее секвенирование двух генетических маркеров: ядерного рибосомального внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS rDNA) и митохондриального гена цитохромоксидазы I (COI). Выбор этих маркеров обусловлен их высокой информативностью для видовой идентификации и соответствует рекомендациям, изложенным в Руководстве Международного эпизоотического бюро (МЭБ) по диагностическим тестам для водных животных (OIE 2021). Это руководство служит общепринятым стандартом в области ветеринарной паразитологии и гарантирует высокую точность и воспроизводимость результатов. Для молекулярно-генетического анализа ДНК экстрагировалась из остальной части тела паразита после отделения гаптора. Экстракция проводилась с использованием набора реагентов DNEasyKit на автоматическом экстракторе QiaCube (Qiagen), что обеспечивает высокую эффективность и стандартизацию процесса. Амплификация фрагмента ITS рДНК

осуществлялась с помощью пары специфичных праймеров ITS1A и ITS2 (Matejusov et al. 2001), а амплификация гена COI – с помощью праймеров Trp1F и Thr1R (Kuusela et al. 2008). Выбор этих праймерных пар был обусловлен их эффективностью и широким использованием в аналогичных исследованиях. Реакции ПЦР проводились с использованием готовых к использованию гранул puRe Taq (Amersham Biosciences) в термоциклере GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems) согласно опубликованным протоколам (Matejusov et al. 2001; Hansen et al. 2003; Kuusela et al. 2008; Meinil et al. 2004). Образцы, показавшие положительный результат ПЦР, были отправлены в специализированную лабораторию Macrogen для секвенирования. Секвенирование осуществлялось с использованием как праймеров, использованных в ПЦР, так и дополнительных внутренних праймеров (Hansen et al. 2003; Kuusela et al. 2008; Matejusov et al. 2001). Использование внутренних праймеров позволило получить перекрывающиеся прочтения последовательностей, что существенно повышает точность и надежность результатов секвенирования. Полученные последовательности были проанализированы с помощью программного обеспечения Geneious ver. 8.1.9 (Biomatters Limited) для подтверждения видовой идентификации последовательности были отправлены в GenBank BlastN поиск для поиска идентичности с известными последовательностями (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) (Zhang et al. 2000).

Моногенеи, относящиеся к роду *Gyrodactylidae*, были впервые обнаружены у молоди дикого лосося реки Пак, в 2015 году. В ходе микроскопирования они были предварительно определены как *G. salaris*, основываясь на тщательном изучении морфологических характеристик твердых частей гаптора. Это открытие дало начало более глубокому исследованию паразитов данного рода, которое продолжилось в последующие годы. В октябре 2017 года выявили наличие этих паразитов в реке Шовна. Это открытие произошло в первый год, когда начались систематические исследования этой реки. Важно отметить, что на протяжении всего времени в других реках, которые также подвергались мониторингу, паразиты рода *Gyrodactylidae* не были обнаружены. В рамках исследования, проведенного в 2016 и 2017 годах, были собраны пробы из рек Пак и Шовна, а также из трех форелевых хозяйств. В общей сложности было изучено 31 образец,

относящийся к роду *Gyrodactylus*. Для анализа использовались методы полимеразной цепной реакции (ПЦР) и секвенирования внутреннего транскрибированного спейсера гена субъединицы I митохондриальной цитохрома с оксидазой (COI). Результаты, показывают, что все образцы, которые были проанализированы в рамках текущего исследования, имели морфологические характеристики, соответствующие *G. salaris* (рис. 5).

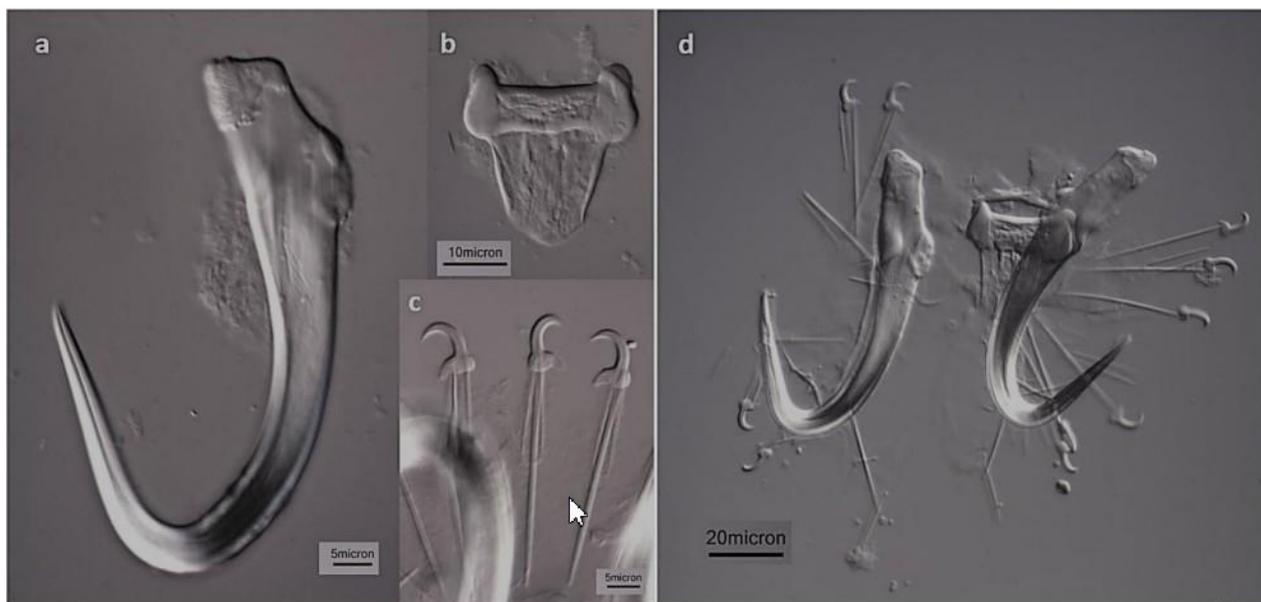


Рисунок - 5 Микрофотографии жёстких частей гаптальной части *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 195, от радужной форели – *Oncorhynchus mykiss* (a, b, c) и дикого лосося *Salmo salar* (d) из реки Тулома (Hansen et al, 2022).

Кроме того, были проведены четыре морфометрических измерения, которые также соответствовали ранее зарегистрированным данным для *G. salaris*. Последовательности внутреннего транскрибируемого спейсера и гена субъединицы I митохондриальной цитохрома с оксидазой (COI) были успешно получены для всех 31 образца. Все образцы, как от лосося, так и от радужной форели, были идентифицированы как *G. salaris*. Некоторые из полученных последовательностей COI не достигли полной длины в 1600 пар оснований, однако окончательные корректурные последовательности варьировались от 710 до 1544 пар оснований. Тем не менее, все, кроме девяти последовательностей, имели длину более 1500 пар оснований, что говорит о высоком качестве полученных данных.

В результате проведенного морфологического и молекулярно-генетического анализа, установлено, что образцы с форелевых ферм совпадают с образцами, собранными с дикой молоди атлантического лосося. Следовательно, можно утверждать, что *G. salaris* распространился на дикую молодь атлантического лосося с радужной форели выращиваемой в бассейне реки Тулома.

Таким образом, комплексный подход, включающий морфологический и молекулярно-генетический анализ, позволил получить точную и надежную идентификацию исследуемых видов паразитов.

## ВЫВОДЫ

1. Современная фауны паразитов молоди атлантического лосося бассейна реки Туломы представлена 9 видами: *Chloromyxum truttae*, *Trioxodina sp.*, *Apiosoma sp.*, *Gyrodactylus salaris*, *Crepidostomum farionis*, *Phyllodistomum conostomum*, *Diplostomum sp.*, *Ichthyocotylurus erraticus mts.*, *Hydrachnella gen sp.*

2. В результате исследования притоков бассейна реки Туломы - Пак, Печа, Пяйве, Шовна, моногения *Gyrodactylus salaris* регистрируется только в реках Пак и Шовна.

3. Наибольшие показатели зараженности моногенией *Gyrodactylus salaris* на протяжении всего периода наблюдения регистрировались поздней осенью, это связано с холодолюбивостью паразита.

4. Результаты исследования показали, что, несмотря на невысокий уровень заражение форели-беглецов моногенией рода *Gyrodactylus*, при заходе в нерестовые притоки реки Тулома она может служить источником заражения дикой молоди атлантического лосося.

5. Морфологический и молекулярно-генетический анализ моногенией рода *Gyrodactylus* показал, что молодь дикого лосося и радужной форели бассейна реки Тулома заражены *Gyrodactylus salaris*. Таким образом, можно утверждать, что распространение *Gyrodactylus salaris* на дикой молоди атлантического лосося в реке Тулома связано с выращиванием радужной форели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в области паразитологии, продемонстрировали, что паразитофауна молоди атлантического лосося, обитающего в бассейне реки Тулома, включает в себя виды, которые являются характерными для молоди лососевых рыб. Тем не менее, необходимо отметить, что в экосистеме присутствует опасный паразит для лососевых — это *Gyrodactylus salaris*, а также существует угроза возникновения гиродактилеза. Эти факторы подчеркивают важность дальнейших паразитологических исследований, направленных на выявление распространения данного паразита в реке и выработку эффективных мер по его профилактике. В условиях, сложившихся в экосистеме реки Тулома, становится очевидным, что популяция атлантического лосося требует постоянного научного мониторинга и тщательной охраны. Игнорирование вопросов, связанных с болезнями рыб, может в будущем привести к серьезным проблемам в рыбноводном хозяйстве. Чтобы избежать таких негативных последствий, необходимо организовать регулярный ихтиопатологический контроль за всеми технологическими процессами, особенно за перевозками живой рыбы. Это позволит не только своевременно выявлять возможные заболевания, но и предотвращать их распространение. Результаты данного исследования станут основой для определения стратегии дальнейших мероприятий, направленных на предупреждение распространения потенциально опасного паразита. Важно, чтобы эти мероприятия были основаны на научных данных и учитывали особенности экосистемы. Для этого необходимо усиление законодательной базы по охране водных ресурсов, а также строгий контроль за деятельностью предприятий, расположенных в бассейне реки Тулома. Комплексный подход, который объединяет научные исследования, государственное регулирование и активное участие общественности, может

гарантировать сохранение экологического баланса этой важной экосистемы. Лишь совместными усилиями можно создать условия для устойчивого развития популяции атлантического лосося и обеспечить здоровье водных ресурсов. Это требует не только научного подхода, но и активного вовлечения всех заинтересованных сторон, включая рыбоводов, экологов и местные сообщества. Важно, чтобы все они осознавали свою ответственность за сохранение этой уникальной экосистемы и принимали участие в ее охране.

Основные публикации по теме диссертационного исследования:

1. МОНОГЕНЕИ РОДА *GYRODACTYLUS* - ПАРАЗИТЫ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ (*SALMONIDAE*) РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ (Иешко Е.П., Соколов С.Г., Паршуков А.Н., Карасева Т.А., Мельник В.С., Кузьмин Д.О.)

В сборнике: ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ: БИОЛОГИЯ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО. Материалы международной конференции. Институт биологии КарНЦ РАН. 2017. С. 68. - тезисы

2. ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАРАЖЕННОСТИ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ ДИКИХ ПОПУЛЯЦИЙ МОНОГЕНЕИ *GYRODACTYLUS SALARIS*. МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ И СЕВЕР КАРЕЛИИ (Карасев, В. С. Мельник, А. А. Бессонов)

В сборнике: ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ: БИОЛОГИЯ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО. Материалы международной конференции. Институт биологии КарНЦ РАН. 2017. С. 77. – тезисы

3. ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ДИКИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ РЫБ В БАССЕЙНАХ ЛОСОСЕВЫХ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (Карасева Т.А., Мельник В.С.)

В книге: Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Тезисы докладов VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН и 75-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В.В. Никонова. Под редакцией Е.А. Боровичёва, О.И. Вандыш. 2019. С. 129-130.

4. ВЛИЯНИЕ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАРАЗИТА *GYRODACTYLUS SALARIS* В ЛОСОСЕВЫХ РЕКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ (Мельник В.С.)

В сборнике: Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. Материалы IV национальной научно-практической конференции. 2019. С. 169-172.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАРАЖЕННОСТИ МОНОГЕНЕИ *GYRODACTYLUS SALARIS* МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В РЕКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕКИ КЕРЕТЬ (СЕВЕР КАРЕЛИИ) (Мельник В.С., Бессонов А.А., Мишопита С.В.)

В сборнике: Проблемы Арктического региона. труды XVIII Международной научной конференции студентов и аспирантов. 2019. С. 183-188.

6. *GYRODACTYLUS SALARIS MALMBERG, 1957 (MONOGENEA, GYRODACTYLIDAE) SPREADS FURTHER – A CONSEQUENCE OF RAINBOW TROUT FARMING IN NORTHERN RUSSIA* (Haakon Hansen<sup>1</sup>, Evgeny Ieshko, Johannes C. Rusch, Igor Samokhvalov, Vera Melnik, Nikolai Mugue, Sergey Sokolov, Aleksey Parshukov)

В журнале: *Aquatic Invasions* (2022) Volume 17, Issue 2: 224-237

7. РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ИНВАЗИИ МОНОГЕНЕЕЙ GYRODACTYLUS SALARIS МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В БАССЕЙНЕ Р. ТУЛОМА (Кращенко С.А., Бессонов А.А., Беликова В.С.)

В сборнике: Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Мурманск, 2023. С. 217-222.

8. ДИНАМИКА ИНВАЗИИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ МОНОГЕНЕЕЙ GYRODACTYLUS SALARIS В РЕКЕ ТУЛОМА В 2018-2020 ГГ (Кращенко С.А., Бессонов А.А., Беликова В.С.)