

# ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ

БИОЛОГИЯ, ОХРАНА  
И ВОСПРОИЗВОДСТВО  
ПЕТРОЗАВОДСК, КАРЕЛИЯ, РОССИЯ  
18-22 СЕНТЯБРЯ 2017

# SALMONIDS

BIOLOGY, CONSERVATION  
AND RESTORATION  
PETROZAVODSK, KARELIA, RUSSIA  
18-22 SEPTEMBER 2017



FEDERAL AGENCY FOR SCIENTIFIC ORGANIZATIONS

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

BRANCH OF BIOLOGICAL SCIENCES

INSTITUTE OF BIOLOGY OF KARELIAN RESEARCH CENTRE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

A. N. SEVERTSOV INSTITUTE OF ECOLOGY AND EVOLUTION OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

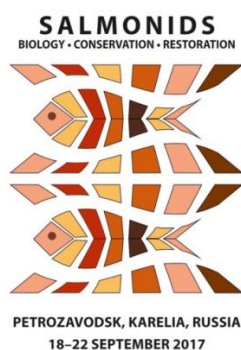
SCIENTIFIC COUNCIL FOR HYDROBIOLOGY AND ICHTHYOLOGY RAS

# **SALMONIDS**

## **BIOLOGY, CONSERVATION AND RESTORATION**

PROCEEDINGS  
OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE

*18-22 September 2017*  
Petrozavodsk, Karelia, Russia



Petrozavodsk 2017

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ ИМЕНИ А. Н. СЕВЕРЦОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

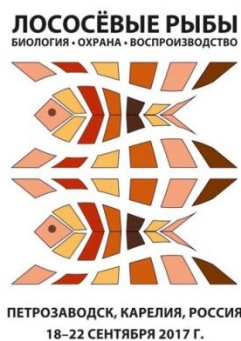
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ГИДРОБИОЛОГИИ И ИХТИОЛОГИИ РАН

# ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ

## БИОЛОГИЯ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО

МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

*18-22 сентября 2017 года*  
Петрозаводск, Карелия, Россия



Петрозаводск 2017

УДК 597.552.51(063)

ББК 28.693.32

Л79

**Л79 ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ: БИОЛОГИЯ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО.**

Материалы международной конференции. 18-22 сентября 2017 года (Петрозаводск, Карелия, Россия). Петрозаводск, 2017. – 164 с.

ISBN 978-5-9274-0793-4

В сборнике представлены материалы докладов Международной конференции «Лососевые рыбы: биология, охрана и воспроизводство», проведенной в период с 18 по 22 сентября 2017 г. в г. Петрозаводске. Материалы докладов имеют междисциплинарный характер, представлены сотрудниками организаций различной ведомственной принадлежности, освещают различные аспекты биологии лососевых: происхождение и эволюция; онтогенез, эмбриогенез, морфология; экология, условия обитания в реках и морях; стратегия сохранения видов и их охраны; поведение, миграции, питание; физиология, биохимия; паразитология. Особое внимание уделяется решению проблем ихтиологии и гидробиологии, касающихся получения новых знаний о механизмах и закономерностях стратегий адаптаций, функционирования и воспроизводства лососевых рыб в условиях изменяющихся факторов среды различного характера (экологических, климатических, трофических, антропогенных и др.). В некоторых докладах проанализировано современное состояние генофонда лососевых в первозданных (натурных) условиях и в аквакультуре, оценены подходы и методы сохранения видового и внутривидового разнообразия этой группы рыб.

Сборник может представлять интерес для специалистов и аспирантов, работающих в области гидробиологии, ихтиологии, аквакультуры и рыбозаводства, физиологии и биохимии рыб, а также для студентов биологического и сельскохозяйственного профиля.

*Конференция проведена в рамках Года экологии в России.*

УДК 597.552.51(063)

ББК 28.693.32

**SALMONIDS: BIOLOGY, CONSERVATION AND RESTORATION.** Proceedings of the international conference. 18-22 September 2017 (Petrozavodsk, Karelia, Russia). Petrozavodsk, 2017. – 164 p.

Proceedings book is a collection of presentations and materials of the International conference “Salmonids: biology, conservation and restoration” in Petrozavodsk, on September 18-22, 2017. Abstracts were prepared according certain lines chosen for discussion during the conference: origin, evolution and general biology; ontogenesis, embryogenesis, morphology; ecology, environment in river and in the sea. Strategies of protection of fish species and its conservation; behavior, migration, feeding; physiology, biochemistry; parasitology; population fund, genetics, population genetic structure, reserves, mortality, survival, dynamics of catches; biotechnology, natural and artificial restoration.

*The conference was held within the Year of Ecology in Russia.*

*Конференция проведена при поддержке  
Федерального агентства научных организаций России;  
Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-04-20483  
Официальный спонсор ООО «Компания Хеликон»*

*The conference was held with the support of  
Federal Agency for Scientific Organizations of Russia;  
Russian Foundation for Basic Research, project No. 17-04-20483  
Official sponsor is «Helicon»*

ISBN 978-5-9274-0793-4

© Коллектив авторов, 2017

© Институт биологии КарНЦ РАН, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

М. Ю. Алексеев, А. М. Николаев, С. В. Прусов, А. В. Зубченко <b>ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ВРЕДА ВОДНЫМ БИОРЕСУРСАМ</b> .....	15
Л. А. Базаркина <b>ТРОФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МОЛОДИ НЕРКИ (<i>ONCORHYNCHUS NERKA</i> WALB.) В ОЗЕРЕ АЗАБАЧЬЕ (КАМЧАТКА)</b> .....	17
И. А. Барышев, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев <b>ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПИТАНИЯ МОЛОДИ КУМЖИ В МАЛОЙ РЕКЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА</b> .....	19
М. С. Бомбина, Н. В. Ильмаст, С. И. Иванов <b>ОСОБЕННОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА КЕМСКОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ</b> .....	21
Н. А. Бочкарев, Е. И. Зуйкова, М. М. Соловьев, Д. В. Политов <b>ВТОРИЧНАЯ ИНТЕРГРАДАЦИЯ ПЫЖЬЯНОВИДНЫХ СИГОВ В БАССЕЙНЕ Р. ЕНИСЕЙ</b> .....	23
Е. В. Бочкова <b>ПЕРВЫЙ СЛУЧАЙ ВЫДЕЛЕНИЯ ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ У ЗАВОДСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КЕТЫ (<i>ONCORHYNCHUS KETA</i>) НА КАМЧАТКЕ</b> .....	25
Т. Е. Буторина, О. Ю. Бусарова <b>ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИИ РЕКИ И СОСТАВА ГИДРОБИОНТОВ НА ФАУНУ ПАРАЗИТОВ ЮЖНОЙ МАЛЬМЫ</b> .....	27
О. Б. Васильева, М. А. Назарова, Н. Н. Немова <b>АССИМИЛЯЦИЯ ЛИПИДОВ У РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ <i>PARASALMO MYKISS</i> (WALBAUM, 1792)</b> .....	29
А. Е. Веселов, Д. С. Павлов, М. А. Скоробогатов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев <b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГНЕЗДА–ИНКУБАТОРЫ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ</b> .....	31
Л. В. Веснина, А. В. Михайлов, А. Ю. Лукерин, Г. А. Романенко, И. Ю. Теряева <b>СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ ТАЙМЕНЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ</b> .....	33
Н. М. Вещлер <b>ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ (КАМЧАТКА) НА СТРУКТУРУ ЕЕ ПОПУЛЯЦИИ</b> .....	35
П. И. Герасев, О. Н. Пугачев <b>ФИЛОГЕНЕЗ TETRAONCHIDAE (MONOGENEA) КАК ЗЕРКАЛО ЭВОЛЮЦИИ SALMONIFORMES</b> .....	37
Ю. В. Герасимов <b>ФОРМИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СОДЕРЖАНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ</b> .....	38
В. К. Голованов <b>ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АДАПТАЦИИ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ</b> .....	40
Н. В. Гордеева, С. С. Алексеев, А. Ф. Кириллов, А. И. Вокин, И. В. Самусенок <b>ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ АРКТИЧЕСКИХ ГОЛЬЦОВ <i>SALVELINUS ALPINUS</i> (L.) COMPLEX ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И СИБИРИ</b> .....	42
С. Б. Городовская, А. С. Сушкевич <b>ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЯИЧНИКАХ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ПЕРИОД РАННЕЙ МОРСКОЙ И ОСЕННЕЙ МИГРАЦИЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ В 2014 И 2016 ГГ.</b> .....	44
Л. В. Дворникова, А. Е. Курицын <b>ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR</i> L.) В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ФОТОПЕРИОДИЗМА</b>	47

Г. В. Девицина, М. А. Дорошенко	<b>ВИДОВАЯ СПЕЦИФИКА В МОРФОЛОГИИ ОБОНЯТЕЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ У ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ (<i>ONCORHYNCHUS</i>, <i>SALMONIDAE</i>)</b> .....	49
Г. Н. Доровских	<b>СЕЗОННЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ И СТРУКТУРЫ КОМПОНЕНТНОГО СООБЩЕСТВА ПАРАЗИТОВ САМОК И САМЦОВ РЫБ</b> .....	51
Д. А. Ефремов, А. Е. Веселов, М. А. Скоробогатов, М. А. Ручьев	<b>УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ РОДА <i>ONCORHYNCHUS</i> В РЕКАХ</b> .....	52
А. В. Жигин	<b>ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЛОСОСЕВЫХ В УЗВ</b> .....	54
Л. О. Заварина	<b>ОБ ИЗМЕНЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КЕТЫ РЕКИ КРУТОГОРОВА (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)</b> .....	56
А. Г. Завиша, М. А. Студенова, Р. С. Подойницин	<b>ПИТАНИЕ СМОЛТОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR LINNAEUS</i>, 1758) В Р. ОНЕГА</b> .....	58
О. В. Зеленников, М. С. Мякишев, В. А. Киселев, В. В. Аношкин, И. А. Келяшов, В. П. Погодин	<b>ВОСПРОИЗВОДСТВО СИМЫ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ</b> .....	60
А. В. Зубченко, И. Л. Щуров, С. В. Прусов, М. Ю. Алексеев	<b>ННН-РЫБОЛОВСТВО – ОСНОВНАЯ УГРОЗА ДЛЯ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR L.</i>) ИЗ БЕЛОМОРСКИХ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ</b> .....	63
О. А. Иванов	<b>МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ (<i>ONCORHYNCHUS SPP.</i>): МИФЫ И ЯВЬ</b> .....	65
Е. П. Иешко, А. Н. Паршуков, С. Г. Соколов	<b>ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ ПРЕСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ</b> .....	67
Е. П. Иешко, С. Г. Соколов, А. Н. Паршуков, Т. А. Карасева, В. С. Мельник, Д. О. Кузьмин	<b>МОНОГЕНЕИ РОДА <i>GYRODACTYLUS</i> – ПАРАЗИТЫ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ (<i>SALMONIDAE</i>) РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ</b> .....	68
В. И. Иркашев, Л.В. Ермакова	<b>СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В РФ</b> .....	69
Е. И. Кальченко, Т. Н. Травина	<b>ВЛИЯНИЕ НЕРЕСТОВЫХ ЗАХОДОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА В Р. БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)</b> .....	71
А. Н. Канзепарова	<b>ДИНАМИКА РАЗМЕРОВ ГОРБУШИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ</b> .....	73
Н. П. Канцорова, Л. А. Лысенко, М. А. Ручьев, Н. Н. Немова	<b>БЕЛКОВАЯ ДЕГРАДАЦИЯ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ <i>SALMO SALAR L.</i> И КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA L.</i> ПРИ СМОЛТИФИКАЦИИ...</b>	75
А. Б. Карасев, В. С. Мельник, А. А. Бессонов	<b>ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАРАЖЕННОСТИ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ ДИКИХ ПОПУЛЯЦИЙ МОНОГЕНЕЕЙ <i>GYRODACTYLUS SALARIS</i>. МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ И СЕВЕР КАРЕЛИИ</b> .....	77
Е. Н. Кашинская, О. Т. Русинек, Г. И. Извекова, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев	<b>МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ И ПАРАЗИТИРУЮЩИХ В НИХ ЦЕСТОД</b> .....	79
Е. А. Кириллова, П. И. Кириллов, Д. С. Павлов	<b>ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОКАТНОЙ МИГРАЦИИ МОЛОДИ ГОРБУШИ (НА ПРИМЕРЕ Р. МАЛАЯ ХУЗИ, О-В САХАЛИН)</b> .....	81

Н. В. Кловач	<b>СМЕЖНЫЕ ПОКОЛЕНИЯ ГОРБУШИ</b> .....	83
Е. А. Кондакова, В. А. Богданова, В. И. Ефремов	<b>СТРУКТУРА ЖЕЛТОЧНОГО СИНЦИТИАЛЬНОГО СЛОЯ <i>COREGONUS MUKSUN</i> НА ЭМБРИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧИНОЧНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ</b> .....	85
А. Е. Курицын	<b>САДКОВАЯ АКВАКУЛЬТУРА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ</b> .....	87
Т. Ю. Кучко, М. Э. Хуобонен	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ФОРЕЛИ В ВОДАХ КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ</b> .....	88
Д. Л. Лайус	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОМЫСЛОВ И СОХРАНЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ</b> .....	90
А. В. Лугаськов	<b>МОРФОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТАЙМЕНЯ БАССЕЙНА Р. ТАВДЫ</b> .....	92
Л. А. Лысенко, Н. П. Канцерова, М. Ю. Крупнова, Е. И. Кяйвяряйнен, Н. Н. Немова	<b>ТЕМПЫ РОСТА И ОБМЕНА МИОФИБРИЛЛЯРНЫХ БЕЛКОВ У МОЛОДИ ЛОСОСЯ <i>S. SALAR</i> ЗАВИСЯТ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫРОСТНЫХ УЧАСТКОВ</b> .....	94
С. С. Макеев	<b>ПЛАН ДЕЙСТВИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ САХАЛИНСКОГО ТАЙМЕНЯ</b> .....	96
О. В. Мещерякова, М. В. Чурова, Е. И. Кяйвяряйнен, Н. Н. Немова	<b>ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ <i>SALMO SALAR L.</i></b> .....	98
В. К. Митенев, А. Б. Карасев, А. А. Бессонов	<b>МАТЕРИАЛЫ К ФАУНЕ ПАЗАРИТОВ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА. РЕКА КОЛА</b> .....	100
И. Г. Мурза, О. Л. Христофоров	<b>СОЗРЕВАНИЕ ЛАДОЖСКОГО ЛОСОСЯ, <i>SALMO SALAR L. MORPHA SEBAGO GIRARD</i>, ПОПУЛЯЦИИ Р. СВИРИ В ЗАВОДСКИХ И ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ</b> .....	102
С.А. Мурзина, С.Н. Пеккоева, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова	<b>ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВЫХ ОБЪЕКТОВ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РЕК ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ</b> .....	104
Н. С. Мюге, А. М. Краснов, Н. В. Тереханова, А. Е. Курицын	<b>ГЕНОМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРНОГО И МОРСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR</i>)</b> .....	105
С. В. Найденко	<b>РОЛЬ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ НЕКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЭПИПЕЛАГИАЛИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА</b> .....	106
Н. Н. Немова, С. А. Мурзина, Л. А. Лысенко, Н. П. Канцерова, М. В. Чурова, О. В. Мещерякова, З. А. Нефедова, М. Ю. Крупнова, С. Н. Пеккоева, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов	<b>МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАННЕМ РАЗВИТИИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА</b> .....	108
А. Г. Осинев, А. А. Волков	<b>ЭВОЛЮЦИЯ ГОЛЬЦОВ РОДА <i>SALVELINUS</i>: МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ</b> .....	110
Е. Д. Павлов, Д. С. Павлов	<b>УРОВЕНЬ ИОНОВ В КРОВИ МОЛОДИ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA LABRAX</i> ПРИ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ</b> ...	112
Д. С. Павлов, А. Е. Веселов, В. В. Костин, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев, С. Б. Туниев	<b>УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ (<i>SALMO TRUTTA LABRAX</i>) В БАССЕЙНЕ РЕКИ МЗЫМТА В СВЯЗИ С ОЛИМПЕЙСКИМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ</b> .....	114
Д. С. Павлов, В. В. Костин, Е. Д. Павлов	<b>О КАРЛИКОВЫХ ОСОБЯХ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA LABRAX</i></b>	

<b>В РЕКЕ МЗЫМТА</b> .....	116
С. Д. Павлов, А. Л. Сенчукова, К. В. Кузицин, М. Н. Груздева, Н. С. Мюге <b>ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗНЫХ ФОРМ КРОНОЦКИХ ГОЛЬЦОВ И ПРОХОДНОЙ МАЛЬМЫ (<i>SALVELINUS MALMA</i>, SALMONIDAE) ИЗ РЕКИ КРОНОЦКАЯ (КАМЧАТКА) ПО ЧАСТОТАМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ (МСТ-) ЛОКУСОВ</b> .....	118
С.Н. Пеккоева, С.А. Мурзина, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова <b>НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИПИДНОГО МЕТАБОЛИЗМА УКАЗЫВАЮТ НА ФОРМУ – «ЖИЛУЮ» ИЛИ «ПРОХОДНУЮ» КУМЖИ Р. ОРЗЕГА</b> .....	120
М. В. Плюта, А. В. Лещенко, В. К. Ризевский <b>СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ КУМЖИ В БЕЛАРУСИ</b> .....	121
В. Ю. Пономарева, В. В. Костин <b>ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ УСЛОВИЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОЙ СТРАТЕГИИ У МОЛОДИ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA LABRAX</i></b> .....	123
В. А. Пыльнов, И. В. Бурлаченко, Е. В. Котова, В. С. Коломыцев <b>СОВРЕМЕННАЯ ДИАГНОСТИКА ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ РЫБ В УСЛОВИЯХ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА</b> .....	125
Ю. С. Решетников, О. А. Попова <b>ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ ВОДОЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА</b> .....	127
М. А. Ручьев, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов <b>ВОСПРОИЗВОДСТВО КУМЖИ (<i>SALMO TRUTTA L.</i>) В РУЧЬЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ОНЕЖСКОЕ ПОМОРЬЕ» (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b> .....	128
С. Г. Соколов, С. В. Малышева, В. В. Поспехов <b>ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ НЕМАТОД РОДА <i>PHILONEMA</i> (DRACUNCULOIDEA, PHILONEMATIDAE) ОТ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ</b> .....	130
М. М. Соловьев, Е. Н. Кашинская, Н. А. Бочкарев, Е. Gisbert, Е. А. Рогожин <b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ</b> .....	134
О. С. Темных <b>КОНТРОЛЬ ЧИСЛЕННОСТИ «СВЕРХУ» И «СНИЗУ» КАК ФАКТОРЫ СМЕРТНОСТИ ГОРБУШИ (<i>O.GORBUSCHA</i>) В МОРСКОЙ ПЕРИОД ЖИЗНИ</b> .....	136
П. М. Терентьев, Н. А. Кашулин <b>ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМАХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ</b> .....	138
С. Ф. Титов, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова, А. А. Успенский, Д. С. Сендек <b>РАСПРОСТРАНЕНИЕ КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA L.</i> В ВОДОЕМАХ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ</b> .....	140
С. Ф. Титов, Д. С. Сендек, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова, А. А. Успенский, К. Ю. Домбровский <b>АТЛАНТИЧЕСКИЙ ЛОСОСЬ РЕКИ ЛУГА: СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО И ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА</b> .....	143
С. Ф. Титов, Д. С. Сендек, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова <b>ПОПУЛЯЦИИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В СИСТЕМЕ РЕК БУРНАЯ – ВУОКСА</b> .....	146
Е. А. Флерова <b>УЛЬТРАСТРУКТУРА МЕЗОНЕФРОСА ПОКАТНОЙ МОЛОДИ БАЛТИЙСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR</i>) И КУМЖИ (<i>SALMO TRUTTA</i>) РЕКИ ЛУГА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ</b> .....	148
А. М. Хрусталева, Е. В. Пономарева, М. В. Пономарева, Е. А. Шубина <b>ПОЛИМОРФИЗМ ГЛАВНОГО КОМПЛЕКСА ГИСТОСОВМЕСТИМОСТИ (МНС) ПО ОДНОНУКЛЕОТИДНЫМ ЗАМЕНАМ В ПОПУЛЯЦИЯХ АЗИАТСКОЙ НЕРКИ <i>ONCORHYNCHUS NERKA</i></b> .....	150
В. А. Царева, Г. П. Ванюшин, М. Ю. Кружалов <b>ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ АЗИАТСКОЙ ГОРБУШИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА (СЗТО) В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2001-2016 ГГ. НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ</b> .....	152



Ю. К. Чугунова	
<b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАЗИТОФАУНЫ РЯПУШКИ СИБИРСКОЙ <i>COREGONUS SARDINELLA VALENCIENNES</i>, 1848 В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....</b>	<b>155</b>
М. В. Чурова, О. В. Мещерякова, Н. Н. Немова	
<b>АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА И УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ У МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ <i>SALMO SALAR</i> L. И КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA</i> L. РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП.....</b>	<b>157</b>
Н. И. Шилов	
<b>О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ УЧЕТА НЕРЕСТОВЫХ ГНЕЗД АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ Р. МЕЗЕНЬ.....</b>	<b>159</b>
Я. Коуржил, П. Подгорец	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРМОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНКУБАЦИОННЫХ ЦЕХОВ.....</b>	<b>161</b>

## CONTENT

M. Yu. Alexeev, A. M. Nikolaev, S. V. Prusov, A. V. Zubchenko <b>ECOLOGICAL EXPEDIENCY IN THE COMPENSATION OF HARM TO AQUATIC RESOURCES</b> .....	16
L. A. Bazarkina <b>TROPHIC SITUATION FOR JUVENILE SOCKEYE SALMON (<i>ONCORHYNCHUS NERKA</i> WALB.) IN THE LAKE AZABACHYE (KAMCHATKA)</b> .....	18
I. A. Baryshev, A. E. Veselov, D. A. Efremov, M. A. Ruchyev <b>VARIABILITY AND SELECTIVITY OF JUVENILE TROUT FEEDING IN THE SMALL RIVER OF LAKE ONEGA</b> .....	20
M. S. Bombina, N. V. Ilmast, S. I. Ivanov <b>CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL ATLANTIC SALMON REPRODUCTION AT KEM FISH FARM</b> .....	22
N. A. Bochkarev, E. I. Zuykova, M. M. Solovyev, D. V. Politov <b>SECONDARY INTERGRADATION AMONG PIDSCHIAN-LIKE WHITEFISHES IN THE YENISEI RIVER BASIN</b> .....	24
E. V. Bochkova <b>FIRST DETECTION OF INFECTIOUS HEMATOPOIETIC NECROSIS VIRUS IN MATURE CHUM (<i>ONCORHYNCHUS KETA</i>) ON SALMON HATCHERY (KAMCHATKA)</b> .....	26
T. E. Boutorina, O. Yu. Busarova <b>INFLUENCE OF RIVER HYDROLOGY AND COMPOSITION OF HYDROBIONTS ON PARASITE FAUNA OF SOUTHERN DOLLY VARDEN</b> .....	28
O. B. Vasilyeva, M. A. Nazarova, N. N. Nemova <b>ASSIMILATION OF LIPID IN RAINBOW TROUT <i>PARASALMO MYKISS</i> (WALBAUM, 1792)</b> .....	30
A. E. Veselov, D. S. Pavlov, M. A. Skorobogatov, D. A. Efremov, M. A. Ruchyev <b>INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND NESTS INCUBATORS FOR REPRODUCTION OF SALMONS UNDER NATURAL CONDITIONS</b> .....	32
L. V. Vesnina, A. V. Mikhailov, A. Yu. Lukerin, G. A. Romanenko, I. Yu. Teryayeva <b>STRATEGY FOR TAIMEN PRESERVATION IN WATER OBJECTS OF THE ALTAI REPUBLIC IN MODERN CONDITIONS</b> .....	34
N. M. Vetsler <b>THE EFFECTS OF THE LONG-TERM DYNAMICS OF SOCKEYE SALMON ABUNDANCE IN DALNEYE LAKE (KAMCHATKA) ON THE STRUCTURE OF THE POPULATION</b> .....	36
Yu. V. Gerasimov <b>FORMATION OF ADAPTIVE BEHAVIOR IN HATCHERY JUVENILES DEPENDING ON THE DURATION OF THEIR KEEPING IN ARTIFICIAL ENVIRONMENT</b> .....	39
V. K. Golovanov <b>TEMPERATURE ADAPTATION OF SALMON FISH</b> .....	41
N. V. Gordeeva, S. S. Alekseyev, A. F. Kirillov, A. I. Vokin, I. V. Samusenok <b>PHYLOGENETIC RELATIONSHIP OF ARCTIC CHARR, <i>SALVELINUS ALPINUS</i> (L.) COMPLEX OF THE RUSSIAN EUROPEAN NORTH AND SIBERIA</b> .....	43
S. B. Gorodovskaya, A. S. Sushkevich <b>HISTOMORPHOLOGICAL TRANSFORMATIONS IN OVARIES OF JUVENILE PACIFIC SALMON IN EARLY MARINE AND AUTUMN MIGRATIONS IN THE OKHOTSK SEA IN 2014 AND 2016</b> .....	45
L. V. Dvornikova, A. E. Kuritsyn <b>GROWTH OF YOUNG ATLANTIC SALMON (<i>SALMO SALAR</i> L.) IN CONDITIONS OF DIFFERENTIATED PHOTOPERIODISM</b> .....	48
G. V. Devitsina, M. A. Doroshenko <b>SPECIES PECULARITIES OF THE OLFATORY EPITHELIUM MORPHOLOGY IN THREE SPECIES OF THE PACIFIC SALMON (<i>ONCORHYNCHUS</i>, SALMONIDAE, SALMONIFORMES)</b> .....	50
G. N. Dorovskikh <b>SEASONAL DIFFERENCES OF THE PARASITE FAUNA AND OF THE COMPONENT COMMUNITY STRUCTURE OF PARASITES OF THE FEMALES AND MALES</b>	

<b>OF THE FISHES</b> .....	51
D. A. Efremov, A. E. Veselov, M. A. Skorobogatov, M. A. Ruchyev <b>DEVICES FOR THE INCUBATION OF EGGS OF PACIFIC SALMON OF THE GENUS ONCORHYNCHUS IN RIVERS</b> .....	53
A. V. Zhigin <b>EXPERIENCE AND PROSPECTS OF PRODUCTION OF PLANTING MATERIAL OF SALMON IN CLOSED CYCLE OF WATER SUPPLY SYSTEM (CCWSS)</b> .....	55
L. O. Zavarina <b>ABOUT THE CHANGE OF THE STOCK ABUNDANCE AND POPULATION STRUCTURE OF CHUM SALMON IN KRUTOGOROVA RIVER (WEST KAMCHATKA)</b> .....	57
A. G. Zavisha, M. A. Studenova, R. S. Podoynitsin <b>NUTRITION OF ATLANTIC SALMON SMOLTS (<i>SALMO SALAR</i> LINNAEUS, 1758) IN THE RIVER ONEGA</b> .....	59
O. V. Zelennikov, M. S. Myakishev, V. A. Kiselev, V. V. Anoshkin, I. A. Kelyashov, V. P. Pogodin <b>CULTIVATION OF CHERRY SALMON ON FISH FARMS IN SAKHALIN REGION</b> .....	61
A. V. Zubchenko, I. L. Schurov, S. V. Prusov, M. Yu. Alekseev <b>IUU-FISHING – THE MAJOR THREAT FOR ATLANTIC SALMON (<i>SALMO SALAR</i> L.) FROM THE WHITE SEA RIVERS OF THE KOLA PENINSULA AND THE REPUBLIC OF KARELIA</b> .....	64
O. A. Ivanov <b>MARINE ECOLOGY OF PACIFIC SALMON (<i>ONCORHYNCHUS</i> SPP.): MYTHS AND REALITY</b> .....	66
E. P. Ieshko, A. N. Parshukov, S. G. Sokolov <b>PARASITOLOGICAL RISKS RELATED TO DEVELOPMENT OF FRESHWATER AQUACULTURE</b> .....	67
E. P. Ieshko, S. G. Sokolov, A. N. Parshukov, T. A. Karaseva, V. S. Melnik, D. O. Kuzmin <b>MONOGENEANS OF THE GENUS <i>GYRODACTYLUS</i> – PARASITES OF SALMONIDAE IN THE RIVERS OF THE NORTHWEST OF RUSSIA</b> .....	68
V. I. Irkashev, L. V. Yermakova <b>ATLANTIC SALMON CONSERVATION STRATEGY IN THE RUSSIAN FEDERATION</b> .....	70
E. I. Kalchenko, T. N. Travina <b>THE EFFECTS OF THE SPAWNING RUNS OF PACIFIC SALMON ON THE BIOCHEMICAL INDEXES OF ZOOBENTHOS IN BOLSHAYA RIVER (WEST KAMCHATKA)</b> .....	72
A. N. Kanzeparova <b>THE DYNAMICS OF THE PINK SALMON SIZES ON THE NORTHWESTERN CONTINENTAL COAST OF THE OKHOTSK SEA</b> .....	74
N. P. Kantserova, L. A. Lysenko, M. A. Ruchyev, N. N. Nemova <b>PROTEIN DEGRADATION IN THE SKELETAL MUSCLES OF PARR AND SMOLT ATLANTIC SALMON <i>SALMO SALAR</i> L. AND BROWN TROUT <i>SALMO TRUTTA</i> L. DURING SMOLTIFICATION</b> .....	76
A. B. Karasev, V. S. Melnik, A. A. Bessonov <b>PARASITOLOGIC MONITORING OF THE INFESTATION OF JUVENILE ATLANTIC SALMON FROM WILD POPULATIONS WITH MONOGENEA <i>GYRODACTYLUS SALARIS</i>. THE MURMANSK REGION AND NORTHERN KARELIA</b> .....	78
E. N. Kashinskaya, O. T. Rusinek, G. I. Izvekova, E. P. Simonov, M. M. Solovyev <b>MICROBIAL COMMUNITY COMPOSITIONS IN THE GASTROINTESTINAL TRACT OF SALMONIDS AND CESTODES PARASITIZING IN THEIR DIGESTIVE TRACT</b> .....	80
E. A. Kirillova, P. I. Kirillov, D. S. Pavlov <b>ETHOLOGICAL PATTERNS OF DOWNSTREAM MIGRATION REALISATION IN PINK SALMON FRY (ON THE EXAMPLE OF THE MALAYA KHUZI RIVER, SAKHALIN)</b> .....	82
N. V. Klovach <b>ADJACENT GENERATIONS OF PINK SALMON</b> .....	84
E. A. Kondakova, V. A. Bogdanova, V. I. Efremov <b>STRUCTURE OF THE YOLK SYNCYTIAL LAYER OF <i>COREGONUS MUKSUN</i> AT THE EMBRYONIC AND LARVAL DEVELOPMENTAL STAGES</b> .....	86

A. E. Kuritsyn	<b>NECESSITY OF FISH BREEDING AND SELECTION CENTER IN THE REPUBLIC OF KARELIA</b> .....	87
T. U. Kuchko, M. E. Huobonen	<b>PERSPECTIVES OF THE MARKETABLE BREEDING OF TROUT FISH IN THE WATERS OF THE WHITE SEA IN KARELIA</b> .....	89
D. L. Lajus	<b>ECOLOGICAL CERTIFICATION OF FISHERIES AND CONSERVATION OF PACIFIC SALMON POPULATIONS</b> .....	91
A. V. Lugaskov	<b>MORPHOECOLOGICAL PECULIARITIES OF THE TAIMEN OF THE TAVDA BASIN</b> .....	93
L. A. Lysenko, N. P. Kantserova, M. Yu. Krupnova, E. I. Kaivarainen, N. N. Nemova	<b>GROWTH AND MYOFIBRILLAR PROTEIN TURNOVER RATES IN SALMON <i>S. SALAR</i> JUVENILES DEPEND ON THE ECOLOGY OF LOCAL GROWING HABITATS</b> .....	95
S. S. Makeev	<b>ACTION PLAN FOR SAKHALIN TAIMEN CONSERVATION</b> .....	97
O. V. Meshcheryakova, M. V. Churova, E. I. Kyaivjaryainen, N. N. Nemova	<b>ACTIVITIES OF ENERGY AND CARBOHYDRATE METABOLISM ENZYMES DURING EMBRYONIC DEVELOPMENT OF ATLANTIC SALMON <i>SALMO SALAR</i> L.</b> .....	99
V. K. Mitenev, A. B. Karasev, A. A. Bessonov	<b>DATA ON THE PARASITE FAUNA OF THE SALMONIDAE IN THE KOLA NORTH. THE KOLA RIVER</b> .....	101
I. G. Murza, O. L. Christoforov	<b>SEXUAL MATURATION OF LADOGA LAKE SALMON, <i>SALMO SALAR</i> L. <i>MORPHA SEBAGO</i> GIRARD, OF SVIR RIVER POPULATION UNDER HATCHERY AND NATURAL CONDITIONS</b> .....	103
S.A. Murzina, S.N. Pekkoeva, Z.A. Nefedova, N.N. Nemova	<b>FATTY ACID SPECTRUM OF FORAGE OBJECTS OF YOUNGS OF SALMONIDS FROM RIVERS OF THE SOUTH KARELIA</b> .....	104
N. S. Muge, A. M. Krasnov, N. V. Terekhanova, A. E. Kuritsyn	<b>COMPARATIVE GENOMIC STUDY OF ANADROMOUS AND LAND-LOCKED SALMON (<i>SALMO SALAR</i>)</b> .....	105
S. V. Naydenko	<b>THE ROLE OF PACIFIC SALMON IN THE TROPHIC STRUCTURE OF THE NEKTON COMMUNITIES OF THE UPPER EPIPELAGIC LAYER OF THE NORTH-WEST PACIFIC OCEAN</b> .....	107
N. N. Nemova, S. A. Murzina, L. A. Lysenko, N. P. Kantserova, M. V. Churova, O. V. Meshcheryakova, Z. A. Nefedova, M. Yu. Krupnova, S. N. Pekkoeva, A. E. Veselov, D. A. Efremov	<b>METABOLIC CHANGES IN THE EARLY DEVELOPMENT OF SALMONID FISH IN THE EUROPEAN NORTH</b> .....	109
A. G. Osinov, A. A. Volkov	<b>EVOLUTION OF CHARRS (GENUS <i>SALVELINUS</i>): MOLECULAR-GENETIC DATA</b> .....	111
E. D. Pavlov, D. S. Pavlov	<b>ION CONCENTRATION IN THE BLOOD OF THE BLACK SEA TROUT <i>SALMO TRUTTA LABRAX</i> DURING ITS INTRAPOPULATION DIFFERENTIATION</b> .....	113
D. S. Pavlov, A. E. Veselov, V. V. Kostin, D. A. Efremov, M. A. Ruchyev, S. B. Tuniyev	<b>CONDITIONS OF REPRODUCTION BLACK SEA TROUTS (<i>SALMO TRUTTA LABRAX</i>) IN THE RIVER BASIN MZYMTA DUE TO THE OLYMPIC CONSTRUCTION</b> .....	115
D. S. Pavlov, V. V. Kostin, E. D. Pavlov	<b>ON DWARFS OF THE BLACK SEA TROUT <i>SALMO TRUTTA LABRAX</i> IN THE MZYMTA RIVER</b> .....	117
S. D. Pavlov, A. L. Senchukova, K. V. Kuzishchin, M. A. Gruzdeva, N. S. Muge	<b>THE IDENTIFICATION OF THE VARIOUS FORMS OF LACUSTRINE CHARRS FROM LAKE KRONOTSKOE AND ANADROMOUS DOLLY WARDEN, <i>SALVELINUS MALMA</i> (SALMONIDAE) FROM THE KRONOTSKAYA RIVER BY THE MICROSATELLITE LOCI FREQUENCIES</b> .....	119

S.N. Pekkoeva, S.A. Murzina, Z.A. Nefedova, N.N. Nemova <b>SOME PARAMETERS OF LIPID METABOLISM CAN INDICATE THE FORM – “RESIDENT” OR “MIGRATING” OF BROWN TROUT FROM THE ORZEGA RIVER</b> .....	120
M. V. Pljuta, A. V. Leshchenko, V. K. Rizevsky <b>STATE OF THE BROWN TROUT POPULATION IN BELARUS</b> .....	122
V. Yu. Ponomareva, V. V. Kostin <b>THE DURATION OF EXPOSURE TO CONDITIONS ACTIVATING THE DEVELOPMENT OF THE ALTERNATIVE LIFE HISTORY TACTICS IN JUVENILES OF THE BLACK SEA TROUT SALMO TRUTTA LABRAX</b> .....	124
V. A. Pylnov, I. V. Burlachenko, E. V. Kotova, V. S. Kolomytzev <b>MODERN DIAGNOSIS OF FISH DISEASES IN AQUACULTURE SECTOR</b> .....	126
M. A. Ruchyev, A. E. Veselov, D. A. Efremov <b>REPRODUCTION OF THE TROUT (<i>SALMO TRUTTA</i> L.) IN STREAMS OF NATIONAL PARK "ONEGA COASTAL REGION" (ARKHANGELSK REGION)</b> .....	129
S. G. Sokolov, S. V. Malysheva, V. V. Pospikhov <b>THE PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS WITHIN PHILONEMA GENUS (<i>DRACUNCULOIDEA</i>, PHILONEMATIDAE) FROM SALMON FISHES OF THE FAR EAST OF RUSSIA</b> .....	132
M. M. Solovyev, E. N. Kashinskaya, N. A. Bochkarev, E. Gisbert, E. A. Rogozhin <b>COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF DIGESTIVE ENZYMES OF SYMPATRIC PAIR OF WHITEFISH FROM TELETSKOYE LAKE: FUNCTIONAL AND STRUCTURAL ANALYSIS</b> .....	135
O. S. Temnykh <b>"TOP-DOWN" AND "BOTTOM-UP" ABUNDANCE CONTROL AS FACTORS OF PINK SALMON (<i>O.GORBUSCHA</i>) MORTALITY IN THE MARINE LIFE PERIOD</b> .....	137
P. M. Terenjev, N. A. Kashulin <b>PARTICULARITIES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN SALMONID FISHES OF THE NORTH FENNOSCANDIA</b> .....	139
S. F. Titov, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova, A. A. Uspensky, D. S. Sendek <b>BROWN TROUT <i>SALMO TRUTTA</i> L. DISTRIBUTION IN THE WATER BODIES OF THE NOVGOROD REGION</b> .....	141
S. F. Titov, D. S. Sendek, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova, A. A. Uspensky, K. Yu. Dombrovsky <b>ATLANTIC SALMON <i>SALMO SALAR</i> L. FROM THE LUGA RIVER: CURRENT STATE OF NATURAL AND HATCHERY REPRODUCTION</b> .....	144
S. F. Titov, D. S. Sendek, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova <b>SALMONIDAE POPULATIONS IN THE BURNAYA-VUOKSA RIVER SYSTEM</b> .....	147
E. A. Flerova <b>ULTRASTRUCTURE OF MESONEFROS OF SMOLTS <i>SALMO SALAR</i> AND <i>SALMO TRUTTA</i> LUGA RIVER OF THE LENINGRAD REGION</b> .....	149
A. M. Khrustaleva, E. V. Ponomareva, M. V. Ponomareva, E. A. Shubina <b>SINGLE NUCLEOTIDE MAJOR HISTOCOMPATIBILITY COMPLEX (MHC) POLYMORPHISM IN ASIAN SOCKEYE SALMON POPULATIONS <i>ONCORHYNCHUS NERKA</i></b> .....	151
V. A. Tsareva, G. P. Vanyushin, M. Yu. Kruzhalov <b>TEMPERATURE CONDITIONS OF THE HABITAT OF THE ASIAN PINK SALMON IN THE NORTH-WESTERN PACIFIC OCEAN (NWPO) DURING THE WINTER PERIOD 2001-2016 YEARS BASED ON SATELLITE DATA</b> .....	153
Y. K. Chugunova <b>THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF <i>COREGONUS SARDINELLA</i> VALENCIENNES, 1848 PARASITE FAUNA IN POLYTYPIC RESERVOIRS OF THE ARCTIC ZONE</b> .....	156
M. V. Churova, V. M. Olga, N. N. Nemova <b>AGE-DEPENDENT VARIATIONS OF METABOLIC ENZYMES ACTIVITIES AND MUSCLE-SPECIFIC GENE EXPRESSION IN ATLANTIC SALMON <i>SALMO SALAR</i> L. AND BROWN TROUT <i>SALMO TRUTTA</i> L.</b> .....	158

N. I. Shilov		
	<b>ABOUT PRELIMINARY RESULTS OF ESTIMATION METHODS OF ATLANTIC SALMON SPAWNING REDDS IN THE MEZEN RIVER.....</b>	160
J. Kouril, P. Podhorec		
	<b>USING OF HORMONALLY STIMULATED OVULATION IN SALMONID FISH AS A POSSIBLE HIGH EFFECTIVE TOOL OF BROODSTOCK MANAGEMENT.....</b>	162
J. Oreha, N. Shkute		
	<b>GENETIC DIFFERENTIATION AND HISTORY OF <i>COREGONUS ALBULA</i> (L.) POPULATIONS IN LATVIAN LAKES.....</b>	163

## **ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ВРЕДА ВОДНЫМ БИОРЕСУРСАМ**

М. Ю. Алексеев, А. М. Николаев, С. В. Прусов, А. В. Зубченко

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича», г. Мурманск, Россия,  
e-mail: [mal@pinro.ru](mailto:mal@pinro.ru)*

Действующее законодательство предусматривает ряд мероприятий, направленных на компенсацию гибели водных биоресурсов и ухудшение среды их обитания, произошедших в результате хозяйственной деятельности: искусственное воспроизводство водных биоресурсов, рыбохозяйственная мелиорация водных объектов, создание новых, расширение или модернизация существующих рыбоводных мощностей. Несмотря на достаточно большой набор разных способов возмещения вреда окружающей среде, на практике заинтересованные организации в силу объективных причин отдают предпочтение искусственному воспроизводству. Самые масштабные работы ведутся на шельфе Баренцева, Белого и Карского моря, подвергая воздействию участки морского дна и прибрежных районов, где планируется провести трубопровод или установить буровую платформу. Несмотря на то, что ущерб наносится морским и прибрежным экосистемам, комплексу морских организмов, действующая методика исчисления ущерба позволяет осуществить перерасчет на выпуск любой рыбоводной продукции. Поскольку в Мурманской области действуют только семужьи рыбоводные заводы, складывается порочная практика пересчета ущерба только на молодь семги. Без учета мощности заводов, экологической емкости рек и мнения региональных научных институтов.

Такой формальный подход уже приводил к абсурдным ситуациям. Памятен случай, когда одна уважаемая организация предложила выпустить в реку Кола 1 млрд личинок семги. Подсчет показал, что выпуск заявленного количества личинок потребует изъятия свыше 1 млрд икринок из естественного воспроизводства. При средней плодовитости самки семги 7000 икринок, потребуется около 170 000 самок. Запас всей семги в Мурманской области оценивается примерно такой же величиной. Если подсчитать, сколько нужно лососей для освоения всех компенсационных денег от ведущихся в последние годы работ на шельфе, то необходимого количества семги не наберется в Мурманской, Архангельской областях и Ненецком автономном округе вместе взятых.

Против подобного подхода к освоению компенсационных средств Полярный институт всегда выступал. Наша позиция основана на существовании некоего оптимума, который говорит об условиях выживания выпускаемой генерации в зависимости от ее численности. Это количество определяется емкостью экологической ниши, в пределах которой молодь способна нормально кормиться и развиваться. В частности, сопоставление многолетних данных о численности выпускаемой в реку Кола заводской молоди и количестве возвращающихся в эту реку взрослых особей, рассчитанному по модели Рикера, показало, что оптимальным для реки Кола является выпуск 187 000 мальков, и в увеличении объемов искусственного воспроизводства семги в настоящее время нет необходимости.

Попытки игнорировать указанные обстоятельства сведут работы по компенсации ущерба от хозяйственной деятельности на морском шельфе к бессмысленным, если не вредным с точки зрения экологии и сохранения запасов ВБР, мероприятиям. Кроме того, следствием их реализации станут грубые нарушения Конвенции и соглашений международной межправительственной Организации по сохранению североатлантического лосося (НАСКО).

Одним из элементов механизма осуществления компенсационных мероприятий может стать организация специализированного фонда за счет средств, направляемых хозяйствующими субъектами на компенсацию ущерба водным биологическим ресурсам. Такая консолидация средств позволит, не расплываясь на зачастую неполное решение локальных проблем, организовать мероприятия, способствующие решению крупных экологических задач в соответствии с государственными планами и программами.

## **ECOLOGICAL EXPEDIENCY IN THE COMPENSATION OF HARM TO AQUATIC RESOURCES**

M. Yu. Alexeev, A. M. Nikolaev, S. V. Prusov, A. V. Zubchenko  
*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia,*  
*e-mail: [mal@pinro.ru](mailto:mal@pinro.ru)*

The current legislation provides for a number of measures aimed at compensation for the death of living aquatic resources and the deterioration of their habitat that occurred as a result of economic activity including the culture of aquatic biological resources, fishery amelioration of water bodies, the creation of the new objects, expansion or modernization of existing aquaculture facilities. In spite of a large set of different ways to redress environmental damage, in practice, the interested organizations, for objective reasons, prefer artificial reproduction. The most extensive work is being done on the shelf of the Barents, White and Kara Seas, exposing the seabed and coastal areas, which are planned to install the pipeline or drilling platform. Despite the fact that the damage is done to marine and coastal ecosystems, marine complex operating method of calculating the damage allows us to have the recalculation to the production of any aquaculture product. As in the Murmansk Region there are only the salmon fish farms, a bad practice to recalculate damage only to young salmon has been developed. The power of plants, the environmental capacity of the rivers and the opinions of regional research institutions are not taken into consideration.

This formal approach has already led to the absurd situations. Remembered the case when one respected organization offered to release one billion salmon larvae into the Kola River. The calculation showed that the release of the declared number of larvae would require removal of more than one billion eggs from natural reproduction. With the average fertility of a salmon female being equal to 7000 eggs, about 170,000 females would be needed. The stock of all the salmon in the Murmansk Region is estimated at about the same value. If you calculate how much salmon you need for the disbursement of all the compensation money from the ongoing work on the shelf in recent years, the required number of salmon is impossible to have even in the combined area of Murmansk and Arkhangelsk Regions and the Nenets Autonomous Okrug (District).

The Polar Institute has always opposed this approach to the development of means of compensation. Our position is based on the existence of a certain optimum, which speaks about the survival conditions of the released generation, depending on its abundance. This amount is determined by the capacity of the ecological niche within which juveniles are able to feed and grow normally. In particular, a comparison of the long-term data on the farmed fish number released to the Kola River and the number of adults returning to the river calculated using the Ricker's model showed that 187,000 fry released was optimum for the Kola River and there was no necessity to increase the volume of salmon artificial reproduction.

The attempts to ignore these circumstances will lead the work on the compensation of damages from the economic activities on the sea shelf to pointless activities, which may be harmful in relation to ecology and protection of the aquatic biological resources. In addition, the result of their implementation will be the great violations of the Convention and agreements of international intergovernmental North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO).

One of the elements of the mechanism of compensatory measures can be arranging a special fund at the expense of the funds allocated by economic agents to compensate for damage to water biological resources. Such consolidation of means will allow us to organize the activities to help solving the major environmental problems in accordance with national plans and programs without getting scattered on the solution of local problems which is often incomplete.



## ТРОФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МОЛОДИ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA* WALB.) В ОЗЕРЕ АЗАБАЧЬЕ (КАМЧАТКА)

Л. А. Базаркина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [bazarkina.l.a@kamniro.ru](mailto:bazarkina.l.a@kamniro.ru)

В озере Азабачье воспроизводится одно из крупнейших азиатских стад нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.) (Бугаев, 2011). Здесь проходит пресноводный период жизни нерки азабачинского стада (стадо «А») и молоди популяций нерки притоков нижнего течения р. Камчатка (группировка «Е»), мигрирующей в озеро сеголетками (Бугаев, 1981, 1984). В течение двух–трех лет жизни в пелагиали озера нерка питается преимущественно планктонными ракообразными (Белоусова, 1972; Базаркина, 2004).

Трофические условия молоди нерки в оз. Азабачье, определяют, с одной стороны, численность (биомасса) планктонных ракообразных, с другой, – количество молоди нерки и других видов рыб-планктонофагов: трехиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* Linne) и малоротой корюшки (*Hypomesus olidus* Pallas).

Исходя из среднемноголетней величины биомассы пелагических ракообразных в оз. Азабачье за 1981–2010 гг.  $1,3 \text{ г/м}^3$ , соответствующей 150 т сухого вещества планктона (СВП) для всего водоема, озеро ежегодно в состоянии прокормить 90 млн шт. молоди нерки. Об обеспеченности пищей молоди нерки в оз. Азабачье можно непосредственно судить по биологическим показателям покатной молоди: двухгодовиков стада «А» ( $A_{2+}$ ) и годовиков группировки «Е» ( $E_{1+}$ ), среднемноголетняя величина массы тела, которых за 1981–2010 гг. равна 10,3 и 7,1 г, соответственно. Установлено, что масса тела смолтов  $E_{1+}$  зависит от трофических условий в год ската ( $r=0,707$ ;  $P>0,99$ ), а покатников  $A_{2+}$ , в равной степени, от биомассы пелагических ракообразных в год миграции ( $r=0,784$ ;  $P>0,99$ ) и в предшествующий год нагула ( $r=0,781$ ;  $P>0,99$ ).

В течение 1982–1986 гг. в озере нагуливалось, в среднем, 310 млн шт. нерки, которой было необходимо 530 т СВП. Фактическая биомасса СВП составляла 50 т. К тому же, в эти годы резко возросла встречаемость трехиглой колюшки в траловых уловах от 2 до 85 экз./мин, что также отразилось на качестве смолтов нерки, масса тела которых в 1986 г. была очень низкой ( $A_{2+} = 4,2 \text{ г}$ ;  $E_{1+} = 3,8 \text{ г}$ ). Улучшение кормовых условий молоди нерки в пелагиали озера в 1988–1994 гг. проходило при оптимальной численности нагуливающейся нерки в 1987–1992 гг. на фоне снижения количества трехиглой колюшки от 42 до 1 экз./мин и повышения биомассы пелагических ракообразных в 1992–1994 гг. от  $1,1$  до  $2,8 \text{ г/м}^3$  вследствие фертилизации бассейна водоема вулканическим пеплом влк. Ключевская сопка в апреле 1990 г. В 1993 г. масса тела смолтов  $E_{1+}$  была равна 10,3 г, а масса тела  $A_{2+}$  в 1994 г. достигала 18,2 г. При последующем повышении численности молоди нерки в 1993–1998 гг. от 300 до 650 млн шт. нерка нагуливалась при дефиците пищи, в среднем, составляющем 480 т СВП. В 2001–2016 гг. в озере, при средней биомассе планктонных ракообразных  $1,4 \text{ г/м}^3$ , нагуливалось 110 млн шт. молоди нерки, масса тела покатной нерки была в пределах среднемноголетних значений, что может свидетельствовать о благоприятных трофических условиях молоди нерки в эти годы. За исключением 2003–2005 гг., когда из-за вспышки численности трехиглой колюшки и малоротой корюшки (40 экз./мин), молодь нерки нагуливалась при недостатке 110 т СВП. К 2008 г. биомасса планктонных ракообразных возросла до  $2,5 \text{ г/м}^3$ , масса тела покатной молоди – до 17,3 г ( $A_{2+}$ ) и 11,3 г ( $E_{1+}$ ), что явилось следствием пеплопада на бассейн водоема в мае 2004 г. при извержении влк. Шивелуч.

Вспышки численности пищевых конкурентов молоди нерки в озере, как и пеплопады при извержении вулканов Ключевской группы и Шивелуч непредсказуемы. Следовательно, для сохранения статуса высокопродуктивного водоема для оз. Азабачье необходимо не допускать переполнений нерестилищ, что последние 15 лет достигается путем повышения количества неводов в Камчатском заливе.

## TROPHIC SITUATION FOR JUVENILE SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA* WALB.) IN THE LAKE AZABACHYE (KAMCHATKA)

L. A. Bazarkina

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
e-mail: [bazarkina.l.a@kamniro.ru](mailto:bazarkina.l.a@kamniro.ru)

The lake Azabachye is the place of spawning for one of the most abundant stocks of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walb.) in Asia (Bugaev, 2011). Here the freshwater period of life of the sockeye salmon of the Azabachye herd (herd "A") and juvenile sockeye salmon from the tributaries of the lower part of Kamchatka river, migrating to the lake by as underyearlings (group "E") (Bugaev, 1981, 1984). During two-three years of life in the pelagic zone of the lake sockeye salmon is feeding on plankton crustaceans (Bazarkina, 2004).

The trophic situation for juvenile sockeye salmon in the lake Azabachye depends on the number (biomass) of the plankton crustaceans on the one hand and on the number of juvenile sockeye salmon and the other plankton eating species, including threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* Linne) and pond smelt (*Hypomesus olidus* Pallas), on the other hand.

Judging by average annual level of the biomass of pelagic crustaceans in Azabachye lake for 1981–2010 ( $1,3 \text{ g/m}^3$ , what should mean 150 t of dry plankton substance for the lake in the whole), the lake annually provides food for 90 million juvenile sockeye salmon individuals. How strong the supply for the juvenile stock in Azabachye is can be estimated directly on the biological indexes of migrating juvenile fish – the two-year-old individuals of the «A» herd ( $A_{2+}$ ) and the yearlings of the «E» group ( $E_{1+}$ ), having the average body weight respectively 10,3 and 7,1 g for the period 1981–2010. It is found that the body weight of the smolts  $E_{1+}$  depends on the trophic situation in the year of migration ( $r=0,707$ ;  $P>0,99$ ), and of the smolts  $A_{2+}$  – equally on the biomass of the pelagic crustaceans in the year of migration ( $r=0,784$ ;  $P>0,99$ ) and in the previous year ( $r=0,781$ ;  $P>0,99$ ).

During the period 1982–1986 averagely 310 million sockeye salmon individuals were feeding in the lake, requiring 530 tons of dry plankton substance (DPS). The in-fact weight of DPS was 50 t. Moreover, the trawl catches for the period revealed increasing frequency of threespine stickleback from 2 to 85 fish/minute, what also affected conditions of sockeye salmon smolts, having very low body weight in 1986 ( $A_{2+} = 4,2 \text{ g}$ ;  $E_{1+} = 3,8 \text{ g}$ ). Better situation for juvenile sockeye salmon in 1988–1994 had formed under optimal number of foraging sockeye salmon in 1987–1992 on the background of decreasing number of threespine stickleback from 42 to 1 fish/minute and increasing biomass of the pelagic crustaceans in 1992–1994 from  $1,1$  to  $2,8 \text{ g/m}^3$  as a result of fertilization of the basin with the ash of Kluchevskaya Sopka volcano in April of 1990. In 1993 the body weight of the smolts  $E_{1+}$  was 10,3 g, and in 1994 the body weight of the smolts  $A_{2+}$  was 18,2 g. During next increase of juvenile sockeye salmon abundance in 1993–1998 from 300 to 650 million individuals' sockeye salmon was in deficiency of forage, averagely 480 t of DPS. In 2001–2016 110 million juvenile sockeye salmon individuals were feeding in the lake, and the average biomass of plankton crustaceans was  $1,4 \text{ g/m}^3$ . The body weight of smolts varied in the average annual ranges, what can indicate of favourable trophic situation for juvenile sockeye salmon in mentioned years. Except the period 2003–2005, when due to erupted abundance of threespine stickleback and pond smelt (40 fish/minute) juvenile sockeye salmon was feeding in debt of 110 t of DPS. By 2008 the biomass of the plankton crustaceans increased up to  $2,5 \text{ g/m}^3$ , and the body weight of migrating sockeye salmon – up to 17,3 g ( $A_{2+}$ ) and 11,3 g ( $E_{1+}$ ), what was result of the ash-fall over the basin in May of 2004 during eruption of Shiveluch volcano.

Both, the fluctuations of the food competitors of sockeye salmon in the lake and the ash-falls from the Kluchevskaya group and Shiveluch volcanic cluster hardly can be predicted. This is why sustainable highly productive status of Azabachye lake is based on prevention spawning grounds from excessive number of spawners, what works recent 15 years through rational regulation of the number of seines in Kamchatsky Gulf.

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПИТАНИЯ МОЛОДИ КУМЖИ В МАЛОЙ РЕКЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

И. А. Барышев, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов, М. А. Ручьев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского  
научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия,

e-mail: [i\\_baryshev@mail.ru](mailto:i_baryshev@mail.ru)

Известно, что основу рациона молоди кумжи *Salmo trutta* L. в реке составляют беспозвоночные организмы, как бентосные, так и случайно попавшие в воду наземные. Вместе с тем, нет четкого понимания, насколько этот вид рыбы избирателен в питании, и, в какой мере, рацион зависит от состава кормовых объектов в разные сезоны года.

Работу проводили на р. Большая Уя (басс. Онежского озера). Длина реки 11 км, ширина русла в нижнем течении 4–5 м. В июне и октябре 2016 г. исследовали видовой состав, количественные характеристики зообентоса и состав питания кумжи. Собрано и обработано 7 проб зообентоса (3 – 27.06.2016; 4 – 19.10.2016), проанализировано питание 55 особей кумжи в возрасте 2+ (42 особи) и 3+ (13 особей). Дневная температура воды в период исследований составила 13–14 °С в июне и 8–9 °С в октябре.

Отмечено достаточно интенсивное питание кумжи: индекс наполнения желудков составил 261 (67–418) ‰ в июне и 175 (0–659) ‰ в октябре. Установлено, что спектр питания кумжи определяется кормовой базой. Однако он имеет особенности, связанные с избирательным потреблением пищевых объектов. Выявлено существенное отличие рациона кумжи в июне от такового в октябре (многооткликовая пермутационная процедура MRPP, программа PC-ORD 6.19, A=0,23, p=0,0000). При помощи индекса Чекановского показано высокое соответствие спектра питания тому составу зообентоса, который был в реке в это время, что указывает на зависимость рациона от кормовой базы (табл.).

Таблица. Соответствие состава зообентоса спектру питания (индекс Чекановского)

Питание кумжи	Зообентос	
	Июнь	Октябрь
Июнь	0,39 (0,27)*	0,13(0,07)
Октябрь	0,04 (0,12)	0,31 (0,21)

\* без скобок — по численности, в скобках — по биомассе

Вместе с тем, установлена и избирательность в выборе пищевых объектов кумжей. Так, в составе питания практически отсутствуют организмы групп Oligochaeta, Tipulidae и Limoniidae, которые составляют существенную долю в зообентосе, что может быть объяснено их образом жизни — в толще грунта. Поскольку молодь кумжи вылавливает кормовые объекты из потока воды, то в первую очередь в рационе присутствуют виды, обитающие на поверхности субстрата и активно участвующие в дрефте — Simuliidae, Plecoptera, Trichoptera. Их доля в питании превышает таковую в зообентосе. Увеличение избирательности в питании выявлено осенью. Так, в этот период соответствие спектра питания составу зообентоса снижено, по сравнению с летом. Часть рыб осенью значительно снизила интенсивность питания (50% особей имели индекс наполнения желудков менее 100 ‰). Вместе с тем, средний размер пищевого объекта увеличился с 3 мг (в июне) до 28 мг (в октябре). В составе питания стали встречаться сеголетки лягушки (16% рыб), крупные относительно других кормовых объектов. Вероятно, при сезонном снижении температуры воды рыба стала менее активна и атаковала только крупные, ценные в энергетическом плане кормовые объекты.

Таким образом, с одной стороны, спектр питания молоди кумжи зависит от кормовой базы и в течение года меняется вместе с ней, а с другой стороны в питании рыб прослежены тенденции к избирательности, которые усиливаются при низких температурах в осеннее время.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФ № 14-24-00102.

## VARIABILITY AND SELECTIVITY OF JUVENILE TROUT FEEDING IN THE SMALL RIVER OF LAKE ONEGA

I. A. Baryshev, A. E. Veselov, D. A. Efremov, M. A. Ruchyev

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [i\\_baryshev@mail.ru](mailto:i_baryshev@mail.ru)*

It is known that the basis of the diet of *Salmo trutta* L. fry in the rivers is invertebrate organisms, both benthic and terrestrial, which accidentally fell into the water. At the same time, there is no clear understanding of how much this species of fish is legible in nutrition, and how the composition of food in the stomach depends on the spectrum of food objects in different seasons of the year.

The study was carried out on the small river Bolshaya Uya (the Onega Lake Basin). The length of the river is 11 km, the channel width is in the lower reaches of 4–5 m. In June and October 2016, the species composition and quantitative characteristics of zoobenthos and the composition of feeding of trout were investigated. Seven quantitative samples of zoobenthos were collected (3 – June 27, 2016, October 4 – October 10, 2016), nutrition of 55 individuals of trout at the age of 2+ (42 individuals) and 3+ (13 individuals) was analyzed. The daytime water temperature during the study period was 13–14 °C in June and 8–9 °C in October.

A fairly intense feeding of trout was noted: the index of stomach filling was 261 (67–418) ‰ in June and 175 (0–659) ‰ in October. It was found out that the feeding range of trout is determined by the forage base, but it has features related to selective consumption of food objects. A significant difference in the diet of trout in June from that in October was found (multi-response permutation procedure MRPP, program PC-ORD 6.19, A=0.23, p=0.0000). The high correspondence of the food spectrum to the composition of the zoobenthos was shown using the Chekanovsky index. This indicates that the diet of fry depends on the food base (tabl.).

Table. Correspondence of the composition of zoobenthos to the food spectrum (Chekanovsky index)

Trout fry diet	Zoobenthos	
	June	October
June	0,39 (0,27)*	0,13(0,07)
October	0,04 (0,12)	0,31 (0,21)

\*without parentheses – by number, in parentheses – by biomass

At the same time, selectivity in the diet of trout is also found. So, in the composition of nutrition there are practically no organisms of the groups Oligochaeta, Tipulidae and Limoniidae, although they constitute a significant proportion in the zoobenthos. This can be explained by their ecology – they inhabit the bottom sediments. Since juvenile trout fish catches fodder objects from the water stream, first of all, the species that live on the surface of the substrate and actively participate in drift – Simuliidae, Plecoptera, Trichoptera. The share of these organisms in the diet of fry is greater than in zoobenthos. In autumn fish are pickier about food. In this period, the food composition is less similar to zoobenthos than in summer. Some fish significantly reduced the intensity of nutrition (50% of individuals had a stomach filling index of less than 100 ‰). At the same time, the average size of a food object increased from 3 mg (in June) to 28 mg (in October). In the autumn in the stomachs of 16% of fish we found young frogs, which are larger than other food objects. Probably, with a seasonal decrease in water temperature, the fish became passive and attacked only large, energetically valuable fodder objects.

Thus, on the one hand, the feeding spectrum of juvenile trout depends on the food base and changes with it during the year. On the other hand, trends in selectivity have been traced in fish nutrition, which are amplified at low temperatures in the autumn.

*Financial support on the RNF project No. 14-24-00102.*

## ОСОБЕННОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА КЕМСКОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ

М. С. Бомбина<sup>1</sup>, Н. В. Ильмаст<sup>2</sup>, С. И. Иванов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [ilmast@mail.ru](mailto:ilmast@mail.ru)

<sup>3</sup>Карельский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов», г. Петрозаводск, Россия

В последние десятилетия вследствие влияния различных антропогенных факторов (гидростроительство, лесосплавные работы, загрязнение, нелегальный вылов и др.) резко сократилась численность лососевых рыб в водоемах Северо-Запада России. Одним из наиболее быстрых и эффективных путей восстановления численности лосося является его искусственное воспроизводство. Кемский рыболовный завод располагается на реке Кемь (бассейн Белого моря). Проектная мощность предприятия - 160 тыс. шт. двухгодовиков лососевых видов рыб. На заводе осуществляются следующие технологические процессы: отлов и транспортировка производителей (река Кемь); выдерживание производителей (река Кемь); получение половых продуктов и осеменение икры (река Кемь); инкубацию икры (реки Кемь, Кереть, Шуя); выдерживание предличинок; подращивание личинок и выращивание сеголетков; выращивание годовиков; выращивание двухгодовиков; выпуск двухгодовиков. В 2014 году на рыболовный завод была доставлена икра озерного лосося реки Шуя, а также икра семги рек Кереть и Кемь. Анализ материалов показал, что отход икры за период инкубации составил: у озерного лосося – 8,9%, у семги рек Кемь и Кереть – по 3%. Повышенный отход икры у шуйской популяции лосося может быть связан с дефицитом качественных половых продуктов, а также с рядом факторов технического характера. Результаты выращивания двухлеток лосося в 2014 году свидетельствуют, что к концу сезона выращивания средняя масса двухлеток составила около 39 г, что соответствует принятым нормативам. В целом, для восстановления и поддержания изначальной структуры популяций атлантического лосося в карельских водоемах необходимо проведение целенаправленных рыболовных работ, включающих заводское воспроизводство, рыбоохранные мероприятия, а также рекультивацию нерестово-вырастных участков.

## **CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL ATLANTIC SALMON REPRODUCTION AT KEM FISH FARM**

M. S. Bombina<sup>1</sup>, N. V. Ilmast<sup>2</sup>, S. I. Ivanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [ilmast@mail.ru](mailto:ilmast@mail.ru)*

<sup>3</sup>*Karelian branch of Federal State Budgetary Institution "The Main Basin Department for Fisheries  
and Conservation of Aquatic Biological Resources", Petrozavodsk, Russia*

The salmonid population of water bodies in Northwest Russia, affected by various human activities (construction of hydropower plants, timber rafting, pollution, illegal fishing, etc.) has considerably decreased in the past few decades. One of the fastest and most efficient ways of restoring the salmon population is artificial reproduction. Kem Fish Farm is located on the River Kem (White Sea basin). The designed capacity of the farm is 160 000 two-year-old salmonid fish. The technological processes at the farm are as follows: catching and transporting producers (River Kem); keeping the producers in fish ponds (River Kem); obtaining sexual products and insemination of eggs (River Kem); egg incubation (rivers Kem, Keret and Shuya); keeping pre-larvae in ponds; rearing larvae and fingerlings; rearing yearlings; rearing two-year-old fish; and releasing two-year-old fish. In 2014, the eggs of lake salmon from the River Shuya and the eggs of Atlantic salmon from the rivers Keret and Kem were delivered to the fish farm. Analysis of the materials showed that the egg mortality during an incubation period was 8.9% for lake salmon and 3% for Atlantic salmon from each of the rivers Kem and Keret. The elevated egg mortality of Shuya salmon population could be due to the shortage of high-quality sexual products and some technical factors. The results of the rearing of two-year-old salmon in 2014 indicate that the average mass of two-year-old fish by the end of the season was about 39 g, which is consistent with the generally accepted norm. To restore and maintain the initial structure of Atlantic salmon populations in Karelian water bodies, purpose-oriented fish farming, which includes farm reproduction and fish protection activities, as well as recultivation of spawning-and-growing grounds is needed.

## ВТОРИЧНАЯ ИНТЕРГРАДАЦИЯ ПЫЖЬЯНОВИДНЫХ СИГОВ В БАССЕЙНЕ Р. ЕНИСЕЙ

Н. А. Бочкарев<sup>1</sup>, Е. И. Зуйкова<sup>1</sup>, М. М. Соловьев<sup>1,2</sup>, Д. В. Политов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: [ih@eco.nsc.ru](mailto:ih@eco.nsc.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,  
г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики имени Н. И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Россия

Морфологический анализ различных популяций сигов из бассейна р. Енисей (реки Абакан, Большой Енисей, Хамсара, озера Каракуль, Тоджа, Кадыш, Борзу–Холь, Нойон–Холь) показал, что число жаберных тычинок на первой жаберной дуге (*sp.br.*) в популяциях сигов возрастает от нижних водоемов к верхним, а число прободенных чешуй (*ll*), напротив, снижается. Так, у сигов из оз. Тоджа жаберных тычинок в среднем 21.08, у сигов оз. Кадыш (выше по течению) – 23.10. У сигов из оз. Борзу–Холь жаберных тычинок 23.04, у сигов оз. Нойон–Холь (выше по течению) – 25.13. Число прободенных чешуй у сигов из оз. Тоджа равно 88.85, у сигов из оз. Кадыш – 82.90; из оз. Борзу–Холь – 89.44, в оз. Нойон–Холь – 85.62. У речных сигов из р. Большой Енисей *sp.br.* = 21.85 и *ll* = 85.46, у сигов из р. Хамсара – 21.55 и 85.88, соответственно. Изучение популяций сигов в системе «река – озеро» в бассейне р. Большой Абакан показало, что у сигов из оз. Каракуль жаберных тычинок больше (25.24), чем у сигов из р. Большой Абакан (21.11), а прободенных чешуй в боковой линии, наоборот, меньше (82.90 и 83.69, соответственно). Изучение полиморфизма фрагмента генов 16S-ND1 мтДНК в популяциях сигов из р. Большой Абакан, оз. Каракуль и озер Тоджинской котловины показало, что популяция сигов из оз. Каракуль имеет самое низкое генетическое разнообразие. Более высокий генетический полиморфизм выявлен в популяциях сигов в водоемах Тоджинской котловины. Максимальный уровень генетического полиморфизма обнаружен в небольшой популяции сигов из р. Большой Абакан. Филогенетический анализ популяций сигов выявил общие гаплотипы в р. Большой Абакан, в водоемах Тоджинской котловины и в оз. Каракуль. Кроме того, они тесно связаны с гаплотипами сигов из р. Марха (бассейн р. Виллой). Эти гаплотипы формируют отдельные цепи, идентифицировать которые с помощью имеющихся данных не удается. Для оценки демографической истории популяций были построены графики распределения числа попарных различий между нуклеотидными последовательностями. Анализ наблюдаемого и ожидаемого распределения показал, что только в популяции сигов из оз. Каракуль они совпадают. Во всех остальных сравнениях выявлены различия между ожидаемой и наблюдаемой кривыми и для последней отмечено несколько пиков. Это, скорее всего, указывает на чередование периодов изменения эффективного размера популяций сигов, и подтверждает наше предположение о существовании потока генов между популяциями как внутри бассейна, так и между различными бассейнами. Одинаковый характер кривых ожидаемого и наблюдаемого распределений в популяции сигов из оз. Каракуль свидетельствует об относительно недавнем заселении озера небольшим числом производителей. Результаты морфологического и генетического анализов указывают на разнокачественность популяций сигов в оз. Каракуль и р. Большой Абакан. Малая протяженность р. Озерная, соединяющей озеро и реку, и отсутствие на ней порогов позволяют утверждать, что миграция сигов не ограничена в обоих направлениях. Тем не менее, между популяциями обнаружены достоверные различия по морфологическим и генетическим признакам. Отчетливая «ступень», как правило, формируется в результате встречного расселения ранее изолированных форм/популяций. Следовательно, в бассейне р. Абакан обитают разные по происхождению популяции, и происходит гибридизация между генетически дивергентными линиями сигов. Очевидно, что система «река–озеро» представляет зону контакта между фенотипически различными популяциями. Принадлежность одной из филогенетических линий к восточно–сибирским сигам подтверждает широтную миграционную активность сигов в постледниковый период.

## SECONDARY INTERGRADATION AMONG PIDSCHIAN-LIKE WHITEFISHES IN THE YENISEI RIVER BASIN

N. A. Bochkarev<sup>1</sup>, E. I. Zuykova<sup>1</sup>, M. M. Solovyev<sup>1,2</sup>, D. V. Politov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Novosibirsk, Russia, e-mail: ih@eco.nsc.ru*

<sup>2</sup>*Tomsk State University, Tomsk, Russia*

<sup>3</sup>*Vavilov Institute of General Genetic, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

The morphological analysis of different whitefish populations from the basin of the Yenisei River (the Abakan River, Bolshoi Yenisei, Khamsara, the lakes Karakul, Todzha, Kadysh, Borzu-Khol, and Noyon-Khol) showed that the gill raker numbers on the brachial arch increase in whitefish populations from water bodies situated upstream of rivers to water bodies situated downstream of rivers. On the contrary, the lateral line scale counts decrease in this direction. So, the whitefishes from Lake Todzha have 21.08 gill rakers, the whitefishes from Lake Kadysh (downstream) – 23.10. The whitefishes from Lake Borzu-Khol have 23.04 gill rakers, the whitefishes from Lake Noyon-Khol (downstream) – 25.13. The whitefishes from Lake Todzha have 88.85 the lateral line scales, from Lake Kadysh – 82.90; the whitefishes from Lake Borzu-Khol – 89.44, from Lake Noyon-Khol – 85.62. The riverine whitefishes from the Bolshoi Yenisei River are characterized by following traits: *sp.br.* = 21.85 and *ll* = 85.46, the whitefishes from the Khamsara River – 21.55 and 85.88, respectively. The study of whitefish populations in the «river-lake» system of the Bolshoi Abakan River basin showed that population from Lake Karakul has more gill rakers on the first brachial arch (25.24) than thereof from the Bolshoi Abakan River (21.11), and less lateral line scales (82.90 and 83.69, respectively). The study of a polymorphism of the 16S-ND1 genes of the mtDNA in the whitefish populations from the Bolshoi Abakan River, Lake Karakul and the lakes of the Todzha Depression showed that the population from Lake Karakul has the lowest genetic diversity. A higher polymorphism was revealed in the whitefish populations inhabiting the lakes of the Todzha Depression. The maximum level of the genetic polymorphism is found in small whitefish population from the Bolshoi Abakan River. The phylogenetic analysis of whitefish populations revealed the common haplotypes in the Bolshoi Abakan River, the lakes of the Todzha Depression and Lake Karakul. Besides, they are closely joined with haplotypes from the Markha River (the Vilyui River basin). These haplotypes form separate chains which do not manage to be identified by means of the available data. To assess of demographic history of the populations the mismatch distribution were evaluated. The observed and expected distribution is congruent in the whitefish population from Lake Karakul only. In all other comparisons the differences between the expected and observed curves are revealed and for the last several peaks are noted. Probably, this denotes alternation of the periods of change of the efficient size of whitefish populations and confirms our assumption about the gene flow between populations both within one basin, and between different riverine basins. Same rates of the mismatch distributions in the whitefish population from Lake Karakul demonstrate rather recent colonization of the lake by a small number of individuals. The results of the morphological and genetic analyses demonstrate that Lake Karakul and the Bolshoi Abakan River inhabit the different whitefish populations. Small length of the Ozoernaya River connecting Lake Karakul and the Bolshoi Abakan River and lack of rock-bars allow to claim that migration of whitefishes is not limited in both directions. Nevertheless, between these populations the significant differences on morphological and genetic traits were found. As a rule, clear “grade” is formed in result of oncoming dispersion of earlier isolated forms/populations. Therefore, the origin of the populations inhabiting the Abakan River basin is different, and there is hybridization between genetically divergent whitefish lineages. Obviously, this “river – lake” system represents a contact zone between morphologically different whitefish populations. One phylogenetic lineage belongs to the East Siberian whitefishes and this confirms that the latitudinal migration of whitefishes has been existed during the postglacial period.



# ПЕРВЫЙ СЛУЧАЙ ВЫДЕЛЕНИЯ ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ У ЗАВОДСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*) НА КАМЧАТКЕ

Е. В. Бочкова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,  
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [Bochkova.e.v.@kamniro.ru](mailto:Bochkova.e.v.@kamniro.ru)

Кеты (*Oncorhynchus keta*) разводят на трех из пяти лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ) Камчатки, но только на одном (ЛРЗ «Озерки» — ОЛРЗ) второй выращиваемый вид рыб — нерка (*O. nerka*). У камчатских производителей нерки с 2001 г. мы практически ежегодно выделяем сертифицируемого облигатного патогена — вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани (Infectious hematopoietic necrosis virus — IHNV), способного вызывать у молоди лососей острые вспышки заболевания со смертностью в заводских условиях до 100% рыб. В 2004 г. у личинок и мальков нерки на ОЛРЗ диагностировали вспышку ИHN, нанесшую заводу значительный экономический ущерб. В ходе обследования состояния здоровья заводских производителей лососей в 2015 г. у нерки и впервые на Камчатке и в России у кеты на ОЛРЗ выделили вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани. Идентификацию патогена провели с помощью обратнo транскриптазной полимеразной цепной реакции (ОТ-ПЦР). Распространенность IHNV составила 33,3% у кеты и 66,7% у нерки, средние значения титров вирусных изолятов —  $0,4 \times 10^8$  ТЦД<sub>50</sub>/мл у обоих видов (эпизоотически значимое —  $0,4 \times 10^5$  ТЦД<sub>50</sub>/мл).

На ОЛРЗ закладка икры нерки и кеты на инкубацию происходила практически одновременно. Производителей обоих видов рыб выдерживали в садках с одним источником водоснабжения и в непосредственной близости друг с другом. IHNV высококонтагиозен, длительное время сохраняет в воде свою жизнеспособность. Учитывая высокую распространенность (66,7%) и вирулентность (средний титр  $0,4 \times 10^{8,0}$  ТЦД<sub>50</sub>/мл) IHNV у нерки, вероятнее всего предположить, что заражение кеты произошло через воду в результате горизонтальной трансмиссии вируса от инфицированных рыб. У нерки патогена обнаружили у рыб обоих полов, у кеты носителями вируса были только самцы. Возможно, это связано с тесным тактильным контактом и травмированием рыб, вирус проникал в организм хозяина через повреждения кожи. На момент проведения исследований самки кеты и нерки находились в разных садках, самцы — в одном с очень высокой плотностью посадки.

Нерка и кокани считаются «естественными» хозяевами IHNV. Ряд хозяев расширился благодаря передвижениям анадромных лососей и связанных с аквакультурой бесконтрольных перевозок инфицированных рыб и икры, с частичной адаптацией вируса к альтернативному хозяину, и, как правило, с уменьшением его патогенности (La Patra, 1998). Средние значения титров изолятов, выделенных от нерки и кеты на ОЛРЗ, не различались, что может подтверждать успешную адаптацию вируса к новому хозяину и создавать реальную угрозу возникновения вспышки ИHN у заводских мальков кеты. Генетическое типирование камчатских изолятов вируса, выделенных у нерки, показало, что все они находятся внутри геногруппы U и сходны или идентичны североамериканским (Рудакова и др., 2015). В ходе филогенетических исследований IHNV, проведенных в США, высказано предположение, что эволюция его геногрупп связана с внедрением вируса в новые регионы и/или с переключением на нового хозяина (Rhabdoviruses: Molecular Taxonomy, Evolution, Genomics, Ecology, Host-vector Interactions, Cytopathology and Control, 2012). Продолжение работ по генетическому типированию позволит определить, на какой ветви филогенетического дерева находятся изоляты IHNV, обнаруженные у камчатской кеты.

**FIRST DETECTION OF INFECTIOUS HEMATOPOIETIC NECROSIS VIRUS  
IN MATURE CHUM (*ONCORHYNCHUS KETA*) ON SALMON  
HATCHERY (KAMCHATKA)**

E. V. Bochkova

*Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky,  
Russia, e-mail: [Bochkova.e.v@kamniro.ru](mailto:Bochkova.e.v@kamniro.ru)*

Infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) is important pathogen in world salmon aquaculture. For the first time in Russia, IHNV was isolated from the mature chum (*Oncorhynchus keta*), caught for the salmon hatchery in Kamchatka. Viral pathogen was identified by reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR). The prevalence of IHNV was 33.3%, mean virus titer was  $0.4 \times 10^8$  TCID<sub>50</sub>/ml. Most likely, the infection of chum occurred through water as a result of vertical transmission from the mature sockeye (*O. nerka*): it was virus carrier and it was contained on this hatchery at the same time. The prevalence of IHNV in sockeye salmon was 66.7%, mean virus titer was  $0.4 \times 10^8$  TCID<sub>50</sub>/ml. Mean titers meanings of IHNV isolated from sockeye and chum salmon were not differing, consequently, the adaptation of the virus to the new host was successful. Genetic typing of IHNV has shown, that all Kamchatka sockeye isolates are inside the U genogroup and similar or identical to North American isolates. These works will be continued, they will help to determine on which branch of the phylogenetic tree the IHNV, isolated from Kamchatka chum, is located. These results are important for further studies epidemiology and evolution of IHNV.

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИИ РЕКИ И СОСТАВА ГИДРОБИОНТОВ НА ФАУНУ ПАЗАРИТОВ ЮЖНОЙ МАЛЬМЫ

Т. Е. Буторина, О. Ю. Бусарова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», г. Владивосток, Россия, e-mail: [boutorina@mail.ru](mailto:boutorina@mail.ru)

Паразитофауна южной мальмы из исследованных нами водоемов различается по составу. В верховьях р. Каменка (среднее течение р. Лютога, южный Сахалин) с каменистым дном и большой скоростью течения она представлена 5 видами, инвазия которыми (в комплексе с анализом содержимого желудков) свидетельствует о преимущественном питании личинками амфибиотических насекомых, а также икрой и воздушными насекомыми, что характерно для ручьевого формы. Ниже по течению в р. Лютога у южной мальмы отмечены не встреченный нами *Crepidostomum farionis*, а из более редких видов – *Syathocephalus truncatus*, что указывает на включение в ее рацион планктобентоса (бокоплавов). Расширение спектра питания мальмы подтверждается находками у нее на Сахалине *Salvelineta salmonicola*, *Crepidostomum metoecus* и *Neoechinorhynchus beringianus* (Соколов и др., 2012).

Мальма из р. Рейдовая на о. Итуруп заражена 7 видами паразитов, в том числе два общих с мальмой р. Каменка вида *Muxobolus arcticus* и *Cucullanus truttae*. В отличие от мальмы р. Лютога, в р. Рейдовая мальма сильно заражена скребнями *E. cryophilus* и нематодами *Salvelineta salmonicola*, т.е. основным объектом ее питания служат гаммариды – промежуточные хозяева этих паразитов. Слабая инвазия нематодой *Philonema oncorhynchi* и единичная находка *Eubothrium* sp. говорят о том, что планктонные ракообразные также включены в диету рыб, однако их доля незначительна.

Паразитофауна мальмы рек Северо-Востока Приморья более разнообразна и отражает ее широкие трофические связи не только с бентосными организмами (амфиподами, личинками амфибиотических насекомых, олигохетами), но и, более редкие, – с планктонными ракообразными. У мальмы из р. Фроловка (приток р. Партизанской) на северо-востоке Приморья встречаются *Cucullanus truttae* и *Salmoneta ephemeridarum*, всего у нее нами найдено 6 видов паразитов. Паразиты южной мальмы отличаются холодолюбивостью, оксифильностью, реофильностью и большая часть их эвригалинна.

В исследованных реках южная мальма является речным (ручьевым) бентофагом, а главным ресурсом для нее служат массовые виды бентосных беспозвоночных. Состав бентофауны, численность и биомасса беспозвоночных (потенциальный запас конкретных экосистем) меняются по сезонам и определяют видовую структуру фауны паразитов мальмы и доминирование тех или иных видов.

В дополнение к сказанному интересно отметить, что в верховьях р. Уссури мальма «из-за бедного количественного состава беспозвоночных» перешла на питание рыбой и использует «наиболее эвритермные виды», которые в летнее время мигрируют вверх по течению реки (Ермоленко и др., 1998).

Различия в паразитофауне мальмы в упомянутых выше реках связаны с их гидрологией, разными условиями обитания и различиями в составе бентоса. Речная мальма чаще всего использует наиболее массовый и доступный корм, но при этом включает в рацион практически все доступные объекты питания. Это свидетельствует о ее больших адаптационных возможностях: из всех видов гольцов мальма, подобно американской палии, отличается наибольшей экологической пластичностью.

## INFLUENCE OF RIVER HYDROLOGY AND COMPOSITION OF HYDROBIONTS ON PARASITE FAUNA OF SOUTHERN DOLLY VARDEN

T. E. Boutorina, O. Yu. Busarova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia,

e-mail: [boutorina@mail.ru](mailto:boutorina@mail.ru)

The parasite fauna of southern Dolly Varden, *Salvelinus malma*, was studied by us in the rivers of Primorye region (the Frolovka River, tributary of the Partizanskaya river in the northeast of the region), South of Sakhalin Island (the Kamenka River in the middle reaches of the Lyutoga River), and Iturup Island (the Reydovaya River) (Boutorina, 1996; Boutorina et al., 2011; Busarova, Boutorina, 2016).

In upper reach of the Kamenka River, characterized by stony riverbed and high speed of current, *malma* hosts 5 species of parasites. These species invasion and stomach content of the fish confirms that *S. malma* feeds mainly on larvae of mayflies (ephemeropterids), roe, and aerial insects. This is typical for brook ecotype. In lower reach of the Lyutoga River, *malma* is also infected by *Crepidostomum farionis* and rare *Cyathocephalus truncatus* that indicates inclusion of amphipods in the fish diet. The increase in diversity of the *malma* diet in the middle reach of the river comparing to the upper reach, is confirmed by the findings of *Salvelinema salmonicola*, *Crepidostomum metoecus*, and *Neoechinorhynchus beringianus* in dolly varden on Sakhalin Island (Sokolov et al., 2012).

*S. malma* of the Reydovaya River is infected by 7 species of parasites, including *Myxobolus arcticus* and *Cucullanus truttae* that are common with the Kamenka River species. Unlike the Lyutoga River basin, Dolly Varden of the Reydovaya River is heavily infected by *Echinorhynchus cryophilus* and *Salvelinema salmonicola*, i.e. the contamination occurs when fish feeds on gammarids, the intermediate host of the parasites. Low number of *Philonema oncorhynchi* and single find of *Eubothrium* sp. testifies that planktonic crustaceans also included into fish diet, but their quota is insignificant.

The parasite fauna of the southern *malma* in the rivers of North-East of Primorye is more diverse and is a reflection of its wide trophic relations not only with benthic organisms (amphipods, the larvae of different amphibiotic insects, and oligochaetes), but also rarer - with planktonic crustaceans. Dolly varden from the Frolovka River is infected with 6 species of parasites, including *Cucullanus truttae* and *Salmonema ephemeridarum*, characterized by psychrophiles, oxypurinol and adaptability to rivers.

In upper reach of the Ussuri River in Primorye, resident *malma* began to feed on fish «due to the depletion of the quantitative composition of the river invertebrates», using «the most eurythermal» fish species that migrate up the river in summer (Ermolenko et al., 1998). As a result, the fauna of parasites in dolly varden of the Ussuri River has a great diversity.

Thus, the differences in parasite faunas of southern *malma* in the above-mentioned rivers depend on the rivers hydrology, environmental conditions and the differences in the benthos composition. The fluvial dolly varden often feeds on most available and easiest accessible preys, but also includes all available feeding objects. This testifies its great adaptation possibilities: among all species of Pacific chars, Dolly Varden stands out as a species with the most ecological tolerance and plasticity.

## АССИМИЛЯЦИЯ ЛИПИДОВ У РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS (WALBAUM, 1792)*

О. Б. Васильева<sup>1</sup>, М. А. Назарова<sup>2</sup>, Н. Н. Немова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [vasil@krc.karelia.ru](mailto:vasil@krc.karelia.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вологодский государственный университет», г. Вологда, Россия

Неотъемлемой частью современной трофологии являются исследования закономерностей ассимиляции питательных веществ. Липиды относятся к первичным нутриентам, которые служат важными пищевыми компонентами, поскольку играют значительную роль в метаболических процессах и обеспечении гомеостаза организма в целом. Трофический фактор оказывает доминирующее влияние на состав и концентрацию многих липидных компонентов в тканях рыб, в особенности фосфолипидов, так как при их достаточном поступлении в составе корма, синтез *de-novo* данных соединений не осуществляется. Триацилглицерины относятся к запасным липидам, и от степени ассимиляции данных компонентов будет зависеть энергообеспечение организма рыб. Исходя из этого, использование липидных показателей метаболизма рыб как пищевых маркеров является одним из перспективных направлений в изучении физиолого-биохимических аспектов ассимиляции пищи. Целью данной работы являлась оценка ассимиляции липидных компонентов пищевого комка из разных отделов кишечника у аквакультуры форели.

Объектом исследования была радужная форель *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) возраста 1+, культивируемая в форелевом хозяйстве, расположенном в северной части Ладожского озера. Исследование некоторых липидных параметров (общих липидов, фосфолипидов и триацилглицеринов) проводилось в корме, пищевом комке из следующих отделов пищеварительного тракта рыб – желудок, проксимальный, медиальный и дистальный отделы кишечника. В ходе работы были использованы общепринятые методы биохимического анализа (Сидоров, 1972; Folch et al., 1957; Engelbrecht, 1974). Обработку данных осуществляли стандартными статистическими методами (Елисеева, 2007). Исследование выполнено с использованием Центра коллективного пользования научным оборудованием ИБ КарНЦ РАН.

В результате проведенного исследования установлено значительное снижение уровня общих липидов в пищевом комке по мере его переваривания. Перемещение пищевого комка из проксимального отдела кишечника в медиальный и, затем, в дистальный сопровождалось значительным снижением концентрации всех липидных нутриентов, хотя степень ассимиляции липидов в проксимальном и медиальном отделах кишечника различалась. Известно, что у рыб лучше всего усваиваются липиды в проксимальном отделе кишечника. В нашем исследовании установлена аналогичная тенденция, однако, для стероидов (холестерина и, особенно, эфиров холестерина) степень ассимиляции значительно выше в медиальном отделе кишечника. При оценке суммарной степени ассимиляции липидных компонентов было выявлено, что наибольший уровень всасывания характерен для триацилглицеринов (80%). Триацилглицерины относятся к запасным липидам, и жирные кислоты, входящие в их состав, преимущественно используются как субстраты для окисления, участвуя в энергетическом обмене рыб. Согласно результатам данной работы, у форели усваивается около 50% фосфолипидов корма.

*Работа выполнялась в рамках государственного задания (№ темы 0221-2014-0033), при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» № 0221-2015-0003: «Динамика изменений ихтиофауны пресноводных экосистем Европейского Севера России при климатическом и антропогенном воздействии».*

## ASSIMILATION OF LIPID IN RAINBOW TROUT

### PARASALMO MYKISS (WALBAUM, 1792)

O. B. Vasilyeva<sup>1</sup>, M. A. Nazarova<sup>2</sup>, N. N. Nemova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [vasil@krc.karelia.ru](mailto:vasil@krc.karelia.ru)*

<sup>2</sup>*Vologda State Technical University, Vologda, Russia*

The studies of regularities of assimilation of nutrition substance are the essential part of the modern food Sciences. Lipids have to do with the primary nutrients which are the important dietary components, because they play a significant role in the metabolic processes and ensuring the body homeostasis in general. The trophic factor exerts a dominant influence upon the composition and the concentration of many lipid components in fish tissue, especially in phospholipids, because sufficient intake of the dietary composition, *de-novo* compound synthesis does not materialize. Triacylglycerols are spare lipids and the energy supply of the fish body depends on the level of the assimilating components. Based on this fact, the use of lipid indicators of the metabolism of fish as dietary markers is one of the promising directions in the study of the food assimilation physiological and biochemical aspects. The aim of this work was the evaluation of the assimilation of dietary lipids in different intestine sections of rainbow trout.

The object of the study was a rainbow trout *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792), aged 1+, which was cultured on a trout farm situated in the Northern part of Ladoga Lake. Some lipid characteristics research (total lipids, phospholipids, triacylglycerols) was conducted in a forage, a food clump in different fish digestive tract sections: a stomach, proximal, medial and distal intestine sections. In the course of the work the conventional methods of biochemical analysis were used (Sidorov, 1972; Folch et al., 1957; Engelbrecht, 1974). Data processing was implemented standard statistical methods (Eliseeva, 2007). The study was performed using Collective Use of Scientific Equipment Centre IB KarRC RAS.

As a result of the conducted rese are significant reduction of total lipids in a food clump as digestion was established. A movement of a food clump from a proximal intestine section into a medial section and then, into a distal section was accompanied by a decrease of the concentration of all lipid nutrients, although the degree of lipids assimilation in proximal and medial intestine sections varied. It is known that lipids of fish are better absorbed in proximal intestine sections. In our study the similar tendency is established, however, the degree of assimilation is much higher for steroids (cholesterol, especially for cholesterol esters) in a medial intestine sections. In estimating the total degree of assimilation of lipid components it was revealed that the greatest level of suction is of triacylglycerols (80%). Triacylglycerols are the storage lipids and fatty acids in their composition are primarily used as substrates for oxidation by participating in fish energy metabolism. According to the results of this work, trout have absorbed about 50% phospholipids.

*The work has done as part of the state assignment (Topic № 0221-2014-0033), with the financial support of the Program of Presidium of RAS "Biodiversity of Natural Systems. Biological Resources of Russia: Condition Assessment and the Fundamentals of Monitoring № 0221-2015-0003:" Dynamics of changes of fish found of freshwater ecosystems of the European North of Russia in climatic and anthropogenic impact".*

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГНЕЗДА-ИНКУБАТОРЫ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. Е. Веселов<sup>1</sup>, Д. С. Павлов<sup>2</sup>, М. А. Скоробогатов<sup>2</sup>, Д. А. Ефремов<sup>1</sup>, М. А. Ручьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [veselov7771@mail.ru](mailto:veselov7771@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия

Перспективным направлением по зарыблению лососевых рек является разработка устройств, позволяющих инкубировать икру рыб в реках. Устройства с искусственно оплодотворенной икрой устанавливаются на дне порогов и перекатов. По завершении инкубационного периода жизнестойкие личинки лососевых рыб самостоятельно расселяются из гнезд-инкубаторов ведут характерный для дикой молодежи образ жизни, их рост и развитие происходит на естественной кормовой базе.

Цель работы заключалась в разработке инновационных технологий и конструкций гнезд-инкубаторов для интенсивного восстановления запасов лососевых рыб на основе использования искусственно оплодотворенной икры, инкубируемой в речных условиях.

Испытания проводились в период с 2003 по 2016 гг. на лососевых реках, различающихся по гидрологическому режиму: Умба, Индера (Кольский п-ов), Лососинка, Суна и Лижма (бассейн Онежского озера), а также в реке Писто-йоки (бассейн озера Куйто). Разработаны и изготовлены 22 разнообразных типа компактных конструкций. Среди них устройства с *русловым* и *подрусловым* типом водного питания. Испытания показали, что для каждой реки со своими гидрологическими особенностями необходимо подбирать определенный тип гнезд-инкубаторов.

Гнезда-инкубаторы классифицируют по способу разделения икринок индивидуальными лунками или инкубационному субстрату; наличию покровного материала или мембраны на лунках, типу устройств для выхода личинок в речной поток; расположению гнезда на дне, в грунте или над ним, по емкости икры; и т.д.

В малых реках заводское воспроизводство по ряду причин невозможно или экономически не выгодно, что определило выделение двух технологий, различающихся по продолжительности инкубации — *длинноцикловой* и *короткоцикловой*. Под *длинноцикловой* технологией понимается инкубация икры в течение всего периода развития в гнездах-инкубаторах (октябрь – конец мая). В результате удалось получить 81–97% выхода личинок лосося. *Короткоцикловая* технология предполагает частичную инкубацию икры на рыбозаводе до стадии «глазок» (март), когда эмбрионы можно транспортировать к реке и закладывать в гнезда-инкубаторы. Эффективность выхода личинок пресноводного лосося составила 95–97%. Вылупившиеся личинки некоторое время лежат на боку на субстрате, а затем поднимаются «на плав», совершая хаотичные движения. При полном рассасывании желточного мешка движение становится круговым, и это способствует попаданию личинок в эвакуационный патрубок и выходу их наружу в естественный поток.

Расположение устройства в речном потоке, использование подруслового потока для омытия икры и снабжения ее кислородом создают условия в инкубационной камере, близкие к условиям в естественных нерестовых гнездах. Инкубирование в гнездах позволяет исключить потери при естественном нересте – неполное оплодотворение, вымывание икры потоком при строительстве гнезда, выедания ее хищниками, гибель в плотном грунте при недостатке кислорода, и в результате получить жизнестойких личинок, самостоятельно расселяющихся по будущим выростным участкам.

Таким образом, разработана и испытана линейка конструкций речных гнезд-инкубаторов лососевой икры емкостью от 50 до 1000 икринок с различными типами субстратов и водозаборников. На ранее пустующих выростных участках различных по гидрологии рек достигнута высокая плотность сеголеток – 17-22 экз./м<sup>2</sup>.

*Работа выполнена при поддержке фонда РФФ № 14-24-00102*

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND NESTS INCUBATORS FOR REPRODUCTION OF SALMONS UNDER NATURAL CONDITIONS

A. E. Veselov<sup>1</sup>, D. S. Pavlov<sup>2</sup>, M. A. Skorobogatov<sup>2</sup>, D. A. Efremov<sup>1</sup>, M. A. Ruchyev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [veselov7771@mail.ru](mailto:veselov7771@mail.ru)*

<sup>2</sup>*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

The perspective direction on stocking of the salmon rivers is development of the devices allowing incubating fish eggs in the rivers. Devices with artificially impregnated eggs establish at the bottom of thresholds and rifts. At the end of the incubatory period larvae of salmon are independently settled from nests incubators lead a life, their growth and development happens on a natural food supply.

The purpose of work consisted in development of innovative technologies and designs of nests incubators for intensive restoration of stocks of salmon on the basis of use of artificially impregnated eggs incubated in river conditions.

Tests were carried out to the period from 2003 to 2016 on the salmon rivers differing on the hydrological mode: the Uмба, Indera (Kola peninsula), Lososinka, Suna and Lizhma (basin of Lake Onega), and also in the river Pisto-yoki (basin of the lake Kuyto). 22 various types of compact designs are developed and made. Among them there are devices to establish on a river bed. Tests have shown that for each river with the hydrological features it is necessary to select a certain type of nests incubators.

Incubators classify by a method of division of personal holes or to an incubatory substratum; to availability of integumentary material or a diaphragm on holes, to type of devices for an output of larvae in a river flow; sweat to installation of an incubator at a river bed, by the number of eggs; etc.

In the small rivers factory reproduction for a number of reasons is impossible or economically it isn't favorable that defined separation of two technologies differing on incubation duration – long-cycle and short-cycle. The long-cycle technology is understood as a eggs incubation during the entire period of development in slots incubators (October – the end of May). As a result it was succeeded to receive 81–97% of an output of larvae of a salmon. The short-cycle technology assumes the partial incubation of eggs at the fish-breeding plant to a stage "peephole" (March) when embryos can be transported to the river and to put to slots incubators. Efficiency of an output of larvae of a fresh-water salmon made 95–97%.

The hatched larvae some time lie on one side on a substratum, and then begin to float, making chaotic movements. In case of complete diffusion of a vitellicle movement becomes circle, and it promotes hit of larvae in an evacuation branch pipe and to their output outside in a natural flow.

Layout of the device in a river flow, use of a ground stream for washing of eggs and supply with its oxygen the close to conditions in natural spawning slots create conditions in the incubatory camera. Incubation in slots allows to exclude losses in case of natural spawning – incomplete fertilization, washing away of eggs a flow in case of construction of the slot, a eating by predators, loss in the dense ground soil in case of a lack of oxygen and to receive as a result the durable larvae which are independently settled on thresholds and rifts.

Thus, the line of constructions of river incubators of salmon eggs with a capacity from 50 to 1000 eggs with different types of incubatory substratum and water scoops is developed and tested. On the rivers, earlier empty nursery sections different on a hydrology, high density of fingerlings – 17-22 copies/sq.m is reached.

*Financial support on the RNF project No. 14-24-00102.*



## СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ ТАЙМЕНЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Л. В. Веснина, А. В. Михайлов, А. Ю. Лукерин, Г. А. Романенко, И. Ю. Теряева  
Алтайский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»,  
г. Барнаул, Россия, e-mail: [vesninal.v@mail.ru](mailto:vesninal.v@mail.ru)

Обыкновенный таймень (*Hucho taimen* Pallas, 1773) в водных объектах Республики Алтай представлен одной формой. Наиболее часто вид встречается в среднем и верхнем течении рек Бия, Катунь, озере Телецкое, предпочитая каменистые перекаты, заводи и затоны. В апреле, при подъеме уровня воды начинается нерестовый ход в более мелкие притоки, по которым таймень поднимается до верховий водотоков, преодолевая естественные преграды.

Строительство, реконструкция и расширение предприятий, сооружений, туристических баз и их эксплуатация на территориях, прилегающих к рыбохозяйственным водоемам, в большинстве случаев, оказывают отрицательное воздействие на состояние экосистем. Указанная деятельность на водных объектах наряду с незаконным изъятием водных биологических ресурсов приводит к снижению их продуктивности, ухудшению видового состава ихтиофауны, истощению запасов рыбы и других объектов водного промысла. Прежде всего, негативное воздействие отражается на наиболее ценных видах, к которым относится обыкновенный таймень.

В настоящее время в границах Республики Алтай производится повсеместный спортивно-любительский лов обыкновенного тайменя. Численность вида невелика и находится в уязвимом состоянии, так как его стабильное воспроизводство связано с массовым изъятием производителей в местах их зимовки и нереста. Следует отметить, что риск перелова возрастает в связи с повышенным спросом на местную деликатесную рыбную продукцию в туристических зонах региона.

Такая мера охраны, как внесение вида в перечень Красной книги отрицательно скажется на возможности его искусственного воспроизводства, в виду сложности получения квот на его отлов. Помимо этого данный шаг снизит привлекательность туризма в регионе.

В сложившейся ситуации наиболее рациональным подходом к сохранению и преумножению численности тайменя на территории Республики Алтай является искусственное воспроизводство его молоди с последующим выпуском в естественную среду обитания. По данным Алтайского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» в рамках исследований по оценке определения приёмной ёмкости водных объектов региона был выявлен дефицит воспроизводства по икре в 2,4 млн штук. Выполнение работ в обозначенном выше объеме позволит сохранить популяции тайменя в Республики Алтай на существующем уровне. Проведение работ направленных на дальнейшее увеличение объемов выпуска молоди должно проводиться после проведения дополнительных исследований.

## **STRATEGY FOR TAIMEN PRESERVATION IN WATER OBJECTS OF THE ALTAI REPUBLIC IN MODERN CONDITIONS**

L. V. Vesnina, A. V. Mikhailov, A. Yu. Lukerin, G. A. Romanenko, I. Yu. Teryayeva  
*Altay branch Federal State Budgetary Scientific Institution "State Scientific-and-Production  
Center of Fishery", Barnaul, Russia, e-mail: [vesninal.v@mail.ru](mailto:vesninal.v@mail.ru)*

The taimen (*Hucho taimen* Pallas, 1773) is represented by one form in water bodies of the Altai Republic. Most commonly the species is found in the middle and upper reaches of the Biya River, the Katun River and Lake Teletskoye preferring stony slopes, bights and broadlands. In April, when the water level rises, the spawning run to smaller tributaries starts, through them the taimen rises to the upper reaches of watercourses, overcoming natural barriers.

Construction, reconstruction and expansion of enterprises, structures, tourist camps and their functioning in the areas adjacent to fishery water bodies in most cases have a negative impact on the state of ecosystems. This activity in water bodies, along with the illegal seizure of aquatic biological resources, leads to a decrease in their productivity, deterioration in the species composition of the ichthyofauna, depletion of fish stocks and other water-harvesting facilities. First of all, the negative impact is reflected upon the most valuable species to which the taimen belongs.

Currently, in the borders of the Altai Republic widespread sports and amateur fishing for taimen takes place. The number of species is low and is in a vulnerable state, since its sustainable breeding is associated with a massive seizure of capture fisheries in its wintering and spawning grounds. It should be noted that the risk of overfishing is increasing due to the increased demand for gourmet fish products in the tourist zones of the region.

Such protection measure, as introducing the species in the Red List, will negatively affect the possibility of its artificial breeding, because of the difficulty to obtain fishing quota. In addition, it will reduce the attractiveness of tourism in the region.

In the current situation, the most rational approach to preserving and multiplying the taimen population on the territory of the Altai Republic is artificial breeding of its juvenile fish with its subsequent release into the natural habitat. According to the Altai branch of the FSBSI "Gosrybtsentr", as part of studies evaluating the receiving capacity of water objects in the region, a deficit of breeding of 2.4 million eggs has been discovered. The work performance in the volume specified above will allow keeping taimen populations in the Altai Republic at the existing level. The work aimed to further increase the juvenile fish release should be carried out after additional studies.

## ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ (КАМЧАТКА) НА СТРУКТУРУ ЕЕ ПОПУЛЯЦИИ

Н. М. Вецлер

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [vetsler@kamniro.ru](mailto:vetsler@kamniro.ru)*

Особая значимость и уникальность оз. Дальнего, расположенного на юго-востоке Камчатки, определяется многолетним рядом научных исследований, проводимых с 1930-х гг. За это время состояние популяции нерки, нагуливающейся в нем, претерпело значительные изменения. Долгопериодные колебания величины нерестовых подходов рыб характеризовались высоким уровнем, достигающим 20–150 тыс. шт., в 1930–1940-е гг. и в 1980-е гг. и снижением в 1950–1970-е гг., что соответствовало тенденциям изменений численности лососей по всей Северной Пацифике. В 1990 и 2000-е гг. дальнеозерская нерка находилась в депрессивном состоянии: численность подходов половозрелых рыб составляла 1–20 тыс. шт. и, в среднем, не превышала 6 тыс. шт. Низкие возвраты производителей в озеро были обусловлены интенсивным развитием дрефтерного промысла в Беринговом море и браконьерским ловом нерки на путях ее анадромной миграции. Наибольший промысловый и браконьерский пресс испытывала весенняя раса, что привело к ее полному уничтожению. В 2000-е гг. нерестовое стадо было представлено исключительно летней расой, ход которой начинался во второй декаде июля.

Динамика численности дальнеозерской нерки тесно связана с изменениями ее биологической структуры. Многолетние изменения возраста половозрелых рыб имеют тенденцию к его увеличению при снижении нерестовых заходов и, наоборот, рост численности нерки приводит к уменьшению возраста рыб-производителей. Тенденции в изменениях возрастного состава половозрелых рыб, в основном, связаны с длительностью пресноводного нагула. При высоких заходах рыб-производителей и повышении плотности нагуливающейся молодежи преобладающей возрастной группой среди смолтов являются годовики. Снижение численности нерки и улучшение кормовых условий в озере приводит к увеличению продолжительности ее пресноводного периода жизни до двух, трёх и даже до четырёх лет. В 2000-е гг. среди смолтов значительно возросла доля молодежи в возрасте 3+ и 4+, а в отдельные годы они составляли более 80% от всех покнатников.

Повышение количества корма в водоеме при низкой плотности нагуливающейся молодежи нерки приводит и к увеличению численности резидентной (карликовой) формы. Максимальное количество карликов (от 6 до 30 тыс. экз.) в озере было отмечено в 1958–1982 гг. В 1935–1957 и 1983–1995 гг. их численность не превышала 7 тыс. экз. В 2000-е гг. улучшение трофических условий при снижении численности потребителей привело к повышению количества карликов в водоеме до 15–20 тыс. экз.

Многолетние колебания соотношения проходной и резидентной частей популяции тесно связаны с изменениями в ее половой структуре. Если до 1963 г. доля анадромных самцов, в основном, была близка к 50%, то в 1970–1990-е гг. она снизилась до 40%. В 2000–2016 гг. относительная численность проходных самцов составила 22–37%, и анадромное стадо, в основном, было представлено самками, что, очевидно, способствовало выживанию популяции в условиях нерегулируемого промысла.

Исследованиями многих зарубежных и отечественных авторов было установлено, что при увеличении численности некоторых видов лососей из различных регионов Северной Пацифики, в том числе и многих популяций камчатской нерки, происходит уменьшение их размерно-массовых показателей. Отрицательный темпоральный тренд был отмечен и для производителей дальнеозерской нерки. В 2000-е гг. при сокращении численности популяции тенденция к снижению размерно-массовых показателей сохранилась, что, вероятно, связано не только с изменениями условий морского нагула тихоокеанских лососей, но и с преимущественным промысловым изъятием наиболее крупных особей.

# THE EFFECTS OF THE LONG-TERM DYNAMICS OF SOCKEYE SALMON ABUNDANCE IN DALNEYE LAKE (KAMCHATKA) ON THE STRUCTURE OF THE POPULATION

N. M. Vetsler

*Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
e-mail: [vetsler@kamniro.ru](mailto:vetsler@kamniro.ru)*

Specifics and importance of Dalneye lake on the south-east of Kamchatka has been figured out from results of long-term researches since the 1930th. For the period the abundance of the sockeye salmon population, foraging in the lake, demonstrated substantial fluctuations. Long-term fluctuations of spawning runs were at a high level of 20–150 thousand individuals in the 1930–1940<sup>th</sup> and in 1980 and at a low level in the 1950–1970s, in a similar manner to the trend for all over the North Pacific. In the 1990s and 2000s the population was in depression: the spawning runs were of 1–20 thousand individuals, and did not exceed 6 thousand fish. Poor returns to the lake were due to intense development of drift-net fishing in the Bering Sea and illegal fishing of sockeye salmon on the ways of anadromous migrations. The pressure of the commercial and illegal fishing was maximal to the spring morph of sockeye salmon and resulted in the total extermination of the morph. In the 2000s the spawning stock consisted of the summer morph only, which migrated for spawning from the second decade of July.

The dynamics of the abundance of Dalneye lake sockeye salmon population is connected to the structural biological transformations. A long-term trend to increase for the age of maturation goes at decreasing spawning runs, whereas the increasing abundance results in a decrease of spawner's age. The trends of the age composition dynamics generally depend on the length of freshwater feeding. When spawning escapement was highly abundant and increasing the density of feeding juvenile sockeye salmon, the dominant age group of smolts consists of one-year-old fish. When sockeye salmon abundance decreased and forage conditions in the lake were better, the freshwater age of sockeye salmon could be two, three or even four years instead one. In the 2000s the percent of 3+ and 4+ individuals increased among smolts, and in some years it could be over 80% in sockeye salmon juvenile escapement.

Increasing forage base in the lake at a low density of foraging juvenile fish leads to an increase of the abundance of resident (dwarf) morph. The highest number of the dwarfs (from 6 up to 30 thousand) in the lake was observed in 1958–1982. In 1935–1957 and 1983–1995 the number was up to 7 thousand. In the 2000s better trophic conditions at decreasing number of consumers caused increasing number of the dwarfs in the lake to 15–20 thousands.

The longterm fluctuations of the anadromous and resident populations correlate tightly with the dynamics of sex ratio. While until 1963 the part of the anadromous males was about 50%, it dropped to 40% in the 1970–1990s. In 2000–2016 the relative number of the anadromous males was 22–37%, and the anadromous stock was generally represented by females, what most likely provided sustaining of the population in terms of poorly regulated fisheries.

Many russian and foreign researchers had it found that when the abundance of some salmon species increases in different regions of North Pacific, including sockeye salmon populations in Kamchatka, the body weight and length of the fish decrease. The negative temporal trend was observed in the Dalneye lake sockeye salmon population too. In the 2000s, when decreasing the abundance of the population the trend to decrease of the body length and weight was stable, what, most likely, depended not only on the changes of the conditions of feeding at sea for Pacific salmon, but also on the preferential removing of big individuals by commercial fishery.

## ФИЛОГЕНЕЗ TETRAONCHIDAE (MONOGENEA) КАК ЗЕРКАЛО ЭВОЛЮЦИИ SALMONIFORMES

П. И. Герасев, О. Н. Пугачев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [gerasev\\_vermes@zin.ru](mailto:gerasev_vermes@zin.ru)

«Паразитология – золотая жила для эволюционистов» (Mayer, 1957, p. 7). Козволюция моногеней и их хозяев давно доказана и стала весьма показательным примером (Быховский, 1957; Llewellyn, 1956). Роде (Rohde, 1979) указал, что из 435 видов морских моногеней, 96% приурочены к одному семейству рыб, а 98% к одному отряду хозяев. Компактное и модельное для решения вопросов эволюции моногеней (Герасев, 2004а, б; Герасев, Пугачев, 2004) семейство Tetraonchidae насчитывает 19 валидных вида (Pugachev et al., 2010) и представлено двумя родами *Tetraonchus* и *Salmonchus*. Первый обитает на щуках (Esocidae) и хариусах (Thymalidae), а второй на сигах (Coregonidae), пресноводных лососях (Salmonidae) и молоди проходных дальневосточных лососей (*Oncorhynchus*).

Лососевообразные, и в частности собственно лососевые, в связи с их огромным практическим и значительным теоретическим интересом всегда привлекали пристальное внимание ихтиологов (Глубоковский, 1995; Фролов, 2000; Шедько, 2012; Животовский, 2015). Однако общепринятой концепции о составе, структуре и эволюции этой группы пока выработать не удалось.

Морфологический анализ и исследованный методами кладистики (Winclada, PAUP) филогенез Tetraonchidae (Герасев, 1998, 2004б) показали, что семейство является монофилетичным и подразделяется на два рода. Род *Tetraonchus* включает два вида, а *Salmonchus* состоит из трех клад – одного обособленного вида с мальков симы *Oncorhynchus masou* и двух групп видов: 1) с сигов, гольцов и форели, и 2) с пресноводных лососей и молоди проходных лососей.

Согласно кладограммам филогении тетраонхид, соотнесенных к эволюции их хозяев, щуковых нужно рассматривать как исходную, но весьма специализированную группу. К ней близки хариусы, также обладающие рядом специализированных черт. Эта близость щуковых и хариусов подтверждена сиквенсом их митохондриального генома (Campbell et al., 2013).

На второй группе хозяев (резко отличной от этих двух первых семейств рыб), представленной сиговыми и лососевыми, наиболее примитивным является *Salmonchus oncorhynchi* с мальков симы – *Oncorhynchus masou*, которые живут два года в пресной воде. Два других вида моногеней с мальков проходных лососей в пресной воде, очевидно, являются результатом гостального переключения с пресноводных лососей (Герасев, Пугачев, 2004).

Последующими ветвлениями кладограммы паразитов обособляются сиговые, гольцы и форель, а затем следующей кладой – пресноводные дальневосточные лососи.

В связи с морфологическими различиями щук и хариусов объединение в один род *Tetraonchus* двух видов с этих хозяев выглядит несколько неожиданно. Однако их объединяет наличие двух морфологически сходных соединительных пластинок и двухблочный мышечный аппарат диска (Герасев, 1998).

Паразитирование близких видов тетраонхид на сигах, гольцах и форели указывает на их возможное филогенетическое родство.

Показательна неразрешимость кладограммы семейства тетраонхид (Герасев, 2004б) после перевзвешивания признаков и при применении метода Bootstrap для сиговых и пресноводных дальневосточных лососевых, что указывает на эволюционную близость этих хозяев.

Поддержано грантом АААА-А17-117030310322-3.

## **ФОРМИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СОДЕРЖАНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Ю. В. Герасимов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанова Российской академии наук, п. Борок, Россия,*

*e-mail: [gu@ibiw.yaroslavl.ru](mailto:gu@ibiw.yaroslavl.ru)*

Сокращение запасов ценных видов рыб (лососевых, осетровых и т.д.) обострило проблему сохранения и увеличения численности их популяций. Кроме мер по охране исчезающих естественных популяций, широко стал использоваться метод поддержания и увеличения их численности за счет искусственного разведения. Несмотря на уже довольно длительную историю его применения, основной проблемой по-прежнему остается вопрос об эффективности искусственного воспроизводства.

В настоящее время накоплен обширный материал о различных негативных особенностях заводской молоди (генетических, физиологических, поведенческих и др.), определяющих низкий уровень ее выживания (Greene, 1952; Vincent, 1960; Flick, Webster, 1964; Moyle, 1969; Reisenbichler, McIntyre, 1977; Bachman, 1984; Никоноров, Витвицкая, 1993; Кловач, 2003; Орлов, 2005; Orlov et al., 2006; Кальченко, 2006). Ежегодно заводы выпускают в реки десятки миллионов молоди различных видов, но её выживаемость в естественной среде остается на очень низком уровне. Получение искусственно выращенной молоди, которая могла бы с минимальными потерями адаптироваться к условиям жизни в естественном водоеме, является на сегодняшний день наиболее важной и сложной задачей.

Одной из причин, приводящих к снижению выживания молоди, является недостаточное развитие поведенческих навыков, необходимых для добывания пищи и избегания хищников в условиях естественного водоема. Известно, что в бассейнах рыбоводных заводов молодь подвергается "одомашниванию". Механизм этого явления заключается в том, что характер развития и уровень функциональной активности центральной нервной системы (ЦНС) в значительной мере определяются факторами внешней среды, воздействующими на организм на ранних стадиях онтогенеза (Никоноров, Витвицкая, 1993). На примере лососевых, осетровых и карповых видов рыб показано, что отсутствие стимулов, вызывающих формирование необходимых навыков, приводит к существенному снижению двигательной и ориентировочно-исследовательской активности и ухудшает способности выпускаемых молодых особей к обучению сложным навыкам. Чем в более раннем возрасте и на более длительный срок животные помещаются в те или иные условия, тем большее влияние оказывают эти условия на уровень эффективности поискового и оборонительного поведения.

Следовательно, длительное содержание молоди рыб в экологически неполноценных искусственных условиях, например, передержка молоди в бассейнах, может привести не только к недоразвитию необходимых навыков, но и к формированию и закреплению неадекватных стереотипов поведения, что может негативно сказаться на её выживаемости в естественной среде.

## **FORMATION OF ADAPTIVE BEHAVIOR IN HATCHERY JUVENILES DEPENDING ON THE DURATION OF THEIR KEEPING IN ARTIFICIAL ENVIRONMENT**

Yu. V. Gerasimov

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia,  
e-mail: [gu@ibiw.yaroslavl.ru](mailto:gu@ibiw.yaroslavl.ru)*

The declining stocks of valuable fish species (salmonids, acipenserids etc.) exacerbated the problem of their conservation and population growth. Besides some measures to protect the endangered wild populations, the method of artificial breeding became widely adopted for maintaining and increasing the populations. Despite the quite a long use of this method, the main problem continues to be the artificial breeding efficiency.

Currently, a comprehensive body of data has been accumulated about the various disadvantages of hatchery juveniles (genetic, physiological, behavioral etc.) influencing their low survival (Greene, 1952; Vincent, 1960; Flick, Webster, 1964; Moyle, 1969; Reisenbichler, McIntyre, 1977; Bachman, 1984; Nikonorov, Vitvitskaya, 1993; Klovach, 2003; Orlov, 2005; Orlov et al., 2006; Kalchenko, 2006). Annually, the hatcheries release tens of millions young fish of various species into the rivers, but their survival in the wild remains very low. To obtain the artificially reared fry which could adapt to the habitat conditions of the natural waterbody with minimal losses is the key and most difficult challenge of today.

One of the main causes leading to a decrease in fry survival is inadequate development of behavioral skills which ensure feeding and predator avoidance in the natural waterbody. It is known that the juvenile fish in their rearing pools are subjected to “domestication”. The mechanism underlying this process is that the development and functional capacity of the central nervous system (CNS) are largely determined by the environmental factors influencing the organism at the early life stages (Nikonorov, Vitvitskaya, 1993). Using the salmonids, acipenserids and cyprinids as examples it was shown that the lack of stimuli providing the forming of necessary skills leads to a decrease in motor and exploration activity of the young fish released and worsens their capacity to learn the complex skills. The younger the animals placed to the specific environment and longer the term of their exposition to these conditions, the deeper the influence of these conditions on the efficiency of exploration and protective behaviors.

Hence, the long-term maintenance of the young fish in the ecologically inadequate artificial environment (for example, an overlong stay in the hatchery pools), could bring not only the underdevelopment of the necessary skills, but also the formation and strengthening of some incorrect behavioral patterns, which would have a negative effect on their survival in the wild.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АДАПТАЦИИ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ

В. К. Голованов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук, п. Борок, Россия, e-mail: [vkgolovan@mail.ru](mailto:vkgolovan@mail.ru)

Несмотря на продолжительный период изучения температурных адаптаций у лососевых видов рыб (начиная с 50-х гг. прошлого века по настоящее время) и большое количество экспериментальной информации, многие вопросы все еще остаются малоизученными. Среди них – онтогенетические изменения летальных и избираемых (оптимальных) температур в онтогенезе, соотношение эколого-физиологического оптимума (ЭФО) у теплолюбивых и холодолюбивых (лососевых и сиговых) видов, видовые и внутривидовые особенности температурных реакций у отдельных видов, реализация температурных требований лососевых в естественных условиях. Для многих видов данные единичны, а с учетом разнообразия методов, трудно интерпретируемы.

Тем не менее, по температурной классификации рыб (Голованов, 2013; Golovanov, 2013) лососевые однозначно попадают в 4-ую группу – холодолюбивых видов (семга, кумжа, арктический голец, радужная форель, пелядь, корюшка, налим, голянь обыкновенный, усатый голец) – с верхней летальной температурой (ВЛТ) на уровне 25–31 °С (по методу хронического летального максимума), окончательно избираемой температурой (ОИТ) в диапазоне 13–18 °С, и температурным диапазоном жизнедеятельности от 0 до ~31 °С. Представление о месте лососевых на температурной шкале жизнедеятельности рыб дает приведенная ниже таблица. Следует учесть тот факт, что у взрослых особей и показатели температурного оптимума, и летальные температуры несколько ниже в сравнении с молодью рыб.

Таблица. Температурные характеристики молоди некоторых холодолюбивых рыб

Вид	Оптимум роста, °С	Окончательно избираемая температура, ОИТ, °С	Верхняя летальная температура (ХЛМ), °С
Пескарь (2+)	–	20–21	29–30
Голянь обыкновенный (3+)	–	16–17	31–32
Пелядь	~5–18	16–17	30.5–31.5
<b>Лосось атлантический</b>	<b>12–18</b>	<b>14–18</b>	<b>28–30</b>
<b>Форель радужная</b>	<b>16–17</b>	<b>14–17</b>	<b>29.5–30.5</b>
<b>Арктический голец</b>	<b>13–16</b>	<b>14–19</b>	<b>26–28</b>
Корюшка	~8–13	12–13	26–27
Налим	~10–16	~14–16	28–30

Диапазон эколого-физиологического оптимума (ЭФО) молоди лососевых расположен ориентировочно в зоне от 12 до 18 °С, верхняя температурная граница жизнедеятельности или зона эколого-физиологического пессимума (ЭФП) – на уровне 26-31 °С. Эти значения существенно ниже, чем у большинства карповых, окуневых, осетровых и щуковых видов рыб, у которых диапазон ЭФО располагается в зоне от 20 до 30 °С, а граница ВЛТ находится в диапазоне от 31 до 42 °С. Термальная ниша лососевых видов рыб позволяет им максимально эффективно использовать разнообразные условия естественной среды.

*Исследование выполнено при поддержке Программы Президиума РАН: 1.21П Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга. 2.5. Влияние антропогенного регулирования уровня режима водохранилищ и температуры на динамику численности рыб различной экологии, а также Программ Президента РФ “Ведущие научные школы” НШ-7894.2016.4 “Экологические аспекты адаптации и популяционная организация у рыб”.*



## TEMPERATURE ADAPTATION OF SALMON FISH

V. K. Golovanov

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia,*

*e-mail: [vkgolovan@mail.ru](mailto:vkgolovan@mail.ru)*

Despite the long period of studying the temperature adaptations in salmon fish species (since the 50s of the last century to the present) and a large amount of experimental information, many questions still remain poorly understood. Among them are ontogenetic changes in lethal and selective (optimal) temperatures in ontogenesis, the ratio of the ecological-physiological optimum (EPhO) in warm thermophilic and cold thermophilic (salmon and whitefishes) species, species and intraspecific features of temperature reactions in individual fish species, the realization of the temperature requirements of salmon in natural conditions. For many species, the data are single, and given the variety of methods, it is difficult to interpret.

Nevertheless, according to the temperature classification of fish (Golovanov, 2013a, b), salmonids unequivocally fall into the 4th group – cold-loving species (salmon, trout, arctic char, rainbow trout, peled, smelt, burbot, common minnow, mustached char ) – with the upper lethal temperature (ULT) at the level of 25-31°C (by the method of the chronic lethal maximum – ChLM), the final selected temperature (FST) in the range 13-18°C, and the temperature range of vital activity from 0 to ~31°C. The following table gives an idea of the location of salmonids on the temperature scale of the vital activity of fish. It should be taken into account the fact that in adults both the temperature optimum and the lethal temperatures are somewhat lower in comparison with the young fish.

Table. Temperature characteristics of juveniles of some cold-loving fish

Species	Optimum growth, °C	Final selected temperature, FST, °C	Upper lethal temperature (ChLM), °C
Gudgeon (2+)	–	20–21	29–30
Common minnow (3+)	–	16–17	31–32
Peled	~5–18	16–17	30.5–31.5
<b>Atlantic salmon</b>	<b>12–18</b>	<b>14–18</b>	<b>28–30</b>
<b>Rainbow trout</b>	<b>16–17</b>	<b>14–17</b>	<b>29.5–30.5</b>
<b>Arctic char</b>	<b>13–16</b>	<b>14–19</b>	<b>26–28</b>
Smelt	~8–13	12–13	26–27
Burbot	~10–16	~14–16	28–30

The range of the ecological and physiological optimum (EPhO) of juvenile salmon is located approximately in the zone from 12 to 18 °C, the upper temperature limit of vital activity or the zone of ecological and physiological pessimum (EPhP) – at the level of 26-31°C. These values are significantly lower than in most carp, perch, sturgeon and pike fish species, where the EPhO range is located in the zone from 20 to 30 °C, and the VLT boundary is in the range from 31 to 42 °C. The thermal niche of salmonids allows them to make the most efficient use of various conditions of the natural environment.

*The study was carried out with the support of the Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences: I.21P Biodiversity of Natural Systems. Biological resources of Russia: assessment of the state and fundamental principles of monitoring. 2.5. Influence of anthropogenous regulation of the level regime of reservoirs and temperature on the dynamics of the number of fish of different ecology and the Presidential Programs “Leading scientific schools” SSc-7894.2016.4 “Ecological aspects of adaptations and population organization in fish”.*

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ АРКТИЧЕСКИХ ГОЛЬЦОВ**  
***SALVELINUS ALPINUS* (L.) COMPLEX** ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И СИБИРИ

Н. В. Гордеева, С. С. Алексеев, А. Ф. Кириллов, А. И. Вокин, И. В. Самусенок  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики*  
*имени Н. И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: [ribka04@mail.ru](mailto:ribka04@mail.ru)*

Арктический голец – высокополиморфный комплексный вид с необычайно сложной структурой (Behnke, 1984; Савваитова, 1989; Klemetsen, 2013), прояснить которую возможно лишь с помощью молекулярно-генетических методов. Исследование изменчивости наиболее информативного участка мтДНК – контрольной области позволило выделить 5 филогенетических групп арктических гольцов и близких к ним форм – атлантическая, сибирская, акадийская, арктическая и берингийская (Brunner et al., 2001). На территории России филогенетические связи гольцов довольно подробно исследованы в дальневосточном регионе (Радченко 2005; Oleinik et al., 2007; Osinov et al., 2015) и в Восточной Сибири (Alekseyev et al., 2009; Osinov et al., 2017), в то же время взаимоотношения гольцов севера европейской части России, Сибири за пределами Таймыра и Забайкалья и российских арктических островов остаются слабо изученными.

Нами была секвенирована контрольная область (554 п.н.) у 71 экз. арктического гольца из 20-ти водоемов Кольского полуострова, Карелии, архипелага Новая Земля, Полярного Урала и Восточной Сибири. Всего выявлен 21 гаплотип, в том числе 7 новых. В большинстве водоемов (19) найдены гаплотипы атлантической или сибирской групп. Результаты филогенетического анализа указывают на их слабую обособленность друг от друга, больше соответствующей рангу подгрупп в составе единой евроазиатской филогенетической группы. Несколько гаплотипов, ранее относившихся к сибирской группе (Brunner et al., 2001) по результатам исследования отнесены к атлантической подгруппе. В исследованных водоемах Карелии, Кольского п-ова, Полярного Урала, Новой Земли обнаружены гольцы с гаплотипами атлантической подгруппы, а во внутренних районах Сибири (верховья бассейнов Байкала, Лены, Яны, Индигирки) и в нижнем течении Анабара – сибирской. С учетом опубликованных данных (Brunner et al., 2001; Alekseyev et al., 2009; Moore et al., 2015; Osinov et al., 2017), можно констатировать, что атлантическая подгруппа включает проходные и недавно произошедшие от них жилые популяции, распространенные преимущественно на материковых окраинах Северной Америки и Евразии от Лабрадора до Таймыра и на северных островах, а сибирская – исключительно жилые популяции, обитающие в основном во внутренних континентальных районах Восточной Сибири; проходных и островных популяций в ней пока не обнаружено. Региональная географическая структура в пределах обеих подгрупп оказалась выражена крайне слабо - в частности, один и тот же гаплотип атлантической подгруппы обнаружен в Карелии, на Полярном Урале и Новой Земле, что, вместе с литературными данными, свидетельствует о недавнем послеледниковом расселении проходной формы гольцов этой подгруппы по атлантическому и ледовитоморскому бассейнам. Ранее (Alekseyev et al., 2009) были обнаружены общие гаплотипы для Забайкалья и бассейна Яны, в настоящем исследовании найден еще один; кроме того, впервые найден общий гаплотип для Забайкалья и бас. Индигирки. Это свидетельствует об общем происхождении и близких филогенетических связях арктических гольцов из разных областей Сибири и, возможно, об их миграциях между этими областями в периоды плейстоценовых похолоданий. В одной популяции из бас. нижнего Анабара обнаружен гаплотип берингийской группы, ранее (Alekseyev et al., 2009) отмеченный в низовьях Индигирки, Яны, Лены и Оленька, который попал в геном арктического гольца в результате прошлой интрогрессивной гибридизации с северной мальмой. Эта находка подтверждает участие гольцов из Берингии в заселении арктических побережий Сибири и отодвигает границу распространения берингийских гаплотипов еще дальше на запад.

**PHYLOGENETIC RELATIONSHIP OF ARCTIC CHARR  
SALVELINUS ALPINUS (L.) COMPLEX OF THE RUSSIAN EUROPEAN NORTH  
AND SIBERIA**

N. V. Gordeeva, S. S. Alekseyev, A. F. Kirillov, A. I. Vokin, I. V. Samusenok  
*Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*  
*e-mail: [ribka04@mail.ru](mailto:ribka04@mail.ru)*

The Arctic charr is a highly polymorphic complex species with an intricate structure (Behnke, 1984, Savvaitova, 1989, Klemetsen, 2013), which can only be clarified by molecular genetic methods. The study of the variability of the most informative part of the mtDNA – the control region made it possible to identify 5 phylogenetic lineages or groups of Arctic charr and the closely related forms: Atlantic, Siberian, Acadian, Arctic and Beringian (Brunner et al., 2001). On the territory of Russia, phylogenetic relationship of Arctic charr have been studied in considerable detail in the Far Eastern region (Radchenko 2005; Oleinik et al., 2007; Osinov et al., 2015) and in Eastern Siberia (Alekseyev et al., 2009; Osinov et al., 2017) At the same time, the relationships between charr of the European north of Russia, Siberia outside Taimyr and Transbaikalia and the Russian Arctic islands remain poorly studied.

We have sequenced the control region (554 bp) in 71 specimens of Arctic charr from 20 waterbodies of the Kola Peninsula, Karelia, the Novaya Zemlya Archipelago, the Polar Urals and Eastern Siberia. A total of 21 haplotypes have been identified, including 7 new ones. In most waterbodies (19), haplotypes of the Atlantic or Siberian groups were found. The results of phylogenetic analysis indicate weak segregation of these groups, more corresponding to the rank of subgroups within the single Euro-Asian phylogenetic lineage. Several haplotypes that previously belonged to the Siberian group (Brunner et al., 2001) were classified as belonging to the Atlantic subgroup. In the investigated waterbodies of Karelia, the Kola Peninsula, the Polar Urals, Novaya Zemlya, haplotypes of the Atlantic subgroup were found, and in the interior regions of Siberia (the upper part of the basins of Lake Baikal, Lena, Yana, Indigirka rivers) and in the lower part of Anabar River, haplotypes of the Siberian subgroup were found. Taking into account the published data (Brunner et al., 2001; Alekseyev et al., 2009; Moore et al., 2015; Osinov et al., 2017), it can be stated that the Atlantic subgroup includes anadromous and recently originated resident populations, which spread mainly on the continental margins of North America and Eurasia from Labrador to Taimyr and on the northern islands, and Siberian subgroup includes exclusively resident populations that live mainly in the inland continental regions of Eastern Siberia; anadromous and island populations in it has not yet been revealed. The regional geographical structure of the two subgroups is poorly expressed - in particular, the same haplotype of the Atlantic subgroup was found in Karelia, the Polar Urals and Novaya Zemlya, which, together with the literature data, implies the recent postglacial large-scale colonization of the Atlantic and the Arctic Ocean basins by the anadromous form of this subgroup. Within the Siberian subgroup, haplotypes do not form clusters corresponding to large isolated areas of the range in the mountain regions of Siberia. Earlier (Alekseyev et al., 2009), common haplotypes were found for the Transbaikalia and the Yana basin, another one was found in this study; also, a common haplotype for Transbaikalia and Indigirka basin was found for the first time. This indicates the common origin and close phylogenetic relationship of Arctic charr from different regions of Siberia and, possibly, their migrations between these regions during the Pleistocene glaciation periods. In one population from the lower part of Anabar River basin a haplotype of the Beringian group was found, the same haplotype previously (Alekseyev et al., 2009) was revealed in the lower parts of Indigirka, Yana, Lena and Olenek rivers, it may be entered into the genome of Arctic charr as a result of past introgressive hybridization with northern form of Dolly Varden (*Salvelinus malma malma*). This finding confirms the participation of charr from Beringia in the colonization of the Arctic coasts of Siberia and shifts the boundary of the spread of the Beringian haplotypes farther west.

## ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЯИЧНИКАХ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ПЕРИОД РАННЕЙ МОРСКОЙ И ОСЕННЕЙ МИГРАЦИЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ В 2014 И 2016 ГГ.

С. Б. Городовская, А. С. Сушкевич

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,  
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [gorodovckaya.s.b@kamniro.ru](mailto:gorodovckaya.s.b@kamniro.ru)*

В течение последнего десятилетия Камчатка находится в зоне интенсивной промышленной деятельности. Водоемы полуострова, а также прикамчатские морские воды подвержены значительному антропогенному влиянию. В работе использованы результаты гистологического анализа яичников молоди лососей нагуливающих в период ранней морской и осенней миграций в Охотском море в 2014 и 2016 гг. Цель работы – оценка спектра и частоты гистоморфологических изменений в развитии и функционировании воспроизводительной системы яичников молоди лососей из Охотского моря в 2014 и 2016 гг.

В ранний морской период в Охотском море у самок молоди лососей впервые нами были встречены ооциты с признаками amitotического деления ядра. Амитоз – прямое деление клеточного ядра, при котором клетки делятся без предшествующего удвоения молекул ДНК, и дочерние клетки содержат разное ее количество. Амитоз является одной из первых форм проявления защитных реакций организма для сохранения вида путем увеличения количества половых клеток в ответ на ухудшение условий обитания. Амитоз в ооцитах молоди кеты и чавычи встречался на стадии превителлогенеза (рис. 1А, 1Б, 1В)

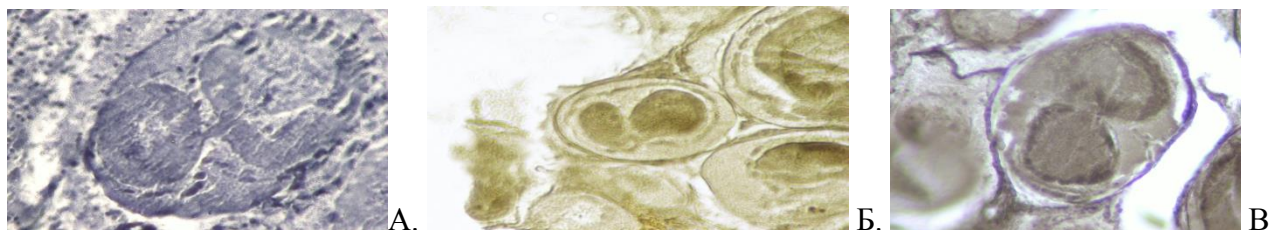


Рисунок 1. Амитотически разделенное ядро превителлогенного ооцита молоди кеты в августе 2014 г. (А) и 2016 г. (Б) и чавычи 2016 г. (В) в прибрежье Охотском море. Ув.: 20х40.

В осенний период в вителлогенных ооцитах молоди кеты выявлены нарушения в морфологии желточных оболочек (рис. 2А). У нескольких самок отмечено расслоение и фрагментация (разрушение) желточных оболочек ооцитов (6,1%). Также найдено истончение и даже прерывистость оболочек (5,2%). Нарушение в строении оболочек является первым признаком дегенерации ооцитов. По данным Грачёва, массовая резорбция ооцитов у кеты и нерки происходит на 2-м году жизни в море. У особей с гонадами на ступенях превителлогенных и начальных фазах вителлогенеза в нормально развивающихся гонадах на первом году морской жизни количество ооцитов долгое время остается стабильным. У нескольких особей молоди горбуши на препаратах яичников отмечена деформация формы ооцитов (2,8% от всех просмотренных клеток), это ооциты неправильной конфигурации (рис. 2Б).

В 2014 г. количество молоди кеты с отклонениями в развитии яичников равно 8% от всех исследованных нами особей, в 2016 г. 10%, а процент молоди горбуши в 2016 г. равен 7%. В 2016 г. найдены самки чавычи с развивающимися аномальными ооцитами в количестве 5% от всех изученных яичников. Отклонение в развитии и функционировании репродуктивной системы рыб могут служить надежным критерием уровня антропогенного воздействия и вследствие этого падения естественного воспроизводства. Нарушения гонадогенеза снижают индивидуальную и абсолютную плодовитость самок рыб. Встреченные гистоморфологические

изменения в ооцитах молоди требуют более внимательного отношения к данной проблеме и дальнейшего изучения.

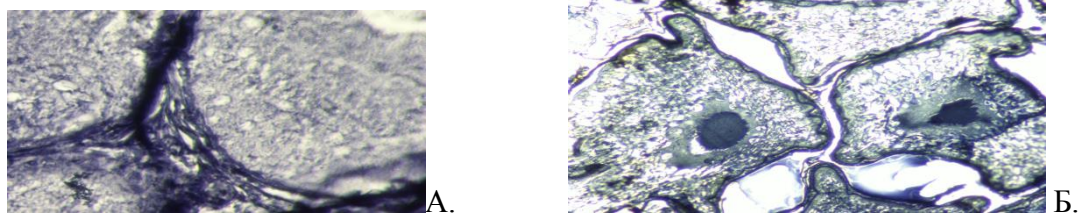


Рисунок 2. Расслоение желточной оболочки начальной фазы вителлогенеза в яйчниках молоди кеты в октябре 2014 г. (А) и деформация оболочки ооцита молоди горбуши в октябре 2016 г. в Охотском море. Ув.: 20x40

В ранний морской период у самок молоди лососей с гонадами стадии превителлогенеза наблюдались ооциты с признаками amitotического деления, а в осенний период вителлогенные половые клетки с деформацией ооцитов и большим количеством изменений в желточных оболочках. Данные патологические отклонения гонадогенеза молоди рыб не будут препятствовать участию самок в нересте, но постепенно приведут к существенному сокращению плодовитости и как следствие снижению эффективности нереста, численности зрелых производителей и уменьшению уровня естественного воспроизводства данного вида.

## **HISTOMORPHOLOGICAL TRANSFORMATIONS IN OVARIES OF JUVENILE PACIFIC SALMON IN EARLY MARINE AND AUTUMN MIGRATIONS IN THE OKHOTSK SEA IN 2014 AND 2016**

S. B. Gorodovskaya, A. S. Sushkevich

*Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
e-mail: [gorodovckaya.s.b@kamniro.ru](mailto:gorodovckaya.s.b@kamniro.ru)*

In recent decade Kamchatka has been engaged into intense industrial development. Anthropogenic impact is spreading over inland water bodies of the peninsula and adjacent coastal waters have been a subject too. Results of histological analysis of the ovaries of juvenile Pacific salmon, feeding in the course of their early marine and autumn migrations in the Okhotsk Sea in 2014 and 2016, were used in our research in order to estimate spectrum and frequency of histomorphological abnormalities in development and functioning of reproductive system of the juvenile fish.

We observed first time that female salmon had oocytes with the traits of the amitotic fission of the nucleus. The amitosis is the direct fission of the nucleus, when cells divide without preliminary doubling of the DNA molecules, and new cells obtain different amount of the material. The amitosis is one of the early versions of organism defensive reactions to sustain at the expense of increasing the number of the gametes, an answer of a species to deterioration of habitat. The amitosis in the oocytes of juvenile chum and chinook salmon was observed at stage of previtellogenesis (fig. 1A, 1B, 1B).

Abnormal morphology of vitelline membrane in the vitellogenic oocytes of juvenile chum salmon was observed in autumn (fig. 2A). Several females had stratification and fragmentation (destruction) of the vitelline membranes of oocytes (6,1%). Thinning and intermittence of the membranes (5,2%) were also observed. The structural abnormality of the membranes is the number one trait of the oocyte degeneration. According to Grachev, the mass resorption of the oocytes in chum and sockeye salmon takes place in the 2nd year of life at sea. In individuals with the gonads at the previtellogenic or early vitellogenic stages the number of the oocytes in normal developing gonads stays stable in the first year at sea a long time. In several juvenile pink salmon individuals we observed deformation of the oocyte shape (2,8% of all examined cells), the oocytes of wrong configuration (fig. 2B).

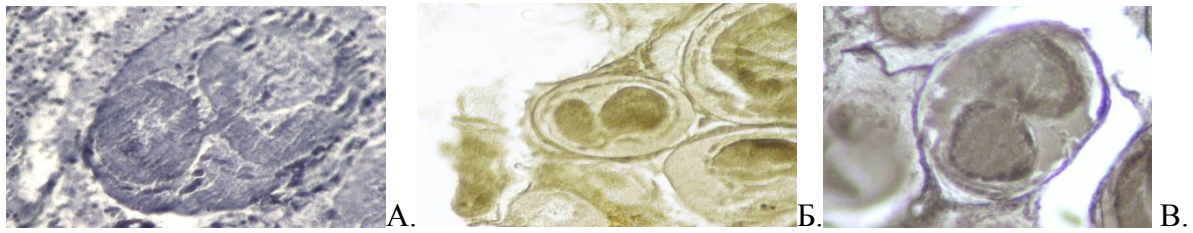


Figure 1. The nucleus of the previtellogenic oocyte of juvenile chum salmon after the amitotic fission observed in the coastal part of the Okhotsk Sea in August of 2014 (A) and of chinook salmon in 2016 (Б, B). Magnif.: 20x40.

In 2014 the number of juvenile chum salmon individuals with deviations in the development of the ovaries was 8% of all fish we examined, in 2016 it was 10%, and the number of juvenile pink salmon in 2016 was 7%. In 2016 we observed female chinook salmon with abnormal oocytes (5% of all examined ovaries). The deviations in the development or functioning of the reproductive system of fish can serve as reliable criterion of the anthropogenic impact and following reduction of natural production. The abnormalities of the gonad genesis decrease individual and absolute fecundity. The histomorphological transformations we met in the oocytes of juvenile fish indicate of the need to analyze the effects and the problem more.

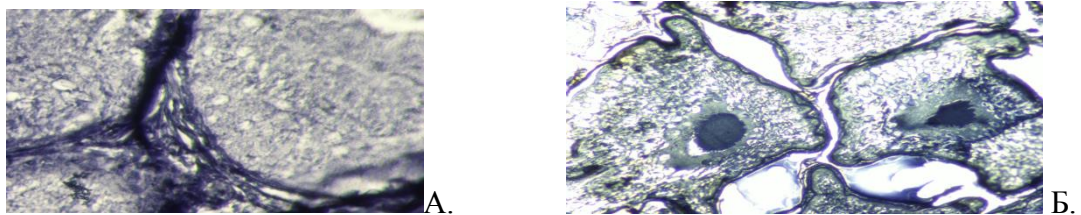


Figure 2. The stratification of the vitelline membrane at the early phase of vitellogenesis in the oocytes of juvenile chum salmon in October of 2014 (A) and the deformation of the juvenile pink salmon oocyte membrane in October of 2016 observed in the Okhotsk Sea. Magnif. 20x40

In the early period of juvenile salmon at sea we observed the oocytes with the traits of the amitotic fission in juvenile salmon females with the gonads at the stage of previtellogenesis, and in autumn we observed vitellogenic gametes with deformations of oocytes and a high number of deviations in the vitelline membranes. These pathological deviations of the juvenile fish gonad genesis hardly can stop participation of the fish in spawning, but certainly can lead to significant reduction of fecundity and spawning efficiency as a result (as well as the number of mature spawners and the level of natural production).

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ФОТОПЕРИОДИЗМА

Л. В. Дворникова, А. Е. Курицын

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Россия,

e-mail: [dvornikova1795@yandex.ru](mailto:dvornikova1795@yandex.ru)

Атлантический лосось, или семга, *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) – ценный объект промысла и один из основных видов товарной аквакультуры, воспроизводство которого в России в большей степени находится под контролем человека. При этом на качество и эффективность воспроизводства в искусственных условиях оказывают влияние не только технологические параметры, но и экологические факторы среды – температура воды, свет, уровень кормления, скорость течения в бассейнах.

Стимуляция роста лосося в условиях рыбоводных заводов позволит получить более крупную молодь на том же количестве корма, с повышенной жизнестойкостью при выпуске, за счет увеличения размера, а также увеличить эффективность мероприятий по воспроизводству биологических ресурсов. Известно, что искусственное изменение длины фотопериода в сторону его увеличения положительно влияет на рост выращиваемых рыб. Целью исследования являлось определение влияния различных режимов фотопериода на рост двухлеток атлантического лосося, выращиваемого на рыбоводном заводе.

Эксперименты проводились на базе ФГБУ «Выгский рыбоводный завод» в период с 22 мая по 13 ноября 2015 г. Для исследований применялись 3 режима освещения 16Д/8Н в бассейне № 1, 12Д/12Н в бассейне № 2, заводское освещение в контрольном бассейне, зависящее от долготы дня и режима работы. Средняя масса двухлеток семги в начале эксперимента составляла  $12,5 \pm 1,4$  г.

Согласно результатам, общий прирост биомассы за время эксперимента в бассейне 1, 2 и контрольном составил соответственно 63,2, 60,6 и 57,6 кг. Расход корма за период эксперимента был одинаков и составил 74,8 кг на бассейн. Кормовой коэффициент в опытных бассейнах был меньше, чем в контрольном (1,18 и 1,23, 1,3 соответственно). Статистическое сравнение средних арифметических в начале опыта показало, что различия между выборками, взятыми из одной генеральной совокупности, недостоверны, а в конце опыта показало достоверные различия опытных бассейнов от контрольного. В первом бассейне (16д/8т) пик роста пришелся на первый и второй периоды эксперимента, которые по освещенности были более ближе к естественному фотопериоду, но к концу эксперимента не показал лучшего результата среди бассейнов. Сравнение показателей изменчивости в конце опыта показало, что 2 бассейн достоверно отличается от 1 и контрольного. Из этого можно сделать вывод, что признак роста под действием фактора света наиболее развился во 2 бассейне с режимом освещения 12Д/12Н.

## **GROWTH OF YOUNG ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) IN CONDITIONS OF DIFFERENTIATED PHOTOPERIODISM**

L. V. Dvornikova, A. E. Kuritsyn

*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, e-mail: [dvornikova1795@yandex.ru](mailto:dvornikova1795@yandex.ru)*

Atlantic Salmon *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) is a valuable fishery and one of the main types of commercial aquaculture, the reproduction of which in Russia is largely controlled by human. At the same time, the quality and efficiency of reproduction under artificial conditions are affected not only by technological parameters, but also by environmental factors - water temperature, light, feeding level, flow rate in the tanks.

Stimulation of salmon growth in the conditions of fish farm allows to obtain larger juveniles with the same amount of feed, with increased viability during release, due to the increase in size, and also to increase the efficiency of measures for the reproduction of biological resources. It is known that an artificial change in the length of the photoperiod toward its increase positively affects the growth of the fish being grown. The aim of the study was to determine the effect of different photoperiods on the growth of Atlantic salmon two-year-olds grown in a fish farm..

The experiments were carried out on the basis of Federal State Budgetary Establishment "Vygsky fish farm" in the period from May 22 to November 13, 2015. Three periods of lighting were used. The period 16L / 8D was used in the tank No. 1, 12L / 12D in tank No. 2. Plant lighting was used in the control tank, depending on the longitude of the day and the operating mode. The average mass of two-year-old salmon at the beginning of the experiment was  $12.5 \pm 1.4$  g.

The total biomass gain during the experiment in tank 1, 2 and control was 63.2, 60.6 and 57.6 kg, respectively. The feed consumption during the experiment was the same and amounted to 74.8 kg per tank. The feed coefficient in the experimental tanks was less than in the control tanks (1.18 and 1.23, 1.3, respectively).

A statistical comparison of the arithmetic mean at the beginning of the experiment showed that the differences between samples taken from one general population are unreliable, and at the end of the experiment showed significant differences in the experimental tanks from the control tanks. In the tank No. 1(16L / 8D), the peak of growth occurred in the first and second periods of the experiment, which were closer to the natural photoperiod, but by the end of the experiment it did not show the best result among the tanks. Comparison of the variability at the end of the experiment showed that the tank No. 2 differs significantly from No. 1 and control. It can be concluded that the sign of growth under the influence of the light factor was most developed in the tank No. 2 with the 12L / 12D regime.



## ВИДОВАЯ СПЕЦИФИКА В МОРФОЛОГИИ ОБОНЯТЕЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ У ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ (*ONCORHYNCHUS*, SALMONIDAE)

Г. В. Девицина<sup>1</sup>, М. А. Дорошенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия, e-mail: [gdevicyna@mail.ru](mailto:gdevicyna@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», г. Владивосток, Россия

Степень развития обонятельной рецепции играет жизненно важную роль в биологии лососевых рыб. Проблема существования у лососей видовой специфики в структурно функциональной организации обонятельного рецепторного аппарата до настоящего времени актуальна. У трёх видов тихоокеанских лососей – горбуши (*Oncorhynchus gorbusha*), кеты (*O. keta*) и чавычи (*O. tshawytscha*), выловленных в оз. Азабачье (Камчатка) и в р. Бахора (о. Сахалин), в количестве по десять экземпляров каждого вида, исследована морфология органов обоняния с применением метода электронной сканирующей микроскопии. У каждого вида вычислены сенсорные морфометрические коэффициенты, описана ультраструктура поверхности обонятельного эпителия. Средняя суммарная площадь всего обонятельного эпителия в розетках кеты и горбуши была почти одинаковой, тогда как у чавычи этот показатель был в 5 – 7 раз выше (рис.). Сравнение исследованных видов по морфометрическим коэффициентам также показало, что горбуша и кета имеют почти одинаковую величину как обонятельных (ОЭ), так и экологических коэффициентов (ЭК), тогда как у чавычи они значительно выше (табл.).

Таблица. Морфометрия обонятельного эпителия у трёх видов тихоокеанских лососей

Виды рыб и число особей	Длина тела (см)	Площадь обонят. эпителия (мм <sup>2</sup> )	ОК (%)	ЭК (%)
Горбуша 10	48±2	66,2±6,8	2,87	48,3
Кета 10	56±2	91,8±19,4	2,92	50,5
Чавыча 10	88±3	428,1±73,1	5,53	58,8

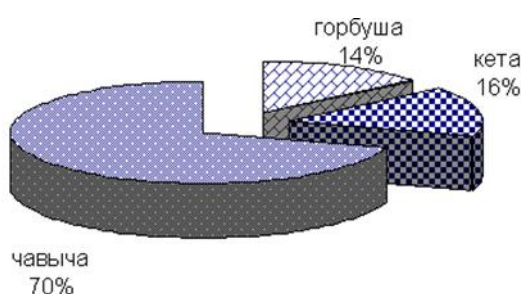


Рисунок. Соотношение площадей сенсорных зон в обонятельных розетках трёх видов лососей

Морфометрические параметры обонятельных рецепторных клеток жгутикового типа у чавычи значительно превосходят таковые у кеты и горбуши. Обонятельный эпителий чавычи отличается и высокой численностью микровиллярных клеток, которые образуют ковёр под пологом длинных сенсорных жгутиков в базальной части обонятельных пластин. Клетки стержневидного типа встречаются реже остальных и распределяются группами. Таким образом, при одинаковой анатомии и морфологии органов обоняния в данной группе видов чавыча выделяется значительно более высоким уровнем развития обонятельного аппарата. Различия

данных видов по морфологии обонятельного эпителия и величине ольфакторных коэффициентов можно рассматривать не только как генетически обусловленную изменчивость, но и как проявление сенсорных адаптаций, связанные с экологией видов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 12-04-00389, программ «Ведущие научные школы» и «Университеты России».*

**SPECIES PECULARITIES OF THE OLFACTORY EPITHELIUM MORPHOLOGY  
IN THREE SPECIES OF THE PACIFIC SALMON  
(*ONCORHYNCHUS*, SALMONIDAE, SALMONIFORMES)**

G. V. Devitsina<sup>1</sup>, M. A. Doroshenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: [gdevicyna@mail.ru](mailto:gdevicyna@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia*

Olfactory organs morphology and a morphometrical olfactory coefficient were studied in three species of pacific salmon – pink (*Oncorhynchus gorbusha*), chum (*O. keta*) and king (*O. tshawytscha*). The description of the olfactory epithelium surface ultrastructures in the same species salmon with the use scanning electron microscopy method had make. The salmon olfactory organ has secondary folds, which restrict sensory epithelium zones, are typical for the species. Relative size of olfactory sensory zones in the king salmon considerably larger than it zones in the pink and chum salmon. Olfactory epithelium of the species has the same set of cell types. Receptor cells represent by cilliar, cilliar-stick and microvillar forms, which located by the grouping under certain sites. Cilliar receptor cells may exhibit interspecies morphology variability. Comparative analysis of the morphometrical features of the olfactory epithelium and sensory cells in the species made it possible for reveal king salmon as macrosmate. The results are discussed in connect with ecological specific of species.

## **СЕЗОННЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПАРАЗИТОФАУНЫ И СТРУКТУРЫ КОМПОНЕНТНОГО СООБЩЕСТВА ПАРАЗИТОВ САМОК И САМЦОВ РЫБ**

Г. Н. Доровских

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина»,  
г. Сыктывкар, Россия, e-mail: [dorovskg@mail.ru](mailto:dorovskg@mail.ru)*

Осуществлен сравнительный анализ паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов самок и самцов гольяна.

Гольян возраста 2+ – 3+ отловлен в количестве 180 экз. из бассейна верхнего течения р. С. Двины (р. Улчекша) в мае – августе 2003 г. В течение летнего сезона года сообщество паразитов гольяна проходит три стадии развития: стадию формирования в мае – начале июня, стадию сформированности в июне, стадию разрушения в июле и августе и вновь стадию формирования в августе.

Результаты работы показали, что нельзя игнорировать и недооценивать вероятные различия в зараженности паразитами самок и самцов гольяна. Действительно, различия в зараженности паразитами гольяна разного пола могут отсутствовать, а могут и иметь место. Одними и теми же видами паразитов в одни сроки сильнее поражены самки, в другие – самцы. Разница в числе видов паразитов у самцов и самок статистически недостоверна. Однако у самок, по сравнению с самцами, чаще встречаются виды паразитов представленные единичными особями. Обсуждаемые различия проявляются только при определенном сезонном состоянии рыбы.

Структура паразитарных сообществ у хозяев разного пола одинакова и практически идентична таковой полученной для хозяина из объединенных выборок.

## **SEASONAL DIFFERENCES OF THE PARASITE FAUNA AND OF THE COMPONENT COMMUNITY STRUCTURE OF PARASITES OF THE FEMALES AND MALES OF THE FISHES**

G. N. Dorovskikh

*Syktvykar State University, Syktvykar, Russia, e-mail: [dorovskg@mail.ru](mailto:dorovskg@mail.ru)*

Comparative analysis of parasite fauna and the structure of component parasite communities of minnow females and males.

The material represented by 180 specimens of minnow of the age 2+ – 3+ was collected according to the standard technique in the upstream of the North Dvina river basin (Ulchekscha river) during the period May – August 2003. Three states of the component parasite community have been: the community in the process of formation (May – June), the formed community (June), the community in destroying (July and August), the community in the process of formation (August).

The results showed that probable differences in the infection by parasites of minnow females and males could not be ignored and underestimated. Indeed, the differences in minnow of different sex's infestation by parasites may be absent or present. In some periods females are stronger affected by the same kinds of parasites, in other periods, males are affected stronger. In comparison to males, in females parasites are more commonly represented by single individuals. Discussed differences may manifest themselves only in a certain seasonal condition of a fish.

The structure of parasitic communities in hosts of different sex is equal and almost identical to that obtained in mixed hosts samples.

## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ РОДА *ONCORHYNCHUS* В РЕКАХ

Д. А. Ефремов<sup>1</sup>, А. Е. Веселов<sup>1</sup>, М. А. Скоробогатов<sup>2</sup>, М. А. Ручьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [denisefremov@list.ru](mailto:denisefremov@list.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия

Известно, для лососевых видов рыб характерен сложный жизненный цикл, в ходе которого наблюдается высокая гибель рыб, нерестилиц достигают лишь 0,1–3% производителей от выклюнувшихся личинок. В условиях высокой антропогенной нагрузки, за счёт естественного нереста всё труднее сохранять запасы этих рыб. Чтобы повысить эффективность естественного нереста и увеличить запасы лососей, нами уже более 15 лет ведётся работа по разработке технологий и устройств для искусственной инкубации икры лососевых видов рыб в реках.

Цель данного исследования, разработка, апробация и внедрение искусственных гнёзд-инкубаторов икры Тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* высокой вместимости.

В ходе проектно изыскательской работы в 2014–2016 гг. было разработано два устройства для инкубации икры Тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*: «Шайба-400» (патент на изобретение RU2615638, от 24.11.2015) вместимостью 400–600 икринок и «Многослойное-10000» (патент на полезную модель RU159183 от 06.11.2015), вместимостью 12000–40000 икринок. В устройстве «Шайба-400» применён особый тип инкубационного субстрата – пластиковые пластины с ограничивающей сеткой, уложенные в 2 слоя, в них икринки расположены в концентрических лунках с щелями, по 4–6 штук. Способ выхода личинок адаптирован для Тихоокеанских лососей, стремящихся после выклева зарыться в грунт, конструкция снабжена двумя, расположенными ниже пластин субстрата, накопительными камерами и двумя выходными патрубками для личинок. Всего было изготовлено более 100 единиц устройств, их апробировали на реках Сахалинской области. В экспериментах использовали икру Кеты (*Oncorhynchus keta*). Средняя эффективность выклева личинок составила 97,8%, при этом средний выход малька составил лишь 48,7%, при установке в группы с одним водозабором. Для устройств, установленных одиночно, выход малька составил 93–100% от заложенной икры. В устройстве «Многослойное-10000» применены универсальные модульные лотки, уложенные в 6–7 слоёв, служащие одновременно инкубационным субстратом и формирующие пространство накопительной камеры для личинок. Лотки снабжены канавками, отделяющими соседние ряды икринок друг от друга, и выходными щелями для мальков. Устройство снабжено распределительной решёткой, снабжающей каждый модуль независимой струёй воды. В изделии применён выносной водозабор-фильтр, снабжающий устройство очищенной подрусловой водой. Метод закладки икринок – объёмный, время закладки устройств 8 минут. Всего было изготовлено и апробировано на реках Сахалина 4 устройства, в экспериментах использовалась икра Кеты (*Oncorhynchus keta*). Средняя эффективность выклева личинок составила 96,0 %, при этом средний выход малька составил лишь 42,5%, при установке с перекрытыми выходными отверстиями, что привело к замору мальков после выклева. В некоторых модулях эффективность выхода малька достигла 97%. В настоящее время оба устройства доработаны и поставляются заказчикам Сахалинской области и Камчатского края.

Таким образом, удалось разработать, апробировать и внедрить 2 устройства для инкубации икры Тихоокеанских лососей высокой вместимости. Устройства показали высокую эффективность инкубации 97,8 и 97%, что позволяет применять их для интенсивного зарыбления рек. Эффективность выклева личинок по сравнению с естественным нерестом увеличена в 3–10 раз.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Старт-1" Фонда содействия инновациям: НИОКР №384ГС1/9684 от 13.04.2015.

## DEVICES FOR THE INCUBATION OF EGGS OF PACIFIC SALMON OF THE GENUS *ONCORHYNCHUS* IN RIVERS

D. A. Efremov<sup>1</sup>, A. E. Veselov<sup>1</sup>, M. A. Skorobogatov<sup>2</sup>, M. A. Ruchyev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk,  
e-mail: [denisefremov@list.ru](mailto:denisefremov@list.ru)*

<sup>2</sup>*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Salmonids have a complex life cycle. Most of the individuals die in the course of life. Only 0.1–3% of fish survives from larvae to spawning. Spawning rivers and salmon populations are under the high anthropogenic pressure now. It is becoming difficult to keep salmon stocks due to natural spawning. For more than 15 years we have been working to improve the efficiency of natural spawning and to increase the salmon stocks. We are developing technologies and devices for artificial incubation of eggs of salmon species in rivers.

The purpose of this study, development, testing and introduction of artificial nest-incubators eggs high capacity for Pacific salmon of the genus *Oncorhynchus*.

In 2014-2016 years we developed two devices for the incubation of eggs of Pacific salmon of the genus *Oncorhynchus*. There are "Shayba-400" (patent for invention RU2615638, dated 24.11.2015) capacity 400-600 eggs and "Mnogosloyno-10000" (patent for utility model RU159183 dated 06.11.2015) capacity of 12000-40000 eggs developed. We applied a special type of incubation substrate in the device "Shayba-400" - plastic plates with a restrictive mesh. The plates were laid in 2 layers. Eggs of 4-6 pieces are located in concentric holes with slits. We adapted the devices for the exit of Pacific salmon larvae, which tend to burrow into the ground after hatching. The incubator has two storage chambers, which are located below the incubation plates. The device has two outlet branch pipes for fry in the body. We manufactured more than 100 units of devices. Incubators "Shayba-400" were tested on the rivers of the Sakhalin region. We used the eggs of Chum (*Oncorhynchus keta*) in experiments. The efficiency of hatching of larvae is 97.8%. The yield of fries was only 48.7%, with the installation of devices in groups, with closed outlets. Part of the devices we installed alone, they received 93–100% of live fry from the stuffed eggs. Universal modular trays are used in the device "Mnogosloyno-10000". The modules are laid 6-7 layers. The modules are an incubation substrate and a storage chamber for larvae at the same time. Trays have grooves in which adjacent rows of eggs are separated from each other by a wall. The water distribution grid is built into the incubator; as a result an independent water jet enters each module. Water comes to the modules after preliminary mechanical cleaning in remote filter. The filter does not need to be replaced during incubation. We lay the eggs to incubator by a volumetric method; the size of the portion is 1500-1700 eggs. The equipment is about 8 minutes. We made and tested 4 devices on the rivers of Sakhalin, in which the eggs of Chum (*Oncorhynchus keta*) were used. The efficiency of hatching of the larvae was 96.0%, the yield of fry was only 42.5%. Some of the fry were died due to the installation of incubators with closed outlet. In some modules, the yield of fry reached 97%. Both devices are modified and by us now. We supply it to the enterprises of the Sakhalin Region and the Kamchatka Territory.

We developed, tested and introduced 2 devices for the incubation of Pacific salmon eggs of high capacity. The incubation efficiency in it was 97.8% and 97%. Incubators are suitable for intensive fish stocking. The efficiency of hatching of larvae in incubators is increased 3-10 times compared to natural spawning.

*The work was carried out with the financial support of the "Start-1" program of the Fund for the Promotion of Innovations: NIOKR №384ГC1 / 9684 of 13.04.2015.*

## ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЛОСОСЕВЫХ В УЗВ

А. В. Жигин

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия, e-mail: [azhigin@gmail.com](mailto:azhigin@gmail.com)*

В 2016 году объемов товарного выращивания лососевых в нашей стране составил 41,4 тыс. тонн (28,4 тыс. тонн форели и 13 тыс. тонн семги (атлантического лосося), в основном на предприятиях в Северо-Западном федеральном округе. При этом задача обеспечения лососевых рыбоводных хозяйств качественным рыбопосадочным материалом по-прежнему остается одной из главных проблем, сдерживающих это направление рыбоводства. Поэтому не лишне вспомнить имеющийся положительный опыт использования циркуляционных установок (УЗВ) для быстрого создания ремонтно-маточных стад, внесезонной инкубации икры и получения крупного посадочного материала, с последующим зарыблением садков и бассейнов для товарного выращивания.

Первые УЗВ по выращиванию лососей были созданы в США примерно в 1957 году, которые затем нашли своё применение и в европейских странах. Так в бывшей ГДР именно за счёт использования УЗВ было увеличено и стабилизировано получение посадочного материала форели (Knösche, Predel, 1985). Впервые в СССР система оборотного водоснабжения инкубационно-личиного цеха форелевого хозяйства «Сходня» (Московская обл.) была использована в 1973 году (Лавровский, 1976), что позволило хозяйству удвоить объем производства товарной продукции.

Хорошо известна специалистам установка «Биорек», созданная в эстонском колхозе им. С.М. Кирова. Именно на ней отечественными специалистами в основном и отработывалась биотехника полносистемного выращивания форели в УЗВ. Аналогичные работы на базе УЗВ осуществлялись в рыболовецком колхозе «Балтика» (Ленинградской обл.) (Лев, Плотников, Соколов, 1985).

Товарное выращивание лососевых в УЗВ не столь актуально для северо-запада нашей страны. Эти регионы обладают благоприятными природно-климатическими условиями для лососеводства в многочисленных водных объектах, в том числе в морских акваториях Белого и Баренцева морей. Применение УЗВ более актуально для раннего получения оплодотворенной икры и крупного посадочного материала. При этом их работу следует подстраивать под естественный годовой цикл производства рыбопродукции.

Установлено, что под влиянием усиленного питания, постоянной температуры воды 15 °С и контролируемого фотопериода, половые продукты форели хорошего качества можно получать не менее двух раз в год. Основные физиолого-биохимические и гематологические показатели сеголетков форели и стальноголового лосося, выращенных в УЗВ оказались в норме или близки к таковой (Шестеренко и др., 1989).

Скорость роста молоди форели в УЗВ в 2–3 раза выше по сравнению с традиционными методами выращивания, что предопределило использование УЗВ на этапе получения посадочного материала во внесезонные сроки с последующей его пересадкой в хозяйства нагульного типа при сокращении общего срока производства товарной продукции до 1 года и менее. Такая схема в условиях Ленинградской области, позволяет зарыблять озёрные садки рыбой массой 20 г, а не 5 г, как при традиционной технологии. В итоге к концу сезона выращивания форель достигает товарной массы 500 г, против 165 г (Ивойлов, Чмилевский, Стадник, 2007).

Положительные результаты содержания форели в солоноватых водах позволили разработать рекомендации комбинированного выращивания её посадочного материала массой до 50 г в УЗВ для последующего получения товарной рыбы в морских садках (Хрусталёв, Киселёв, Илясов и др., 1994).

Накопленный опыт получения посадочного материала лососевых в УЗВ может быть с успехом использован для расширения его производства и дальнейшего наращивания объемов товарной продукции лососеводства.

## **EXPERIENCE AND PROSPECTS OF PRODUCTION OF PLANTING MATERIAL OF SALMON IN CLOSED CYCLE OF WATER SUPPLY SYSTEM (CCWSS)**

A. V. Zhigin

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia;  
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia,  
e-mail: [azhigin@gmail.com](mailto:azhigin@gmail.com)*

In 2016 the volume of rearing salmon in our country amounted to 41,4 thousand tons (28,4 million tonnes of trout and 13 thousand tons of salmon (Atlantic salmon), mainly in the enterprises in the North-West Federal district. The task of ensuring salmon fish farms fish stocking material quality remains one of the main constraints in this area of fish farming. Therefore, it is not superfluous to recall the positive experience of the use of ventilation systems (CCWSS) for quick creation of repair and uterine herds, year-round incubation of eggs and obtaining a large planting material, with subsequent stocking of cages and pools for rearing.

The first CCWSS for growing salmon was created in the US around 1957, which then found its application in European countries. So in the former GDR due to the use of CCWSS was increased and stable obtaining of planting material trout (Knösche, Predel, 1985). The USSR's first water recycling system hatching-larval plant trout farm "Vostochny" (Moscow region) was used in 1973 (Lavrovsky, 1976), which allowed the farm to double the volume of production of marketable products.

Well known to those skilled setting Biorek created in the Estonian collective farm. S.M. Kirov. It is there that domestic experts are basically worked out bioengineering full-cycle rearing trout in CCWSS. Similar work on the basis of CCWSS was carried out in a fishing FARM "Baltika" (the Leningrad region) (Leo, carpenters, Sokolov, 1985).

Commercial cultivation of salmonids in CCWSS is not so important to the North-West of our country. These regions have favorable climatic conditions for roosevelta (salmon growing) in numerous water bodies, including marine waters of the White and Barents seas. The use of CCWSS is more relevant for early receipt of fertilized eggs and large planting material. However, their work should be adjusted to the natural annual cycle of production of fish products.

It is established that under the influence of the power supply, a constant water temperature 15 °C and controlled photoperiod, sexual products trout of good quality you can get at least two times a year. Basic physiological, biochemical and hematological parameters of fingerlings of trout and Steelhead salmon reared in CCWSS were normal or close to that (Shesterenko al., 1989).

The growth rate of trout fry in CCWSS 2–3 times higher compared to traditional methods of cultivation, which explains the use of CCWSS at the stage of obtaining planting material in the off-season time with its further transfer in the economy of the feeding type during the reduction of the total term commercial production of up to 1 year or less. This scheme in the conditions of Leningrad region, allows stocking lake ponds fish weighing 20 g, not 5 g, as in conventional technology. In the end, the end of the growing season trout reaches marketable weight of 500 g vs 165 g (Ivoilov, Chmilevsky, and Stadnik, 2007).

The positive results of the content of the trout in brackish waters has allowed to develop recommendations for the combined cultivation of planting material weighing up to 50 g in CCWSS for subsequent extraction of commercial fish in sea cages (Khrustalev, Kiselev, Ilyasov et al., 1994).

The experience of obtaining planting material salmonids in CCWSS can be successfully used to expand production and further increase the volume of marketable products of growing salmon .

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КЕТЫ РЕКИ КРУТОГОРОВА (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

Л. О. Заварина

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [zavarina.l.o@kamniro.ru](mailto:zavarina.l.o@kamniro.ru)*

Река Крутогорова расположена на северо-западном побережье Камчатки в центральной части Соболевского района Камчатского края, и входит в Западно-Камчатскую рыбопромысловую подзону и имеет важное рыбопромысловое значение. Здесь воспроизводятся все виды тихоокеанских лососей, но основными объектами промысла являются горбуша и кета. Последняя является вторым по значимости, после горбуши, объектом промысла в данном водоеме. Ее доля от общего вылова лососей в период с 1991 по 2016 гг. составляет от 1 до 65% (в среднем 28%). В годы малочисленных подходов горбуши доля кеты возрастает в среднем до 41%. В свете этого мы впервые представляем анализ состояния стада и численности производителей кеты данного водоёма в период с 1991 по 2016 гг.

Численность нерестовых подходов кеты бассейна р. Крутогорова за период 1991–2016 гг. изменяется от 4 до 557 тыс. рыб и в среднем находится на уровне 125 тыс. экз. С начала 1990-х годов наблюдается постепенный рост численности нерестовых подходов с 19 тыс. до 96 тыс. рыб в период 2001–2010 гг. и в 2011–2016 гг. они достигают максимума в 349 тыс. рыб. Аналогично отмечено и увеличение среднего вылова кеты в эти периоды с 22 до 220 и 967 т, соответственно.

Возрастной состав производителей кеты бассейна р. Крутогорова представлен 6 возрастными группами. Рыбы самой младшей возрастной группы 1+ отмечены только в 1994 г. (0.7%). Доля особей возраста 2+ варьирует от 0.4 до 5.6% и в среднем за 1991–2016 гг. составляют 0.8%. В нерестовых подходах доминирует кета основных возрастных групп 3+ и 4+. Их доля в среднем за 1991–2016 гг. составляет 43.3% (12.8–83.5%) и 49.6% (7.7–80.8%), соответственно. Относительная численность шестилетних особей (5+) изменяется от 0.7 до 28.4% (в среднем 6.2%). В 1996, 2009 и в 2014 гг. в нерестовых подходах отмечено незначительное количество семилетних рыб 0.4–1.0% (в среднем 0.1%). Анализ возрастного состава производителей кеты по десятилетиям показывает увеличение доли рыб возраста 2+ и 3+ с 1990-х годов по настоящее время в среднем с 0.6 до 1.2% и с 42 до 47%, соответственно. В тоже время относительная численность рыб возраста 4+ понизилась с 52 до 43.3%, а рыб возраста 5+ увеличилась с 5.3 до 8.3%.

Длина и масса рыб варьирует в значительных пределах. Средние значения длины рыб изменяются от 61 до 68.8 см, массы — от 2.88 до 4.28 кг. Отмечено снижение данных показателей с 1990-х годов по период 2011–2016 гг. с 64.4 до 63.5 см и 3.41 до 3.21 кг. В период 2000-х годов средняя длина и масса рыб имела наибольшие значения (64.8 см и 3.57 кг).

Доля самок в нерестовых подходах варьировала от 12.5 до 60% (в среднем 44.5) и показывает тенденцию к увеличению с 40% в 1991–2000 гг. до 58% в период 2011–2016 гг. Средняя индивидуальная плодовитость самок изменяется от 1642 до 3242 икринок (в среднем 2178 икр.). В период 1990-х годов она имеет минимальное значение (2017 икр.), достигает в 2001–2010 гг. в среднем 2281 икринок и понижается в настоящее время до 2274 икринок.

Таким образом, с увеличением численности нерестовых подходов кеты бассейна р. Крутогорова с 1990-х годов по настоящее время (2011–2016 гг.) отмечено увеличение относительной численности более молодых (2+ и 3+) рыб и особей возраста 5+. Вместе с тем наблюдается снижение размерно-массовых показателей, увеличение доли самок и их средней индивидуальной плодовитости. Подобные тенденции отмечены отечественными и зарубежными исследователями для других видов тихоокеанских лососей.



## ABOUT THE CHANGE OF THE STOCK ABUNDANCE AND POPULATION STRUCTURE OF CHUM SALMON IN KRUTOGOROVA RIVER (WEST KAMCHATKA)

L. O. Zavarina

*Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
e-mail: [zavarina.l.o@kamniro.ru](mailto:zavarina.l.o@kamniro.ru)*

The Krutogorova is situated on the north-west coast of Kamchatka, in the central part of Sobolevsky administrative district of Kamchatka region, and is an important part of the West-Kamchatkan commercial fishery subzone. All six species of Pacific salmon spawn there, but the major commercial objects are pink (number one) and chum salmons. The part of chum salmon in the Pacific salmon catch for the period from 1991 to 2016 varied from 1 to 65% (28% averaged). In the years of poor runs of pink salmon the percent of chum salmon increases averagely up to 41%. In this connection we give analysis of the stock in the Krutogorova for the period from 1991 to 2016.

The spawning runs of chum salmon in the Krutogorova basin for the period 1991–2016 varied from 4 to 557 thousand fish, and was about 125 thousand in the average. A consequent increase of the spawning runs from c 19 thousand to 96 thousand fish has been observed since early 1990s up to the maximal level of 349 thousand in 2011–2016. The average catch increased in similar way, respectively from 22 to 220 and 967 t.

The age composition of the chum salmon spawning stock in the Krutogorova river basin includes 6 age groups. The fish from the youngest group 1+ were observed only in 1994 (0.7%). The group of the fish 2+ varied between 0.4 and 5.6% (0.8% averaged for 1991–2016). The groups dominating in the spawning runs are 3+ and 4+. The average contribution of the groups for 1991–2016 was 43.3% (12.8–83.5%) and 49.6% (7.7–80.8%). The relative number of the fish 5+ varied between 0.7 and 28.4% (6.2% averaged). In 1996, 2009 and 2014 there was a small number of 6+ chum salmon individuals - 0.4–1.0% (0.1% averaged). The analysis of the age composition of chum salmon spawners by decades indicates increasing number of the fish 2+ and 3+ since the 1990s till now averagely respectively from 0.6 to 1.2% and from 42 to 47 %. In the same time, the relative number of the fish 4+ decreased from 52 to 43.3%, while the number of the fish 5+ increased from 5.3 to 8.3%.

The body length and weight of the fish varied in a wide ranges. The average body length changed from 61 to 68.8 cm, and the body weight — from 2.88 to 4.28 kg. Since the 1990s and till 2011–2016 there was a decrease of the length and weight observed from 64.4 to 63.5 cm and from 3.41 to 3.21 kg. During the 2000s the average length and weight of the fish was maximal (64.8 cm and 3.57 kg).

The part of females in the spawning runs varied between 12.5 and 60% (44.5% averaged) and demonstrated the trend to increase from 40% in 1991–2000 to 58% in 2011–2016. The average individual fecundity changed from 1642 to 3242 eggs (2178 eggs averaged). In the 1990s it was minimal (2017 eggs), reached averagely 2281 eggs in 2001–2010 and dropped to 2274 eggs now.

Thus, on the background of the increase of the spawning runs of chum salmon in the Krutogorova basin from the 1990s and till now (2011–2016) we can see an increase of the relative number of younger (2+ and 3+) fish and of the individuals 5+. With that we can observe decreasing body length and weight, increasing percent of females and their average individual fecundity. Similar trends were observed by Russian and foreign fish biologists for the other species of Pacific salmon.

## ПИТАНИЕ СМОЛТОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR LINNAEUS, 1758*) В Р. ОНЕГА

А. Г. Завиша, М. А. Студенова, Р. С. Подойнищин

*Северный филиал Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича, г. Архангельск, Россия,*

*e-mail: [zavisha@pinro.ru](mailto:zavisha@pinro.ru)*

С 2001 г. в устьевой части р. Онега (12 км от устья реки) с целью оценки численности генераций проводится учёт смолтов атлантического лосося – семги в период их покатной миграции. В 2011-2016 гг. в пик ската отбиралось по несколько десятков экземпляров (от 26 до 41 экз.) смолтов для изучения их питания. Всего исследовалось 216 желудочно-кишечных трактов.

В пищеварительных трактах обнаружено более 20 компонентов. Это водные личинки и куколки насекомых, взрослые насекомые с поверхности воды, рыба, моллюски, водные клещи, рачки из кладоцер, черви, а также фрагменты высшей водной растительности и колониальные водоросли. Наиболее часто в пищевых комках отмечались водные личинки насекомых. Смолты семги предпочитали поденок (73,1% исследованных трактов), личинок ручейников (62,5%) и личинок мошек (48,0%). Более четверти желудочно-кишечных трактов содержали личинок хирономид (26,4%) и взрослых насекомых с поверхности воды (30,6% трактов). Довольно часто отмечались куколки ручейников и мошек, а также водная растительность. Некоторые компоненты, такие как черви (олигохеты и нематоды), водные клещи и клопы, рачки, были явно случайными, так как отмечались в единичных количествах и в единичных пищеварительных трактах.

Пустыми оказались 6 пищеварительных трактов. В остальных 210 трактах в среднем в пищевых комках встречалось порядка 25 организмов. Средняя масса пищевого комка составляла 93 мг, при этом колебания укладывались в диапазон от 0,3 до 418 мг. Основу питания по массе составляли водные личинки насекомых (75,2%). Среди них наиболее часто встречались поденки и ручейники (30,2 и 32,7% от средней массы пищевого комка соответственно). Средний общий индекс наполнения пищеварительных трактов смолтов составил 38,8 ‰, максимальный – 168 ‰.

Пищевые спектры в различные годы рассматриваемого периода формировались главным образом из двух доминирующих компонентов – поденок и ручейников. Однако в отдельные годы смолты предпочитали личинок мошек (58,9%) – 2014 г. и насекомых с поверхности воды (26,0%) – 2016 г.

Выборка состояла из смолтов различного возраста. Двухлеток было больше всего – 121 экз. (56,0% выборки), трех- и четырехлеток было соответственно – 81 и 14 экз. (37,5 и 6,5% выборки). Каких-либо отличий в спектрах питания покатников разных возрастов не отмечено. Можно отметить изменения предпочтений лишь четырехгодовиков. По сравнению с прочими возрастными классами выросла доля рыбы в их пищевом комке с 1,2-3,7% у двух- и трехгодовиков до 8,4% у четырехгодовиков и доля мошек с 3,0-12,9% у двух- и трехгодовиков до 22,2% у четырехгодовиков. В последнем случае прослеживается явная тенденция роста доли мошек в питании с возрастом.

В целом интенсивность питания смолтов семги в период наблюдений была невысокая, спектр питания характерен для молоди семги, расширяется за счет случайных компонентов, но в целом традиционен.

## NUTRITION OF ATLANTIC SALMON SMOLTS (*SALMO SALAR* LINNAEUS, 1758) IN THE RIVER ONEGA

A. G. Zavisha, M. A. Studenova, R. S. Podoynitsin

*The Northern Affiliate of the Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography,  
Arkhangelsk, Russia, e-mail: [zavisha@pinro.ru](mailto:zavisha@pinro.ru)*

The number assessment of Atlantic salmon smolts was held in the low flowage of Onega river since 2001. From 26 to 41 specimens of smolts were assembled each year from 2011 to 2016 in the time of migration peaks for the studying of their nutrition. A total of 216 digestive tracts are examined.

There are more than 20 components found in the digestive tract: aquatic larvae and insect pupae, adult insects from the surface of water, fish, mollusks, water mites, crustaceans, worms, also colonial algae and fragments of the highest water vegetation. The water larvae of insects are observed in the food lumps most often. The green drakes (Ephemeroptera) are in 73,1%, larvae of caddis flies (Trichoptera) in 62,5% and larvae of midges in 48,0 % of the examined tracts. More than a quarter of the gastrointestinal tracts contained the chironomids larvae and the adult insects from the water surface – 26,4% and 30,6% respectively. Pupae of caddis flies and midges, as well as aquatic vegetation, are observed rather often. Some components, such as worms (oligochaetes and nematodes), water mites and bugs, crustaceans, are noted as a single event and in the single digestive tracts.

Six digestive tracts are empty. There are on the average 25 organisms found in food lumps of the remained 210 digestive tracts. The mass of the food lump is oscillated between 0,3 and 418 mg, the average value is 93 mg. The water larvae of insects are the basis of nutrition by weight (75,2%, respectively). Among them, the content of green drakes (Ephemeroptera) and caddis flies (Trichoptera) averaged 30,2 and 32,7% by weight of the food lump respectively. The mean value of total stomach filling index estimated as 38,8<sup>0</sup>/<sub>000</sub> with the maximum of 168<sup>0</sup>/<sub>000</sub>.

The general food range includes mainly green drakes (Ephemeroptera) and caddis flies (Trichoptera). However, some years there were larvae of midges (58,9% – 2014) and insects from the surface of water (26,0% – 2016) as a main food component.

The sample consisted of different smolts by age. Smolts with age of 2+ were the most – 121 specimens (56,0% of the total number). The fishes of 3+ and 4+ age were 81 and 14 specimens (37,5% and 6,5% of the total number) respectively. There are no significant changes in the food range of different age smolts. The intensity of feeding of smolts of salmon during the observation period was low in general. The food range for young salmon is common.

## ВОСПРОИЗВОДСТВО СИМЫ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

О. В. Зеленников<sup>1</sup>, М. С. Мякишев<sup>2</sup>, В. А. Киселев<sup>3</sup>, В. В. Аношкин<sup>3</sup>, И. А. Келяшов<sup>3</sup>,  
В. П. Погодин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: [oleg\\_zelennikov@mail.ru](mailto:oleg_zelennikov@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сахалинское бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов»,  
г. Южно-Сахалинск, Россия

<sup>3</sup>ООО «Салмо», г. Южно-Сахалинск, Россия;

<sup>4</sup>ООО «Каниф», г. Невельск, Россия

Известно, что производители тихоокеанского лосося симы (*Oncorhynchus masou* Brevoort) заходят в сахалинские реки за 2-3 мес. до нереста, имея гонады далекие от дефинитивного состояния и в этой связи представляет меньший интерес для промысла, чем более массовые виды – горбуша и кета. Очевидно, этим и объясняется тот факт, что симу в Сахалинской области воспроизводят эпизодически и в небольшом объеме, например, в 2016 году только на одном заводе. Вместе с тем, сима является одним из самых популярных объектов для любительского лова, поскольку заходит в реки, без выраженных преднерестовых изменений, и активно питается в пресной воде.

Анализ накопленного опыта показывает, что симу в Сахалинской области воспроизводили только на наиболее холодноводных заводах: Анивском, Лесном, Урожайном, Соколовском. На таких заводах температура воды с 12-13 °С в конце августа понижается до 0,3–0,7 °С к первой половине ноября; варьирует в этом диапазоне до начала апреля и затем постепенно повышается в соответствии с естественным прогревом речной воды (рис.).



По нашим данным в таких условиях закладка икры симы на инкубацию происходит в период с 14 августа по 9 сентября, вылупление зародышей – с 24 сентября по 27 октября, а подъем «на плав» и начало кормления – с 1 по 27 апреля. Таким образом, после вылупления и до начала экзогенного питания молоди проходит в среднем 6 мес. Выращивание в условиях более тепловодного Рейдового ЛРЗ, на котором температура воды в зимние месяцы варьирует преимущественно в диапазоне 1-3 °С (рис.), позволило заложить икру на инкубацию в среднем на месяц позже – в период с 27 августа по 2 октября. При этом вылупление зародышей в разных

партиях наблюдали в период с 29 октября по 10 декабря и уже в среднем через 4 мес – с 8 февраля по 12 марта личинок поднимали «на плав» и начинали кормить. В сезоне 2016–2017 гг. мы выращиваем молодь симы на одном из самых тепловодных заводов Сахалинской области – Охотском ЛРЗ, температура воды на котором в зимние месяцы не опускается ниже 6°C (рис.). Вылупление зародышей при таком температурном режиме началось 25 октября, а уже через 2,5 мес – 9 января мы приступили к кормлению молоди. Таким образом, полноценных сеголеток симы можно вырастить при любом температурном режиме многочисленных заводов Сахалинской области с той лишь разницей, что при более высокой температуре молодь достигает большей навески. Например, к началу июня на Анивском, Рейдовом и Охотском ЛРЗ масса молоди в среднем составила около одного, двух и трех грамм соответственно. Содержание молоди симы на рыбоводном заводе в течение двух лет позволило в одном цикле вырастить ее до массы в среднем 20,0 при диапазоне от 13,4 до 39,2 г, а в другом цикле – до 11,5 г при диапазоне от 3,3 до 49,9 г. Анализ половой структуры генерации молоди, проведенный во втором цикле показал, что все особи крупнее 19,1 г были представлены карликовыми самцами.

## CULTIVATION OF CHERRY SALMON ON FISH FARMS IN SAKHALIN REGION

O. V. Zelennikov<sup>1</sup>, M. S. Myakishev<sup>2</sup>, V. A. Kiselev<sup>3</sup>, V. V. Anoshkin<sup>3</sup>, I. A. Kelyashov<sup>3</sup>,  
V. P. Pogodin<sup>4</sup>

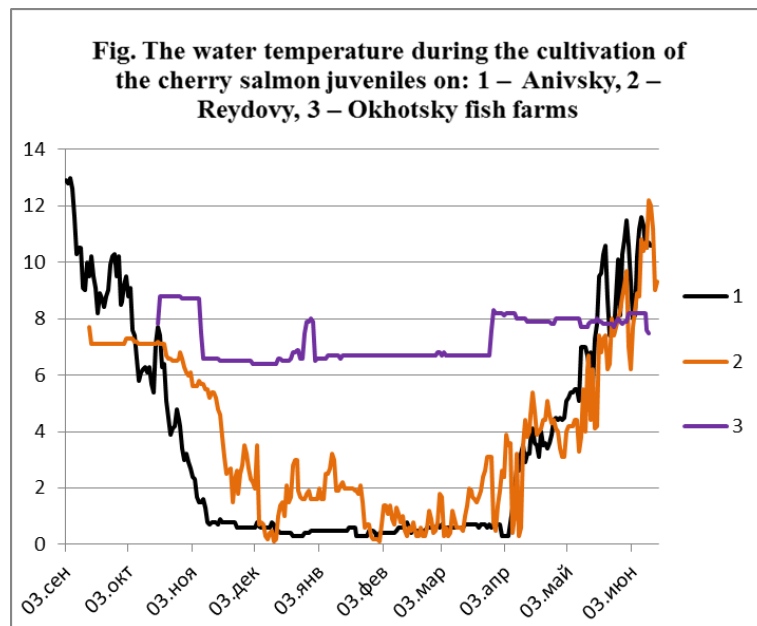
<sup>1</sup>*Saint Petersburg University, St. Petersburg, Russia, e-mail: [oleg\\_zelennikov@mail.ru](mailto:oleg_zelennikov@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Sakhalin Basin Department for Fisheries and Conservation of Water Biological Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

<sup>3</sup>*«Salmo» Ltd., Yuzhno-Sakhalinsk, Russia; <sup>4</sup>«Kanif» Ltd., Nevelsk, Russia*

It is known, that cherry salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort) enters the rivers of Sakhalin 2–3 months before spawning, its gonads being far from definitive state, which makes it less interesting for fishery than more dominant species – pink salmon and chum salmon. Probably this is an explanation of the fact, that cherry salmon in Sakhalin region is reproduced sporadically and in a small amount, for example, in 2016 cherry salmon was reproduced only in one fish farm. However, cherry salmon is one of the most popular objects of amateur fishery, because, when it enters rivers, it has no pronounced prespawning changes and actively feeds in fresh water. The analysis of gathered experience shows, that cherry salmon was reproduced only at the most cold-water fish farms in Sakhalin region: Anivsky, Lesnoy, Urozhayniy, Sokolovsky. At such fish farms the water temperature decreases from 12–13 °C in the end of August to 0,3–0,7 °C by the first half of November; it varies in this range before the beginning of April and starts to rise according to the natural warming of river water (fig.). Our data show that in this conditions the cherry salmon egg deposition takes place in the period from August 14<sup>th</sup> to September 9<sup>th</sup>, hatching of embryos – from September 24<sup>th</sup> to October 27<sup>th</sup>, and rise for “afloat” and the beginning of mixed feeding – from April 1<sup>st</sup> to April 27<sup>th</sup>. Thus, nearly 6 months pass between hatching and the beginning of exogenous feeding.

Rearing of the cherry salmon in the conditions of the more warm-water Reydoviy fish farm, where water temperature varies mainly in range of 1–3°C (fig.) during winter months allowed us to begin egg incubation in average a month later – during the period from August 27<sup>th</sup> to October 2<sup>nd</sup>. With that hatching of embryos in the different egg batches was observed during the period from October 29<sup>th</sup> to December 10<sup>th</sup>, and already in average 4 months later (from February 8<sup>th</sup> to March 12<sup>th</sup>) the larvae were risen for “afloat” and feeding started. During the season 2016–2017, we have reared the young of cherry salmon at the one of the most warm-water fish farms of Sakhalin region – Okhotsky fish farm, where the water temperature does not decrease below 6°C during winter months (fig.). The hatching of embryos at such temperature regimen began on October 25<sup>th</sup>, and already 2,5 months later (on January 9<sup>th</sup>) we started feeding of the young.



Thus, normal underyearling of cherry salmon can be obtained at every temperature regimen of the numerous fish farms of Sakhalin region. The only difference is the following: at the higher temperature the young gain more weight. For example, by the beginning of June at Anivsky, Reydovy and Okhotsky the average mass of the young was nearly one, two and three grams respectively. Cultivation of the young of cherry salmon at the fish farm during two years allowed us to rear it to the mass of in average 20,0 in range of 13,4-39,2 g in one cycle, and in the other cycle – to 11,5 g in the range of 3,3-49,9 g. The analysis of sexual structure of the young generation, accomplished during the second cycle has shown, that all the individuals larger than 19,1 g were the dwarf males.

# ННН-РЫБОЛОВСТВО – ОСНОВНАЯ УГРОЗА ДЛЯ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) ИЗ БЕЛОМОРСКИХ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

А. В. Зубченко<sup>1</sup>, И. Л. Щуров<sup>2</sup>, С. В. Прусов<sup>1</sup>, М. Ю. Алексеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича», г. Мурманск, Россия, e-mail: [zav@pinro.ru](mailto:zav@pinro.ru)

<sup>2</sup>Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [shurov@research.karelia.ru](mailto:shurov@research.karelia.ru)

Если в реках Норвегии основными факторами, негативно влияющими на естественное воспроизводство атлантического лосося, являются интродукция генов и распространение болезней и паразитов (лососевая вша) ушедшими из садков лососями (The major threats..., 2017), то в беломорских реках Кольского полуострова и Карелии главную угрозу представляет ННН-рыболовство. На Кольском полуострове в р. Умба этот показатель, составлявший в начале 1990-х гг. 26% от декларируемых уловов (Zubchenko, Kuzmin, 1994), в первые годы XXI в. достиг почти 70% (Алексеев и др., 2006). В р. Варзуга современный уровень изъятия семги в реке всеми видами промысла оценен в 83% (Алексеев, Зубченко, 2016), причем, исходя из статистики промышленного и любительского и спортивного рыболовства,  $\frac{3}{4}$  вылова приходится на ННН-лов. В результате многие нерестилища не заполняются производителями, а уровень естественного воспроизводства катастрофически снижается. Намного хуже ситуация в лососевых реках Карелии, которые еще в конце прошлого столетия потеряли промысловое значение и в настоящее время официальный промысел и любительское и спортивное рыболовство здесь не ведутся по причине глубокой депрессии численности семги.

В р. Варзуга с 1994 по 2000 гг. на многих нерестово-выростных участках (НВУ) плотность пестряток достигала 100 и более экз./100 м<sup>2</sup> и в среднем составляла около 35 экз./100 м<sup>2</sup>, что говорило о благополучном состоянии естественного воспроизводства, то в XXI в. ситуация резко изменилась в худшую сторону. В 2014–2016 гг. средняя плотность молоди составила 11,3; 8,5 и 10,5 экз./100 м<sup>2</sup>, соответственно, т.е. нерестовый запас атлантического лосося (семги) р. Варзуга не находится в безопасных биологических границах, а популяция подвержена серьезному риску длительной депрессии численности.

В р. Умба в 2016 г. плотность расселения молоди семги на НВУ от естественного и заводского воспроизводства составила 13 экз./100 м<sup>2</sup>. Из-за высокого пресса ННН-рыболовства запасы лосося в этой реке в последние два 10-летия резко снизились, и воспроизводство поддерживается за счет зарыбления заводской молодью. В последние годы численность лосося в р. Умба значительно меньше сохраняющего лимита, поэтому состояние естественного воспроизводства семги в этой реке критическое.

В лососевых реках Карелии в 1990-1997 г. плотность молоди на НВУ составляла: в р. Сума – 18,6 (1996 г.) и 16,3 (1997 г.) экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Шуя – 31,1 экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Гридина – 29,5 экз./100 м<sup>2</sup> с максимальными значениями до 100-150 экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Поньгома – 46,0 экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Воньга – 55,0 экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Кереть (1990 г.) – 97,0 экз./100 м<sup>2</sup>. Однако уже в то время в рр. Выг (0,3 экз./100 м<sup>2</sup>), Кемь (2,1 экз./100 м<sup>2</sup>), Калга (7,0 экз./100 м<sup>2</sup>), Пулоньга (9,0 экз./100 м<sup>2</sup>), Кереть (1996 г. – 2,3 экз./100 м<sup>2</sup>) плотности лососевой молоди были крайне низкими, и эта тенденция в начале XXI в. распространилась на остальные реки. И если в р. Кереть главной причиной снижения численности молоди лосося был гиродактилез, вызванный интродукцией паразита *Gyrodactylus salaris*, то численность популяций лосося из других карельских рек в результате возросшего пресса ННН-лова резко уменьшилась до критических размеров. В результате в р. Гридина в 2012 г. плотность молоди семги на НВУ составила 6,7 экз./100 м<sup>2</sup>, в р. Кереть в 2012-2016 гг. плотность молоди в возрасте 0+ и старше колебалась от 0,3 до 4,7 экз./100 м<sup>2</sup>.

Таким образом, в последние годы ННН-рыболовство в большинстве рек этих регионов и в прибрежных районах Белого моря стало более масштабным. В р. Варзуга серьезным фактором стал также браконьерский лов, осуществляемый многочисленными туристами, сплавляющимися по реке.

## IUU-FISHING – THE MAJOR THREAT FOR ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) FROM THE WHITE SEA RIVERS OF THE KOLA PENINSULA AND THE REPUBLIC OF KARELIA

A. V. Zubchenko<sup>1</sup>, I. L. Schurov<sup>2</sup>, S. V. Prusov<sup>1</sup>, M. Yu. Alekseev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia, e-mail: [zav@pinro.ru](mailto:zav@pinro.ru)*

<sup>2</sup>*Northern Fisheries Research Institute of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, e-mail: [shurov@research.karelia.ru](mailto:shurov@research.karelia.ru)*

While in Norwegian rivers the main factors, adversely affecting natural reproduction of Atlantic salmon, are genetic introgression and spreading of diseases and parasites (sea lice) by farmed salmon escapees (The major threats..., 2017), in rivers, belonging to the White Sea basin of the Kola Peninsula and the Republic of Karelia, the major threat is IUU-fishing. In the Uмба River of the Kola Peninsula the rate of IUU-fishing had comprised to 26% of reported catches in the beginning of 1990s (Zubchenko, Kuzmin, 1994) and reached almost 70% during the first years of XXI century (Alekseev et al., 2006). In the Varzuga River a recent total salmon harvest by all types of fisheries was estimated at 83% (Alekseev, Zubchenko, 2016), and three fourth of the catches was related to IUU-fisheries according to statistics for commercial and recreational fisheries. As a result, spawner abundance in spawning grounds is low and the level of natural reproduction is disastrously reducing. The situation is much worse in salmon rivers of the Republic of Karelia, which lost their commercial value in the end of the last century. Nowadays commercial and recreational fisheries are prohibited in these rivers due to a massive reduction in salmon abundance.

In 1994-2000, in many spawning and nursery grounds (SNG) of the Varzuga River juvenile densities reached 100 and over 100 parr/100 m<sup>2</sup> with the mean of 35 parr/100 m<sup>2</sup> that indicated a good status of natural reproduction. In XXI century, the situation dramatically changed. In 2014-2016, mean parr density amounted to 11.3, 8.5 and 10.5 parr/100 m<sup>2</sup>, respectively, indicating that the salmon spawning stock of the Varzuga River is beyond safe biological limits and the population is at risk of long-term depression of stock.

In 2016, in SNG of the Uмба River density of wild and reared salmon juveniles comprised 13 parr/100 m<sup>2</sup>. Due to high IUU-fishing pressure, salmon stock in the river has drastically declined over last two decades and salmon reproduction been supported by juvenile releases from hatcheries. In recent years salmon abundance in the Uмба River has been far below the conservation limit thus the status of natural salmon reproduction in this river is considered as critical.

In SNG of Karelian salmon rivers density of juveniles in 1994-1997 amounted to: in the Suma River – 18.6 and 16.3 parr/100 m<sup>2</sup> in 1996 and 1997 respectively, in the Shuya River – 31.1 parr/100 m<sup>2</sup>, in the Gridina River – 29.5 parr/100 m<sup>2</sup> with the highest density of 100-150 parr/100 m<sup>2</sup>, in the Pongoma River – 46.0 parr/100 m<sup>2</sup>, in the Vonga River – 55.0 parr/100 m<sup>2</sup>, in the Keret River – 97.0 parr/100 m<sup>2</sup> (1990). However, densities of salmon juveniles in the same period in the Vyg River (0.3 parr/100 m<sup>2</sup>), the Kem River (2.1 parr/100 m<sup>2</sup>), the Kalga River (7.0 parr/100 m<sup>2</sup>), the Pulonga River (9.0 parr/100 m<sup>2</sup>), The Keret River (1996 – 2.3 parr/100 m<sup>2</sup>) were extremely low and this trend rapidly spread to the rest of the rivers in the beginning of XXI century. While the main factor of juvenile salmon abundance decline in the Keret River was gyrodactylosis, caused by the introduction of the parasite *Gyrodactylus salaris*, salmon population in other Karelian rivers critically decreased due to extensive IUU-fishing. As a consequence, in 2012 in SNG of the Gridina River density of salmon juveniles was 6.7 parr/100 m<sup>2</sup>, in the Keret River in 2012-2016 density of fry and parr fluctuated from 0.3 to 4.7 juveniles/100 m<sup>2</sup>.

In recent years, the level of IUU-fishing in the majority of rivers of these regions and in coastal areas of the White Sea has increased dramatically. Recently poaching by numerous tourists rafting on the Varzuga River has become a serious threat for salmon population also.



## МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ (*ONCORHYNCHUS* SPP.): МИФЫ И ЯВЬ

О. А. Иванов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г. Владивосток,  
e-mail: [oleg.ivanov@tinro-center.ru](mailto:oleg.ivanov@tinro-center.ru)

С начала 1980-х гг. и по настоящее время, при проведении ТИНРО-Центром крупномасштабных экосистемных исследований биоресурсов всей дальневосточной экономической зоны, получены новые комплексные данные о морском периоде жизни тихоокеанских лососей. Они опровергают ряд стереотипов, возникших с середины прошлого века в условиях дефицита информации о морском периоде жизни этих рыб (приоритет косвенных данных) и утвердившихся среди отечественных и зарубежных ученых, в том числе от рыбохозяйственной науки. В настоящей публикации к таковым стереотипам (упрощенные и поверхностные представления об экологии тихоокеанских лососей) и даже заблуждениям причислено около двух десятков постулатов. Они касаются методов познания морской экологии тихоокеанских лососей (превознесение дрейферного научного лова над траловым), лимитирующих факторов среды (абсолютизация влияния поверхностной температуры и солености на их распространение и формирование урожайности поколений через морскую смертность), особенностей распределения (стайный образ жизни) и сезонных миграций (предпочтительные перемещения по течению), пищевых отношений (жесткая конкуренция внутри рода *Oncorhynchus* и с другими рыбами), ограниченности кормовой базы и экологической емкости океанической субарктической эпипелагиали, нарушения структуры и функционирования нектонных сообществ в целом (через переполнение экологической емкости эпипелагиали лососями, особенно индустриальной кетой), выбора формальных климато-океанологических индикаторов, имеющих решающее значение на формирование численности поколений и масштабы нерестовых подходов и др. Многие из этих представлений сформировались не на основе раскрытия причинно-следственных связей между явлениями, а исключительно по формальным корреляционным зависимостям (а иногда и по простым совпадениям), по которым причину и следствие различить невозможно. Через не критичное отношение ученых к своим выводам, непроверенные гипотезы часто становятся стереотипами, и в этом случае они, выдавая желаемое за действительное, формируют уже не объективное знание, а мифы.

Явь же такова. Имея высокодостоверные фактические свидетельства о морском периоде жизни тихоокеанских лососей, полученные в многочисленных экспедициях с начала 1980-х гг., мы утверждаем, что эти рыбы весьма экологически пластичны, с более широким диапазоном температуры обитания (относительно прежних представлений), они способны совершать значительные вертикальные миграции, при которых свободно пересекают температурные скачки и разнородные водные массы. Тихоокеанские лососи в морской период жизни приспособлены к обитанию на обширных акваториях без образования плотных скоплений (косяков), при этом, имея широкие пищевые спектры, они успешно восполняют свой рацион кормовыми организмами (макропланктон и мелкий нектон) даже с относительно невысокими концентрациями. Биомасса тихоокеанских лососей в Северной Пацифике не превышает 5 млн т, а в российских водах - не более 2,0 млн т. На фоне биомассы всего нектона (сотни миллионов тонн) на их долю приходится менее 0,1%, а как потребители пищи в составе эпипелагических биоценозов они занимают относительно скромное место (от 0,5 до 15,0% в зависимости от сезона и места). Следовательно, их роль в составе пелагических биоценозов в целом ограничена.

## **MARINE ECOLOGY OF PACIFIC SALMON (*ONCORHYNCHUS* SPP.): MYTHS AND REALITY**

O. A. Ivanov

*Federal State Budgetary Scientific Institution Pacific Research Fisheries Center, Vladivostok, Russia,  
e-mail: [oleg.ivanov@tinro-center.ru](mailto:oleg.ivanov@tinro-center.ru)*

Since the beginning of the 1980th to the present time, when carrying out large-scale ecosystem researches of biological resources of the entire far Eastern economic zone by the TINRO-Center, new complex data on the sea period of life of the Pacific salmon are obtained. They refute a number of stereotypes that have arisen since the middle of last century in the conditions of deficiency of information on the marine period of life of these fishes (priority of indirect data) and well-established among domestic and foreign scientists, including fisheries science. In this publication, about two dozen postulates are listed as such stereotypes (simplified and superficial ideas about the ecology of Pacific salmon) and even misconceptions. They relate to the methods of knowledge of marine ecology of Pacific salmon (the exaltation scientific drift-nets fishing on trawl), the limiting factors of the environment (absolutization of the influence surface temperature and salinity on their distribution and formation of productivity of generations through marine mortality), the features of distribution (gregarious) and seasonal migrations (preferred moving along the current), the food relations (tough competition within the genus *Oncorhynchus*, and with other fish), the limited forage resources and the ecological capacity of the oceanic subarctic epipelagic zone, the disruption of the structure and functioning of nekton communities as a whole (through the overflow ecological capacity of the epipelagial by the salmon, especially industrial chum), the choice formal of climatic and oceanological indicators having crucial importance for the formation of the abundance of generations and the scale of spawning approaches, etc. Many of these stereotypes were formed not on the basis of the disclosure of cause-effect relationships between phenomena, but exclusively by formal correlation dependencies (and sometimes even on simple coincidences), on which cause and effect can't be distinguished. Through the noncritical attitude of scientists to their conclusions, unverified hypotheses often become stereotypes, and in this case they, by giving in wishful thinking, form no objective knowledge, but myths.

The reality is as follows. Having highly reliable factual evidence about the marine life period of Pacific salmon obtained in numerous expeditions since the early 1980s, we argue that these fish are very ecologically plastic, with a wider temperature range of habitat relative to the previous submissions; they are able to make significant vertical migrations where freely across thermocline and the heterogeneous water masses. The Pacific salmon in the marine period of life are adapted to inhabitation in the extensive water areas without the formation of dense aggregations (schools) with wide range diets, they successfully make up for their ration of forage organisms (macroplankton and small nekton), even with relatively low concentrations. The biomass of Pacific salmon in the North Pacific does not exceed 5 million tons, and in Russian waters not more than 2.0 million tons. Against the background of the biomass of all nekton (hundred million tons) they account for less than 0.1%, and as consumers of food in the composition of the epipelagic biocenosis they occupy a relatively modest place (from 0.5 to 15.0% depending on season and location). Consequently, their role in the pelagic biocenosis as a whole is limited.

## ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ ПРЕСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Е. П. Иешко<sup>1</sup>, А. Н. Паршуков<sup>1</sup>, С. Г. Соколов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [ieshkoep@gmail.com](mailto:ieshkoep@gmail.com)

<sup>2</sup>Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия

Исследована сезонная динамика зараженности радужной форели *Oncorhynchus mykiss* моногенами рода *Gyrodactylus*, завезенными с посадочным материалом на форелевую ферму Ладожского озера из рыбоводного хозяйства Республики Северная Осетия-Алания. Показано, что встречаемость паразита и интенсивность заражения рыб имела выраженную зависимость от температуры воды. По морфологическим и генетическим признакам данные паразиты отличаются от гиродактилюсов, встречавшихся ранее в садковых фермах на радужной форели Ладоги.

## PARASITOLOGICAL RISKS RELATED TO DEVELOPMENT OF FRESHWATER AQUACULTURE

E. P. Ieshko<sup>1</sup>, A. N. Parshukov<sup>1</sup>, S. G. Sokolov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, e-mail: [ieshkoep@gmail.com](mailto:ieshkoep@gmail.com)

<sup>2</sup>Center for Parasitology of the A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The seasonal dynamics of infection of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* with monogeneans of the genus *Gyrodactylus* imported with stocking material on the trout farm in Ladoga Lake from the fish farm of the Republic of North Ossetia-Alania, was studied. It was shown that the occurrence of the parasite and the intensity of infection of fish had a represented dependence on the water temperature. According to the morphological and genetic characteristics, these parasites differ from the *Gyrodactylus*, previously occurred in cage farms on the rainbow trout of Ladoga.

**МОНОГЕНЕИ РОДА *GYRODACTYLUS* - ПАРАЗИТЫ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ  
(SALMONIDAE) РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ**

Е. П. Иешко<sup>1</sup>, С. Г. Соколов<sup>1,2</sup>, А. Н. Паршуков<sup>1</sup>, Т. А. Карасева<sup>3</sup>, В. С. Мельник<sup>3</sup>,  
Д. О. Кузьмин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского  
научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [ieshkoep@gmail.com](mailto:ieshkoep@gmail.com)

<sup>2</sup>Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской  
академии наук, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный научно-исследовательский  
институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича»,  
г. Мурманск, Россия

Представлены данные о распространении и встречаемости моногеней рода *Gyrodactylus* на лососевых рыбах рек Карелии и Мурманской области. Рассмотрены результаты мониторинга эпизоотий молоди лосося в реке Кереть и водоёмах бассейна реки Кемь (бассейн Белого моря), вызванных *Gyrodactylus salaris*. Показано влияние садкового рыбоводства на распространение гиродактилюсных инвазий в реках.

**MONOGENEANS OF THE GENUS *GYRODACTYLUS* - PARASITES OF SALMONIDAE IN  
THE RIVERS OF THE NORTHWEST OF RUSSIA**

E. P. Ieshko<sup>1</sup>, S. G. Sokolov<sup>1,2</sup>, A. N. Parshukov<sup>1</sup>, T. A. Karaseva<sup>3</sup>, V. S. Melnik<sup>3</sup>, D. O. Kuzmin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [ieshkoep@gmail.com](mailto:ieshkoep@gmail.com)

<sup>2</sup>Center for Parasitology of the A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of  
Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

Data on the distribution and occurrence of monogeneans of the genus *Gyrodactylus* on salmonids in the rivers of Karelia and the Murmansk region are presented. The results of monitoring epizootics of salmon parr in the Keret' and reservoirs of the Kem' river basin (the White Sea basin) caused by *Gyrodactylus salaris* are reviewed. The influence of cage fish farm on the distribution of *Gyrodactylus* invasions in rivers is demonstrated.

## СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В РФ

В. И. Иркашев, Л. В. Ермакова

*Фонд сохранения биологического разнообразия Кольского полуострова «Мурманский лосось»,  
г. Мончегорск, Россия, e-mail: [murmansalmon@yandex.ru](mailto:murmansalmon@yandex.ru)*

Стратегия сохранения водных биоресурсов в РФ заключена в основном законе РФ, который регулирует отношения в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов – федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 № 166-ФЗ. «Сохранение водных биоресурсов - поддержание водных биоресурсов или их восстановление до уровней, при которых могут быть обеспечены максимальная устойчивая добыча (вылов) водных биоресурсов и их биологическое разнообразие, посредством осуществления на основе научных данных мер - по изучению, охране, воспроизводству, рациональному использованию водных биоресурсов и охране среды их обитания» (ст. 1 п. 7). На этих основных принципах и строится стратегия сохранения атлантического лосося в России. Стратегия сохранения атлантического лосося – это контроль морского и пресноводного периода жизненного цикла данного вида биологического ресурса и принятие мер, обеспечивающих его стабильный запас.

Основой пресноводного периода жизни являются научные данные о запасах лосося в Северном рыбохозяйственном бассейне РФ, которые складываются из состояний запасов атлантического лосося в каждой нерестовой реке. По каждой лососевой реке проводятся научные исследования: учет захода производителей (рыбоучетное ограждение или гидроакустическая система учета), методика определения количества нерестующих особей по визуальному учету нерестовых гнезд, определение плотности молоди по участкам (метод электролова), учет покатников и др. Обобщенные данные этих научных исследований позволяют прогнозировать подход производителей лосося в каждую реку, для оценки возможного количества промыслового изъятия и планирования мер по охране, или запрета на вылов и восстановления, в случае если, популяция в депрессивном состоянии (нерестовый запас – ниже сохраняющего лимита).

Полученные научные данные используются надзорными и рыбоохранными органами власти для построения тактики охраны нерестилищ, главной целью которой является обеспечение прохода на нерест необходимого количества производителей лосося из моря в устья рек и охраны самого нереста.

Восстановительные мероприятия проводятся в случаях, когда запас лосося в отдельно взятой реке опустился до уровня, при котором не может быть обеспечено устойчивое воспроизводство. Восстановление популяций атлантического лосося можно производить путем строительства рыбоводного предприятия и выпуском искусственно выращенной заводской молоди, так и с помощью более эффективного способа – путем зарыбления нерестовых участков реки искусственными гнездами-инкубаторами.

Рациональное использование обеспечивается принятием законодательных актов, правил рыболовства, решениями анадромных комиссий, регулирующих вылов атлантического лосося, на основе представленных ежегодных научных данных о состоянии запасов в каждой лососевой реке.

Морской период жизненного цикла лосося регулируется участием государства обладающего запасами лосося, который нерестится на территории этого государства, в работе международной организации НАСКО, т.е. РФ принимает коллегиальное участие в регулировании вопроса морского периода жизни лосося. Данные меры являются неотъемлемой частью стратегии сохранения атлантического лосося в России, которые позволяют сохранять популяции лосося на стабильном уровне.

## ATLANTIC SALMON CONSERVATION STRATEGY IN THE RUSSIAN FEDERATION

V. I. Irkashev, L. V. Yermakova

*Murmansk Salmon Foundation, Monchegorsk, Russia, e-mail: [murmansalmon@yandex.ru](mailto:murmansalmon@yandex.ru)*

Russia's aquatic bioresources conservation strategy is set out in the main law of the Russian Federation No. 166-FL of 20 December, 2004, "Conservation of aquatic bioresources by maintaining aquatic bioresources or restoring them to the maximum stable production (catches) levels of aquatic bioresources and their biological diversity are provided by scientific activities such as the study, protection, reproduction and management of aquatic bioresources and the protection of their habitats" (Clause 1, Point 7). The law was adopted to control commercial fishing and conservation of biological resources. These major principles provide a basis for the Atlantic salmon conservation strategy in Russia developed to control a marine and freshwater period in the life cycle of this type of biological resources and to take necessary measures to maintain its stable stock.

A freshwater period in the life of Atlantic salmon is based on the scientific data on the salmon stock in the Northern Fishery Basin of the Russian Federation, which consist of the data on the current Atlantic salmon stock in every spawning river. The research activities are conducted on each river by monitoring the arrival of producers (a fish counting fence or a hydroacoustic counting system), using a method for estimating the number of spawning individuals from visual counting of spawning nests and the density of juveniles at each river sector (electrofishing method), counting downstream-migrants, etc. The data obtained are analyzed to forecast the migration of salmon to each river, to estimate the possible amounts of commercial withdrawal and to work out measures to protect or prohibit commercial fishing and to restore the fish stock if the population is depressed (the spawning stock is below the conservation limit).

The scientific data obtained are used by supervising and fish conservation bodies to develop the spawning grounds protection tactics to facilitate the migration of the required numbers of salmon producers from the sea into river mouths for spawning and to protect the spawning itself.

Restoring is conducted when the salmon stock in a river has declined to a level at which stable reproduction is impossible. Atlantic salmon populations can be restored by building a fish farm, releasing artificially produced juveniles and stocking spawning river sectors with artificial incubator nests – the most efficient method.

The Atlantic salmon stock is managed by adopting legislative acts and fishing rules and meeting the requirements developed by anadromous fish commissions, which control Atlantic salmon catching by analyzing annual reports on the current fish stock in each salmon river.

A marine period in salmon's life cycle is controlled by the state, which owns the salmon stock and the spawning grounds, and is involved in NASCO activities, i.e. the Russian Federation contributes to the study of a marine period in salmon's life cycle. These activities are part of the Atlantic salmon conservation strategy in Russia developed to maintain salmon population stability.

# ВЛИЯНИЕ НЕРЕСТОВЫХ ЗАХОДОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА В Р. БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

Е. И. Кальченко, Т. Н. Травина

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,  
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: [kalchenko.e.i@kamniro.ru](mailto:kalchenko.e.i@kamniro.ru)*

Река Большая является одной из важнейших по воспроизводству тихоокеанских лососей на западном побережье Камчатки. Каждый год в связи с нерестовыми заходами производителей горбуши, кеты, нерки, кижуча и чавычи пресноводная экосистема получает биогенные вещества морского происхождения в виде лососевой снётки и икры, которые вовлекаются в ее различные трофические уровни. Сведений о влиянии морского «субсидирования» на качественное состояние кормовой базы в речных экосистемах в литературе очень мало. В настоящее время жирные кислоты (ЖК) наряду с изотопами углерода и азота активно используются как биохимические маркеры в экологических исследованиях, связанных с анализом источников и путей трансформации органического вещества в различных экосистемах и установлением трофических связей организмов. Цель данной работы заключалась в оценке влияния нерестовых заходов тихоокеанских лососей на сезонную и межгодовую динамику биохимических показателей пресноводных зообентосных организмов, доминирующих в питании молоди лососей в р. Большая.

В весенний период у личинок (хириноид, веснянок, поденок, ручейников), олигохет и гаммарусов в составе ЖК общих липидов и триацилглицеринов отмечен наибольший уровень ЖК, являющихся маркерами питания диатомовыми водорослями и бактериопланктоном. Летом в зообентосе возростала доля ЖК — маркеров питания синезелеными и зелеными водорослями. В августе-сентябре было обнаружено появление в теле личинок хироноид и ручейников, олигохет, обитающих в нижнем течении р. Большая, мононенасыщенных ЖК с 20–22 атомами углерода (20:1 $\omega$ -11, 22:1 $\omega$ -11, 22:1 $\omega$ -9), которые являются маркерами питания липидами морского происхождения, их общее содержание составляло 2–7% от суммы всех ЖК. Эти кислоты в пресноводном зообентосе отсутствуют или представлены незначительно (0,1–0,2%), но обнаружены в больших количествах (>50%) у морских ракообразных (копепод), поскольку морские и пресноводные пищевые сети характеризуются различными уровнями специфических ЖК. Высокое накопление мононенасыщенных ЖК C<sub>20-22</sub> (>22%) характерно для мышечной ткани производителей тихоокеанских лососей из-за питания ракообразными в морской период жизни (Гладышев и др., 2010). Появление морских липидов в теле пресноводных зообентосных организмов является прямым доказательством их питания лососевой снёткой.

В результате исследований, проведенных в период 2012–2016 гг., было установлено, что величина нерестового захода тихоокеанских лососей в бассейн р. Большая опосредованно через трофические цепи оказывает влияние на биохимические показатели зообентоса. Весной (в апреле-мае) следующего года после многочисленных подходов производителей горбуши происходит значительное увеличение в теле кормовых организмов содержания липидов на 8–12% (по сухому весу). В этот период в составе липидов зообентоса происходит повышение уровня ЖК, являющихся маркерами питания диатомовыми водорослями и бактериопланктоном, что указывает на увеличение их продукции за счет привнесенных биогенных веществ морского происхождения. Высокие заходы производителей тихоокеанских лососей на нерест в р. Большая обеспечивают большее поступление биогенов, которые в свою очередь определяют степень функционирования всех трофических уровней пресноводной экосистемы.

Таким образом, сезонная и межгодовая динамика биохимических показателей зообентоса из лососевой речной экосистемы наглядно демонстрирует существование различных трофических связей между морскими и пресноводными экосистемами.

**THE EFFECTS OF THE SPAWNING RUNS OF PACIFIC SALMON  
ON THE BIOCHEMICAL INDEXES OF ZOOBENTHOS  
IN BOLSHAYA RIVER (WEST KAMCHATKA)**

E. I. Kalchenko, T. N. Travina

*Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,  
e-mail: [kalchenko.e.i@kammiro.ru](mailto:kalchenko.e.i@kammiro.ru)*

The river Bolshaya is one of major rivers on the west coast of Kamchatka. Every year when mature Pacific salmon return for spawning this freshwater system obtains marine biogenic substances to use them as subsidies at different trophic levels. There is not much information about the effects of the marine biogenic "subsidies" on the state of forage base in river ecosystems in literature. One of quality informative indexes for the forage organisms is the composition of fatty acids. Nowadays using the fatty acids as biochemical markers, similar to using isotopes of carbon and nitrogen, is widely known for ecological researches, analyzing sources and transformation of organic substance in various ecosystems and figuring out trophic interactions between organisms.

The purpose of our research was to estimate effects of Pacific salmon spawning runs in Bolshaya river on seasonal and interannual dynamics of biochemical indexes of freshwater zoobenthos, dominating in diet of juvenile salmon.

In spring (April–May) the maximal level of fatty acids, as markers of feeding on diatoms and bacterial plankton was found in larval chironomids, stoneflies, mayflies and caddis flies, oligochaetes and gammaruses in the composition of fatty acids of summer lipids and triacylglycerols. In summer zoobenthos had growing part of the fatty acids, indicating of feeding on blue-green and green algae. In August and September we observed monounsaturated fatty acids with 20–22 atoms of carbon (20:1 $\omega$ -11, 22:1 $\omega$ -11, 22:1 $\omega$ -9) in larval chironomids and caddis flies, oligochaetes, inhabited lower part of the Bolshaya, what indicates of feeding on lipids of marine origin, and the summer contribution was 2–7 % of total sum of all fatty acids. The acids were not observed in freshwater zoobenthos or were in a very small amount (0,1–0,2%), but there was a lot of them (>50%) in marine crustaceans (copepods), because marine and freshwater food webs have different levels of specific fatty acids. A high level of the monounsaturated fatty acids C<sub>20-22</sub> (>22%) is a specific trait for the muscle tissue of mature Pacific salmon by reason of feeding on copepods in the marine stage of the life history (Gladyshev et al., 2010). The appearance of the marine lipids in the larval chironomids and caddis flies, oligochaetes is a direct evidence of feeding on salmon carcasses.

As a result of the research made in the period 2012-2016 we have it revealed, that the strength of the Pacific salmon spawning run in the Bolshaya provides indirect effects on the biochemical indexes of zoobenthos via trophic chains. In spring (in April-May) of the year next after a strong run of pink salmon the level of lipids in the bodies of the forage invertebrates gets 8–12% higher (in dry weight). Also in this period in the composition of the fatty acids of zoobenthos lipids the level of the fatty acids indicating of the feeding on diatoms and bacterial plankton increases, what indicates of increasing production at the expense of brought biogenic substances of marine origin. The strong runs of the Pacific salmon spawners in the Bolshaya provide a subsidy of huge amount of biogenes, predetermining freshwater ecosystem functioning of all trophic levels.

In the way mentioned we have it proved that the seasonal and interannual dynamics of the biochemical indexes of zoobenthos in the salmon river ecosystem demonstrates various trophic relations between marine and freshwater ecosystems.



## ДИНАМИКА РАЗМЕРОВ ГОРБУШИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ

А. Н. Канзепарова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г. Владивосток, Россия,*

*e-mail: [albina.kanzeparova@tinro-center.ru](mailto:albina.kanzeparova@tinro-center.ru)*

На основании многолетних (1951–2016 гг.) данных проанализирована межгодовая динамика размерных показателей горбуши рек северо-западного побережья Охотского моря (на примере модельной реки Иска, материковое побережье Сахалинского залива). Масса тела покотников горбуши поступательно снижались как в линии нечетных (доминирующих по численности), так и линии четных лет (в среднем с 242 мг в период 1950-1960 гг. до 179 мг в период 2000–2016 гг.). Эта тенденция снижения размеров горбуши в рассматриваемый период отмечалась и для половозрелой горбуши этих же поколений, хотя достоверной зависимости между массой тела молоди и производителей горбуши одного и того же поколения не выявлено. В линии нечетных поколений средняя масса половозрелой горбуши снизилась с 1,76 кг в период 1950–1960 гг. до 1,28 кг в период 2000-2016 гг., в линии четных лет – с 1,59 кг до 1,12 кг. Как правило, горбуша четных поколений имела меньшую массу по сравнению с производителями нечетных (доминирующих по численности) поколений.

Масса тела половозрелой горбуши р. Иска связана с численностью ее общих возвратов. Коэффициент корреляции Спирмэна между массой тела горбуши р. Иска и ее заходами в эту реку в нечетные и четные годы в период 1951-2016 гг. составили соответственно -0,534 ( $p=0,002$ ) и -0,407 ( $p=0,029$ ). В наиболее «урожайные» годы в р. Иска возвращаются особи с более низкой массой тела.

Отмечена роль амурской горбуши во взаимоотношении с горбушей р. Иска в четные годы. В четные годы с повышением численности амурского стада уменьшается средняя масса горбуши р. Иска. Коэффициенты корреляции размеров горбуши р. Иска с численностью горбуши на Амуре в этот период составила  $R=-0,456$  ( $p=0,033$ ). Изменение средней массы горбуши этих двух стад происходит синхронно, а коэффициент корреляции Спирмэна средней массы горбуши р. Иска и р. Амура составляет  $R=0,721$  ( $p=0,0001$ ). Возможно, это связано с географической близостью р. Иска с устьем Амура и высоким уровнем стрейнга горбуши амурского стада в четные годы высокочисленных подходов. Однако, сходная динамика размеров горбуши р. Иска и основных стад, нагуливающих в Японском море (амурским, западносахалинским, приморским) может быть обусловлена влиянием общих факторов на рост горбуши в районах их совместного нагула.

## THE DYNAMICS OF THE PINK SALMON SIZES ON THE NORTHWESTERN CONTINENTAL COAST OF THE OKHOTSK SEA

A. N. Kanzeparova

*Federal State Budgetary Scientific Institution Pacific Research Fisheries Center, Vladivostok, Russia, e-mail: [albina.kanzeparova@tinro-center.ru](mailto:albina.kanzeparova@tinro-center.ru)*

Basis on long-term (1951–2016) data, the interannual dynamics of pink salmon sizes was analyzed for the stocks from the northwestern coast of the Okhotsk Sea (r. Iska). Body weight of pink salmon downstream migrants decreased for both even and dominant odd generations (in average from 242 mg in 1950–1960 to 179 mg in 2000–2016). This tendency of size decreasing was also noted for the mature pink salmon, although there was no reliable correlation between the body weight of juvenile and mature pink salmon for the same generation. In the odd generations, the average weight of mature pink salmon decreased from 1.76 kg (1950–1960) to 1.28 kg (2000–2016), in the even generation – from 1.59 kg to 1.12 kg. Usually, pink salmon of dominant odd generations had greater weight comparing with the fishes of even generations.

Body weight of mature pink salmon was related to the total abundance of spawners returns into r. Iska in 1951-2016. Spearman correlation coefficients between the pink salmon body weight and spawners abundance for odd and even generations were respectively -0.534 ( $p = 0.002$ ) and -0.407 ( $p = 0.029$ ). Pink salmon spawners had low body weight in the most abundant years.

There was noted the effect of the Amur pink salmon on the Iska pink salmon in even years. Average Iska pink salmon weight decreased when the abundance of Amur pink salmon stock increased. Spearman correlation coefficient between Iska pink salmon weight and abundance of Amur pink salmon stock was  $R = -0.456$  ( $p = 0.033$ ) during period of research. Changes in average pink salmon body weight were synchronous for these two stocks. Spearman correlation coefficient between the average weight of Iska and Amur pink salmon was  $+ 0.721$  ( $p = 0.0001$ ). Perhaps this is due to the geographical location of the rivers and high level of straying of the Amur pink salmon in the even years when abundance was high. However, the similarity in pink salmon size dynamics for the Iska stock and Amur, West Sakhalin, Primorye stocks could be due to common factors' influence on the pink salmon growth in joint feeding area in the Japan Sea.

## **БЕЛКОВАЯ ДЕГРАДАЦИЯ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR L.* И КУМЖИ *SALMO TRUTTA L.* ПРИ СМОЛТИФИКАЦИИ**

Н. П. Канцерова, Л. А. Лысенко, М. А. Ручьев, Н. Н. Немова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [nkantserova@yandex.ru](mailto:nkantserova@yandex.ru)*

Изучен уровень активности кальцийзависимых протеиназ (кальпаинов) и протеасомы в скелетных мышцах пестряток и смолтов атлантического лосося и кумжи. Смолтификация – это комплекс поведенческих, морфологических, физиологических и биохимических перестроек, предшествующий переходу лососевых рыб из пресной воды в морскую. Показано, что у атлантического лосося в период смолтификации скорости роста и накопления белковой массы связаны обратной зависимостью с активностью протеиназ в мышцах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что снижение уровня белковой деградации в скелетных мышцах молоди лосося служит механизмом, обеспечивающим интенсивный рост и физиологическую зрелость для миграции из рек в море. Вместе с тем, показано, что у кумжи активность кальпаинов и протеасомы достоверно не различалась между пестрятками и смолтами сходного возраста (3+). Известно, что вступление в смолтификацию пестряток кумжи не зависит от их размеров. Полученные нами результаты об интенсивности белковой деградации в скелетных мышцах пестряток и смолтов кумжи согласуются с данным наблюдением. Установлено разнонаправленное изменение активности исследуемых протеиназ у кумжи более старших возрастных групп – уровень активности кальпаинов у смолтов значительно выше, чем у пестряток, тогда как для протеасомы наблюдается обратная зависимость. Известно, что смолты кумжи могут иметь в разной степени сформированный осморегуляторный аппарат, при этом поддержание осмотического баланса, по-видимому, зависит от запуска частных компенсаторных механизмов. Повышение активности кальцийзависимых протеиназ в скелетных мышцах смолтов кумжи направлено, по всей видимости, на поддержание осмотического давления в клетках за счет высвобождения свободных аминокислот. *Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 14-24-00102 «Лососевые рыбы Северо-Запада России: эколого-биохимические механизмы раннего развития».*

**PROTEIN DEGRADATION IN THE SKELETAL MUSCLES OF PARR AND SMOLT ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L. AND BROWN TROUT *SALMO TRUTTA* L. DURING SMOLTIFICATION**

N. P. Kantserova, L. A. Lysenko, M. A. Ruchyev, N. N. Nemova

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [nkantserova@yandex.ru](mailto:nkantserova@yandex.ru)*

Activities of calcium-dependent proteases (calpains) and proteasome in the skeletal muscles of parr and smolt Atlantic salmon and brown trout were studied. Smoltification is a complex of behavioral, morphological, physiological, and biochemical transformations preceding the transition of salmonids from fresh water to sea. It was demonstrated that in Atlantic salmon the growth and protein mass accumulation rates during smoltification are inversely related to the activity of muscle proteases. Obtained results show that decrease in protein degradation level in the skeletal muscles of salmon juveniles could be a mechanism enable intensive growth and physiological maturity requiring to migration from the river to the sea. However, in brown trout no significantly difference in calpain and proteasome activities between parr and smolts of the same age (3+) was shown. It is known that brown trout smoltification is not affected by parr size. Obtained results on protein degradation rate in the skeletal muscles of brown trout parr and smolts correspond with this observation. Mixed change of studied protease activities in brown trout of older age groups was shown since calpain activity was higher in brown trout smolts as compared with parr and proteasome activity was lower in smolts. Brown trout smolts could have different osmoregulatory state and the maintenance of the osmotic balance probably require particular compensatory mechanisms. Increase in calcium-dependent protease activity in the skeletal muscles of brown trout smolts is probably assigned to maintain the osmotic pressure in the cells due to the release of free amino acids. *This work was supported by the Russian Science Foundation, project 14-24-00102 "Salmonids of the northwest of Russia: ecological and biochemical mechanisms of early development"*.

# ПАЗАРИТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАРАЖЕННОСТИ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ ДИКИХ ПОПУЛЯЦИЙ МОНОГЕНЕЕЙ *GYRODACTYLUS SALARIS*. МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ И СЕВЕР КАРЕЛИИ

А. Б. Карасев, В. С. Мельник, А. А. Бессонов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича», г. Мурманск, Россия, e-mail: [paralab@pinro.ru](mailto:paralab@pinro.ru)

*Gyrodactylus salaris* – моногенея, обитающая на атлантическом лососе. Всемирной организацией по охране здоровья животных гиродактилез признан особо опасным заболеванием лосося. Впервые, как патогенный для лосося, был зарегистрирован в Норвегии на р. Санндалсора. По последним данным поразил рыбу в 50 реках Норвегии.

В России *G. salaris* вызвал гибель молоди лосося в р. Кереть (Северная Карелия), где впервые был обнаружен в 1992 г. при исследовании причин резкого снижения численности молоди. С 1993 г. ПИНРО начал факультативный мониторинг зараженности молоди лосося моногенеей *G. salaris* в 17 реках Кольского полуострова, а 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. Цель мониторинга – своевременное обнаружение и контроль распространения моногенеи *G. salaris*.

По результатам мониторинга, проводимого ПИНРО, и в соответствии с географической близостью к очагам гиродактилеза и наличием достаточно больших для отбора проб популяций лосося, выбраны следующие реки Кольского полуострова: р. Тулома (притоки рр. Пак и Печа) – верховья реки находятся вблизи оз. Инари, где на форелевых фермах отмечается *G. salaris*, р. Кола (притоки р. Орловка и руч. Щучий) – сильный антропогенный прессинг и хорошо развитая инфраструктура, что может привести к непреднамеренной интродукции паразита, р. Канда (приток р. Рябина) – хорошо развитая инфраструктура и близость к р. Кереть, р. Ковда – близость к р. Кереть. На каждом водотоке выбрана 1 станция с достаточной плотностью распределения молоди лосося и наиболее близкая к транспортным путям. Работу проводят ежегодно в июле – августе.

С 2011 г. мониторинг р. Кереть проводит ПИНРО, молодь лосося отлавливается на станциях, расположенных на порогах: Морской, Матвеевский, Колупаевский, Варницкий, Сухой, по 2 станции на каждый порог. Работу проводят ежегодно в сентябре.

На станциях с помощью электролова отбирают по возможности 25 экз. молоди лосося, которые исследуют на месте или при необходимости транспортируют в живом виде для дальнейшего исследования в камеральных условиях. Анализ рыб на наличие моногенеи *G. salaris* проводят по общепринятым паразитологическим методикам.

В р. Кереть в 2016 г. молодь лосося обнаружена только на Сухом пороге, где исследовано 12 экз. молоди. Из них *G. salaris* заражено 100% рыб, интенсивность заражения 17–1083 экз., индекс обилия 164,1.

В реках Кола, Канда и Ковда паразит не обнаружен.

В р. Тулома (приток р. Пак) в 2015 г. исследовано 30 экз. у 33,3% молоди обнаружен *Gyrodactylus* sp., интенсивность заражения составила 1-127 экз., индекс обилия 4,9. В 2016 г. мониторинг реки провели дважды: в августе (18 экз. молоди) – экстенсивность заражения составила 11,1%, интенсивность – 2 экз., индекс обилия – 0,2, и в октябре (11 экз. молоди) – экстенсивность составила 100%, интенсивность – 1-140 экз., индекс обилия – 46,8. В другом притоке – р. Печа – паразит не обнаружен.

Для видовой идентификации *Gyrodactylus* sp., обнаруженного в р. Пак, необходимо провести генетические и дополнительные морфометрические исследования. Также необходимо провести изучение соседних рек для обозначения распространения паразита в бассейне Нижнетуломского водохранилища. Эти действия являются первоочередной задачей в 2017 г. Результаты позволят определить стратегию последующих мероприятий и меры, предупреждающие распространение возможно опасного паразита.

**PARASITOLOGIC MONITORING OF THE INFESTATION OF JUVENILE ATLANTIC SALMON FROM WILD POPULATIONS WITH MONOGENEA *GYRODACTYLUS SALARIS*. THE MURMANSK REGION AND NORTHERN KARELIA**

A. B. Karasev, V. S. Melnik, A. A. Bessonov

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia,  
e-mail: [paralab@pinro.ru](mailto:paralab@pinro.ru)*

*Gyrodactylus salaris* is a monogenea occurring in the Atlantic salmon. The World Organization for Animal Health recognized the gyrodactylosis to be particularly dangerous disease of the Atlantic salmon. For the first time it was registered as pathogenic in Norway where it was the reason of the death of almost all the young salmon in the Sanndalsora River. According to the latest information, 50 rivers of Norway were affected by that.

In Russia, *G. salaris* caused the death of juvenile salmon in the Keret River (Northern Karelia) where it was first found in 1992 during the investigation of the reduction in juvenile abundance. Since 1993 PINRO started a facultative monitoring of juvenile salmon infestation with monogenea *G. salaris* in the 17 rivers of the Kola Peninsula, and since 2009 the monitoring has been carried out on the stable basis, in compliance with Federal Agency for Fishery's Regulations No. 844 of 22 September and No. 648 of 25 August 2014. The purpose of monitoring is the timely detection and control of the distribution of monogenea *G. salaris*.

Based on the results of the PINRO's voluntary monitoring, in accordance with the geographic proximity to the gyrodactylosis outbreak and the presence of the salmon population which was large enough to sample, the following rivers of the Kola Peninsula were chosen: the Tuloma River (including tributaries, the Pak River and the Pecha River), which head waters were located near the Inary Lake where *G. salaris* was recorded in the trout farms; the Kola River (tributaries the Orlovka River and the Schuchy Brook) which was affected by the strong human pressure and had a well-developed infrastructure that might result in non-deliberate introduction of the parasite; the Kanda River (tributary the Ryabina River), which had highly developed infrastructure and proximity to the Keret River; the Kovda River which was near the Keret River. In each water course, one station with sufficient salmon density and being closest to transport routes was chosen. The work is annually done in July-August.

Since 2011, PINRO has made the monitoring of the Keret River. Salmon juveniles are caught at the stations on the Morskoy, Matveevsky, Kolupaevsky, Varnitsky and Sukhoy rapids, with two stations per one rapid. Every year this work is done in September.

At the stations, 25 juveniles are selected with the aid of electric fishing and examined on site or, if necessary, transported in live form for further cameral research. The fish are analyzed for the parasite *G. salaris* using accepted parasitological techniques.

In 2016, in the Keret River, salmon juveniles were only found on the Sukhoy Rapid, where 12 specimens were examined. 100% were infested, the infestation intensity was 17–1083 ind., the abundance index – 164,1.

In the Kola, Kanda and Kovda Rivers the parasite was not registered.

In 2015, in the Pak River, the Tuloma River tributary, 30 individuals were examined. *Gyrodactylus* sp. was found in 33,3% of juveniles. The infestation intensity was 1-127 ind., the abundance index – 4,9. In 2016, the monitoring of the river was carried out twice. In August (18 juveniles) the infestation extensity was 11,1%, intensity – 2 fish, the abundance index – 0,2. In October (11 juveniles) the extensity was 100 %, intensity – 1–140 ind., the abundance index – 46,8. There were no parasites found in the Pecha River.

Genetic and additional morphometric examinations should be done for specific identification of *Gyrodactylus* sp. from the Pak River. Also, it is necessary to study the neighbouring rivers to show the distribution of the parasite in the Nizhnetulomskoe Water Storage Basin. This is the primary task in 2017. The results will allow us to develop a strategy of the further activities and the preventive measures against the dangerous parasite distribution.

## МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ И ПАРАЗИТИРУЮЩИХ В НИХ ЦЕСТОД

Е. Н. Кашинская<sup>1</sup>, О. Т. Русинек, Г. И. Извекова, Е. П. Симонов, М. М. Соловьев

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия, e-mail:

[elena.kashinskaya@inbox.ru](mailto:elena.kashinskaya@inbox.ru)

Кишечное микробное сообщество – неотъемлемый и жизненно необходимый компонент пищеварительного тракта всех позвоночных животных, в том числе рыб. Известно, что кишечная микробиота играет важную роль в обеспечении защитных функций организма, процессах пищеварения и регуляции общего метаболизма рыб. Показано, что бактерии, продуцируя различные антибактериальные вещества, препятствуют колонизации кишечника патогенными микроорганизмами. Изучению видовой разнообразия пресноводных и морских видов рыб посвящено множество работ. Однако работы по изучению структуры сообществ микробиоты кишечника и гельминтов, обитающих в нем, единичны. Цель исследования – определить состав и структуру микробных сообществ желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) белого хариуса *Thymallus brevipinnis* и обитающих в его кишечнике цестод (*Proteocephalus thymalli*).

Материалы собраны в районе Бухты Бабушка и Мыса Малый Кадильный (Южный Байкал) в июне 2015 г. Половозрелых цестод в аспетических условиях извлекали из ЖКТ белого хариуса (n=3). Дополнительно в единых методических условиях были отобраны образцы слизистой и содержимого ЖКТ (желудок, кишечник и пилорические придатки). Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «Illumina» в компании «Евроген» (г. Москва).

Результаты метагеномного секвенирования энтеральной микробиоты белого хариуса при паразитировании цестод в его кишечнике позволили выявить некоторые особенности в структуре сообществ бактерий. Доминирующими таксонами в микробиоте слизистой и содержимого желудка белого хариуса были *Flavobacterium*, Comamonadaceae, *Rhodobacter* и *Pseudomonas*. Микробиота слизистой, содержимого кишечника и пилорических придатков у отдельных особей варьировала, общие таксоны бактерий представлены родами *Serratia*, *Pseudomonas* и *Mycoplasma*. В составе микробиоты, ассоциированной с поверхностью гельминтов, доминировали бактерии рода *Mycoplasma* и *Serratia*. Согласно анализу сходства (тест ANOSIM) показано, что микробиота слизистой и содержимого желудка белого хариуса достоверно отличается от таковой микробиоты кишечника, пилорических придатков и микробиоты, ассоциированной с поверхностью гельминтов ( $R=0.526$ ,  $p\leq 0.05$ ). При этом микробиота гельминтов имеет высокую степень сходства с микробиотой пилорических придатков, слизистой и содержимого кишечника, индекс сходства по Брею-Кёртису варьировал от 70 до 99%.

Согласно полученным и имеющимся в литературе данным, основное ядро доминантов в кишечнике пресноводных видов рыб составляют филумы Proteobacteria и Bacteroidetes. Бактерии из рода микоплазм (филум Tenericutes) зарегистрированы ранее в озере Байкал у рыб родов *Thymallus*, *Coregonus* и *Brachymystax*. Также было отмечено, что бактерии из рода *Mycoplasma* являются частью нормальной микробиоты рыб. Впервые показано доминирование микоплазм в микробиоте, ассоциированной с поверхностью цестод, паразитирующих в кишечнике пресноводных рыб. Однако, для понимания роли этих бактерий во взаимоотношениях между паразитом и хозяином необходимы дальнейшие исследования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-04-00270 А.

## MICROBIAL COMMUNITY COMPOSITIONS IN THE GASTROINTESTINAL TRACT OF SALMONIDS AND CESTODES PARASITIZING IN THEIR DIGESTIVE TRACT

E. N. Kashinskaya<sup>1</sup>, O. T. Rusinek, G. I. Izvekova, E. P. Simonov, M. M. Solovyev

<sup>1</sup>*Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: [elena.kashinskaya@inbox.ru](mailto:elena.kashinskaya@inbox.ru)*

The fish gut microbial community is an integral and essential part of digestive tract of all vertebrate, including fish. Microbial community plays an important role in the defense against pathogenic organisms, processes of digestion, and regulation of metabolism in fish. It was shown that bacteria are able to produce the different antibacterial substances to prevent the gut mucosal surfaces from different pathogens. There are a numerous studies are focused on the determination of structure of microbial communities of freshwater and saltwater fishes. However, the studies about bacterial diversity in fish gut and microbiota associated with helminthes inhabit in their gut are still restricted. The purpose of this study was to identify composition and structure of microbial community of gastrointestinal tract of white grayling *Thymallus brevipinnis* and Cestodes (*Proteocephalus thymalli*) parasitizing in their digestive tract.

All studied individuals of fish (n=3) and parasites (n=15) were collected in June of 2015 in water area of Babushka bay and Mys Kadil'nyy (Lake Baikal, southern part). Parasites were retrieved aseptically from the digestive tract of white grayling. Also, the mucosa and content from different parts of fish gut (stomach, pyloric caeca, and intestine) were sampled. Sequencing of V3, V4 hypervariable regions of 16S rRNA genes was carried out on the Illumina MiSeq sequencing platform at Evrogen company (Moscow, Russia).

Results of metagenomic sequencing of enteric microbiota of white grayling and their parasites have shown some features in structure of microbial community. Thus, bacteria from taxa *Flavobacterium*, Comamonadaceae, *Rhodobacter*, and *Pseudomonas* were the dominant microbiota in stomach mucosa and content of white grayling. Microbiota of intestinal mucosa, intestinal content and pyloric caeca were varied among individual fish, common taxa were bacteria from genus *Serratia*, *Pseudomonas*, and *Mycoplasma*. The microbiota, associated with helminth was dominated by bacteria from genus *Mycoplasma* and *Serratia*. According to the results obtained by ANOSIM test, microbiota of stomach mucosa and stomach content was significantly differ than microbiota of intestine, pyloric caeca and microbiota, associated with helminthes ( $R=0.526$ ,  $p\leq 0.05$ ). Moreover, microbiota, associated with helminthes was highly similar to those from intestinal mucosa, intestinal content and pyloric caeca, Bray-Curtis index was varied from 70 to 99%.

Our data on the microbial composition in fish intestine conform to the existing literature. Thus, the dominant microbiota in the intestine of freshwater fish was represented by Proteobacteria and Bacteroidetes. The presence of the *Mycoplasma* (phylum Tenericutes) in the intestinal microbiota of fish from genus *Thymallus*, *Coregonus* and *Brachymystax* were earlier revealed in Lake Baikal.

It was also noted that bacteria from the genus *Mycoplasma* are part of the normal microbiota of fish. This is a first report about *Mycoplasma* as a dominant in associated microbiota of helminthes parasitizing in the digestive tract of fish. However, to understand the role of these bacteria in the relationship between parasite and host the further research is needed.

*This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 13-04-00270 A.*



## ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОКАТНОЙ МИГРАЦИИ МОЛОДИ ГОРБУШИ (НА ПРИМЕРЕ Р. МАЛАЯ ХУЗИ, О-В САХАЛИН)

Е. А. Кириллова, П. И. Кириллов, Д. С. Павлов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия,*

*e-mail: [ekirillova@sevin.ru](mailto:ekirillova@sevin.ru)*

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) среди лососёвых рыб имеет самый короткий пресноводный период жизни и скатывается в море вскоре после выхода из грунта. Её покатная миграция носит пассивный характер – перемещение вниз по течению осуществляется за счёт силы потока, на что указывает сосредоточение покатников преимущественно в стрежневой части. Однако приуроченность миграции к периоду низкой освещённости говорит о том, что пассивная миграция не совсем «пассивна».

Этот парадокс отмечен В. Хором (Hoar, 1951; 1956), но объектом его наблюдений была дикая молодь, помещенная в лабораторные условия. Наши полевые экспериментальные исследования двигательной активности и отношения к течению молоди горбуши при смене освещённости в родном водотоке позволили получить новые сведения об этологических аспектах реализации покатной миграции у этого вида.

Экспериментальную установку (модифицированную двухсекционную щелевую камеру по Pavlov et al., 2007) размещали в русле реки. Проточный и непроточный отсеки установки разделены перегородкой с отверстием – выходом. Скорость течения в проточном отсеке составляла 0.3–0.4 м/с. Наблюдения проводили при естественной освещённости. Рыб (20 экз.) перемещали из садков в непроточный отсек при освещённости более 100 Лк. Выход в проточный отсек открывали не менее чем через 20 мин, при 5 Лк. Всего проведено 12 экспериментов с 240 рыбами. Полевой эксперимент не позволяет исключить влияние отдельных факторов среды или стандартизировать условия. В каждую из ночей различалась температура воды, варьировала освещённость. Однако в целом молодь проявляла сходные реакции.

В сумерках (2.5–5 Лк) рыбы распределялись вдоль стенок установки, избегая области вблизи выхода из непроточного отсека в проточный. Отдельные особи подходили к выходу, но быстро, бросковым движением, возвращались; при последующем снижении освещённости до 0.5 Лк частота подходов возрастала. С наступлением темноты (<0.1 Лк) почти вся молодь покидала непроточный отсек. При временном увеличении ночной освещённости (например, с восходом луны) часть рыб (10–30%) возвращались в непроточный отсек. В это время, как правило, отмечали снижение интенсивности ската.

Молодь горбуши, вышедшая в проточный отсек (на поток) проявляла устойчивый положительный тип реореакции и располагалась преимущественно вблизи втока воды в установку. Оставшиеся в непроточном отсеке особи держались вдали от выхода в проточный. С рассветом рыбы не возвращались в непроточный отсек и сохраняли положение в пространстве как в тёмный период – головой против течения. Но при помещении в отсек камня, забивались под него.

Наблюдения показали, что пассивной покатной миграции предшествует активный выход в поток. При снижении освещённости до пороговой величины 0.5 Лк, отрицательная фотореакция у молоди горбуши сменяется на нейтральную, возрастает двигательная активность. Рыбы выходят из укрытий, в которых находятся в светлое время суток, и активно перемещаются к участкам с большими скоростями течения. Перемещение в реоградиенте происходит до тех пор, пока скорость течения не превысит значение критической скорости, и молодь не будет вовлечена в поток. Одновременно происходит потеря зрительной ориентации, что также способствует вовлечению молоди в транзитный поток.

*Полевые работы на Сахалине выполнены при финансовой поддержке Ассоциации рыбопромышленников Смирныховского района; анализ материала и подготовка публикации – за счёт гранта РНФ № 14-14-01171 «Взаимосвязь миграций и формообразования у молоди рыб и миног».*

## **ETHOLOGICAL PATTERNS OF DOWNSTREAM MIGRATION REALISATION IN PINK SALMON FRY (ON THE EXAMPLE OF THE MALAYA KHUZI RIVER, SAKHALIN)**

E. A. Kirillova, P. I. Kirillov, D. S. Pavlov

*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
e-mail: [ekirillova@sevin.ru](mailto:ekirillova@sevin.ru)*

Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) has the shortest freshwater period of life and migrates seaward soon after emergence from redds. This migration is passive – fish move downstream due to the power of the current. Concentration of migrants in the midstream is the evidence of passive character of migration. However, the coincidence of migration with the period of low illumination indicates that the passive migration is not completely "passive".

This paradox was noted by W. S. Hoar (1951, 1956), but the object of his studies were wild pink salmon fry, placed to laboratory conditions. Our field experimental studies of locomotor activity and relation to the flow of pink salmon fry at the changing illumination in the native river enabled to obtain new data on ethological patterns of realization of migration for this species.

The experimental chamber (a modified two-section slot-chamber according to Pavlov et al., 2007) was set directly in the river. The lotic and limnic sections of the chamber were separated by a partition with an opening-outlet. The flow velocity in the lotic section was 0.3–0.4 m/s. Observations were conducted under natural illumination. Fish (20 specimens) were replaced from cages to limnic section at more than 100 Lx illumination. The outlet into limnic section was opened not less than 20 min later, at 5 Lx. In total, there were 12 experiments with 240 fish. It is impossible to exclude the influence of certain environmental factors or to standardize the conditions in field experiment. The temperature of water and the illumination varied significantly from night to night. Though, in general, the fry demonstrated similar reactions in each experimental series.

At dusk (2.5–5 Lx) the fish were dispersed along the sides of the chamber, avoiding area near the outlet from the limnic to lotic section. Single individuals approached the outlet, but rushed back immediately. Frequency of approaches increased with subsequent decrease of illumination to 0.5 Lx. At the darkness (<0.1 Lx), almost all fry left lotic section. Some of the fish (10–30%) returned to lotic section during temporary increase of night illumination (for example, with the rising of the moon). At this time, as a rule, a decrease of intensity of downstream migration occurred in the river.

Pink salmon fry, which moved to limnic section (to the flow) demonstrated steady positive type of rheoreaction and distributed predominantly at the area of water inlet to the chamber. The individuals remaining in the lotic section kept away from the outlet to limnic section. At dawn the fish did not return to lotic section and kept their spatial positions same to those in the dark period – head against the current. But if a stone was placed to the section, all fry hid under it immediately.

Observations have shown that passive downstream migration is preceded by active move to the flow. When the illumination decreased to threshold value of 0.5 Lx, the negative photoreaction in the pink salmon fry is switched to neutral, and the locomotor activity increases. Fish leave the shelters, where they stay in the daytime, and move actively to areas with higher velocities. The fry move in rheogradient until the current exceeds the value of critical velocity, and the fry wouldn't be involved in the flow. Loss of visual orientation, which also contributes to the involvement of fry in the transit flow, occurs at the same time.

*Field work at Sakhalin was carried out with the financial support of Fishermen Association of Smirnykhovsky District; analysis of collected material and preparation of the publication - at the expense of RSF grant No. 14-14-01171 "Interrelation of Migrations and Life forms in juvenile Fish and Lamprey".*

## СМЕЖНЫЕ ПОКОЛЕНИЯ ГОРБУШИ

Н. В. Кловач

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,  
e-mail: [klovachn@vniro.ru](mailto:klovachn@vniro.ru)*

У горбуши есть уникальная среди лососевых особенность образовывать репродуктивно изолированные поколения смежных лет, заходящих на нерест соответственно, в четные и нечетные годы. Каждая из этих линий имеет характерные экологические и генетические отличия.

Репродуктивно изолированные поколения горбуши смежных лет нереста демонстрируют в большинстве районов воспроизводства различную динамику запасов.

Так, если рассматривать динамику вылова восточно-камчатской горбуши за 100-летний период, можно видеть, что уловы горбуши у северо-востока Камчатки в четные годы в период с 1909 по 1915 гг. никогда не достигали максимальных уловов в нечетные годы.

Похожая картина динамики запасов (уловов) горбуши с преобладанием на длинном временном интервале одной (нечетной) линии поколений наблюдается и на Восточном Сахалине. На западном побережье Камчатки и бассейне р. Амур, напротив, высокочисленные подходы и уловы горбуши отмечены в четные годы.

Во всех районах размах колебаний уловов (запасов) горбуши доминирующей линии поколений в разы превышает таковой в смежном ряду. То есть у горбуши смежных поколений выявляется разный уровень запасов (уловов), свидетельствующий об экологических отличиях, обуславливающих различную динамику численности. Поддержание различий в численности смежных поколений горбуши может осуществляться за счет более полного использования среды высокочисленным поколением.

Подтверждением данного соображения являются результаты акклиматизации горбуши на европейском севере России. Так, в результате второго (удачного) опыта акклиматизации, когда на север была завезена икра горбуши с севера Магаданской области, уловы после одноразового завоза в нечетном ряду поколений остаются достаточно высокими и стабильными. Можно говорить о том, что в бассейнах Белого и Баренцева морей создана самовоспроизводящаяся популяция горбуши нечетной линии поколений. Что касается четной линии, то завоз икры от производителей этой линии положительного результата не дал. Следует отметить, что в реках Магаданской области четная линия воспроизводства также является депрессивной (Дорофеева и др., 2006).

Генетические исследования беломорской горбуши (Гордеева, 2003; Гордеева и др., 2005) позволили выявить изменения по сравнению с донорской популяцией. Было установлено, что уровень генетических изменений в «нечетной» линии выше, чем в «четной», причем на фоне успешного естественного воспроизводства у первой это может свидетельствовать о процессах адаптации. В то же время на основании этих данных можно предположить, что неутешительные итоги акклиматизации «четной» линии в Белом море могут быть связаны с ее более узкой по сравнению с «нечетной» специализацией (Дорофеева и др., 2006).

В свете изложенного представляется, что, оценивая влияния климата на динамику запасов горбуши, следует рассматривать только одну (доминирующую по численности) линию поколений, численность которой изменяется в соответствии с изменениями условий среды, поскольку именно доминирующая линия ввиду эволюционно закрепившихся адаптаций «тоньше» реагирует на климатические изменения.

Таким образом, анализ имеющихся данных указывает на то, что две линии горбуши в настоящий момент представляют собой независимо эволюционирующие группировки, которые с высокой долей вероятности можно рассматривать как виды-близнецы.

## ADJACENT GENERATIONS OF PINK SALMON

N. V. Klovach

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,*

*e-mail: [klovachn@vniro.ru](mailto:klovachn@vniro.ru)*

The pink salmon has a unique feature among the salmonids – to form reproductively isolated generations of related years, which spawn accordingly, in even and odd years. Each of these lines has characteristic ecological and genetic differences.

Reproductively isolated pink salmon generations of the adjacent years show a different dynamics of numbers (catches) in most areas of reproduction.

So, if we consider the dynamics of the catch of the East Kamchatka pink salmon over a 100-year period, it can be seen that the pink salmon catches from the northeast of Kamchatka in the even years between 1909 and 1915 never reached the maximum catches in odd years.

A similar picture of the dynamics of pink salmon stocks (catches) with predominance over a long time interval of one (odd) generation line is also observed in Eastern Sakhalin. On the west coast of Kamchatka and the basin of the Amur river, on the contrary, the high approaches and the pink salmon catch were recorded in even years.

In all regions, the range of fluctuations in the pink salmon stocks of the dominant line of generations is several times greater than that in the adjacent row. That is, the pink salmon of adjacent generations reveals a different level of stocks (catches), indicating environmental differences, which cause different dynamics of numbers. Maintenance of differences in the number of adjacent generations of pink salmon can be achieved through a more complete use of the environment by a large number of generations.

This is confirmed by the results of the acclimatization of pink salmon in the European north of Russia. So, as a result of the second (successful) acclimatization experience, when the pink salmon roe from the north of the Magadan region was imported north, the catches after a one-time delivery in an odd number of generations remain quite high and stable. It can be said that in the basins of the White and Barents seas a self-reproducing population of pink salmon of an odd generation line was created. As for the even line, the delivery of caviar from the producers of this line did not give a positive result. It should be noted that in the rivers of the Magadan Region the even reproduction line is also depressive (Dorofeeva et al., 2006).

Genetic studies of the White Sea pink salmon (Gordeeva, 2003, Gordeeva et al., 2005) allowed to identify changes in comparison with the donor population. It was found that the level of genetic changes in the "odd" line is higher than in the "even" line, and against the background of successful natural reproduction in the first this can indicate the adaptation processes. At the same time, on the basis of these data, it can be assumed that the disappointing results of the acclimatization of the "even" line in the White Sea may be related to its narrower comparison with the "odd" specialization (Dorofeeva et al., 2006).

In the light of the foregoing, it seems that when assessing climate effects on the dynamics of pink salmon stocks, one should consider only one (dominant in number) generation line, the number of which changes in accordance with changes in environmental conditions, since it is the dominant line, in view of evolutionary entrenched adaptations, that "thinner" reacts to climate change. Thus, an analysis of the available data indicates that the two pink salmon lines currently represent independently evolving groupings that are highly likely to be considered as twin species.

## СТРУКТУРА ЖЕЛТОЧНОГО СИНЦИТИАЛЬНОГО СЛОЯ *COREGONUS MUKSUN* НА ЭМБРИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧИНОЧНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ

Е. А. Кондакова<sup>1</sup>, В. А. Богданова<sup>2</sup>, В. И. Ефремов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [23eak@mail.ru](mailto:23eak@mail.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного хозяйства имени Л. С. Берга», г. Санкт-Петербург, Россия

Желточный синцитиальный слой (ЖСС) *Teleostei* – это многофункциональная провизорная система, представляющая собой симпласт с многочисленными полиморфными полиплоидными ядрами, входящий в состав желточного комплекса. Цель данного исследования – описание ЖСС в развитии *Coregonus miksun* на стадиях от гастрюлы до личинки. Серийные парафиновые срезы толщиной 5-6  $\mu\text{m}$  окрашивали гематоксилином Караччи и эозином. Получение срезов, их фотографирование и измерения проводили в РЦ РМиКТ СПбГУ. На всех рассмотренных стадиях толщина ЖСС очень неравномерна. ЖСС окружает жировые капли (ЖК), отделяя их от желтка, но прослойка вокруг крупных ЖК, предположительно, остается не замкнутой. На стадии гастрюлы ЖК располагаются преимущественно в анимальном полушарии яйца, на стадиях сомитогенеза распределены по всему объему желтка. На личиночных стадиях развития большинство ЖК слито в одну, расположенную в передней области желточного комплекса. Перемещения ЖК связаны с более значительными структурными изменениями ЖСС муксуна, чем у зародышей и личинок видов *Teleostei* с яйцами без ЖК. Уже во время гастрюляции в ядрах ЖСС и клеток бластодермы различимы ядрышки. В ЖСС уже имеются гигантские (до 70  $\mu\text{m}$  в длину) ядра правильной или сложной формы. Желточные включения в клетках бластодермы не просматриваются. Во время сомитогенеза ЖСС утолщен в областях, контактирующих с ЖК, и в каудальной области. ЖСС муксуна имеет сложную, дифференцированную, динамичную структуру. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-34-00391).

## **STRUCTURE OF THE YOLK SYNCYTIAL LAYER OF *COREGONUS MUKSUN* AT THE EMBRYONIC AND LARVAL DEVELOPMENTAL STAGES**

E. A. Kondakova<sup>1</sup>, V. A. Bogdanova<sup>2</sup>, V. I. Efremov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: [23eak@mail.ru](mailto:23eak@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Federal State Budgetary Scientific Establishment "Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries", Pskov, Russia*

The yolk syncytial layer of Teleostei is a multifunctional temporary system. It is a symplast with numerous polymorphic polyploid yolk syncytial nuclei (YSN), which is a component of yolk complex. The aim of this study is to describe the YSL structure in development of *Coregonus muksun* from the gastrula to larval stages. Serial paraffin cuts 5-6  $\mu\text{m}$  thick were stained with Carazzi's hematoxylin and eosin. Sectioning, photography and measurements were made in resource center of SPbU "Centre for molecular and cell technologies". During all of the studied stages the YSL thickness is very uneven. The YSL encircles the oil globules (OG), separating them from the yolk, but the layer around the large OG remains incomplete. At the gastrula stage the OG are located predominantly in the animal hemisphere of an egg, during somitogenesis the OG are distributed in the yolk mass. At the larval stages the majority of OG have fused into the one OG in the anterior region of yolk complex. The translocations of OG are linked to more significant structural transformations of the YSL of muksun, than in the embryos and larvae of teleost species without OG in the eggs. During gastrulation the prominent nucleoli in the YSN and blastoderm cell nuclei and the giant YSN (up to 70  $\mu\text{m}$  long) are already present. They can have regular or complex shapes. The yolk inclusions in blastoderm cells are not observed. During somitogenesis the YSL is thickened in the regions of contact with OG and in the caudal region. The YSL of muksun has a complex differentiated dynamic structure. *This work was supported by the RFBR (grant number 16-34-00391).*

## **САДКОВАЯ АКВАКУЛЬТУРА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ**

А. Е. Курицын

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Россия,  
e-mail: [kuricin@petsu.ru](mailto:kuricin@petsu.ru)*

Товарное садковое рыбоводство является одним из наиболее экономически выгодных и эффективных способов выращивания рыбы. На протяжении последних лет общие объемы садкового рыбоводства в Республике Карелия достигают 20-23 тыс. тонн. В тоже время увеличение объемов выращивания не может осуществляться без учета социального и экологического факторов устойчивого развития территорий, сохранения водной среды. При проектировании хозяйств и мониторинге уже существующих производств целесообразно предложить новые подходы:

А) Проектирование новых садковых производств на базе ГИС-системы «Аквакультура Республики Карелия». Предлагаемая система анализа данных позволит избежать появления чрезмерных нагрузок на водоем и возникновения дополнительных мощностей для выращивания на водоемах и локациях, уже имеющих рыбоводные фермы. Территории с низким развитием производства стали бы приоритетными точками роста аквакультуры.

Б) Внедрение лучших практик выращивания, сертификация производства. План производства с минимальным влиянием на окружающую среду позволил бы избежать острых социальных и экологических проблем.

В) Создание независимой системы мониторинга основных показателей водной среды на рыбоводных участках. Использование дистанционных систем анализа параметров водоема позволит полно и оперативно получать информацию о качестве воды и оказываемом влиянии производственной деятельности.

Г) Использование инновационных технологий садкового выращивания с внедрением систем автоматизированного кормления, изъятия погибшей рыбы, апробации «закрытых систем» выращивания в садках с минимизацией экологической нагрузки.

Д) Контроль перемещения видов и пород рыб, используемых в аквакультуре, не свойственных данному водоему, с основным принципом «Не навреди аборигенным видам рыб».

Е) Разработка системы маркирования продукции аквакультуры, в том числе с использованием молекулярно-генетических методов.

Комплексное использование данных подходов будет способствовать устойчивому развитию аквакультурной отрасли в гармонии с окружающей водной средой и сохранению ее для будущих потомков.

## **NECESSITY OF FISH BREEDING AND SELECTION CENTER IN THE REPUBLIC OF KARELIA**

A. E. Kuritsyn

*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, e-mail: [kuricin@petsu.ru](mailto:kuricin@petsu.ru)*

This study contains data of current status of fish farming in the Republic of Karelia. It identified new vision of the development of cage aquaculture basis on good management practice, certification, GIS-system «Aquaculture Karelia», monitoring water quality remotely, tagging cage aquaculture production, introduction innovation.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ФОРЕЛИ В ВОДАХ КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

Т. Ю. Кучко, М. Э. Хуобонен

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Россия,  
e-mail: [kuchko@petsu.ru](mailto:kuchko@petsu.ru)*

На основании экспертной оценки специалистов КарНЦ РАН в пресных водоемах Республики Карелия без ущерба для окружающей среды возможно выращивание до 35 тысяч тонн товарной форели в год. Согласно плану развития форелеводства республики этот показатель должен быть достигнут к 2020 году [1].

Учитывая активный интерес к данному направлению деятельности со стороны бизнеса и правительства Республики Карелия, возникает закономерный вопрос о перспективах дальнейшего развития форелеводства после того, как пороговый показатель будет достигнут. Одним из направлений такого развития может стать товарное выращивание форели в водах карельского побережья Белого моря.

Согласно нашим исследованиям (мыс. Картеш 1996, 1997; пос. Чупа 2000, 2003; дер. Поньгома, 2007, 2013) условия прибрежных морских участков Белого моря позволяют организовать сезонное товарное выращивание форели в течение 4,5 месяцев, начиная с первой декады июня. Этому способствуют: температура воды, которая в указанный промежуток времени не снижается ниже +5 °С и не повышается выше +18 °С, благоприятный газовый (насыщение воды кислородом может достигать до 115%) и солевой режим (многие участки побережья опресняются водами впадающих в них рек).

Анализ роста и развития форели породы камлоопс в садковых хозяйствах, расположенных в Кандалакшском и Онежском заливах Белого моря показали, что посадочный материал форели в возрасте 1+ хорошо адаптируется к морским условиям, активно питается и растет. Максимальные суточные приросты рыбы (2,4-2,6% от массы тела) были отмечены в июле – августе при температуре воды +16 – +18 °С, выживаемость достигала 98%.

При благоприятных условиях прирост массы тела двухлеток форели в течение сезонного выращивания в морских условиях достигал от 1,1 кг до 1,8 кг в зависимости от массы посадочного материала (табл.).

Таблица. Динамика весового роста форели в морских условиях (средние показатели, г).

Дата	21.06	01.07	20.07	01.08	10.08	29.08	16.09	24.09	15.10	22.10
Вес	213,8	260,0	360,5	504,5	652,0	885,7	1120,0	1230,2	1346,0	1350,4
1+, г	370,0	520,0	680,2	800,0	990,4	1260,4	1650,0	1800,6	2120,1	2260,0

Мясо товарной форели не имело повышенной обводненности и характеризовалось высокой калорийностью (115 – 130 ккал/100 г). Съедобная часть тела составляла 65 – 68% от общей массы тела.

Таким образом, высокие параметры темпа роста посадочного материала и качества товарной продукции показывают на благоприятные перспективы для садкового выращивания форели в морских водах карельского побережья Белого моря.

### *Литература:*

1. Стратегия и план мероприятий по созданию и развитию рыбохозяйственного кластера в Республике Карелия. Петрозаводск: Министерство сельского, рыбного и охотничьего хозяйства РК, 2016. 149 с.



## PERSPECTIVES OF THE MARKETABLE BREEDING OF TROUT FISH IN THE WATERS OF THE WHITE SEA IN KARELIA

T. U. Kuchko, M. E. Huobonen

*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, e-mail: [kuchko@petrsu.ru](mailto:kuchko@petrsu.ru)*

Based on the expert assessment of the KarRC RAS specialists, there is a possibility to breed without environmental damage up to 35 tons of the marketable trout fish in the freshwaters of the Republic of Karelia. According to the plan of the development of trout breeding in the republic this index should be reached to 2020 [1].

Taking into consideration active interest to this tendency from the side of business and the government of the Republic of Karelia, there is a logical question about the perspectives of the further trout-breeding after the threshold is reached. One of the present courses of such development might be breeding of marketable trout in the waters of the Karelian coast of the White Sea.

According to our research (Kartesh cape 1996, 1997; Chupa township 2000, 2003; Pon'moga village 2007, 2013) the conditions of the coastal areas of the White Sea allow to organize seasonal marketable trout-breeding during 4, 5 months, beginning with the first decade of June. It is possible with the help of: water temperature, which in designated period of time is not lower than +5°C and not higher than +18 °C, conductive gas conditions (oxygen saturation in water can be up to 115%) salt conditions (many areas of the coast are desalted by the nearby rivers).

Growth and development analysis of the Kamloops trout cage farms situated in в Kandalshsky and Onezhsky bays of the White Sea showed that the trout planting material at the age of 1+ is easily adapted to marine conditions, it was actively being fed and growing. Maximum daily growth of fish were noticed in July – August (2,4 – 2,6% of body weight) when the temperature of water was +16 – +18 °C, survival rate reached up to 98%.

Under favorable conditions body weight growth of the 2-year old fish during the seasonal breeding in marine conditions was about 1 kg up to 1, 8 kg according to the weight of the planting material (tabl.).

Table. Dynamics of weight growth of trout fish in the marine conditions (average indicators, g.)

Date	21.06	01.07	20.07	01.08	10.08	29.08	16.09	24.09	15.10	22.10
Weight	213,8	260,0	360,5	504,5	652,0	885,7	1120,0	1230,2	1346,0	1350,4
1+, g	370,0	520,0	680,2	800,0	990,4	1260,4	1650,0	1800,6	2120,1	2260,0

The meat of the marketable trout fish wasn't watery and one of its characteristics is high caloric content. Eatable part of the body is 65 – 68 % of the body weight.

Thereby, high parameters of the plating material growth, quality of commercial product indicate profitable perspectives for trout breeding cage farms in the marine conditions in the waters of the Karelian coast of the White Sea.

### *Literature:*

1. Strategy and plan of measures on the creation of the fishery management in the Republic of Karelia. Petrozavodsk: The Ministry of agriculture, fish and hunting economy of the RK, 2016. 149 p.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОМЫСЛОВ И СОХРАНЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Д. Л. Лайус

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: [dlajus@gmail.com](mailto:dlajus@gmail.com)

Популяции промысловых рыб в настоящее время сокращаются, и государственное управление не всегда в состоянии это остановить. Один из способов смягчения проблемы – информированный выбор потребителя путем реализации программ экологической сертификации. В результате сертификации устойчивые промыслы получают экомаркировку, которая признается потребителями. Сертификация Морского Попечительского Совет (MSC) в настоящее время - наиболее востребованная на мировом рынке устойчивых морепродуктов. Эта оценка проводится независимой компанией, которая отвечает за правильное применение стандартов, разработанных MSC. Стандарты включают три принципа: 1) устойчивость целевого вида промысла, 2) минимальные экологические последствия; 3) эффективное управление. В случае, если ситуация в промысле не полностью соответствует стандартам MSC, он может получить сертификат с рядом условий, которые направлены на совершенствование управления промыслом. В настоящее время в программе участвуют 380 промыслов, 18 из них – в России.

Процесс сертификации MSC промыслов тихоокеанского лосося в России начался более десяти лет. Первым сертифицировался в 2009 г промысел горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) и кеты (*O. keta*) о. Итуруп. В 2012 г сертификат получили промыслы горбуши на северо-востоке Сахалина и нерки (*O. nerka*) р. Озерная на Камчатке. В 2016 г были сертифицированы промыслы кеты, горбуши нерки и кижуча (*O. kisutch*) на Западной Камчатке. Вылов этих промыслов составляет около 60 тыс. тонн – примерно пятая часть общего вылова лосося в России. Еще три промысла в настоящее время находятся в состоянии оценки. Основным орудием лова лосося является ставной невод – пассивное орудие лова, выставяемое на путях нерестовых миграций лосося в прибрежной зоне моря. Доступность и высокая рыночная стоимость лосося приводят к значительному нелегальному лову, который трудно контролировать.

Как сертификация MSC способствует сохранению популяций тихоокеанского лосося? MSC не позволяет сертифицировать промыслы в тех случаях, если искусственное воспроизводство негативно воздействует на дикие популяции. Это является серьезной проблемой для промыслов в южной части о. Сахалин и на Курильских островах. В рамках сертификации, промыслы проводили мечение отолитов заводской рыбы для оценки влияния искусственного воспроизводства на дикие популяции. Кроме того, были проведены исследования по количественной оценке прилова нецелевых видов ставными неводами, которые показали, что прилов ничтожен. Ряд компаний активно участвуют в анти-браконьерской работе, частично в рамках проектов по сертификации, и были выполнены специальные исследования по описанию нелегального лова лосося. Все эти результаты опубликованы в отчетах по сертификации в свободном доступе на веб-сайте MSC. Отчеты по сертификации подробны, хорошо структурированы и часто содержат оригинальную информацию. По этой причине, они представляют собой ценные источники информации по конкретным промыслам.

Таким образом, в настоящее время сертификация по стандартам MSC в России заняла свое место на рынке. С одной стороны, она обеспечивает владельцам сертификата рыночные преимущества, а с другой вносит вклад в сохранение популяций тихоокеанских лососей путем проведения исследований и публикации структурированной информации по промыслам, участвующим в программе.

## ECOLOGICAL CERTIFICATION OF FISHERIES AND CONSERVATION OF PACIFIC SALMON POPULATIONS

D. L. Lajus

*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: [dlajus@gmail.com](mailto:dlajus@gmail.com)*

Wild capture fisheries experience decline worldwide and state management is not always able to stop it. One opportunity to mitigate the problem is informed choice of consumers via ecological certifications. These certifications award sustainable seafood products with a special eco-labels, which are recognized by the consumers. Marine Stewardship Council (MSC) certification is now the most demanded one in the world market of sustainable seafood. The assessment itself is performed by the independent organization, which is responsible for the correct application of standards developed by the MSC. Three principles inform these standards: 1) sustainability of the target stock; 2) minimal environmental effects; 3) effective management. In case, if the situation in the fishery does not fully meet MSC standards, the fishery usually get the certificate but needs to fulfill certain conditions to improve its management. Currently, there are 380 fisheries in the program, among them 18 fisheries are Russian.

Process of MSC certification of Russian Pacific salmon fisheries started more than ten years. The first Russian fishery to receive the certificate was the Iturup Island pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum (*O. keta*) salmon fishery in 2009. Two other Pacific salmon fisheries were certified in 2012: the Sakhalin Island Northeast trap net pink salmon fishery and the Ozernaya River sockeye salmon (*O. nerka*) fishery. The most recent certification was performed in Kamchatka and included sockeye, chum, pinks and coho (*O. kisutch*) salmon. Three more fisheries are under assessment now. The capacity of certified Pacific salmon is approximately 60,000 mt, which makes the proportion of MSC certified salmon about one-fifth of the total catch. Most of the salmon are caught by trap nets, passive fishing gear installed on the coast near where salmon enter rivers on their spawning migration. Ease of catch and high market value encourage sizable illegal fishing and make it difficult to control.

How MSC certification contributes to conservation of Pacific salmon? The MSC prohibits enhanced fisheries, from interfering with natural production. This is a major issue for salmon fisheries in the southern part of Sakhalin Island and the Kuril Islands. In the framework of certifications, fisheries studied the effect of hatchery production on wild populations by otoliths marking of hatchery fish. Also, the studies were performed to quantitatively describe non-target catch of fishing with coastal set nets, which showed that bycatch is negligible. Several companies performed anti-poaching activities, partly in the frameworks of certification projects, and special research was done to describe illegal fishing. All these results are published in certification reports freely available at the MSC website. Certification reports are voluminous and well-structured papers often presenting original information which is not published elsewhere. Therefore they represent convenient sources of information on particular fisheries.

Therefore now MSC certification in Russia is well-established process which, on the one hand provides market advantages to certificate holders, and on the other – contributes to conservation of Pacific salmon by funding research and obtaining and publishing well-structured information on fisheries in the program.

## МОРФОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТАЙМЕНЯ БАССЕЙНА Р. ТАВДЫ

А. В. Лугасков

Уральский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Екатеринбург, Россия,  
e-mail: [lugaskoff2011@yandex.ru](mailto:lugaskoff2011@yandex.ru)

Река Тавда – приток р. Тобол, относится к Обь-Иртышскому бассейну и формируется слиянием двух крупных горных притоков Сосьвы и Лозьвы, протяженностью 635 и 637 км, соответственно. Обыкновенный таймень (*Hucho taimen* Pallas) населяет данные водотоки и их основные притоки, является единственным аборигенным представителем лососевых рыб в ихтиофауне уральских водоемов и постоянно находится под прессом любительского рыболовства и браконьерского промысла. В большинстве водотоков Урала и Сибири этот вид включен в региональные Красные книги или Красную книгу РФ.

Статус охраняемого вида значительно ограничивает возможности сбора материала по тайменю. Данные для настоящего сообщения собирались в течение последних 6–8 лет из единичных любительских уловов и в качестве прилова при контрольном научном лове.

Данные по морфологическим промерам тайменя из р. Лозьва приводятся впервые. Ранее, изучение морфологии вида в уральских притоках Нижней Оби было проведено только в р. Северная Сосьва (Шишмарев, 1979). Морфологические измерения выполнены на выборке в 16 экз., разнородной по размерам и возрасту особей: длина тела по Смитту от 340 до 970 мм, масса тела от 446 до 8700 г, возраст рыб – 2+ – 8+ лет.

Несмотря на значительную неоднородность выборки, счетные признаки варьировали незначительно и их средние значения не выходили за пределы колебаний видовых диагностических признаков (табл.).

Таблица. Меристические признаки тайменя из р. Лозьва

Признаки	Среднее и ошибка	Коэффициент вариации (CV), %
	$M \pm m$	
Количество ветвистых лучей в спинном плавнике (D)	10,19 ± 0,19	7,36
Количество ветвистых лучей в анальном плавнике (A)	9,00 ± 0,22	9,94
Количество ветвистых лучей в грудном плавнике (P)	13,31 ± 0,30	8,98
Количество ветвистых лучей в брюшном плавнике (V)	8,87 ± 0,12	5,63
Количество прободенных чешуй в боковой линии (Il)	127 ± 2,2	6,69
Количество жаберных тычинок (Spbr)	12,44 ± 0,18	5,85
Количество позвонков (Vert)	63,3 ± 0,86	3,61

Среднее значение CV для 15 индексов признаков относительно длины тела составило 7,28%, для 9 индексов связанных с промерами головы – 14,9%. Морфооблик тайменя из разных популяций обского бассейна оказался сходен. Сравнение данных по морфологии тайменя из рек Северной Сосьвы и Лозьвы, несмотря на особенности выборки из последней, не выявили различий по счетным признакам и достоверно ( $p < 0,001$ ) установлены отличия только по 3 из 25 пластических признаков – hA, O, Ident.

По имеющимся данным и экспертным оценкам численность популяция тайменя из горных притоков р. Тавды в настоящее время восстанавливается и сопоставима с плотностью вида в реках бассейна Северной Сосьвы, где ранее обитала его самая многочисленная популяция. Основными факторами сохранения тайменя в р. Лозьва являются: ликвидация многочисленных лагерей – поселений, труднодоступность основных притоков, охрана в период нереста в сочетании с искусственным воспроизводством, широкое распространение практики любительского рыболовства по принципу «поймал – отпустил». В р. Сосьва важную роль в сохранении вида сыграло расположение верховьев реки на территории заповедника «Денежкин камень».

## MORPHOECOLOGICAL PECULIARITIES OF THE TAIMEN OF THE TAVDA BASIN

A. V. Lugaskov

Ural branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "State Research and Production Center of Fisheries", Ekaterinburg, Russia, e-mail: [lugaskoff2011@yandex.ru](mailto:lugaskoff2011@yandex.ru)

The Tavda River is a tributary of the river Tobol, belongs to the Ob-Irtysh basin and is formed by the merger of two major mountain tributaries of the Sosva and Lozva, a length of 635 and 637 km, respectively. Ordinary taimen (*Hucho taimen* Pallas) inhabits these streams and their main tributaries, is the only aboriginal representative of salmonids in the ichthyofauna of the Ural water bodies and is constantly under the pressure of amateur fishing and poaching. In most streams of the Urals and Siberia, this species is included in regional Red Books or the Red Book of the Russian Federation.

The status of the protected species significantly limits the ability to collect material on the taimen. The data for the present communication were collected during the last 6-8 years from individual amateur catches and as by-catch in controlled scientific fishing.

Data on morphological measurements of taimen from the river Lozva, given for the first time. Earlier, the study of the morphology of the species in the Ural tributaries of the Lower Ob was carried out only in the river Northern Sosva (Shishmarev, 1979). Morphological measurements were made on a sample of 16 specimens, of different sizes and ages: Smith's body length from 340 to 970 mm, body weight from 446 to 8700 g, and fish age 2+ to 8+ years.

Despite the considerable heterogeneity of the sample, the counting characteristics varied insignificantly and their mean values did not exceed the limits of the oscillations of the specific diagnostic features (tabl.).

Table. The meristic signs of the taimen from the river Lozva

Signs	Average and error	Coefficient variations, %
	M ± m	
Number of branching rays in dorsal fin (D)	10,19 ± 0,19	7,36
Number of branching rays in anal fin (A)	9,00 ± 0,22	9,94
Number of branching rays in the pectoral fin (P)	13,31 ± 0,30	8,98
Number of branching rays in the ventral fin (V)	8,87 ± 0,12	5,63
The number of perforated scales in the lateral line (ll)	127 ± 2,2	6,69
Number of gill rakers (Spbr)	12,44 ± 0,18	5,85
Number of vertebrae (Vert)	63,3 ± 0,86	3,61

The average CV value for 15 indices of signs relative to body length was 7.28%, for 9 indices associated with head measurements – 14.9%. The morphogenesis of taimen from different populations of the Ob basin turned out to be similar. Comparison of data on taimen morphology from the Northern Sosva and Lozva rivers, despite the features of the sample from the latter, showed no differences in the counting characteristics and authentically ( $p < 0.001$ ) differences were found only for 3 of 25 plastic traits – hA, O, lident.

According to available data and expert estimates, the population of taimen from the mountain tributaries of the river Tavda is currently being restored and comparable to the species density in the rivers of the Northern Sosva Basin, where its most numerous population previously inhabited. The main factors of preservation of the taimen in the river Lozva are: the elimination of numerous camps – settlements, inaccessibility of the main tributaries, protection during spawning in combination with artificial reproduction, widespread practice of amateur fishing on the principle of "caught-released". In the river Sosva the location of the upper reaches of the river in the territory of the reserve "Denezhkin stone" played an important role in preserving the species.

## ТЕМПЫ РОСТА И ОБМЕНА МИОФИБРИЛЛЯРНЫХ БЕЛКОВ У МОЛОДИ ЛОСОСЯ *S. SALAR* ЗАВИСЯТ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫРОСТНЫХ УЧАСТКОВ

Л. А. Лысенко, Н. П. Канцеров, М. Ю. Крупнова, Е. И. Кяйвярйянен, Н. Н. Немова  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского  
научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия,  
e-mail: [l-lysenko@yandex.ru](mailto:l-lysenko@yandex.ru)

Рост рыб кл. Teleostei, включая атлантического лосося *Salmo salar*, продолжается в течение всей их жизни и описывается асимптотической кривой с максимальным темпом прироста в первые годы жизни. Поступательная динамика роста рыб обеспечивается смещением баланса синтеза и деградации белков в сторону первого компонента, особенно в скелетных мышцах, составляющих более 75% живого веса рыбы. Деградация миофибриллярных белков, необходимая для их обмена и контроля качества, у рыб преимущественно идет по кальпаиновому и лизосомально-аутофагическому путям, с минорным вкладом протеасомной системы. У лососевых рыб из реквысоких широт (бассейн Белого моря), холодноводных и олиготрофных, темп роста в период от вылупления до смолтификации очень низок в сравнении с особями тех же видов из водоемов более низких широт. Ювенильные лососи, произошедшие из нерестовых гнезд в руслах крупных рек (Варзуги, Индеры, Аренги и др.), на первом году жизни создают экологические группировки, расселяясь по разным биотопам: часть молоди остается для нагула в прибрежных участках основного русла рек, другая – мигрирует в их мелководные притоки и ручьи. Субпопуляции изначально различимы по морфологическим признакам и уровню метаболизма, что указывает на генетическую детерминированность наблюдаемой дифференциации, которая с течением времени под влиянием экологических факторов микробиотопов еще более усугубляется. Для молоди лосося возрастных групп 0+ и 1+ из различных местообитаний (русла реки, ручьев, притоков) показаны положительные корреляции темпов роста с активностью кальпаинов и протеасомы в их мышцах и отрицательная – с активностью катепсина В. В силу более высокого темпа роста субпопуляций ручьев и притоков, им оказалась свойственна и более высокая интенсивность протеолиза. Выростные участки в притоках и ручьях обычно более благоприятны для роста молоди в силу их мелководности, более высоких дневных температур, состава грунта с большим количеством укрытий, большего разнообразия и количества кормовых объектов (макрозообентоса). Более высокий темп роста и обмена мышечных белков наблюдался только у сеголетков лосося (0+), но не годовиков (1+); для последних не были показаны различия по метрическим признакам и уровню активности внутриклеточных протеиназ. По-видимому, так проявляется физиологическое снижение темпа роста рыб на втором году жизни, а также переход на другие, более крупные кормовые объекты, которыми небогаты мелководные выростные участки, утрачивающие в силу этого преимущества для роста лосося возраста 1+. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 14-24-00102 «Лососевые рыбы Северо-Запада России: эколого-биохимические механизмы раннего развития».

## **GROWTH AND MYOFIBRILLAR PROTEIN TURNOVER RATES IN SALMON *S. SALAR* JUVENILES DEPEND ON THE ECOLOGY OF LOCAL GROWING HABITATS**

L. A. Lysenko, N. P. Kantserova, M. Yu. Krupnova, E. I. Kaivarainen, N. N. Nemova  
*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,*  
*e-mail: [l-lysenko@yandex.ru](mailto:l-lysenko@yandex.ru)*

Growth of Teleostei fish, including Atlantic salmon *Salmo salar*, is indeterminate and described by an asymptotic curve with the maximal slope corresponding with the earlier years of life. The progressive dynamics of fish growth is maintained by the shift in the balance of protein synthesis and degradation to the first component, particularly in the skeletal muscles constituting up to 75% of fish body weight. In fish, myofibrillar protein degradation essential for protein turnover and quality control primarily involves calpain and lysosomal-autophagic pathways with a minor contribution of proteasome-dependent digestion. The growth rate since hatching through smoltification in salmonid fish of high-latitude cold-water and oligotrophic rivers (the White Sea basin) is extremely low if compared with conspecifics of lower latitude rivers. At the earliest years of life, juvenile salmon originated from the spawning nests in the mainstems of large salmon rivers, such as Varzuga, Indera, Aren'ga, etc., are dispersed to the ecological groups inhabiting different biotopes within the river watercourses; some juveniles reside mainstem riverside and the others migrate to the small tributaries or brooks. Salmon subpopulations are distinguished by morphology and metabolic rate indicating genetic determination of the observed distribution that become more obvious with age under the pressure of ecological factors in habitats. In juveniles of 0+ and 1+ year-classes from the different habitats (river mainstem, brooks, or tributaries) the positive correlations of growth rate and calpain and proteasome activities in the skeletal muscles and the inverse – with cathepsin B activity were assessed. Due to higher growth rate in brook and tributary salmon sub-populations they occur to possess the higher rate of proteolysis. Growing areas in brooks and tributaries are commonly more favorable for fish growth since shallow water, higher daily temperatures, ground composition enriched by hideaways, more diverse and abundant feeding objects (macrozoobenthos) they possess. Higher rates of growth and muscle protein turnover are observed only in salmon under-yearlings (0+) but not in yearlings (1+); yearlings are not differentiated by morphometry and protease activity levels. Apparently, there is an effect of physiological decrease in growth rate in the second year of life as well as a preference of larger feeding objects that are not abandoned in small tributaries unable therefore to promote excessive growth of fish of age 1+. *The research was supported by the Russian Scientific Foundation, project no. 14-24-00102 «Salmonids of the northwest of Russia: ecological and biochemical mechanisms of early development».*

## ПЛАН ДЕЙСТВИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ САХАЛИНСКОГО ТАЙМЕНЯ

С. С. Макеев

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сахалинское бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов»,  
г. Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: [smak02@mail.ru](mailto:smak02@mail.ru)

Сахалинский таймень *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) является крупнейшей из лососевых рыб и вообще одной из самых больших пресноводных рыб планеты. Единственный представитель монотипичного рода *Parahucho* (Глубоковский, 1995). Исходная малочисленность и низкая способность к воспроизводству способствует скорейшему исчезновению локальных популяций в условиях увеличивающегося антропогенного пресса. Темп снижения численности оценен в 15-20% в год (Семенченко, Золотухин, 2011), а эффективный размер большинства популяций не достигает 50 особей (Юрченко, 2015).

Включен в Красные книги РФ, Сахалинской области и Приморского края, а также в Красный список IUCN по категории Critically Endangered A4abcd (Rand, 2006). В 2013 г. с участием Сети сохранения сахалинского тайменя (СССТ) внесен в группу животных, подлежащих особой охране. Для российской части ареала основной причиной бедственного положения с выживанием популяций тайменя является не ухудшение качества природной среды, а чрезмерно высокая смертность под воздействием браконьерства, любительского вылова и прилова при промысле других видов.

С участием СССТ и местных специалистов была проведена экспертная оценка степени угроз популяциям сахалинского тайменя Северо-Востока Сахалина по методу Дельфи (ГОСТ ИСО 31010). 15 экспертов независимо друг от друга указали браконьерство ставными сетями в реках и лагунах как основную угрозу для вида, средняя оценка –  $62,0 \pm 2,5\%$ . Разные виды любительского лова дают оценку  $18,7 \pm 4,2\%$ , а промысловый прилов –  $12,8 \pm 5,5\%$ .

Затем сделан расчет вероятности вымирания популяций за три поколения (около 40 лет), также используя экспертные оценки. Согласно теории принятия решений построено дерево решений с учетом экономической составляющей. Наиболее эффективным вариантом оказалась комплексная программа с организацией в ключевых местах сезонной охраны от браконьерства и одновременно работой с целевыми группами, воздействующими на популяции (местные рыболовы-любители, рыболовные туристы, рыбаки промысла). Так как при любительском лове и промысле особи тайменя большей частью попадают в живом виде, эта работа может быть основана на социально-психологических методах изменения поведения (Смолова, 2010).

Сахалинский таймень является «флаговым» видом, представители которого с человеческой точки зрения обладают духовной, эстетической и рекреационной ценностью (Karavanov, 2008). Для получения природоохранных результатов с использованием таких видов международная организация Rare во многих странах мира применяет технологию проведения общественных кампаний Pride (Butler et al., 2013). Таймень предложен живым символом сохранения лососевых юга Дальнего Востока и среды их обитания.

Кроме того, план действий по сохранению сахалинского тайменя должен включать программы мониторинга, в том числе бесконтактный учет численности производителей и анализ истории миграций (Rand, Fukushima, 2014), инвентаризации местообитаний (Fukushima et al., 2011), реинтродукции исчезнувших популяций с применением искусственного воспроизводства, учитывая популяционно-генетическую структуру вида (Zhivotovsky et al., 2015).

Для выполнения плана предлагается создание некоммерческой организации «Сахалинский таймень» и составление региональной целевой программы с внебюджетным финансированием, в основном из добровольных пожертвований компаний нефтегазового сектора, имеющих интересы на Северо-Востоке Сахалина.



## ACTION PLAN FOR SAKHALIN TAIMEN CONSERVATION

S. S. Makeev

*Sakhalin Basin Department for Fisheries and Conservation of Water Biological Resources,  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: [smak02@mail.ru](mailto:smak02@mail.ru)*

Sakhalin taimen *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) is the largest of salmon and generally one of the largest fresh-water fishes on the planet. Only representative of the monotypical genus *Parahucho* (Glubokovsky, 1995). Initial small number and low ability to reproduction promotes the rapid disappearance of local populations under increasing anthropogenic pressure. Rate of decrease in number is estimated at 15-20% a year (Semenchenko, Zolotukhin, 2011), and the effective size of most populations less than 50 individuals (Yurchenko, 2015).

It is included in Red Books of Russian Federation, Sakhalin region and Primorsky Krai, and also in the IUCN Red List on category Critically Endangered A4abcd (Rand, 2006). In 2013, with participation of the Sakhalin Taimen Conservation Network (STCN), species included in group of the animals that are subject to special protection. For the Russian part of the area, the main cause of the plight of survival of populations is not the deterioration of the natural environment but excessively high mortality under the influence of poaching, amateur fishing and by-catch in commercial fisheries for other species.

With participation of STCN and local experts we have been carried out the expert assessment of rate threats to Sakhalin taimen populations of Sakhalin Northeast by Delfi method (ISO/IEC 31010). All experts independently from each other have specified poaching by nets in the rivers and lagoons as the main threat for species, an average assessment –  $62,0 \pm 2,5\%$ . Different types of amateur fishing give an assessment  $18,7 \pm 4,2\%$ , and by-catch –  $12,8 \pm 5,5\%$ .

Then calculation of probability of extinction of populations for three generations (about 50 years) is made, also using expert estimates. According to the theory of decision-making the tree of decisions taking into account an economic component is constructed. The most effective option turned out to be a comprehensive program with the organization seasonal protection from poaching in key areas and at the same time work with the target groups influencing the population (local anglers, fishing tourists, fishermen). As at amateur fishing and commercial fishing of an individual of a taimen mostly caught in a live, this work can be based on social and psychological methods of behavior change (Smolova, 2010).

Sakhalin taimen is a "flagship" species which representatives from the human point of view have spiritual, esthetic and recreational value (Karavanov, 2008). With use of such species the international organization "Rare" in many countries of the world applies technology of public campaigns "Pride" to obtaining conservation results (Butler et al., 2013). The taimen is offered by a live symbol of conservation salmon of the South Far East and the environment of their habitat.

Besides the action plan for conservation of the Sakhalin taimen has to include programs of monitoring with the non-contact accounting of spawners number and the analysis of migration history (Rand, Fukushima, 2014), habitat inventories (Fukushima et al., 2011), reintroduction of the disappeared populations with application of artificial reproduction, considering population and genetic structure (Zhivotovsky et al., 2015).

We are offered the creation of Sakhalin Taimen non-profit organization and the development of regional target program with off-budget financing generally from donations of the companies of oil and gas sector having interests in the Sakhalin Northeast.

## ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L.

О. В. Мещерякова, М. В. Чурова, Е. И. Кяйвяряйнен, Н. Н. Немова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [mesch@krc.karelia.ru](mailto:mesch@krc.karelia.ru)

Популяция атлантического лосося, обитающего в бассейне р. Варзуга (Кольский п-ов) имеет сложную субпопуляционную и возрастную структуру, поддерживающую ее внутривидовое биоразнообразие, устойчивое существование и стабильное воспроизводство. Формированию сложной внутривидовой структуры способствует ранняя дифференциация лосося на стадиях эмбрионов и личинок, определяющая сроки их выклева и адаптивное поведение в период перехода с эндогенного на экзогенное питание. Пониманию механизмов роста и развития популяции атлантического лосося в раннем онтогенезе способствуют исследования биохимических процессов, протекающих в период эмбриогенеза и определяющих метаболический статус личинок перед выклевом. Изучение энергетического обмена и процессов использования различных субстратов для образования энергии в эмбриональном периоде рыб один из ключевых аспектов позволяющих оценить потенциальные возможности дальнейшего развития личинок.

Исследована динамика активности ферментов цитохромоксидазы, лактатдегидрогеназы, малатдегидрогеназы, альдолазы, 1-глицерофосфатдегидрогеназы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы у пресноводного лосося *Salmo salar* L. в процессе его раннего развития: в икре перед оплодотворением и на разных стадиях эмбриогенеза (образование бластодиска; дробление бластодиска; образование хвостовой почки; начало пульсации сердечной трубки и начало кровообращения; начало пигментации глаз; подготовка к вылуплению и частичный выход зародышей из оболочек).

Активность ферментов ЦО, ЛДГ, альдолазы, МДГ, 1-ГФДГ фиксировалась у неоплодотворенной икры и на всех изученных стадиях эмбриогенеза, однако сильно варьировала в зависимости от этапа развития. Активность Г-6-ФДГ обнаруживалась только на последних трех стадиях. Анализ активности ЦО и ЛДГ свидетельствует об изменении характера энергетического метаболизма с преимущественно аэробного на начальных стадиях эмбриогенеза на анаэробный с резким 5-кратным увеличением ЛДГ на стадии перед выклевом. Специфика изоферментного спектра ЛДГ на последних стадиях эмбриогенеза указывала на значительное повышение энергообеспечения двигательной активности зародыша. Динамика активности альдолазы характеризовалась увеличением на стадии раннего дробления, снижением активности на стадии дробления бластодиска и двухкратным увеличением на стадии перед выклевом, в сравнении со стадией пигментации глаз. В динамике активности фермента 1-ГФДГ отмечались стадии с высокой и низкой активностью. Активность фермента достоверно возрастала на стадии бластулы и, особенно, на стадии пигментации глаз и перед выклевом. Продукты гликолиза, образующиеся на разных его этапах, могут участвовать в различных реакциях, в зависимости от потребностей клеток в энергетических и структурных веществах. Динамика активности ферментов ЛДГ, альдолазы, 1-ГФДГ, Г-6-ФДГ на разных стадиях эмбриогенеза лосося свидетельствует о разнонаправленности в использовании углеводов. В период раннего дробления они используются преимущественно в аэробном энергообеспечении, а на стадии глазка и перед выклевом – в анаэробном образовании АТФ и синтезе глицерофосфата – предшественника структурных и запасных липидов.

Таким образом, на последних этапах эмбриогенеза лосося в качестве источника энергии активно используются углеводы, что имеет направленный адаптивный характер, поскольку окисление углеводов может происходить в условиях ограниченного потребления кислорода. В процессе развития эмбрионов лосося углеводы используются не только в качестве источника энергии, но и для синтеза структурных компонентов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-24-00102 «Лососевые рыбы Северо-Запада России: эколого-биохимические механизмы раннего развития».*

## **ACTIVITIES OF ENERGY AND CARBOHYDRATE METABOLISM ENZYMES DURING EMBRYONIC DEVELOPMENT OF ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L.**

O. V. Meshcheryakova, M. V. Churova, E. I. Kaivarainen, N. N. Nemova

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,*

*e-mail: [mesch@krc.karelia.ru](mailto:mesch@krc.karelia.ru)*

The understanding of Atlantic salmon early development is promoted by studies of biochemical pathway during embryogenesis and researching various metabolic parameters of larvae before hatching. The study of energy metabolism pathway and the using of different substrates for the energy formation in the embryonic period of fish is one of the key aspects that allows us to assess the potential possibilities for further development of the larvae. The activities of CCO, LDH, MDH, aldolase and 1-GPDH and G-6-PDH were studied in freshwater salmon *Salmo salar* L. during its early development: unfertilized eggs; early cleavage (3 hours); embryonic disk division (7 days); appearance of tail bud (27 days); start of heart tube pulsation and beginning of blood circulation (40 days); eyed embryo stage, organogenesis (60 days); preparing for hatching and partial emergence of embryos from egg capsule (108 days). The activities of enzymes CO, LDH, aldolase, MDG, 1-GPDD were determined in unfertilized eggs and in all stages of embryogenesis, but its varied depending on the stage. The activity of G-6-PDH was detected only in the last three stages. The analysis of the activity of CCO and LDH points to a change of the energy metabolism status from the predominantly aerobic at the initial stages of embryogenesis to anaerobic with a sharp 5-fold increase in LDH at the stage before hatching.

Specificity of the LDH isoenzymes activities during the pre-hatching stage indicated a significant increase of energy synthesis for the embryo mobility. The aldolase activity was characterized by an increase at the early cleavage stage, a decrease in activity at the stage of embryonic disk division and a two-fold increase in the pre-hatching stage. In activity of the 1-GDDH, there were stages with high and low activity. Enzyme activity significantly increased at the stage of early cleavage and, especially, at the pigmentation of the eyes and before hatching.

The compounds formed at different stages of glycolysis can be used in various metabolic pathways, depending on the energy and structural needs of cells. Changes in activities of LDH, aldolase, 1-GPDH, and G-6-PDH enzymes at different stages of salmon embryogenesis indicate a different metabolic direction in the carbohydrates utilization. In the period of early cleavage, they are used primarily in aerobic energy supply, and at the eyed embryo stage and before hatching - in the anaerobic formation of ATP and the synthesis of 1-glycerophosphate - a precursor of phospholipids and TAG. Thus, at the last stages of Atlantic salmon embryogenesis, carbohydrates are used as an energy source, which has an adaptive meaning, since the oxidation of carbohydrates can occur under conditions of limited oxygen consumption. In the development of salmon embryos, carbohydrates are used not only as an energy source, but also for the synthesis of structural components.

*The work was supported by the Russian Science Foundation, project № 14-24-00102 "Salmonids of the northwest of Russia: ecological and biochemical mechanisms of early development".*

## МАТЕРИАЛЫ К ФАУНЕ ПАЗАРИТОВ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА. РЕКА КОЛА

В. К. Митенев, А. Б. Карасев, А. А. Бессонов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича»,  
г. Мурманск, Россия, e-mail: [paralab@pinro.ru](mailto:paralab@pinro.ru)

Р. Кола относится к бассейну Баренцева моря. Протекает по территории с высокой урбанизацией.

Цель исследований – получить сведения о видовом составе фауны паразитов и показателях зараженности лососевых рыб р. Кола, для которой установлена высшая категория рыбохозяйственного значения. Однако до сих пор обстоятельные паразитологические исследования здесь не проводились.

Материал собран в период с 2005 по 2015 гг. на участке верхнего течения р. Кола (озеро Пулозеро и близлежащие водотоки). Всего методом полного паразитологического вскрытия исследовано 98 экз. рыб: атлантический лосось *Salmo salar* (молодь – 69 экз., анадромные мигранты – 15 экз.), кумжа *Salmo trutta* – 3 экз., ручьевая форель *Salmo trutta m. fario* – 11 экз. Сбор, фиксацию и камеральную обработку материала осуществляли по общепринятым методикам, видовую диагностику паразитов – по определителям. Для оценки зараженности рыб использовали принятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии и индекс обилия паразитов.

Молодь лосося. Зарегистрировано 11 видов пресноводных паразитов: моногенеи – 1, трематоды – 5, нематоды – 3, скребени – 1 и личинки водяных клещей – 1.

Анадромные мигранты лосося. Отмечено 15 видов паразитов. Это полизональные и эврибионтные морские паразиты: цестоды – 2, трематоды – 5, нематоды – 2, скребни – 1, копеподы – 1. Из пресноводных: инфузории – 1, трематоды – 2, нематоды – 1.

Кумжа. Отмечено 8 видов пресноводных паразитов: миксоспоридии – 1, трематоды – 2, нематоды – 1, скребни – 1.

Ручьевая форель. Отмечено 9 видов пресноводных паразитов: трематоды – 5, нематоды – 2, скребень – 1 и личинки водяных клещей – 1.

Паразиты лососевых рыб водоемов Кольского Севера изучены достаточно полно (Митенев, Карасев, 1995, 2005; Митенев, 1997), что позволяет провести сравнительный анализ состава их фауны у хозяев этого семейства в ранее не изученной р. Кола и в 17-ти ранее изученных водоемах.

Видовой состав паразитофауны молоди семги р. Кола идентичен составу в других водотоках Кольского Севера. При этом для абсолютного большинства паразитов характерны единичные находки. Общая тенденция значительного проявления арктической фауны в северных реках проявляется и в р. Кола.

У анадромных мигрантов в р. Кола морские паразиты значительно превосходят пресноводных как по числу видов, так и по уровням зараженности, а видовой состав свидетельствует о преимущественном питании баренцевоморской семги морским зоопланктоном.

Установленный набор паразитов у ручьевой форели в р. Кола указывает на идентичность экологических условий ее обитания с молодью семги. Как и у молоди атлантического лосося, встречаемость их незначительная.

Почти все обнаруженные паразиты принадлежат к холодолюбивым видам арктического пресноводного и бореального предгорного комплексов.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что система «паразит-хозяин» у лососевых рыб в р. Кола находится в экологическом равновесии без проявления сукцессий под влиянием природных и антропогенных факторов.

## DATA ON THE PARASITE FAUNA OF THE SALMONIDAE IN THE KOLA NORTH. THE KOLA RIVER

V. K. Mitenev, A. B. Karasev, A. A. Bessonov

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia,  
e-mail: [paralab@pinro.ru](mailto:paralab@pinro.ru)*

The Kola River belongs to the Barents Sea basin. It flows in the area with high urbanization.

The studies are aimed at deriving the data on the species composition of the parasite fauna and the indicators of the infestation of the Salmonidae in the Kola River which has a high fishery importance category. However, until now extensive parasitological studies have not been conducted here.

The material was collected in the upper part of the Kola River (the Pulozero Lake and nearby watercourses) between 2005 and 2015. In all, 98 fish including the Atlantic salmon *Salmo salar* (juveniles – 69 individuals, anadromous migrants – 15 individuals), salmon trout *Salmo trutta* (3 individuals) and the brook trout *Salmo trutta m. fario* (11 individuals) were examined by the method of the complete parasitological dissection. The collection, fixation and cameral procession of the material were made using the common methods and the parasites were identified by species with the aid of the keys (identification guides). To determine the fish infestation the parameters adopted in parasitology such as the invasion prevalence and intensity and the parasite abundance index were used.

Salmon juveniles. 11 species of the freshwater parasites were registered: monogenea – 1, trematodes – 5, nematodes – 3, acanthocephalans – 1 and water mite larvae – 1.

Anadromous salmon migrants. 15 species of parasites were recorded. They were polyzoal and eurybiontic marine parasites: cestodes - 2, trematodes – 5, nematodes – 2, acanthocephalans – 1, copepods – 1. Among the freshwater ones were infusorians (1), trematodes (2), nematodes (1).

Salmon trout. 8 species of freshwater parasites were found: myxosporidians – 1, trematodes – 2, nematodes – 1, acanthocephalans – 1.

Brook trout. 9 species of freshwater parasites were registered: trematodes – 5, nematodes – 2, acanthocephalans – 1 and water mite larvae – 1.

Parasites of salmon fish in the Kola North are thoroughly studied (Mitenev, Karasev, 1995, 2005; Mitenev, 1997), that allows us to make a comparative analysis of their fauna composition in the hosts of this family in the Kola River having not been studied before and in 17 water bodies which have been studied earlier.

Specific composition of the parasite fauna of the Kola River salmon juveniles is identical to those ones in the other water courses of the Kola North. At that, single individuals of the most of parasites are mainly found. In the Kola River, the common trend for the arctic fauna occurrence is noticed.

In the Kola River, the sea parasites of the anadromous migrants are highly prevailing over the freshwater species in both abundance and infestation levels, and the species composition indicates feeding of the Barents Sea salmon on sea zooplankton mainly.

The found composition of the Kola River brook trout parasites shows the similarity of the environment conditions in habitat with salmon juveniles. Their occurrence is minor as in the Atlantic salmon juveniles.

Almost all the found parasites are related to the cold water species of the arctic freshwater and boreal piedmont complexes.

Thus, the data obtained indicate that the parasite-host system of the Salmonidae from the Kola River is in the ecological balance without the succession appearance as a result of the environmental and anthropogenous factors.

## СОЗРЕВАНИЕ ЛАДОЖСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR L. MORPHA SEBAGO* GIRARD ПОПУЛЯЦИИ Р. СВИРИ В ЗАВОДСКИХ И ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

И. Г. Мурза, О. Л. Христофоров

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [polar\\_cod@mail.ru](mailto:polar_cod@mail.ru)*

После зарегулирования в 1930-е годы русла Свири плотиной Нижне-Свирской ГЭС, решающую роль в поддержании популяций лосося и кумжи этой реки играет Свирский рыболовный завод (Христофоров, Мурза, 1998, 2007, 2008, 2009). По мере совершенствования биотехнологии воспроизводства, постепенно осуществлялся переход от выпусков им продукции в р. Свирь на стадиях личинки и малька на выращивание двухгодовиков. Важность такой меры состояла в том, что более 90 % молоди свирского лосося претерпевает смолтификацию и мигрирует на нагул в озеро в возрасте 2 и лишь немногие в 3 года. Несмотря на крайне ограниченные выростные площади, предпринимались также попытки содержания лососевых рыб на заводе до половой зрелости. В опытах, проводившихся А.В. Поповым в 1952-1961 гг., были получены жилые производители кумжи обоего пола. Что касается лосося, то созрели только самцы, а у самок в возрасте 3+ с длиной тела до 25,5 см и весом до 200 г гонады оставались на II ст. зрелости.

В современный период нами проанализировано развитие половых желёз у особей лосося, которых оставляли в бассейне 2 x 2 м после выпусков основных партий заводской продукции. Для оценки состояния применяли ранее разработанные шкалы зрелости (Мурза, Христофоров, 1991). У самцов в возрасте 0+ начиналась дифференциация семенников по размерам и цитологической картине, а в 1+ половозрелыми становились до 50 % особей (при значительных межгодовых вариациях). У самок до двухгодовалого возраста уровень развития яичников не превышал II ст. зрелости. В 2+ осенью отчётливо проявлялись индивидуальные и межгодовые различия. В генерациях одних лет диапазон развития яичников варьировал от II и III ранней до начала III поздней ст. зрелости. Самки с наиболее развитыми гонадами созревали в 3+ при длине тела по Смитту 26 – 28 см и массе 238 – 271 г. Диаметр икринок у них составлял 4,7 – 4,8 мм, масса – 59,7 – 63,7 мг, рабочая плодовитость – до 100 – 150 шт. Овуляция происходила в середине ноября. В другие годы уровень развития яичников у самок в 2+ не превышал III ранней, а в 3+ – начала III поздней ст. зрелости. Созревали они в 4+ при длине тела 29 – 32 см. Причиной вариаций мог быть разный средний вес двухгодовиков: от 26,7 до 48,6 г.

В ходе мониторинга нерестовой части популяции лосося р. Свири, проводившегося с 1990-х гг., нами было установлено, что среди впервые созревающих самок–производителей резко преобладали особи в возрасте 2.2+ (общий возраст 4+). Длина тела этих рыб варьировала от 70 до 84 см, масса без икры – от 3,7 до 5,2 кг. Диаметр икринок составлял 5,7 – 6,0 мм, масса – 104 – 140 мг, рабочая плодовитость 3,8 – 5,8 тыс. шт. Реже встречались самки в возрасте 3.2+, 3.1+, 2.3+, 3.3+ (общий возраст при созревании: 4+ – 6+). Длина самых крупных самок достигала 99 см, вес без икры 6,4 кг, рабочая плодовитость – 8 – 10 тыс. шт. Овуляция у проходных самок обычно происходила во 2-й и 3-й декадах октября, реже – до 1-й половины ноября. Доля повторно созревающих особей незначительна. Среди проходных самцов преобладали мелкие “синюшки” в возрасте 2.1+ и 3.1+, с длиной тела 50 – 59 см, массой 1,0 – 2,1 кг. Реже встречались самцы в возрасте 2.2+, 3.2+ и 3.3+. У наиболее крупных особей длина тела достигала 96 см, масса – 9,0 кг. У нагульных самок лосося, добытых при экспериментальном лове в Свирской губе осенью, в возрасте 2.0+ степень развития яичников, соответствовала II или переходу в III раннюю, в 2.1+ – III ранней, а 2.2+ и 3.2+ – III поздней ст. зрелости. Часть ранее созревавших особей обоего пола пропускала репродуктивный цикл.

**SEXUAL MATURATION OF LADOGA LAKE SALMON, *SALMO SALAR L. MORPHA SEBAGO GIRARD*, OF SVIR RIVER POPULATION UNDER HATCHERY AND NATURAL CONDITIONS**

I. G. Murza, O. L. Christoforov

*Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, e-mail: [polar\\_cod@mail.ru](mailto:polar_cod@mail.ru)*

After the dam was built on the Svir River in 1930s, the Svirsky hatchery plays a decisive role in maintaining the landlocked populations of salmon and trout in this river (Christoforov, Murza, 1998, 2007, 2008, 2009). As the biotechnology of salmonid fish rearing has improved, a transition was made from releases into the river of young salmon at the alevin and fry stages to the growing of two-year-old fish. The importance of such measure was that more than 90% of Svir salmon become smolts and migrate to the Ladoga Lake at the age of 2 and the others - at 3 years. Attempts of salmonids rearing until sexual maturity under the hatchery conditions were made also. In the experiments, carried out by A.V. Popov in 1952 – 1961, mature resident females and males of trout were obtained. As to the salmon, only the males matured, whereas the gonads of females aged 3+ with a fork length up to 25.5 cm and body weight up to 200 g, stayed on the II stage of maturity. In recent years, we studied the development of ovaries and testes of salmon, which were grown in tanks 2 x 2 m. Species-specific scales of gonad maturity (Murza, Christoforov, 1991 in Russian; 1993 in English) were applied to control gametogenesis in sampled fish. Individual differences in the size and cytology of the testes were found in males aged 0+. Up to 50% of males became mature as precocious parr at the age 1+ (with significant fluctuations between years). The level of ovary development in 2 year-old females did not exceed II stage of maturity. At the age 2+, the individual and inter-annual differences were well-expressed. In some years the degree of ovaries development varied from II and III early to the beginning of the III late stages of maturity. Females with the most developed gonads became mature at the age 3+ (fork length from 26 to 28 cm and body weight from 238 to 271 g). Egg diameter was 4.7 – 4.8 mm, weight 59.7 - 63.7 mg and fecundity per female – up to 100 - 150. Ovulation occurred in mid-November. In other years, the level of ovaries development in autumn at the age 2+ did not exceed III early, and at age 3+ - the beginning of III late stage of maturity. The females attained maturity starting from 4+ (fork length 29 - 32 cm). Probably, variations in age at maturity between years could be due to differences in growth rate and average body weight (from 26.7 to 48.6 g in 2-year-old salmon). The resident spawners were not parr, but rather post-smolts that developed a nuptial dress. Our investigation of the age-structure of migratory Svir salmon is based on the data of long-term monitoring (since the 1990s). The spawners were caught near the dam and kept in tanks until the completion of maturation. After stripping the eggs and milt, the fish were measured and weighed. Scale reading was performed to justify the salmon origin, life history and age. It was found that individuals at the age of 2.2+ (total age 4+) were dominating among the first time maturing females. The fork length of these fish ranged from 70 to 84 cm, the body weight (after stripping) - from 3.7 to 5.2 kg. Egg diameter was 5.7 - 6.0 mm, weight - 104 - 140 mg, fecundity – 3800 – 5800. Females 3.2+, 3.1+, 2.3+, 3.3+ (total age 4+ – 6+) were rare. The fork length of the largest females was up to 99 cm, weight (after stripping) – up to 6.4 kg. The number of eggs per female was 8000 – 10000. As a rule, ovulation in migratory females occurred in the 2nd or 3rd decades of October, sometimes – until mid-November. The proportion of repeatedly maturing individuals was low. Fish at the ages 2.1+ and 3.1 + (total age 3+ and 4+; fork length 50 - 59 cm and weight 1.0 – 2.1 kg) prevailed greatly among migratory males. Males 2.2+, 3.2+ and 3.3+ were rare. The fork length and weight of the largest males were up to 96 cm and 9.0 kg. States of ovaries in salmon caught on the feeding grounds (the Svir Bay of the Ladoga Lake) at the age 2.0+ corresponded to II or to the transition to the III early; at the age 2.1 + – III early, and at the ages 2.2+ and 3.2+ – III late stage of maturity. Testes were in the stages I and II. Some of the previously matured females and males skipped their next reproductive cycle before re-maturation.

## **ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВЫХ ОБЪЕКТОВ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РЕК ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ**

С.А. Мурзина, С.Н. Пеккоева, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия,*

*e-mail: [murzina.svetlana@gmail.com](mailto:murzina.svetlana@gmail.com)*

Продолжены биохимические исследования по оценке качества макрозообентоса различных таксономических групп как корма для молоди лососевых рыб на нерестово-выростных участках восьми лососево-кумжевых реках бассейнов Онежского (Большая Уя, Орзег, Суна, Чебинка, Лижма и Ладожского озер (Сюскуан-йоки, Тохма-йоки). На всех стадиях речного периода развития, от сеголеток и до мигрирующих смолтов, мальки лососевых рыб интенсивно питаются донными беспозвоночными и воздушными насекомыми. Пищевая ценность кормовых объектов в значительной мере обусловлена спецификой и соотношением отдельных жирных кислот липидов. Для разных экологических групп гидробионтов считаются биомаркерными не только отдельные ЖК, но и их определенные соотношения. Показано, что структура кормовой базы зообентоса для молоди лососевых рыб в исследуемых реках существенно различается. Видоспецифичность каждого водотока определяется гидрологическими, трофическими (автотрофы) условиями. Впервые установлено, что кормовые объекты «лососевых» рек характеризовались более высокими показателями соотношения эссенциальных 18:3 $\omega$ -3/18:2 $\omega$ -6 и НЖК/ПНЖК по сравнению с таковыми из кумжевых рек, что находит отражение в жирнокислотном профиле молоди младших возрастных групп соответствующих видов рыб, тем самым содержание и соотношение физиологически активных жирных кислот в зообентосе местообитаний молоди лососевых рыб оказывают существенное влияние на их рост и развитие.

Работа проведена с использованием научного оборудования центра коллективного пользования «Комплексные фундаментальные и прикладные исследования особенностей функционирования живых систем в условиях Севера» (ЦКП ИБ КарНЦ РАН).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-24-00102).*

## **FATTY ACID SPECTRUM OF FORAGE OBJECTS OF YOUNGS OF SALMONIDS FROM RIVERS OF THE SOUTH KARELIA**

S.A. Murzina, S.N. Pekkoeva, Z.A. Nefedova, N.N. Nemova

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,*

*e-mail: [murzina.svetlana@gmail.com](mailto:murzina.svetlana@gmail.com)*

We continue the research aimed on investigation the fatty acid composition of forage objects (macrozoobenthos) on which juvenile land-locked Atlantic salmon and brown trout feed on in rivers with different hydrological characteristics in Onego and Ladoga lake catchments (Big Uja, Orzega, Suna, Chebinka, Lizhma and Suskuan-joki, Tochma-joki, respectively). It was found the structural differences in benthic communities in the studied rivers watercourses in Onego and Ladoga Lake catchments and it's considerable effect on the fatty acid composition of food resources available to juvenile salmonids. For the first it was determined, higher level of essential 18:3 $\omega$ -3/18:2 $\omega$ -6 and saturated/polyunsaturated fatty acids ratios in forage objects collected in "salmon" rivers in comparison to macrozoobenthos in "trout" rivers. These fatty acids and it's certain ratios contribute to optimization of metabolic processes associated with growth and development in invertebrates, which are a valuable food resource and a source of physiologically active components for juvenile salmonids.

The research was carried out using the facilities of the Equipment Sharing Centre of the Institute of Biology, KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia.

*The research was supported by the Russian Science Foundation, the project № 14-24-00102.*



## ГЕНОМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРНОГО И МОРСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR*)

Н. С. Мюге<sup>1</sup>, А. М. Краснов<sup>2</sup>, Н. В. Тереханова<sup>1</sup>, А. Е. Курицин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,  
e-mail: [mugue@mail.ru](mailto:mugue@mail.ru)

<sup>2</sup>The Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research, As, Norway

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Россия

Атлантический лосось *Salmo salar* – анадромный вид, нерестящийся на территории России в реках Баренцева, Белого и Балтийского морей. В некоторых озерах Карелии имеются популяции озерной формы лосося, нагуливающиеся в озерах и нерестящиеся в реках. Для исследования локальных генетических адаптаций, приобретенных озерной формой лосося при переходе к облигатно-пресноводному образу жизни, было проведено полноэкзомное секвенирование выборок из рек, впадающих в Онежское и Ладожское озера (бассейн Балтийского моря), из небольшой озерной популяции бассейна Белого моря (р. Вожма, оз. Писто-Ярви), а также из анадромных популяций. Сравнительный биоинформационный анализ исследованных озерных и анадромных популяций выявил наличие как географической (бассейны Балтийского и Белого морей), так и предположительно адаптивной изменчивости. Выявлено более 200 несинонимичных замен в кодирующих участках, включая гены осморегуляции, метаболизма, иммунного ответа и ряда других функциональных категорий.

## COMPARATIVE GENOMIC STUDY OF ANADROMOUS AND LAND-LOCKED SALMON (*SALMO SALAR*)

N. S. Mugue<sup>1</sup>, A. M. Krasnov<sup>2</sup>, N. V. Terekhanova<sup>1</sup>, A. E. Kuritsin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,  
e-mail: [mugue@mail.ru](mailto:mugue@mail.ru)

<sup>2</sup>The Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research (NOFIMA AS), As, Norway

<sup>3</sup>Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Atlantic salmon *Salmo salar* is anadromous species, spawning in the rivers of North-West Russia, belonging to Barents, White and Baltic Sea basins. Several large lakes in Karelia harbor land-locked salmon populations. To study local genetic adaptations, gained during formation of lake resident populations, the whole exome sequence was done for landlocked populations from Ladoga, Onega, and Pisto-Jarvi Lakes, as well as for anadromous salmons collected in the rivers during spawning migration. Comparative bioinformatics analysis reveals strong geographic signal (Baltic vs. White Sea basins), as well as putative adaptive variation for land-locked populations. Over 200 non-synonymous SNPs in protein-coding genes were identified when land-locked populations were compared with the anadromous ones. Altered genes belong to osmotic regulation, metabolism, immune response and other functional categories.

# РОЛЬ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ НЕКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЭПИПЕЛАГИАЛИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

С. В. Найденко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: [svetlana.naydenko@tinro-center.ru](mailto:svetlana.naydenko@tinro-center.ru)

Тихоокеанские лососи (р. *Oncorhynchus*) являются ценными промысловыми объектами. Долгосрочное и рациональное использование запасов этих рыб возможны только на основе знаний об их экологии, в том числе и трофологии. На Дальнем Востоке за многие годы исследования лососей, была накоплена и опубликована в большом количестве работ значительная информация по различным аспектам питания этих рыб.

Огромные массивы данных о составе и величине рационов лососей, их нектонном окружении, а также запасах кормовых ресурсов, полученные в экспедициях ТИНРО-Центра, позволили внести коррективы в существующие традиционные представления о трофических отношениях этих видов рыб, их роли в трофических сетях, о пищевой обеспеченности и о влиянии на кормовые ресурсы. Роль лососей в трофической структуре верхней эпипелагиали в местах их обитания зависит как от их собственного обилия (и физиологического состояния), так и от обилия других видов нектона. Так в 2000-х гг., в годы повышенной численности лососей, в тихоокеанских водах Курильских островов и восточной Камчатки доля этих рыб в общем выедании нектоном пищевых ресурсов в ране-летний период составляла 5–31%, а в поздне-летний снижалась до 0,5%. В западной части Берингова моря этот показатель в летний период изменялся от 34 до 65%, а в осенний — от 15 до 43%. Зимой в зоне Субарктического фронта на долю лососей приходилось 35–68% всех ресурсов, потребляемых рыбами и кальмарами в верхней эпипелагиали. При этом незначительное снижение некоторых показателей пищевой обеспеченности нектона отмечали в годы когда была высокой численность не только лососей, но в большей степени других видов нектона, например субтропических мигрантов (анчоуса *Engraulis japonicas* в 2004 г., или сардины *Sardinops melanostictus*, японской и южноазиатской скумбрии *Scomber japonicas*, *S. australasicus*, сайры *Cololabis saira* в 2013 и 2015 гг.) или мезопелагических рыб в 2007 и 2013 гг. в тихоокеанских водах Курильских островов и Восточной Камчатки, или минтая (*Theragra chalcogramma*) в западной части Берингова моря в 2002–2003 гг. Но даже в этих случаях уменьшения величины или заметного изменения состава пищевых рационов лососей не наблюдалось. Установлено, что лососями в верхнем слое эпипелагиали различных районов за сутки потребляется не более 0,01–0,09% общих зоопланктонных ресурсов, в то время как, например, субтропические мигранты в прикурильских водах за сутки могут выесть до 0,6% биомассы зоопланктона.

При проведении исследований в зоне Субарктического фронта были также получены данные об условиях обитания лососей в зимне-весенний период. Установлено, что при одних и тех же условиях пищевой обеспеченности в местах зимовок, разные виды лососей имеют разную активность питания. Это свидетельствует о том, что кормовые условия (даже пониженные по сравнению с другими сезонами) не являются причиной изменения интенсивности питания этих рыб в зимний период. Различия в интенсивности питания лососей разных видов и размеров, в течение зимне-весеннего периода, а также в целом в течение жизненного цикла, обусловлены их жизненными стратегиями.

Все эти и другие полученные данные позволили сделать вывод о том, что переполнения экологической емкости северной Пацифики за счет повышенной в последние десятилетия численности лососей (в том числе за счет искусственного воспроизводства) не наблюдается, а их влияние на кормовые ресурсы в местах их обитания значительно меньше, чем многих других видов нектона.

# THE ROLE OF PACIFIC SALMON IN THE TROPHIC STRUCTURE OF THE NEKTON COMMUNITIES OF THE UPPER EPIPELAGIC LAYER OF THE NORTH-WEST PACIFIC OCEAN

S. V. Naydenko

Federal State Budgetary Scientific Institution Pacific Research Fisheries Center, Vladivostok, Russia,  
e-mail: [svetlana.naydenko@tinro-center.ru](mailto:svetlana.naydenko@tinro-center.ru)

The Pacific salmon (*Oncorhynchus*) are valuable commercial species. Long-term and rational using of stocks of these fishes is possible only on the basis of knowledge of their ecology including trophology. The considerable information on various aspects of salmon feeding has been saved up and published in a large amount of works for the long period of salmon researches in the Far East.

The huge data arrays about the composition of salmon diets, structure of nekton communities, and quantity of fodder resources, were collected in expeditions of the TINRO-Center. The new data allowed to make the adjustments to the existing traditional scientific presentations about the trophic relations of salmon, their role in the food webs, and their influence on fodder resources. The role of salmon in trophic structure of the upper epipelagic layer in places of their dwelling depends on their own abundance (and physiological state), and on abundance of other nekton species. The share of salmon in the total consumption of food resources by nekton was 5-31% in June-July and 0.5% in July-August in the Pacific waters of Kuril Islands and Eastern Kamchatka in 2000<sup>s</sup>. The salmon abundance was highest in these years. This share changed from 34 to 65% in the summer and from 15 to 43% in autumn in the western part of the Bering Sea, and from 35 to 68% in winter in the Subarctic frontal zone. The insignificant decrease of some indicators of food supply for nekton was noted in years when there was high salmon abundance and especially other nekton species, for example the subtropical migrants (anchovy *Engraulis japonicas* in 2004, or sardines *Sardinops melanostictus*, mackerel *Scomber japonicas*, *S. australasicus*, saury *Cololabis saira* in 2013 and 2015) or mesopelagic fishes (in 2007 and 2013) in the Pacific waters of the Kuril Islands and East Kamchatka; or pollock (*Theragra chalcogramma*) in the western part of the Bering Sea in 2002-2003. But the noticeable changes of salmon diets were not observed even these years. It was found that salmon consumed per day only 0,01-0,09% of the total zooplankton resources in the upper pelagic layer of various areas while, subtropical migrants consumed per day up to 0,6% of zooplankton biomass in this water layer in the Pacific waters of Kuril Islands and Eastern Kamchatka.

The data about conditions of winter dwelling of Pacific salmon have been collected in the Subarctic frontal zone. It was established the different salmon species had different feeding intensity in the same food conditions during their wintering. It demonstrated that food conditions (even lowered as compared with other seasons) weren't the reason of change of feeding intensity of Pacific salmon during the winter period. The difference in feeding intensity of salmon species and their different size groups in winter and spring was predetermined by their life strategies. The observed variations in feeding intensity and lipid accumulation from autumn to spring were caused rather by cyclic seasonal changes in physiological processes in salmon than by amount and availability of food resources.

Based on the data obtained, it was concluded that overflow of carrying capacity Northern Pacific by Pacific salmon (of natural and also artificial reproduction) isn't observed. The influence of salmon on fodder resources in places of their dwelling is much less, than many other nekton species.

## МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАННЕМ РАЗВИТИИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Н. Н. Немова, С. А. Мурзина, Л. А. Лысенко, Н. П. Канцерова, М. В. Чурова,  
О. В. Мещерякова, З. А. Нефедова, М. Ю. Крупнова, С. Н. Пеккоева, А. Е. Веселов,  
Д. А. Ефремов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского  
научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [nemova@krc.karelia.ru](mailto:nemova@krc.karelia.ru)*

Исследования лососевых рыб, обитающих на Европейском Севере представляют особый интерес в плане поиска общих механизмов и специфических особенностей формирования приспособительных реакций в раннем развитии, определяющих стратегию их дальнейшего развития. Период онтогенеза лососевых рыб, проходящий в речных условиях, характеризуется существенными морфологическими и функциональными преобразованиями, сопровождающимися кардинальными перестройками клеточного метаболизма, изменением регуляции скоростей и взаимоотношениями между различными путями обмена. Были изучены метаболические изменения содержания липидов, жирных кислот, активности ферментов энергетического обмена и протеолиза в раннем развитии у лососевых рыб семейства Salmonidae, род *Salmo* (атлантического лосося и кумжи), обитателей высоких широт. Проведены исследования икры перед нерестом, в период эмбрионального развития в искусственных и естественных условиях, у молоди возрастов 0+, 1+, 2+, 3+, 4+ и на разных этапах ее жизненного цикла (сеголетки, пестрятки, смолты). На основе анализа собственных и литературных данных сформирована, теоретически обоснована и апробирована система показателей биохимического метаболизма, которая достаточно полно охватывает важнейшие метаболические пути превращения макромолекул, обеспечивающие поддержание необходимого гомеостаза молоди лососевых рыб в процессах раннего развития. Система показателей биохимического метаболизма включает параметры липидного обмена (14 липидных показателей и 21 жирная кислота), энергетического и углеводного обмена (6 ферментов аэробного и анаэробного метаболизма), ферментов внутриклеточного протеолиза (5 ферментов различных протеолитических путей), активность ферментов лизосом (5 ферментов нуклеотидного, углеводного обмена), а также молекулярно-генетические показатели экспрессии генов тяжелой цепи миозина, MyoD, Myf-5, миогенина и ЦО, отношение РНК/ДНК и содержание белка. Показано, что механизмы биохимических адаптаций молоди исследуемых рыб к условиям среды, сложившимся в исследуемых биотопах, включают изменения в энергетическом и пластическом обмене, при этом ведущая роль отводится именно энергетике метаболических процессов. Биохимическая разнокачественность, которая обнаруживается уже в зрелой икре и в эмбрионах исследуемых лососевых рыб определяет специфику взаимодействия личинок и мальков со средой обитания, их устойчивость, выживаемость, физическую активность, миграционное поведение и адаптацию к различным экологическим условиям. Показаны некоторые различия в биохимическом статусе эмбрионов лосося на этапе пигментации глаз, развитие которых проходило в искусственных и естественных условиях. Особенности биохимического статуса молоди лососевых рыб и ее двигательная активность служат детерминантой их дальнейшего развития и влияют на формирование экологических группировок молоди рыб. В результате, при распределении из нерестовых гнезд часть выклюнувшихся личинок лосося имеет определенные метаболические преимущества, позволяющие им активно заселять лучшие выростные участки и способствующие образованию фенотипических групп с различными сроками смолтификации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-24-00102 «Лососевые рыбы Северо-Запада России: эколого-биохимические механизмы раннего развития».*

## **METABOLIC CHANGES IN THE EARLY DEVELOPMENT OF SALMONID FISH IN THE EUROPEAN NORTH**

N. N. Nemova, S. A. Murzina, L. A. Lysenko, N. P. Kantserova, M. V. Churova,  
O. V. Meshcheryakova, Z. A. Nefedova, M. Yu. Krupnova, S. N. Pekkoeva, A. E. Veselov,  
D. A. Efremov

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [nemova@krc.karelia.ru](mailto:nemova@krc.karelia.ru)*

Studies of salmonid fish in the European North are of particular interest for what they can offer for the understanding of the general mechanisms and specific features of adaptive responses formation during early development and their implications for further development strategies. The river life period of salmonid ontogeny is noted for significant morphological and functional transformations involving fundamental cell metabolism restructuring, modification of metabolic rate regulation and ratios between different metabolic pathways. We studied metabolic changes in the content of lipids, fatty acids, activity of enzymes involved in energy metabolism and proteolysis during early development in salmonid fish of the family Salmonidae, genus *Salmo* (Atlantic salmon and brown trout) living in high latitudes. Eggs were studied prior to spawning, during embryonic development in farmed and wild fish, in juveniles aged 0+, 1+, 2+, 3+, 4+ and at different stages of the life cycle (fry, parr, smolts). Having analyzed own and published data we have assembled, substantiated and tested a system of biochemical metabolism indices covering quite comprehensively the major metabolic pathways of macromolecule transformations that maintain the requisite homeostasis in early development processes in juvenile salmonids. This system of biochemical metabolism indices includes parameters of lipid metabolism (14 lipid indices and 21 fatty acids), energy and carbohydrate metabolism (6 enzymes of aerobic and anaerobic metabolism), intracellular proteolytic enzymes (5 enzymes of different proteolytic pathways), activity of lysosomal enzymes (5 enzymes of nucleotide, carbohydrate metabolism), as well as molecular genetic indices of myosin heavy chain gene expression, MyoD, Myf-5, myogenin and COX, RNA/DNA ratio, and protein content. We demonstrate that the mechanisms of biochemical adaptation of the investigated juvenile fish to the conditions in the habitats include changes in the energy and constructive metabolism, and that the leading role here belongs to the energy of the metabolic processes. The biochemical differentiation observed already in mature eggs and in embryos of the investigated salmonids defines how the larvae and fry will interact with the environment, their resilience, survival, physical activity, migratory behavior and adaptation to the various ecological conditions. Some differences were found in the biochemical status of salmon eyed eggs in embryos developing under artificial and natural conditions. Features of the biochemical status of young salmonids and their locomotor activity are the determinants of their future development and influence the formation of ecological groupings of juvenile fish. As a result, some newly hatched salmon fry have certain metabolic advantages for dispersal from redds, enabling them to actively colonize better nursery grounds and contributing to the formation of phenotypic groups with different timing of smoltification.

*The work was supported by the Russian Science Foundation, project № 14-24-00102 “Salmonids of the northwest of Russia: ecological and biochemical mechanisms of early development”.*

## ЭВОЛЮЦИЯ ГОЛЬЦОВ РОДА *SALVELINUS*: МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

А. Г. Осинов<sup>1</sup>, А. А. Волков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия, e-mail: [a-osinov@yandex.ru](mailto:a-osinov@yandex.ru)

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия

Гольцы рода *Salvelinus* являются одной из наиболее изменчивых групп лососевых рыб. Многие вопросы, касающиеся происхождения, филогении и таксономии многочисленных экологических и морфологических форм, которые выявлены на огромном ареале, в том числе обитающих симпатрично во многих озерах, остаются открытыми. Внутри рода большинством исследователей признается наличие 7 «хороших» видов (*S. fontinalis*, *S. namaycush*, *S. leucomaenis*, *S. levanidovi*, *S. confluentus*), а также *S. alpinus* и *S. malma* вместе с близкими им формами/видами (*S. alpinus* – *S. malma* species complex). В комплекс входят и два вида гольцов из озера Эльгыгытгын (*S. elgiticus*, *S. boganidae*). Третий вид гольца (*S. svetovidovi*) из оз. Эльгыгытгын выделен в отдельный род *Salvethymus*.

Для анализа филогении гольцов рода *Salvelinus* были использованы выборки по 7 «хорошим» видам, а также голец Световидова. *S. alpinus* – *S. malma* species complex был представлен разными формами Арктического гольца Евразии, гольцом Таранца и двумя видами из оз. Эльгыгытгын, северной и двумя южными (из Азии и Северной Америки) формами мальмы. Были построены генные деревья по трем генам (CR mtDNA, 950 bp; RAG1, 899 bp; ITS1, 581 bp) раздельно и проведен поиск видового дерева по двум ядерным генам и всем трем генам. Были выявлены различия в топологии генных деревьев, в частности между деревьями, построенными по мтДНК и яДНК данным. Мито – ядерные несоответствия были в частности связаны с случаями интрогрессии гаплотипов мтДНК северной формы мальмы в отдельные популяции и группы популяций арктического гольца и южной формы мальмы, которые имели место в ледниковое и послеледниковое время. Полученные данные подтвердили предположение о том, что на ранних этапах дивергенции внутри *S. alpinus* – *S. malma* species complex произошел захват мтДНК арктического гольца Евразии северной формой мальмы, а её нативная мтДНК вероятно полностью утеряна. Вероятно, аналогичная ситуация произошла и с нативной мтДНК *S. confluentus*. Не совсем ясна ситуация с нативной мтДНК у южной формы мальмы Северной Америки.

Полученные данные еще раз указывают на то, что гибридизация и интрогрессия генов неоднократно происходили между разными филогенетическими линиями и видами гольцов. Вполне возможно, что в ряде случаев они способствовали происхождению новых, в том числе и симпатрических, форм. На видовом дереве, построенном по двум ядерным генам, базальное положение занимает клада *S. confluentus* (*S. leucomaenis*, *S. levanidovi*). Далее располагается клада (*S. fontinalis*, *S. namaycush*). Клада *S. alpinus* – *S. malma* species complex включает две субклады. Первая – объединяет три формы мальмы, а вторая – все формы/виды Арктического гольца. Данные по мтДНК и по ядерным генам указывают на то, что голец Световидова или входит в *S. alpinus* – *S. malma* species complex или является сестринским по отношению к нему таксоном, так что выделение его в отдельный род филогенетически не оправдано. Полученные данные не решают все вопросы, связанные с эволюцией и филогенией гольцов рода *Salvelinus*, но позволяют уточнить наиболее вероятные этапы эволюции этой сложной для систематиков и интересной для эволюционных биологов группы рыб. Происхождение основных видов гольцов датируется концом миоцена – плиоценом, а большинства форм/видов, входящих в *S. alpinus* – *S. malma* species complex связано с событиями середины плейстоцена – начала голоцена.

## EVOLUTION OF CHARRS (GENUS *SALVELINUS*): MOLECULAR-GENETIC DATA

A. G. Osinov<sup>1</sup>, A. A. Volkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: [a-osinov@yandex.ru](mailto:a-osinov@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia*

Charrs of the genus *Salvelinus* is one of the most variable groups of salmonid fish. There is still lack of knowledge on the origin, phylogenetics, and taxonomy of multiple ecological and morphological forms distributed over a huge area, including those living sympatrically in many lakes. Seven “good” charr species are acknowledged by the majority of researchers within the genus (*S. fontinalis*, *S. namaycush*, *S. leucomaenis*, *S. levanidovi*, *S. confluentus*, *S. alpinus*, and *S. malma*), and related forms of two latter species are referred to *S. alpinus* – *S. malma* species complex. The complex includes also two charr species from Lake El’gygytgyn (*S. elgiticus* and *S. boganidae*). The third species (*S. svetovidovi*) from Lake El’gygytgyn is separated into a distinct genus *Salvethymus*.

To assess phylogeny of the genus *Salvelinus*, the samples of seven “good” species and *S. svetovidovi* were examined. Within the *S. alpinus* – *S. malma* complex, the forms of Eurasian Arctic charr, Taranets charr, two species from Lake El’gygytgyn, and Dolly Varden (a northern form and two southern forms from Asia and North America) were used in the analysis. Phylogenetic analysis was based on three data sets: mtDNA control region (CR, 950 bp), recombination-activating protein 1 gene exon 2 (RAG1, 899 bp), and internal transcribed spacer 1 (ITS1, 581 bp). The gene trees were constructed based on each data set separately, and species trees were estimated based on two nuclear genes and two nuclear genes and CR mtDNA data sets. Distinct tree topologies were revealed particularly between the trees based on nuclear and mtDNA data sets. A mito-nuclear tree topology discordance partially can be explained by the introgression of northern Dolly Varden mtDNA haplotypes into separated populations and groups of populations of Arctic charr and southern Dolly Varden during the glacial and postglacial periods.

The results confirm an assumption that in the early stages of the divergence within the *S. alpinus* – *S. malma* complex, the capture of the Eurasian Arctic charr mtDNA by the northern Dolly Varden occurred, and its own mtDNA, most likely, was completely lost. Similar situation could occur with original mtDNA of *S. confluentus*. In addition, the evolution of native mtDNA of southern Dolly Varden in North America is not entirely clear. The data show that hybridization and introgression of genes took place repeatedly between different phylogenetic lines and charr species and, in certain cases, the origin of new (including sympatric) forms occurred. The species tree built based on nuclear genes data set shows the clade *S. confluentus* (*S. leucomaenis*, *S. levanidovi*) at the basal position. The next clade includes *S. fontinalis* and *S. namaycush*. The clade of the *S. alpinus*–*S. malma* species complex includes two subclades: the first subclade consists of three forms of Dolly Varden, and the second subclade includes all forms/species of Arctic charr. Different sets of nuclear and mtDNA data suggest that *S. svetovidovi* is either a species of the *S. alpinus* – *S. malma* species complex, or it is a sister lineage to this complex. Therefore, a separation of this species into a distinct genus seems not phylogenetically appropriated. The results of this study do not solve all issues of the evolution and phylogeny of charrs of the genus *Salvelinus*. Nevertheless, they clarify the most probable events of the evolution of this complicated for taxonomists and fascinating for evolutionary biologists group of fish. The origin of the main charr species is dated to the end of the Miocene – the Pliocene, and the divergence of the majority of forms/species of the *S. alpinus* – *S. malma* species complex are related to the events of the Middle Pleistocene – early Holocene.

## УРОВЕНЬ ИОНОВ В КРОВИ МОЛОДИ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ *SALMO TRUTTA LABRAX* ПРИ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

Е. Д. Павлов, Д. С. Павлов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия,*

*e-mail: [p-a-v@nxt.ru](mailto:p-a-v@nxt.ru)*

Для лососевых свойственна внутривидовая дифференциация, при которой особи выбирают проходную или жилую жизненные стратегии. Вероятность этого выбора определяется рядом внешних факторов, влияющих на особь. Одним из пусковых адаптивных преобразований при смолтификации лососевых является модификация ионного обмена в организме.

Работа проведена в апреле 2015 г. и в феврале 2016 г. на форелеводческом заводе “Адлер” (Краснодарский край). Кровь отбирали у рыб в возрасте 10 и 12 мес. из хвостовой вены за анальным плавником инсулиновым шприцом. Индивидуальную концентрацию ионов К, Na, Cl и Ca определяли в цельной крови портативным прибором Abbot i-STAT 1 с набором одноразовых картриджей. Концентрацию ионов Cl в крови измеряли только у рыб в возрасте 10 мес. Кровь исследовали у рыб трёх фенотипических групп – пестрятки (до формообразования), жилая и проходная формы.

По данным дисперсионного анализа было установлено, что концентрация исследованных ионов зависит от принадлежности рыб к той или иной фенотипической группе. У кумжи в возрасте 10 мес. эта зависимость достоверна только для ионов хлора ( $p < 0.05$ ), а у рыб в возрасте 12 мес. – для ионов Na, K и Ca ( $p < 0.05$ ).

При смолтификации у молоди кумжи в возрасте 10 мес. начинаются изменения в хлоридных клетках жабр, о чем свидетельствует снижение уровня ионов Cl в крови у самок смолтов по сравнению с пестрятками. Концентрация ионов хлора у самцов смолтов не изменяется, вероятно, выбор проходной жизненной стратегии у них, происходит позже, чем у самок. Отсутствие каких-либо различий по уровню ионов K и Na и у самок и самцов исследованных фенотипических групп дает основание считать, что в этом возрасте у черноморской кумжи не изменяется активность  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -аденозинтрифосфатазы. Вероятно, исследуемый этап смолтификации черноморской кумжи является самым начальным в осморегуляторной перестройке организма.

У самцов смолтов в возрасте 12 мес. снижается концентрация ионов Na в крови по сравнению с особями жилой формы, а концентрация ионов K повышается по сравнению с самками жилой формы. У самок смолтов наблюдается та же тенденция по концентрациям этих ионов, но различия недостоверны. Концентрация ионов Ca у самок и самцов смолтов ниже, чем у рыб жилой формы.

По результатам проведенного кластерного анализа жилая форма по концентрациям трех ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ ) создает компактный кластер. Смолты обособлены от других групп. Вероятно, такое обособление обусловлено тем, что выбор анадромной жизненной стратегии у черноморской кумжи происходит раньше, чем резидентной. Пестрятки наиболее разнородны по сравнению с особями других форм.

Таким образом, изменения концентрации изученных ионов происходят до перехода смолтов в морскую воду. Снижение уровня ионов хлора в крови молоди черноморской кумжи можно считать надежным индикатором начала процесса смолтификации.



## ION CONCENTRATION IN THE BLOOD OF THE BLACK SEA TROUT *SALMO TRUTTA LABRAX* DURING ITS INTRAPOPULATION DIFFERENTIATION

E. D. Pavlov, D. S. Pavlov

*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
e-mail: [p-a-v@nxt.ru](mailto:p-a-v@nxt.ru)*

Salmonids are characterized by intrapopulation differentiation, at which individuals adopt anadromous or resident life history strategies. This adoption is determined by environmental factors. One of the trigger mechanisms for adaptation of salmonids to salt water is the alteration of ion exchange during the process of parr-smolt transformation.

The work was conducted in April 2015 and in February 2016 on the Adler trout farm (the Krasnodar Territory). Blood was sampled from the tail vein behind the anal fin using a syringe (1 cm<sup>3</sup>) in the Black Sea trout at the age of 10 and 12 months. The individual concentration of K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and Ca<sup>2+</sup> was measured by a portable analyzer “Abbot i-STAT 1” using a set of cartridges in whole-blood. The concentration of chloride ions (Cl<sup>-</sup>) was measured only in brown trout at the age of 10 months. Blood was analyzed in fishes belonging to three phenotypic groups: parr (prior to the process of parr-smolt transformation), resident and anadromous phenotypic forms.

Variance analysis showed that the concentration of measured ions differed between the phenotypic groups of fishes. Thus, for brown trout at the age of 10 months, this relationship was significant only for chloride ions (Cl<sup>-</sup>) (p<0.05), and for brown trout at the age of 12 months it was significant for Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> (p<0.05).

Changes in the gill chloride cells during the process of parr-smolt transformation of brown trout at the age of 10 months were identified by the decreased level of chloride ions (Cl<sup>-</sup>) in the blood of female smolts in comparison with parrs. The concentration of chlorine ions did not change in male smolts. Probably, it was related to the fact, that males adopted the anadromous life history strategy later than females. The absence of any differences in the ion levels of K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> both in females and males from tested phenotypic groups gave the evidence that Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> –ATPase activity did not change at this age in the Black Sea trout. Probably, the analyzed period of the process of parr-smolt transformation of brown trout was the earliest stage in the alteration of osmoregulation in these fishes.

The concentration of Na<sup>+</sup> in the blood of male smolts at the age of 12 months reduced in comparison with resident males and females, while the concentration of K<sup>+</sup> increased in comparison with resident females. The same tendency by the concentrations of these ions was observed in female smolts, but these differences were not significant. The concentration of Ca<sup>2+</sup> were lower in female and male smolts than in the resident form.

Results of cluster analysis by the concentrations of three ions (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup>) showed that the resident form was presented by a compact cluster. Smolts were separated from other groups. Probably, this separation was determined by the fact that the adoption of the anadromous life history strategy of the Black Sea trout occurred earlier than the adoption of the resident strategy. Parrs had more differences in their group in comparison with other forms.

The obtained results showed that changes in the concentration of measured ions occurred earlier than the entry of smolts into seawater. The reduced level of chlorine ions in the blood of the juvenile Black Sea trout can be considered as a reliable indicator of the beginning of the process of parr-smolt transformation.

## УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA LABRAX*) В БАССЕЙНЕ РЕКИ МЗЫМТА В СВЯЗИ С ОЛИМПИЙСКИМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ

Д. С. Павлов<sup>1</sup>, А. Е. Веселов<sup>2</sup>, В. В. Костин<sup>1</sup>, Д. А. Ефремов<sup>2</sup>, М. А. Ручьев<sup>2</sup>, С. Б. Туниев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: [acad.pavlov@gmail.com](mailto:acad.pavlov@gmail.com)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сочинский национальный парк», г. Сочи, Россия

Пороги и перекаты главного русла и притоков р. Мзымта служат местами размножения проходной (занесенной в Красную книгу РФ) и жилой форм черноморской кумжи, а также участками обитания ее молоди. В связи с олимпийским строительством в 2010–2014 гг. в главном русле и устьях многих притоков были трансформированы отдельные участки реки. Здесь изменены: фракционный состав грунта, скорость течения, структура подруслового потока и глубина воды. Это привело к уничтожению нерестово-выростных участков (*НВУ*) черноморской кумжи.

Исследованы условия воспроизводства и распределение черноморской кумжи в главном русле и притоках р. Мзымта, находящихся в естественном состоянии и под влиянием антропогенного воздействия; оценена возможность естественного восстановления *НВУ*.

Установлено, что естественное воспроизводство проходной формы черноморской кумжи в бассейне р. Мзымта практически прекратилось из-за непрерывного загрязнения воды в период олимпийского строительства, механического разрушения *НВУ*, деградации кормовой базы, браконьерства и, по-видимому, из-за строительства морского порта на пути нерестовой миграции кумжи. Общая длина разрушенных участков русла составляет 57 км. В настоящее время сохранилось естественное воспроизводство жилой формы черноморской кумжи в 19 притоках р. Мзымта не затронутых олимпийским строительством, а также в главном русле выше впадения р. Пслух. Из 364 км протяженности водотоков в бассейне р. Мзымта молодь черноморской кумжи обнаружена лишь на 103 км, где ее плотность составляет 13–15 экз./100 м<sup>2</sup>. Основные притоки имеют *НВУ* высокого качества и достаточную кормовую базу для молоди кумжи.

В главном русле (где были разрушены *НВУ*) из-за схода селевых потоков на небольшом участке протяженностью 2.5 км (от р. Пслух и до пос. Роза Хутор) происходит естественное восстановление гидрологической структуры порогов и перекатов. В результате особи жилой формы кумжи постепенно заселяют эти участки, на них возобновился естественный нерест.

Участки главного русла, расположенные ниже пос. Роза Хутор нуждаются в специальной рекультивации для восстановления уклонов, порожистой структуры русла и фракционного состава грунтов, а также для оптимизации гидравлических параметров (скорость течения, турбулентность).

Краснополянская ГЭС не имеет рыбопропускного сооружения и является основным препятствием для миграции как производителей черноморской кумжи, так и смолтов. Это исключает нерест проходных особей выше плотины, где расположено 49% качественных *НВУ* р. Мзымта.

Возобновить воспроизводство проходной формы и увеличить численность вида возможно при проведении комплекса мероприятий по восстановлению экосистемы реки и строительстве рыбопропускного сооружения на Краснополянской ГЭС.

## **CONDITIONS OF REPRODUCTION BLACK SEA TROUTS (*SALMO TRUTTA LABRAX*) IN THE RIVER BASIN MZYMTA DUE TO THE OLYMPIC CONSTRUCTION**

D. S. Pavlov<sup>1</sup>, A. E. Veselov<sup>2</sup>, V. V. Kostin<sup>1</sup>, D. A. Efremov<sup>2</sup>, M. A. Ruchyev<sup>2</sup>, S. B. Tuniyev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*  
*e-mail: [acad.pavlov@gmail.com](mailto:acad.pavlov@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

<sup>3</sup>*Sochi National Park, Sochi, Russia*

On thresholds and rifts of the main stream and in inflows of the Mzymta River is reproduced the Black Sea trout (the Russian Federation included in the Red List). Here its juveniles live. Due to the Olympic construction in 2010–2014 in the main stream and mouths of many inflows separate sections of the river were transformed. Here are changed: fractional composition of river bed, current speed, structure of a flow and depth of water. It led to destruction of the spawning and nursery sites (SNS) Black Sea trouts.

Conditions of reproduction and distribution Black Sea trouts in the main stream and influxes of the Mzymta River which are in natural state and under anthropogenous influence are investigated; the possibility of natural restoration of SNS is evaluated.

It is set that natural reproduction of the flow form Black Sea trouts in the basin of the Mzymta River practically stopped because of the continuous pollution of water during the Olympic construction, mechanical corrupting of SNS, degradation of a food supply, because of construction of sea way of spawning migration of a trout. The total length of the destroyed sections of the course makes 57 km. Now natural reproduction of the inhabited form Black Sea trouts in 19 tributary of the Mzymta River which aren't affected by the Olympic construction remained. Trout it is also found above inflow Pslukh. From 364 km of expansion of water currents in the basin of the Mzymta River the juveniles Black Sea trouts are found only on 103 km where its density makes 13–15 copies/100 sq.m. The main inflows have quality SNS and a sufficient food supply for juveniles of a trout.

In the main bed on the site 2.5 km long (from inflow Pslukh to the settlement of Rosa Khutor) there is a natural restoration of hydrological structure of thresholds and rifts. As a result of an individual of the inhabited form of a trout gradually occupy these sections, on them natural spawning was resumed.

Sections of the main river, located below than the settlement of Rosa Khutor need special recultivation for restoration of biases, rapids structure and fractional composition of river bed, and also for optimization of hydraulic parameters (current speed, turbulence).

The Krasnaya Polyana hydroelectric power station has no fish pass construction and is the main hindrance to migration trouts. It excludes spawning of flow individuals above a dam where 49% of qualitative SNS of the Mzymta River are located.

To restore reproduction of a trout and to increase the number of a look possibly when carrying out a complex of actions for restoration of an ecosystem of the river and construction of a fish pass construction on the Krasnaya Polyana hydroelectric power station.

## О КАРЛИКОВЫХ ОСОБЯХ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ *SALMO TRUTTA LABRAX* В РЕКЕ МЗЫМТА

Д. С. Павлов, В. В. Костин, Е. Д. Павлов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: [kostin@sevin.ru](mailto:kostin@sevin.ru)*

Рассмотрены изменения ряда популяционных показателей пресноводных форм черноморской кумжи в 2008-2009 гг. (Pavlov et al., 2010) по сравнению с 1987 годом (Мурза, Христофоров, 1988). Материалы в оба периода исследований собраны в районе впадения р. Чвижепсе в р. Мзымту в конце лета (август-сентябрь). За 22 года (табл. 1) как у самцов, так и у самок достоверно ( $p < 0.001$ ) уменьшилась длина тела и увеличилась ( $p < 0.001$ ) доля рыб со зрелыми гонадами (IV – V стадии зрелости).

Таблица 1. Длина и стадии зрелости гонад черноморской кумжи в р. Мзымта (данные за 1987 г. по Мурза, Христофоров, 1988)

Пол	Число рыб, экз.		Длина тела (АС) ± среднее квадратичное отклонение, см		Доля рыб с гонадами IV – V стадии зрелости, %	
	1987 г.	2008-09 гг.	1987 г.	2008-09 гг.	1987 г.	2008-09 гг.
Самки	51	37	16.2±2.0	11.5±1.8	0	39.1
Самцы	63	44	16.7±1.9	12.3±1.8	0	74.4

Подробный анализ кумжи, пойманной в 2008–2009 гг. во всей р. Мзымта (148 экз.) и р. Псахо (67 экз.), показал, что у рыб в возрасте 1+ появилось большое число особей со зрелыми гонадами (табл. 2), то есть особей, выбравших жизненную стратегию карликов.

Таблица 2. Степень зрелости гонад у черноморской кумжи (август–сентябрь 2008–2009 гг.)

Пол	Возраст, лет	Число рыб, экз.	Число рыб, %				
			стадия зрелости гонад				
			I	II	III	IV	V
Самки	1+	56	28.6	39.3	0	<b>25.0</b>	<b>7.1</b>
	2+	56	0	42.9	7.1	50.0	0.0
Самцы	1+	57	5.6	22.8	19.4	<b>33.4</b>	<b>19.4</b>
	2+	45	0	0	0	53.3	46.7

**Выделенный шрифт** – карликовые особи.

Эти материалы указывают на ускорение созревания черноморской кумжи в бассейне р. Мзымта. Для карликов характерно раннее созревание (в возрасте 1+) при длине тела до 16.5 см. Гистологический анализ показал, что яичники и семенники карликовых особей содержат практически созревшие половые клетки – соответственно желтковые ооциты и сперматозоиды. Наличие карликовых самок и самцов в р. Мзымта подтверждено и более поздними исследованиями 2012-14 гг. (Павлов и др., 2017). Большое количество карликовых самок отмечено впервые не только для исследуемого подвида, но, по-видимому, и для всего вида кумжи. Возможно, что увеличение численности карликов от 1987 г. к 2009 г. и появление карликовых самок в этот период связано с увеличением антропогенной нагрузки, которая отмечена для р. Мзымта (Решетников, Пашков, 2009).

## ON DWARFS OF THE BLACK SEA TROUT *SALMO TRUTTA LABRAX* IN THE MZYMTA RIVER

D. S. Pavlov, V. V. Kostin, E. D. Pavlov

*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
e-mail: [kostin@sevin.ru](mailto:kostin@sevin.ru)*

Some parameters of freshwater forms of the Black Sea trout were studied in 1987 (Murza, Khristoforov, 1988) and in 2008–2009 (Pavlov et al., 2010). Data of these studies were collected in late summer (August–September) in the region of confluence of two rivers – the Chvezhipse and the Mzymta. During this twenty-two year period the body length of males and females of brown trout significantly decreased ( $p < 0.001$ ), and the portion of fish with mature gonads (stages of maturation IV – V) significantly increased ( $p < 0.001$ ) (tabl. 1).

Table 1. Body length and gonad maturation stages of the Black Sea trout in the Mzymta River (data for the year 1987, by Murza, Khristoforov, 1988)

Sex	Number of fish, ind.		Body length (L) ± standard deviation, cm		Portion of fish with IV – V stages of maturation, %	
	1987	2008–2009	1987	2008–09	1987	2008–09.
Females	51	37	16.2±2.0	11.5±1.8	0	39.1
Males	63	44	16.7±1.9	12.3±1.8	0	74.4

The analysis of brown trout caught in 2008–2009 in the Mzymta (148 ind.) and in the Pakho (67 ind.) rivers showed that a large number of individuals with mature gonads occurred at the age 1+ (tabl. 2). Therefore, these individuals adopted the dwarf life history strategy.

Table 2. Gonad maturity stages of the Black Sea trout (August–September, 2008–2009)

Sex	Age	Number of fish, ind.	Number of fish, %				
			Gonad maturity stages				
			I	II	III	IV	V
Females	1+	56	28.6	39.3	0	<b>25.0</b>	<b>7.1</b>
	2+	56	0	42.9	7.1	50.0	0.0
Mails	1+	57	5.6	22.8	19.4	<b>33.4</b>	<b>19.4</b>
	2+	45	0	0	0	53.3	46.7

Precocious individuals are showed in bold.

Collected material supported the evidence of the accelerated maturation of the Black Sea trout in the basin of the Mzymta River. Precocious individuals with the body length up to 16.5 cm are characterized by early maturation at the age 1+. Histological analysis showed that female and male gonads of precocious individuals contained almost matured sex cells (yolk oocytes and spermatozooids). Precocious females and males were found in the Mzymta River in studies of 2012–2014 (Pavlov et al., 2017). A large number of precocious females was firstly registered in this subspecies (the Black Sea trout), but, possibly, this could be true for the whole species of the brown trout too. Probably, the increased number of dwarfs and appearance of precocious females in investigated period (1987–2009) was determined by the increased anthropogenic activity in the region of the Mzymta River (Reshetnikov, Pashkov, 2009).

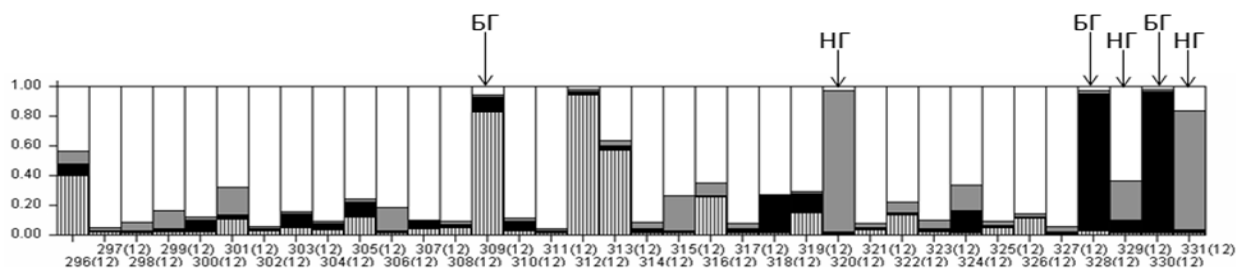
# ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗНЫХ ФОРМ КРОНОЦКИХ ГОЛЬЦОВ И ПРОХОДНОЙ МАЛЬМЫ (*SALVELINUS MALMA*, SALMONIDAE) ИЗ РЕКИ КРОНОЦКАЯ (КАМЧАТКА) ПО ЧАСТОТАМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ (МСТ-) ЛОКУСОВ

С. Д. Павлов, А. Л. Сенчукова, К. В. Кузицин, М. Н. Груздева, Н. С. Мюге

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия,  
e-mail: [serge\\_pavlov@mail.ru](mailto:serge_pavlov@mail.ru)

Гольцы (gen. *Salvelinus*) озерно-речной системы Кроноцкая (Камчатка) представлены формами с хорошо выраженными морфоэкологическими отличиями и дискуссионным таксономическим статусом (Викторовский, 1978; Павлов и др., 2013), хорошо различимы по совокупности генетических признаков (Павлов и др., 2013; Сенчукова и др., 2012, 2013; Сенчукова, 2014). Выявленные различия по частотам мст-локусов у пяти форм гольцов из озера Кроноцкое: носатого гольца, белого гольца, речной мальмы, карликового гольца, длинноголового гольца, а также проходной мальмы из реки Кроноцкая указывают на ограниченный генетический обмен между ними (Сенчукова, 2014), несмотря на водный барьер (пороги) в истоке реки из озера. Обнаружив некую неоднородность у проходной мальмы по аллельным частотам мст-локусов, можно было предположить, что это является следствием ее неполной репродуктивной изоляции от других гольцов озерно-речной системы. Однако проведенные дальнейшие исследования показали, что выборки из реки Кроноцкая состоят не только из проходной мальмы, но и содержат особи, морфологически сходные с некоторыми озерными формами (Груздева и др., 2011). Генетическая идентификация разных форм гольцов в сборных речных выборках потребовала дополнительного исследования.

ДНК выделяли стандартным солевым методом (Aljanabi, Martinez, 1997). Для микросателлитного анализа использовали 9 мст-локусов (Smm3, Smm5, Smm21, Smm22, Ssa197, SSOSL456, Smm24, Sco204, Sco205). Реакции амплификации, электрофоретическое разделение продуктов проводили по методикам, описанным ранее (Сенчукова, 2014). По полученным частотам аллелей мст-локусов, с помощью программы STRUCTURE (допускающую гибридное происхождение особей в анализируемой выборке и корреляцию аллельных частот среди кластеров) при числе задаваемых кластеров (K) от одного до восьми, были выявлены четыре кластера, уверенно характеризующие каждую из озерных форм гольцов. Далее, в сборной речной выборке 2010 г. операторами были определены образцы, взятые от рыб морфологически сходных с озерными белым гольцом, носатым гольцом, а также от проходной мальмы. Результаты исследования наглядно отражены на рисунке.



**Рисунок 1.** Гистограмма, построенная с помощью программы STRUCTURE. На оси абсцисс обозначены анализируемые образцы. По оси ординат представлена вероятность соответствия образца каждому из 4 предполагаемых кластеров. Обозначение кластеров: - первый, - второй, - третий, - четвертый. БГ – белый голец, НГ – носатый голец.

Особи с морфотипами белого гольца (309, 328, 330) относятся ко второму и четвертому кластерам, представляющих форму в озерных выборках. Особи, внешне сходные с носатыми гольцами (320, 329, 331), относятся к первому и третьему кластерам, характерным для носатых гольцов в озерных сборах. Скорее всего, это особи, скатившиеся из самого озера через водную

преграду (пороги) в реку. При этом два образца с морфотипом проходной мальмы (312, 313) могут быть определены как гибриды, что указывает на определенный обмен между озерными формами и проходной мальмой в нижнем течении реки Кронотская.

*Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 15-29-02448офи\_м), грантом “Ведущие научные школы” (НШ-7894.2016.4), а также грантом РФФИ № 14-50-00029 (частичная обработка материала).*

## **THE IDENTIFICATION OF THE VARIOUS FORMS OF LACUSTRINE CHARRS FROM LAKE KRONOTSKOE AND ANADROMOUS DOLLY WARDEN *SALVELINUS MALMA* (SALMONIDAE) FROM THE KRONOTSKAYA RIVER BY THE MICROSATELLITE LOCI FREQUENCIES**

S. D. Pavlov, A. L. Senchukova, K. V. Kuzishchin, M. A. Gruzdeva, N. S. Muge  
*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: [serge\\_pavlov@mail.ru](mailto:serge_pavlov@mail.ru)*

Charrs of genus *Salvelinus* from the riverine-lacustrine system «Lake Kronotskoe» are represented by several forms with distinct morphological and ecological attributes, but their taxonomic status is a matter of doubt (Viktorovsky, 1978; Pavlov et al., 2013). Also those forms could be distinguished (Pavlov et al., 2013; Senchukova et al., 2012, 2013; Senchukova, 2014). Differences that were defined between five forms of lacustrine charrs (“white”, “nose”, “riverine”, “dwarf” and “longhead”) and anadromous Dolly Warden showed a limited gene flow between all of them despite the waterfalls on the outlet river (Senchukova, 2014). Thus, having the heterogeneity in the allelic frequencies in MST-loci we can suppose that there is no absolute reproductive isolation between all forms. The latter studies demonstrated that in the Kronotskaya River below waterfalls occur not only anadromous Dolly Warden but specimens with the features of the lacustrine charrs also (Gruzdeva et al., 2011). That why we conducted addition genetic studies of charrs from Kronotskaya River.

The DNA extraction was done according to the standard method (Aljanabi, Martinez, 1997). For microsatellite analysis we used 9 MST-loci (Smm3, Smm5, Smm21, Smm22, Ssa197, SSOSL456, Smm24, Sco204, Sco205). Amplification reaction and electrophoretic fractioning of the products were done by the regular methods (Senchukova, 2014). By the MST-loci frequencies by the software STRUCTURE with the cluster numbers (K) from 1 to 4 all together four clusters were defined that characterizing each of lacustrine form of charrs.

In the sample of charrs from Kronotskaya River three groupings were prepared – with the attributes of 1) typical anadromous Dolly Warden, 2) lacustrine “White” charr and 3) lacustrine “Nose” charr. All samples were processed by the MST analysis.

The specimens that had features of “White” charr (309, 328, 330) by their MST-loci frequencies belong to the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> clusters of lacustrine charrs; the specimens with the phenotype of “Nose” charr belong to 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> clusters, the same that characterize “nose” charrs in the Lake Kronotskoye. Thereafter all those fish most likely migrate from the Lake downstream, passed through the waterfall and live in the river. Two specimens from the sample of typical Dolly Warden (312 and 313) could define as hybrids that support the hypotheses that there is a gene flow between lacustrine charrs and anadromous Dolly Warden.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant no. 15-29-02448офи\_м), Grant of the President of the Russian Federation for Leading Scientific Schools (grant no. NSh-7894.2016.4) and the Russian Science Foundation (grant no. 14-50-00029) (partial treatment of the data).*

## НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИПИДНОГО МЕТАБОЛИЗМА УКАЗЫВАЮТ НА ФОРМУ – «ЖИЛУЮ» ИЛИ «ПРОХОДНУЮ» КУМЖИ Р. ОРЗЕГА

С.Н. Пеккоева, С.А. Мурзина, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия,*

*e-mail: [pek-svetlana@mail.ru](mailto:pek-svetlana@mail.ru)*

Кумжа *Salmo trutta* L. является одним из представителей сем. Лососевые (Salmonidae). В состав единой популяции кумжи входят «проходная», нагуливающаяся в Онежском озере, и «жилая» формы, образующие в реке Орзеге единое нерестовое стадо. Исследован липидный и жирнокислотный (ЖК) статус молоди кумжи (1+, 2+, 3+) из р. Орзеге (бассейн Онежского озера) в летний сезон. Установлен высокий рост содержания запасных ТАГ и ЭХС, а также ХС и индексов соотношения ТАГ/ФЛ и ТАГ+ЭХС/ФЛ+ХС у молоди кумжи возраста 2+ и 3+, что свидетельствует о повышении интенсивности питания и, как следствие, – увеличении энергетического потенциала рыб. У молоди кумжи с возрастом не выявлено достоверных различий по степени активности метаболических превращений 18:2n-6 и 18:3n-3 ЖК в ПНЖК, определяющие ЖК состав липидов морского типа. Показатели конвертации эссенциальных ЖК в ПНЖК, которые выражаются коэффициентами соотношений 22:6n-3/18:3n-3 и 20:4n-6/18:2n-6, у молоди в процессе роста достоверно не изменились, что свидетельствует о принадлежности кумжи в р. Орзеге к жилой форме. Образование жилой формы кумжи является одной из жизненных стратегий, имеющих адаптивное значение для формирования сложной субпопуляционной структуры. Результаты исследований липидного статуса молоди кумжи позволяют рассматривать их в качестве биохимических индикаторов физиологического состояния молоди лососевых, определяя дальнейшую миграцию или ее отсутствие.

Работа проведена с использованием научного оборудования центра коллективного пользования «Комплексные фундаментальные и прикладные исследования особенностей функционирования живых систем в условиях Севера» (ЦКП ИБ КарНЦ РАН). *Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-24-00102).*

## SOME PARAMETERS OF LIPID METABOLISM CAN INDICATE THE FORM – “RESIDENT” OR “MIGRATING” OF BROWN TROUT FROM THE ORZEGA RIVER

S.N. Pekkoeva, S.A. Murzina, Z.A. Nefedova, N.N. Nemova

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,*

*e-mail: [pek-svetlana@mail.ru](mailto:pek-svetlana@mail.ru)*

The brown trout *Salmo trutta* L. is one of the representatives of salmonids (Salmonidae) in a single population of which includes a "migrating" (in the Onega Lake), and "resident" forms, forming a single spawning herd in the Orzega River. The lipid and fatty acid status of juvenile's brown trout (at 1+, 2+, 3+ age) from the Orzega River (Onega Lake Basin) collected in summer was studied. It was found a lift of the content of reserve lipids - TAG and ECHOL, and increased level of cholesterol and TAG/FL and TAG+ ECHOL/FL+CHOL in juvenile brown trout at 2+ and 3+ age; the result shows an increase in the intensity of food consumption and, as a consequence, the increase of energy potential of fish. No significant differences were found in the rate of activity of conversions of essential fatty acids – 18:2n-6 and 18:3n-3 in long-chain PUFAs, last indicates the fatty acid composition of “marine” type lipids of juvenile brown trout with age. The indexes of conversions of essential fatty acids into long-chain PUFAs, performed by the ratios 22:6n-3/18:3n-3 and 20:4n-6/18:2n-6 fatty acids, did not vary significantly during growth of juveniles that pointed to the residential brown trout from of the studied fish in the Orzega River. Formation of a residential form of trout is one of life strategies that have adaptive value for the formation of a complex subpopulation structure.

The research was carried out using the facilities of the Equipment Sharing Centre of the Institute of Biology, KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia. *The research was supported by the Russian Science Foundation, the project No. 14-24-00102.*



## СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ КУМЖИ В БЕЛАРУСИ

М. В. Плюта, А. В. Лещенко, В. К. Ризевский

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Беларусь, e-mail: [micle58@mail.ru](mailto:micle58@mail.ru)

До 50-х годов прошлого столетия кумжа *Salmo trutta* Linnaeus, нагуливающаяся в Балтийском море, поднималась в реки Беларуси на нерест по Западной Двине, Неману и Вилюю и была достаточно обычным видом в этих реках. По данным П.И. Жукова (1958, 1965) в бассейне р. Неман лососевые рыбы часто отмечались в уловах до 30-х годов XX века.



С 50-х годов численность кумжи повсеместно снизилась, в том числе и в Беларуси. Причиной этому явилось обмеление и загрязнение водотоков, а также постройка на них плотин гидроэлектростанций, преградивших пути нерестовых миграций. С середины 60-х годов до недавнего времени в Беларуси кумжа считалась исчезающим видом. Однако проведенные нами в конце 90-х годов прошлого века исследования (Ермолаев, Плюта, 2002) показали, что кумжа еще заходит на нерест в водотоки Беларуси по р. Вилюю, впадающей в р. Неман ниже плотины Каунасской ГЭС. Нерест протекает в небольших реках и ручьях (притоки р. Вилюя 1-го порядка), а также в самой реке Вилюя (рис.). Основные нерестовые притоки кумжи расположены на нижнем белорусском участке р. Вилюя. Отдельные особи поднимаются выше по течению и доходят до самой плотины Вилейского водохранилища.

Наблюдения за состоянием популяции кумжи в Беларуси начали проводиться с 1999 г. В 2004 г. был организован постоянный пункт мониторинга на ручье Тартак (приток р. Вилюя), который менее всего был подвержен антропогенному воздействию. Длина ручья составляет 4 км, протяженность пункта мониторинга (на нижнем участке водотока) - 1 км, ширина русла 3-4 м. На пункте мониторинга проводится учет численности молоди кумжи (0+ – 2+) в сентябре (электролов), а также нерестовых бугров в декабре (визуально).

В первые годы наблюдений численность нерестовых бугров кумжи на ручье Тартак не превышала 10 (в 1999 г. – 7). С 2004 по 2010 гг. наблюдалось стабильное увеличение количества нерестовых бугров и, соответственно, зашедших на нерест производителей. Так, если в 2004 г. было отмечено 20 нерестовых бугров, то в 2008 г. их уже было 32, а в 2010 г. – 66. Затем численность нерестовых бугров стабилизировалась на уровне чуть более 50 штук на 1 км русла водотока. Численность молоди кумжи на пункте учета также возрастала и с 2010 г. держится на уровне около 1 экз./на 1 м русла водотока.

В целом, благодаря проводимым охраняемым мероприятиям произошло постепенное увеличение численности заходящих на нерест производителей, и в настоящее время состояние популяции кумжи в Беларуси можно охарактеризовать как стабильное. Помимо кумжи в водотоки Беларуси единично заходит на нерест и атлантический лосось (*Salmo salar* Linnaeus), популяция которого находится в критическом состоянии. В настоящее время предпринимаются меры по поддержанию и увеличению его численности.



Рисунок. Места захода кумжи на нерест в водотоки Беларуси  
Примечание:  - плотины ГЭС;  - места захода кумжи

## STATE OF THE BROWN TROUT POPULATION IN BELARUS

M. V. Pljuta, A. V. Leshchenko, V. K. Rizevsky

State Scientific and Production Amalgamation The Scientific and Practical Center for Bioresources, Minsk, Belarus, e-mail: [micle58@mail.ru](mailto:micle58@mail.ru)

Until the 50s of the last century, brown trout *Salmo trutta* Linnaeus, which feed in the Baltic Sea, migrated to Belarus to spawn upstream the rivers Zapadnaya Dvina, Neman and Viliya, and was a rather common species in these rivers. According to P.I. Zhukov (1958, 1965) salmon fishes were often recorded in the Neman River basin until the 30s of the XX century.

Since the 1950s the abundance of sea trout has decreased everywhere, as well as in Belarus. The reason for this was the shallowing and pollution of watercourses, and also the construction of a hydropower station, which blocked spawning migration routes. From the mid-1960s until recently, brown trout was considered extinct species in Belarus. However, our researches carried out in the late 90-ies of the last century (Ermolaev, Plyuta, 2002) have shown that trout still migrate to spawn in the watercourses of Belarus upstream the Viliya river (fig.), which is unregulated by dams of hydropower station in the lower reaches. Spawning takes place in small rivers and streams (tributaries to the river Viliya of the 1st order), and also directly in the riverbed of the river Viliya.

Observation of the state of the brown trout population began in 1999. In 2004, a permanent monitoring point was established at the Tartak brook (tributary to the river Viliya), which was least of all affected by anthropogenic influences. The length of the stream is 4 km, the length of the monitoring section is 1 km. On the monitoring point the number of juvenile trout (0+ – 2+) (in September, by electrofishing) and the number of spawning nests (in December, visually) are studied.

During the first years of observation the number of spawning nests of brown trout at the Tartak brook did not exceed 10 (7 in 1999). From 2004 to 2010 there was a steady increase in the number of spawning nests and, of course, spawners. Thus, in 2004 there were 20 spawning nests, in 2008 there were 32, and in 2008 there were 66. After that the number of spawning nests stabilized at slightly more than 50 per 1 km of the watercourse riverbed. The number of juvenile trout at the monitoring points also increased and in 2010 reached to 1.18 individuals per 1 m of the watercourse riverbed.

In general, thanks to the ongoing conservation measures, there is a gradual increase in the number of spawning individuals, and currently the state of brown trout population can be characterized as stable. Not only brown trout comes to spawn in the watercourses of Belarus, but also baltic salmon (*Salmo salar* Linnaeus), which population is at a critically low level. Currently conservation measures are undertaken to maintain and increase population of this fish species.



Figure. Places in Belarus waterways Space through which brown trout comes for spawning

Note:  - hydroelectric dams;  - spawning grounds of brown trout

# ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ УСЛОВИЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОЙ СТРАТЕГИИ У МОЛОДИ ЧЕРНОМОРСКОЙ КУМЖИ *SALMO TRUTTA LABRAX*

В. Ю. Пономарева, В. В. Костин

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия, e-mail: [ponomareva\\_ipee@mail.ru](mailto:ponomareva_ipee@mail.ru)*

В популяциях черноморской кумжи, как и у других лососевых, встречаются две формы с разными жизненными стратегиями – анадромной и жилой (Барач, 1952, 1960; Панов, 1958). Среди основных причин формирования анадромной жизненной стратегии выделяют недостаток жизненно необходимых ресурсов, прежде всего, пищи (Павлов, Савваитова, 2008; Павлов и др., 2008; Pavlov et al., 2009). В работе экспериментально исследованы иные факторы, оказывающие влияние на процесс становления анадромной жизненной стратегии у территориальной молоди черноморской кумжи, а также оценена необходимая длительность их воздействия.

Исследования проводили на ФГУП «Племенной форелеводческий завод "Адлер"» в апреле–сентябре 2008–2012 гг., молоди двух возрастных групп, которую в течение 1.0 и 3.5 мес. содержали при высоких плотностях посадки (5.2–9.1 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (в возрасте 3.0 и 5.5 мес., соответственно); а также на ФГУП ФСГЦР «Ропша» в мае–сентябре 2013 г., где молодь обитала в заведомо неблагоприятных условиях в течение 0.5 и 3 мес. (в возрасте 3.0 и 5.5 месяцев, соответственно) – были превышены или находились на грани предельно допустимых такие показатели воды, как концентрация нитратов ( $14,1 \pm 1.7$  мг/л при норме 9,0 мг/л) и нитритов ( $0.028 \pm 0.01$  мг/л при норме 0.02 мг/л), органическое загрязнение БПК<sub>5</sub> ( $4.2 \pm 0.6$  мг О<sub>2</sub>/л при норме до 2 мгО<sub>2</sub>/л), бихроматная окисляемость ХПК ( $11.3 \pm 11.3$  при норме до 15), температура воды (до 20 °С при норме 8-15 °С). До проведения экспериментов меньшая часть молоди занимала дно, вынуждая остальных рыб обитать в толще воды. Вероятность выбора жизненной стратегии (анадромной или жилой) определяли в поведенческих тестах – по соотношению типов реореакции рыб (Павлов и др., 2010; Пономарева, 2014).

При изучении причин, влияющих на формирование анадромной жизненной стратегии, было показано, что не только недостаток корма, но и недостаток территории (то есть вынужденное обитание в толще) при достаточном обеспечении кормом увеличивает вероятность проявления анадромной жизненной стратегии. Помимо недостатка территории на изучаемый процесс влияние оказывают и другие неблагоприятные условия содержания, в том числе физико-химические показатели воды.

Время появления первых поведенческих признаков формирования жизненной стратегии зависит от продолжительности воздействия условий, ее вызывающих. При обитании кумжи в условиях недостатка территории увеличение вероятности формирования анадромной жизненной стратегии у рыб происходит в период от 1.0 до 3.5 месяцев. При воздействии комплекса неблагоприятных условий, необходимая длительность этого воздействия более 0.5, но менее 3.0 месяцев.

# THE DURATION OF EXPOSURE TO CONDITIONS ACTIVATING THE DEVELOPMENT OF THE ALTERNATIVE LIFE HISTORY TACTICS IN JUVENILES OF THE BLACK SEA TROUT *SALMO TRUTTA LABRAX*

V. Yu. Ponomareva, V. V. Kostin

*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
e-mail: [ponomareva\\_ipee@mail.ru](mailto:ponomareva_ipee@mail.ru)*

In populations of the Black Sea trout as in other salmonid fishes two forms with alternative life history tactics can be distinguished: anadromous (migratory) and resident tactics (Barach, 1952, 1960, Panov, 1958). Among the main factors activating the development of the anadromouse life history tactic a lack of essentially vital resources, especially food (Pavlov, Savvaitova, 2008; Pavlov et al., 2008; Pavlov *et al.*, 2009), may be pointed out. In this study we also tested some other factors that activated the development of the anadromouse life history tactic in resident juveniles of the Black Sea trout. The necessary exposure duration of these effects was estimated too.

Our tests were conducted at the trout farm "Adler" in April–September 2008–2012 on juveniles brown trout from two age groups that were kept at high densities (5.2–9.1 thousands of individuals/m<sup>2</sup>) during 1.0 and 3.5 months (at the age of 3.0 and 5.5 months, respectively); also our tests were conducted at the trout farm "Ropsha" in May–September 2013, juvenile brown trout were kept under specially created unfavorable conditions during 0.5 and 3 months (at the age of 3.0 and 5.5 months, respectively). Water quality parameters that exceeded or reached the maximum permissible concentration levels were the following: concentration of nitrate ( $14.1 \pm 1.7$  mg/l, the normal level – 9.0 mg/l) and nitrites ( $0.028 \pm 0.01$ , the normal level – 0.02 mg/l); organic contamination f BOD 5 (biological oxygen demand) ( $4.2 \pm 0.6$  mg O<sub>2</sub>/l, the normal level – up to 2 mg O<sub>2</sub>/l); dichromate oxidation of XOD (chemical oxygen demand) ( $11.3 \pm 11.3$ , the normal level – up to 15); water temperature (reached up to 20 °C, the normal level – 8–15 °C). Before tests, fishes were kept at high densities, and it was the reason of their spatial separation: a smaller portion of juveniles occupied the bottom, forcing the other fishes to keep in the water column. The potential ability to adopt the alternative life history tactic (anadromouse or resident tactics) was determined in behavioral tests by the ratio of the types of rheoreaction of fishes (Pavlov et al., 2010; Ponomareva, 2014).

The studying of the effects that activated the development of the anadromouse life history tactic showed that not only the lack of food, but also the lack of territory (i.e., a forced displacement of a fish from its territory into the water column) even at sufficient food supplies increased the potential ability of fishes to develop the anadromouse life history tactic. In addition to the effects of lack of territory, the other unfavorable conditions under which the tested fishes were kept, including physical and chemical parameters of water, influenced on this process too.

The appearance of the first behavioral indicators at the initial stages of the development of the alternative life history tactics depended on the duration of exposure to the unfavorable conditions that caused this process. When fish were kept under conditions of lack of territory, their potential ability to adopt the anadromouse life history tactic increased, and this tactic was observed in the range from 1.0 up to 3.5 months. When fish were exposed to a set of unfavorable conditions, the required duration of this exposure was more than 0.5 but less than 3.0 months.

## СОВРЕМЕННАЯ ДИАГНОСТИКА ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ РЫБ В УСЛОВИЯХ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. А. Пыльнов<sup>1</sup>, И. В. Бурлаченко<sup>1</sup>, Е. В. Котова<sup>2</sup>, В. С. Коломыщев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,

<sup>2</sup>ООО «Люмэкс-маркетинг», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [gengr@bk.ru](mailto:gengr@bk.ru)

Аквакультура в последние годы приобретает все более значимую роль в развитии рыбохозяйственного комплекса. Индустриальное направление аквакультуры является той составляющей, которая должна дать основной прирост производства продукции. Само название направления, свидетельствует о значительной интенсификации производственных процессов, осуществляемых за счет специализации, интенсивного кормления и увеличения концентрации объектов аквакультуры на единицу производственной площади. Подобные условия, в сочетании с многочисленными перевозками посадочного материала, нарушениями технологий выращивания, увеличивают риски возникновения и распространения особо опасных заболеваний, включая, вирусные. Общеизвестно, что наиболее эффективным способом предотвращения вирусных заболеваний является их профилактика и оперативная ранняя диагностика. Сборник инструкций по болезням рыб, используемый в Российской Федерации, и Руководство по болезням водных животных Международного эпизоотического бюро включают описание различных методов. Сегодня в лабораториях научно-исследовательских институтов Российской Федерации диагностические исследования на вирусы лососевых и осетровых проводят методами вирусыведения на культуре клеток рыб, в реакции нейтрализации, в реакции латекс-агглютинации, в непрямой реакции иммунофлуоресценции, иммуноферментного анализа и полимеразной цепной реакции. Каждый метод имеет определённую чувствительность и специфичность, требует определённых условий для выполнения анализов, подготовленного персонала, соблюдения многих стандартов. В силу этого подобные методы слабо применимы непосредственно в условиях рыбоводных хозяйств. В тоже время, организация первоначальной и текущей диагностики и контроля за здоровьем рыб непосредственно в хозяйствах позволяет значительно сократить сроки выявления опасных инфекций.

В этой связи нами предложен экспресс-метод проведения ОТ-ПЦР-РВ в формате микрочипов, позволяющий одновременно выявлять вирусы ИНГТ, ВГС и ИНПЖ в патматериале лососевых рыб. Метод предполагает использование микрочипового амплификатора нуклеиновых кислот в режиме реального времени «АриаДНА»®. Прибор представляет собой компактную установку, соответствует требованиям классических стандартов и может быть установлен в помещении лаборатории рыбного комплекса. Применяется метод одновременной детекции генетического материала различных вирусов в патматериале от рыб на основе обратной транскрипции с последующей полимеразной цепной реакцией (ОТ-ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией продуктов ПЦР. Метод предполагает использование микрочипа с лиофилизированными ПЦР-смесями в микрообъемах ячеек. Минимальная детектируемая концентрация вирусов ВГС (вирусная геморрагическая септицемия), ИГН (инфекционный гемопоэтический некроз), ИПН (инфекционный панкреатический некроз), ВВК (весенняя виремия карпа) составляет 1 нг/мл. Регистрация результатов амплификации происходит в режиме «реального времени». Изменение уровня флуоресценции по каналам FAM и ROX отображается на графиках. Анализ результатов проводится с помощью программного обеспечения микрочипового амплификатора нуклеиновых кислот «АриаДНА»®, в котором задаются все необходимые параметры по температурному режиму, количеству циклов и детекции.

Применение разработанной тест-системы даёт возможность быстро и с высокой степенью достоверности одновременно выявлять ДНК нескольких возбудителей на ранних стадиях болезни. Такой подход позволяет своевременно принимать меры по защите здоровой рыбы и, как следствие, снижать экономический ущерб рыбоводческих хозяйств.

## MODERN DIAGNOSIS OF FISH DISEASES IN AQUACULTURE SECTOR

V. A. Pylnov<sup>1</sup>, I. V. Burlachenko<sup>1</sup>, E. V. Kotova<sup>2</sup>, V. S. Kolomytzev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,*

<sup>2</sup>*Ltd «Lumex-marketing», St. Petersburg, Russia, e-mail: [gengr@bk.ru](mailto:gengr@bk.ru)*

Artificial reproduction of hydrobionts by marine culture and aquaculture rapidly replaces their fisheries and harvesting in the world oceans. Absence of predators consuming diseased fish, domination of limited number of species, modern rearing biotechniques, international transportation of stocking materials increase the risk of infection of fish farms with dangerous viruses. Early diagnosis with up-to-date methods is a milestone of virus disease prevention on fish farms. A programme on increasing aquaculture salmon production is adopted in the Russian Federation. Number of small-scale and medium-scale private farms is rapidly increasing.

Diagnosis of fish viral disease implies the usage of various methods according to the Collection of instructions on fish diseases and the OIE Manual for aquatic animal diseases. In 2017 laboratories of the Russian Federation institutions are able to perform diagnostic tests for salmon and sturgeon viruses with the following methods: virus isolation in fish cell cultures, neutralization test, latex agglutination test, indirect immunofluorescence, ELISA and polymerase chain reaction. Each method has specific sensitivity and specificity requires specific laboratory conditions and personnel qualifications. Economic opportunities and prudent approach to fish management allow an aquaculture establishment to establish its own laboratory for initial and routine diagnosis as well as for fish health control. Use of the above mentioned methods is associated with a number of problems and requires compliance with many standards that make field testing difficult to perform.

A method for simultaneous screening of genetic material of several viruses in fish testsamples was developed. The method is based on reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) with hybridization-fluorescence detection of PCR products using microchip-based real-time PCR analyzer “AriaDNA®”. The method uses microchips with lyophilized PCR mixtures in reaction zones. Detection limit for viral haemorrhagic septicaemia, infectious haematopoietic necrosis, infectious pancreatic necrosis, carp spring viremia viruses is 1ng/ml. Real-time registration of the amplification results is performed. Changes in fluorescence of channels FAM and ROX are displayed on graphs. The results are analyzed with microchip-based real-time PCR analyzer “AriaDNA®” software that enables setting of all required parameters for temperature, number of cycles and detection. Room for compact equipment installation in aquaculture laboratory meets general standard requirements.

Thus, a new domestic test system with high analytical and diagnostic sensitivity and specificity is developed. The said developed test system enables early and high reliable detection of DNA agents. Such approach allows timely measures for healthy fish protection to be taken and as consequence economic losses of aquaculture establishments to be decreased.

## ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ ВОДОЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Ю. С. Решетников, О. А. Попова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: [ysreshetnikov@gmail.com](mailto:ysreshetnikov@gmail.com)

Самостоятельный район – «Европейский Северо-Восток России» или сокращенно «Европейский Северо-Восток» - охватывает бассейны рек от Онеги на западе до Кары на востоке, лососевые рыбы которого и являются предметом нашего исследования. Район представляет интерес в зоогеографическом плане, так как здесь происходит встреча европейской и сибирских ихтиофаун. Здесь перекрываются ареалы европейской (*Osmerus eperlanus*) и азиатской зубатой (*O. mordax*) корюшек, а также встречаются вместе европейский (*Thymallus thymallus*) и сибирский (*Th. arcticus*) хариусы. После таяния ледников северным путем из Сибири в Европу попали омуль (*Coregonus autumnalis*), сибирская ряпушка (*C. sardinella*), чир (*C. nasus*) и муксун (*C. mukun*). Проведенная ревизия современной ихтиофауны региона показала, что она состоит из 52 видов круглоротых и рыб, из которых 44 вида являются аборигенными. Из лососевых рыб здесь встречается 5 видов, из сиговых 8 и из хариусовых – 2 вида. Основу рыбного населения по биомассе и по уловам составляют лососевые и сиговые рыбы, которые являются доминантными видами в большинстве водоемов.

За последние 50 лет в составе рыбного населения водоемов происходят существенные изменения, вызванные ухудшением общей экологической ситуации в водоеме под влиянием разных антропогенных факторов: 1) стоки промышленных (ЦКБ) и хозяйственных предприятий; 2) нефтяные загрязнения и разработка полезных ископаемых; 3) чрезмерный вылов рыбы (промысел плюс неучтенный вылов); 4) акклиматизация, интродукция и саморасселение рыб. Главными из них являются чрезмерный промысел и загрязнение водоемов. Многие стада сиговых рыб и сёмги в водоемах Европейского Северо-Востока часто представлены впервые нерестующими рыбами (доля «остатка» катастрофически падает), а по типу воспроизводства они превращаются в «тихоокеанских лососей» с единократным икротетанием за всю жизнь.

Ослабленный организм рыб стал более восприимчив к паразитам. Число зараженных особей сиговых рыб в 1980-е годы составило 8%, в 1990-е – уже 33% и в 2000-е оно возросло до 47%. Увеличилась встречаемость рыб с эндопаразитами (заболевания дифиллоботриоза и тетракотилеза) у ряпушки, сига и чира. Загрязнение воды приводит к серьезным морфологическим аномалиям, в том числе и к аномалиям в развитии гонад и снижению репродуктивного потенциала сиговых рыб. Так, аномалии в 1960-е годы прошлого столетия отмечались лишь у единичных особей; в 1970-е – у 5%; в 1980-е – у 64%; в 1990-е – у 20% и, наконец, в 2000-е их количество выросло до 20%.

В свою очередь лососевые и сиговые рыбы, теряя часть нерестовых площадей в результате их загрязнения, зарастания и заиливания, испытывают все большую депрессию. Современное состояние рыбного хозяйства на внутренних водоемах Европейского Северо-Востока России характеризуется неуклонным падением уловов пресноводной рыбы, вызванное возрастающим уровнем общей загрязненности всей водной сети региона. Дана оценка общего состояния биологических ресурсов и современного промысла рыб. Рассмотрено экологическое состояние водных экосистем и прогноз возможных экологических ситуаций в регионе.

## ВОСПРОИЗВОДСТВО КУМЖИ (*SALMO TRUTTA L.*) В РУЧЬЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ОНЕЖСКОЕ ПОМОРЬЕ» (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М. А. Ручьев, А. Е. Веселов, Д. А. Ефремов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: [ruchev\\_mikhail@list.ru](mailto:ruchev_mikhail@list.ru)

В национальном парке «Онежское поморье» обследованы четыре ручья протяженностью от 6 до 13,6 км. Выполнена оценка распространения кумжи и условия её обитания. Обнаружена молодь жилой и проходной формы кумжи возрастом от 0+ до 6+. Представлены данные по относительной численности разных возрастных групп кумжи, определена доля карликовых самцов и плотности распределения молоди разных возрастных групп для всех обследованных ручьев. Вылов карликовых самцов и карликовой самки подтверждает возможность существования проходных и жилых форм в притоках Белого моря. Для сохранения и увеличения численности кумжи в ручьях парка следует определить сроки нерестовой миграции производителей кумжи и усилить охрану водотоков в этот период.

Национальный парк (НП) «Онежское Поморье», расположен на Онежском полуострове, обладающем собственной гидрографической сетью, включающей 2000 озёр и 95 рек и ручьёв. Около 1/3 водотоков полностью или частично протекают по территории НП, при этом в большинстве из них происходит воспроизводство лососевых видов рыб. К одному из объектов охраны на территории относится ценный вид рыбы – кумжа обыкновенная (*Salmo trutta L.*). В условиях антропогенного воздействия и интенсивного нелегального рыболовства, численность обыкновенной кумжи также неуклонно сокращается. Задача недавно созданного НП состоит в инвентаризации флоры и фауны в пределах охраняемой территории. Ранее работ по исследованию ихтиофауны ручьев НП практически не проводилось.

Цель работы – изучить воспроизводство кумжи в ручьях НП «Онежское Поморье», оценить распространение, плотности разных возрастных групп и условия её обитания.

Всего было поймано 82 особи разновозрастной молоди кумжи в ручьях Пертручей, Лопатка и Котова. Установлено, что распределение молоди кумжи и возрастной состав рыб в разных ручьях НП «Онежское Поморье» не однородны. Пертручей. Возрастная структура кумжи близка к правильной пирамиде, наибольшее число пестряток 0+ – 40,0%, чуть меньше 1+ – 20,0%, и 2+ – 30,0%. Возрастные группы 3+ и 4+ отсутствуют. Был пойман один карликовый самец в возрасте 5+. Плотность кумжи – 2 экз./100 м<sup>2</sup>. Ручей Лопатка. Установлено, что в нем воспроизводится кумжа проходной и жилой формы. Были отловлены карликовые самцы и одна карликовая самка. Плотность молоди – 5–6 экз./100 м<sup>2</sup>. Ручей Паранинский. В этом водотоке кумжу не удалось обнаружить. Перекатные участки ручья заселены пестрятками атлантического лосося и окуня. Ручей Котова. Здесь плотность молоди низкая, всего 3 экз./100 м<sup>2</sup>. Возрастная структура соответствует перевёрнутой пирамиде. Самая многочисленная группа 2+ – 41%, 4+ – 25%, 3+ – 11%, 1+ – 17% и сеголеток лишь 2,8%. Был пойман лишь один карликовый самец в возрасте 6+.

В исследованных нами ручьях обнаружена кумжа в возрасте от 0+ до 6+. Возрастная структура молоди кумжи в ручьях НП совпадает с возрастной структурой рыб на Кольском полуострове (Галкин и др., 1966; Шустер, 1985).

Вылов карликовых самцов и карликовой самки в ручье Лопатка подтверждает возможность существования проходных и жилых форм на значительной части ареала кумжи, в том числе и в бассейне Белого моря.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 14-24-00102 по квотам вылова НП "Онежское Поморье". Посвящается памяти Олега Продана, первого директора НП.



## REPRODUCTION OF THE TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) IN STREAMS OF NATIONAL PARK "ONEGA COASTAL REGION" (ARKHANGELSK REGION)

M. A. Ruchyev, A. E. Veselov, D. A. Efremov

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [ruchev\\_mikhail@list.ru](mailto:ruchev_mikhail@list.ru)*

In national park "Onega coastal region" four streams from 6 to 13,6 km long are surveyed. Assessment of distribution of a trout and a condition of its dwelling is executed. The juveniles of an inhabited and form through passage of a trout by an age from 0+ to 6+ are found. Data on the relative number of different age groups of a trout are submitted, the share of dwarfish males and a density function of juveniles of different age groups for all surveyed streams is defined. Catch of dwarfish males and a dwarfish female confirms a possibility of existence of through passage and inhabited forms in inflows of the White Sea. For preservation and increase in number of a bull-trout in streams of the park it is necessary to determine terms of spawning migration of producers of a trout and to strengthen protection of water currents during this period.

The National Park (NP) "Onega Pomor", is located on the Onega peninsula having characteristic hydrographic network including 2000 lakes and 95 rivers and streams. About 1/3 water currents in whole or in part proceed across NP territory, at the same time in most of them there is a reproduction of salmon species of fish. The valuable species of fish – a trout ordinary belongs to one of objects of protection in the territory (*Salmo trutta* L.). In the conditions of anthropogenic influence and the intensive not licensed fishery, number ordinary bull-trouts also steadily is reduced. The task of recently created NP consists in inventory of flora and fauna within the protected territory. Before works on a research of a fish fauna of streams of NP it was practically not carried out.

The work purpose – to study reproduction of a trout in streams of NP Onezhskoye Pomorye, to estimate distribution, density of different age groups and a condition of its dwelling.

In total 82 individuals of uneven-age juveniles of a bull-trout in streams Pertruchey, the Shovel and Kotova were caught. It is established that distribution of juveniles of a trout and the age list of fishes in different streams of NP Onezhskoye Pomorye are not uniform. Pertruchey, the age structure of a trout is close to the regular pyramid, the greatest number of parrs 0+ – 40,0 of %, slightly less than 1+ – 20,0%, and 2+ – 30,0 of %. Age groups 3+ and 4+ are absent. One dwarfish male at the age of 5+ was caught. Density of a trout – 2 copies/100 sq.m. Stream Shovel. It is established that in it the trout of a through passage and inhabited form is reproduced. Dwarfish males and one dwarfish female were caught. Juveniles density – 5–6 copies/100 sq.m. Stream Paraninsky. In this waterway the trout did not manage to be found. Perekatny sites of a stream are populated with parrs of an Atlantic salmon and a perch. Kotov's stream. Here density of juveniles of low, only 3 copies/100 sq.m. The age structure corresponds to an inverted pyramid. The most numerous group 2+ – 41%, 4+ – 25 of %, 3+ – 11 of %, 1+ – 17 of % and a fingerling of only 2,8%.

Only one dwarfish male at the age of 6+ was caught. In the streams investigated by us it is found a trout aged from 0+ to 6+. The age structure of juveniles of a trout in streams of NP coincides with age structure of fishes on the Kola Peninsula (Galkin, etc., 1966; Schuster, 1985).

Catch of dwarfish males and dwarfish female in a stream the Shovel confirms a possibility of existence of through passage and inhabited forms on the considerable proportion of an area of a bull-trout including in the basin of the White Sea.

*Work is performed with financial support of a grant of the Russian scientific fund No. 14–24–00102 for quotas of catch of NP Onezhskoye Pomorye. It is devoted to memory of Oleg Prodan, the first director of NP.*

# ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ НЕМАТОД РОДА *PHILONEMA* (DRACUNCULOIDEA, PHILONEMATIDAE) ОТ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

С. Г. Соколов<sup>1</sup>, С. В. Малышева<sup>1</sup>, В. В. Поспехов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Магадан, Россия,  
e-mail: [sokolovsg@mail.ru](mailto:sokolovsg@mail.ru)

Род *Philonema* представлен паразитами полости тела лососеобразных рыб (принадлежность к данному роду *P. percichthydis* от южноамериканских окунеобразных сомнительна). В его составе описано 9 номинальных видов (без учета *P. percichthydis*), однако валидными консолидировано признаны только три: *P. agubernaculum*, *P. oncorhynchi* и *P. sibirica*. Идентификация этих видов основана, главным образом, на систематической принадлежности хозяев. Считается, что вид *P. agubernaculum* приурочен к американским представителям родов *Salvelinus* и *Parasalmo*, *P. oncorhynchi* – азиатским и североамериканским *Oncorhynchus* spp., и евразийским *Salvelinus* spp., *P. sibirica* – к сиговым рыбам Евразии. Однако их конспецифичность по отношению к остальным номинальным видам филонем ранее не была подтверждена полноценными генетическими и морфологическими исследованиями. Нами получены последовательности фрагментов генов 18S и 28S рРНК длиной 1800 и 1100 п.н., соответственно, от *Philonema* sp.1 из *Salvelinus albus* (Кроноцкое оз., Камчатка), *Philonema* sp. 2 из *Salvelinus leucomaenis* (оз. Чистое, Магаданская обл.), *Philonema* sp. 3 из *Oncorhynchus nerka* /жилой фенотип/ (Кроноцкое оз., Камчатка) и *Philonema* sp. 4 из *O. nerka* /проходной фенотип/ (оз. Киси, Магаданская обл.).

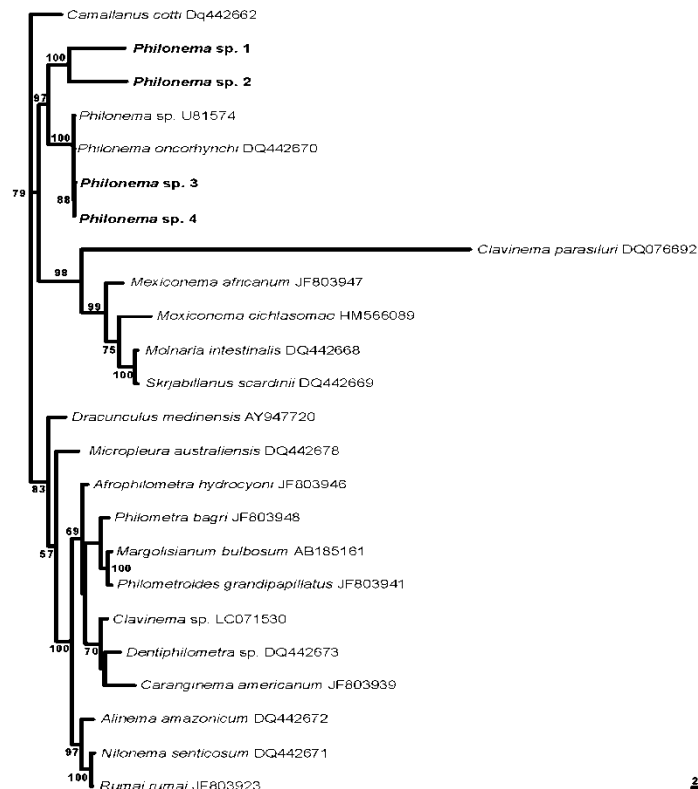


Рисунок. Филогенетические отношения нематод надсемейства Dracunculoidea (ген 18S рРНК, метод максимальной экономии; общее число признаков – 1769)

На филограмме (рис.), построенной по данным 18S рРНК, изученные филонемы распределены между 2 филогенетическими линиями: *Salvelinus*-lineage, объединяющей

паразитов *Salvelinus* spp. (*Philonema* sp.1 и *Philonema* sp. 2) и *Oncorhynchus*-lineage – паразитов *Oncorhynchus* spp. (*Philonema* sp. 3, *Philonema* sp. 4, *P. oncorhynchi* от кижуча из Канады).

В состав *Oncorhynchus*-lineage также вошла *Philonema* sp., последовательность которой была депонирована в GenBank без информации о хозяине и месте сбора. Генетическая дивергенция (p-distance) между *Philonema* sp.1 и *Philonema* sp. 2 превышает 3% и, несомненно, свидетельствует о видовом уровне их различий. Генетические различия внутри *Oncorhynchus*-lineage выражены слабо (p-distance 0.3–0.5%). Учитывая прецеденты низких различий между видами рода *Philometra* из близкого к филонемам семейства Philometridae (p-distance между *P. ovata* и *P. cyprinirutili* – 0%, *P. sciaenae* и *P. saltatrix* – 0.2%) считаем таксономическую интерпретацию структуры *Oncorhynchus*-lineage преждевременной. Недостаток данных по гену 28S рРНК для дракункулоидей помешал проведению полноценного филогенетического анализа по этому локусу. Тем не менее, у исследуемых образцов выявлен очень низкий уровень отличий по последовательностям данного гена (5–17 п.н.) в сравнении с 18S рРНК (4–136 п.н.).

*Исследования выполнены при поддержке гранта № 17–04–00095а Российского Фонда Фундаментальных Исследований.*

**THE PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS WITHIN *PHILONEMA* GENUS  
(DRACUNCULOIDEA, PHILONEMATIDAE) FROM SALMON FISHES  
OF THE FAR EAST OF RUSSIA**

S. G. Sokolov<sup>1</sup>, S. V. Malysheva<sup>1</sup>, V. V. Pospekhov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of the Biological Problems of the North Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia, e-mail: [sokolovsg@mail.ru](mailto:sokolovsg@mail.ru)*

The genus *Philonema* is represented by parasites of the body cavity of salmonids (the affiliation of *P. percichthydis* from South American perciform fishes to current genus is doubtful). By the time nine nominal species has been described (excluding *P. percichthydis*), of them only *P. agubernaculum*, *P. oncorhynchi* and *P. sibirica* are recognized as consolidated. The identification of these species is based, mainly, on the systematic affiliation of the hosts. It is considered that *P. agubernaculum* mostly occurs in American representatives of the genera *Salvelinus* and *Parasalmo*, *P. oncorhynchi* occurs in Asian and North American *Oncorhynchus* spp. and Eurasian *Salvelinus* spp., *P. sibirica* – in the Eurasian coregonid fishes. However, their conspecificity with respect to the other nominal species of *Philonema* was not previously confirmed by full genetic and morphological studies. During the study we obtained the fragments of 18S and 28S rRNA of 1800 bp and 1100 bp long, respectively, for *Philonema* sp. 1 from *Salvelinus albus* (Kronotsky Lake, Kamchatka), *Philonema* sp. 2 from *Salvelinus leucomaenis* (Chistoe Lake, Magadan region), *Philonema* sp. 3 from *Oncorhynchus nerka* /resident phenotype/ (Kronotsky Lake, Kamchatka) and *Philonema* sp. 4 from *O. nerka* /anadromous phenotype/ (Kisi Lake, Magadan region). The phylogram (fig.), constructed from the 18S rRNA data, demonstrates that studied specimens are distributed between 2 phylogenetic lines: *Salvelinus*-lineage, which unites parasites of *Salvelinus* spp. (*Philonema* sp.1 and *Philonema* sp. 2) and *Oncorhynchus*-lineage – parasites of *Oncorhynchus* spp. (*Philonema* sp.3, *Philonema* sp. 4 and *P. oncorhynchi* from coho salmon from Canada).

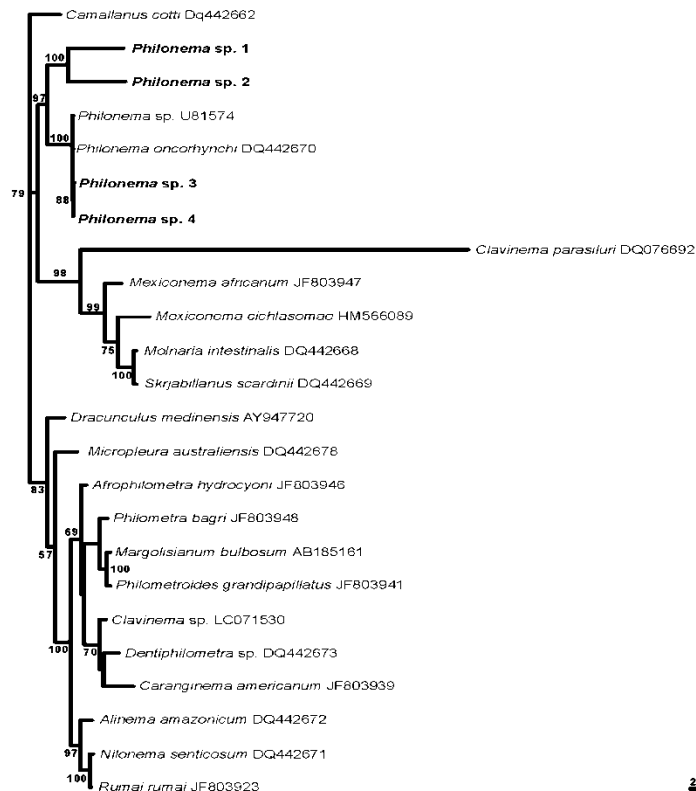


Figure. The phylogenetic relationships within superfamily Dracunculoidea based on 18S rRNA gene (Maximum Parsimony tree algorithm; total number of characters – 1769)

The *Oncorhynchus*-lineage also includes *Philonema* sp., deposited in GenBank without information about host and locality. The genetic divergence (p-distance) between *Philonema* sp.1 and *Philonema* sp.2 exceeds 3% and indicates the interspecific level of their differences. Genetic differences within the *Oncorhynchus*-lineage are poorly expressed (p-distance 0.3–0.5%). Considering the precedents of low differences between species of the genus *Philometra* from the Philometridae family (p-distance between *P. ovata* and *P. cyprinirutili* – 0%, *P. sciaenae* and *P. saltatrix* – 0.2%), we consider the taxonomic interpretation of the *Oncorhynchus*-lineage structure premature. The phylogenetic analysis of 28S rRNA data was hampered by the lack of the data for other representatives of Dracunculoidea. Nevertheless, the analysis of obtained sequences has shown a very low level of nucleotide differences (5–17 bp) in comparison to that of 18S rRNA (4–136 bp).

*The research was supported by grant No. 17-04-00095a from the Russian Foundation for Basic Research.*

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

М. М. Соловьев<sup>1,2</sup>, Е. Н. Кашинская<sup>1</sup>, Н. А. Бочкарев<sup>1</sup>, Е. Gisbert, Е. А. Рогожин

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия, e-mail: [yarmak85@mail.ru](mailto:yarmak85@mail.ru)

*Coregonus lavaretus* - широко распространенный в пресноводных водоемах северного полушария вид. Считается, что на протяжении своего ареала сиг образует множество экологических форм и подвидов. В крупных озерах иногда встречаются морфологически дистантные симпатрические пары сигов, хотя генетически (мтДНК) они идентичны. Одна из таких симпатрических групп обитает в Телецком озере бассейна р. Обь и представлена Телецким малотычинковым (*sp.br.* 27.0) сигом – эврифагом (преимущественно планктофаг) (*Coregonus lavaretus pidshian natio smitti*, по некоторым источникам *C. smitti*), и среднетычинковым (*sp.br.* 34.0) сигом Правдина (*Coregonus lavaretus pravdinellus* или *C. pravdinellus*) являющимся планктофагом. Цель работы - определить активность основных групп пищеварительных ферментов симпатрических форм/видов Телецких сигов и провести их структурную идентификацию. Сбор материала проводился на Телецком озере (51°79'N; 87°26'E) в сентябре 2012 года. Всего было исследовано 7 и 10 особей телецкого сига и сига Правдина соответственно. Сиги ловились ставными жаберными сетями (20-40 мм), затем доставлялись в контейнерах с водой живыми в лабораторию, где желудочно-кишечные тракты немедленно извлекались и замораживались в жидком азоте до проведения дальнейшего анализа. Были определены активности пищеварительных ферментов, отвечающих за полостное (альфа-амилаза, карбоксипептидаза А и В, липаза, щелочная протеаза, трипсин, химоотрипсин) и пристеночное (N-аминопептидаза, щелочная фосфотаза, неспецифические эстеразы) пищеварение. Активность исследуемых ферментов определялась в пилорических придатках, переднем, среднем и заднем отделах кишечника. Выявлено, что все исследуемые ферменты имели сходные изменения активностей по отделам желудочно-кишечного тракта, в то время как уровень активности был различен. Активность большей части панкреатических ферментов (щелочные протеазы, трипсин, химоотрипсин, карбоксипептидаза А и альфа-амилаза) был достоверно выше ( $p \leq 0.05$ ) у телецкого сига по сравнению с сигом Правдина во всех отделах пищеварительного тракта кроме заднего. Уровень активности пристеночных ферментов в большинстве отделов кишечника между сигами не отличался. С целью вероятного объяснения выявленных функциональных различий по активности представителей основных групп пищеварительных ферментов обоих сигов была проведена структурная идентификация некоторых из данных белков. Для решения этой задачи была разработана уникальная схема фракционирования экстрактов из переднего отдела кишечника обоих сигов, основанная на сочетании жидкостной хроматографии высокого давления с последующей визуализацией белкового пула путем препаративного электрофореза в полиакриламидном геле в денатурирующих и восстанавливающих условиях. В результате проведенной комбинации разделения удалось провести обогащение белков в образцах по каждому из видов, что в сравнительном аспекте позволило получить различную картину на качественном уровне. Для проведения дальнейшего структурного анализа вся совокупность белков по каждому образцу была перенесена с геля на гидрофобную мембрану PVDF с последующей характеристикой каждого белка путем N-концевого секвенирования по Эдману. Полученные результаты позволили, во-первых, впервые идентифицировать аминокислотные последовательности ряда пищеварительных ферментов (трипсин-, химоотрипсин- и субтилизин-подобные протеазы, фосфолипаза, лейциновая аминопептидаза), а, во-вторых, выявить различия по их составу между сигами, что может послужить объяснением адаптации организма к потребляемым кормовым объектам на молекулярном уровне.

## COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF DIGESTIVE ENZYMES OF SYMPATRIC PAIR OF WHITEFISH FROM TELETSKOYE LAKE: FUNCTIONAL AND STRUCTURAL ANALYSIS

M. M. Solovyev<sup>1,2</sup>, E. N. Kashinskaya<sup>1</sup>, N. A. Bochkarev<sup>1</sup>, E. Gisbert, E. A. Rogozhin

<sup>1</sup>*Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup>*Tomsk State University, Tomsk, Russia, e-mail: [yarmak85@mail.ru](mailto:yarmak85@mail.ru)*

*Coregonus lavaretus* – is widely spread species of whitefish in freshwater of the north hemisphere. It is known that the species may form different subspecies and ecological forms. In some large lake there are very different sympatric pairs in terms of morphology whereas genetically (mtDNA) these fish are identical. One of such pair inhabits in Lake Teletskoye (basin of Ob river). The sympatric pair is formed by *Coregonus lavaretus pidshian natio smitti* (or *C. smitti*) with 27 gill rakers on the first brachial arch and *Coregonus lavaretus pravdinellus* (or *C. pravdinellus*) that has 34 ones. *C. l. pidshian* is zoobenthivorous whereas *C. pravdinellus* is omnivorous (mainly zooplanktivorous). The main aim of the study was to compare activity of digestive enzymes and make their structural identification in gut of sympatric species/form of whitefish.

Fish were caught in Lake Teletskoye (51°79'N; 87°26'E, Altai region, Russia, September, 2012) by nets with mesh size 20-40 mm. After their capture, fish (*C. l. pidshian* n=7, *C. pravdinellus* n=10) were dissected and their guts extracted and frozen in liquid nitrogen until their analysis. The activities of  $\alpha$ -amylase, lipase, non-specific esterase, total alkaline proteases, trypsin, chymotrypsin, carboxypeptidase A and B, aminopeptidase and alkaline phosphatase were assayed. For structural identification of proteins the anterior part of intestine was chosen. For separation of proteins the combination of ion-exchange and hydrophobic high pressure liquid chromatography was conducted and then the collected peaks were run on SDS-PAGE electrophoresis. Then, all obtained bands of protein were transported on PVDF Immobilon SQ membrane and the sequencing of N-terminal amino acid (15 residues) was done.

The activity of all studied enzymes had the similar trends throughout the all parts of intestine of *C. l. pidshian* and *C. pravdinellus*, but the level of activities was different depending on the species considered. Thus, the activities of trypsin, chymotrypsin, carboxypeptidase A, alpha-amylase were higher in the anterior and middle intestine of *C. l. pidshian*. We extracted and determined the following enzymes: trypsin-, chymotrypsin- and subtilisin-like enzymes, phospholipase like and leucine-aminopeptidase.

## КОНТРОЛЬ ЧИСЛЕННОСТИ «СВЕРХУ» И «СНИЗУ» КАК ФАКТОРЫ СМЕРТНОСТИ ГОРБУШИ (*O. GORBUSCHA*) В МОРСКОЙ ПЕРИОД ЖИЗНИ

О. С. Темных

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г. Владивосток, Россия,  
e-mail: [olga.temnykh@tinro-center.ru](mailto:olga.temnykh@tinro-center.ru)*

На основании анализа литературных данных, а также результатов ежегодных широкомасштабных экспедиций, проводимых ТИНРО-Центром в дальневосточных морях и Северной Пацифике в период 1986-2016 гг., рассмотрено влияние пищевой обеспеченности (контроль численности «снизу») и хищничества (контроль численности «сверху») на смертность горбуши охотоморских и берингоморских стад на различных этапах морского периода жизни.

Наиболее высокие темпы смертности горбуши характерны для пресноводного и раннеморского периода жизни (до 95% от численности скатившихся сеголеток). На местах нереста выживаемость потомства в первую очередь определяется климато-океанологическими условиями. В раннеморской период жизни основное значение имеют аномальные гидрологические условия и биотические факторы, в первую очередь пресс со стороны хищников. Смертность горбуши охотоморских стад после выхода молоди в морское побережье до осени (период обитания на шельфе) изменяется в диапазоне 35,7–94,1% (Радченко, 2007). В последующий период морского этапа жизни (осень – зимовка – начало преданадромных миграций в СЗТО) смертность варьирует в пределах 36–80 % (в среднем – 62%). На последующем этапе преданадромных миграций (вплоть до вхождения производителей в реки) смертность горбуши охотоморских стад за 2–3 месяца в среднем составляет 49% от уровня численности ее в прикурильских водах (диапазон межгодовых изменений 36-60%). В целом же смертность горбуши охотоморских стад за 10 месяцев морского периода жизни составляет 72–90% от уровня численности сеголеток, вышедших за пределы шельфовых зон. Для горбуши западноберингоморских побережий этот показатель варьирует в пределах 60–88%.

Проанализировано влияние кормовой обеспеченности горбуши охотоморских и берингоморских стад на ее возможную смертность в рассматриваемые периоды морского и океанического обитания. На основании количественных данных по кормовой базе северо-западной Пацифики (зоопланктон и мелкий нектон), объемов потребления пищи не только лососями, но и другими видами нектона, показано, что ни на одном из рассмотренных этапов морского периода жизни (включая зимний) кормовая обеспеченность не является фактором, жестко лимитирующим численность не только горбуши, но и других лососей. Исходя из этого, представления в современных публикациях о дефиците пищи (особенно в зимний период) и жесткой внутри- и межвидовой конкуренции, «подавление» горбушей других видов лососей, ограниченности экологической емкости Северной Пацифики для лососей рассматриваются с критических позиций.

Важнейшей причиной смертности горбуши в морской период жизни (особенно в раннеморской период жизни и в период преднерестовых миграций) является пресс со стороны хищников (рыбы, в том числе донные, морские млекопитающие). В результате исследований ТИНРО была определена численность потребителей лососей в северо-западной части Пацифики на путях осенних, зимних и летних миграций лососей, и дана оценка потребления хищниками лососей в морской период жизни. Масштабы потерь от хищников возможно сопоставимы с промысловыми потерями. Смертность горбуши от хищников в период обитания в открытых водах может составлять 25–30% от численности молоди этого вида (Мельников, 1997).



## **"TOP-DOWN" AND "BOTTOM-UP" ABUNDANCE CONTROL AS FACTORS OF PINK SALMON (*O. GORBUSCHA*) MORTALITY IN THE MARINE LIFE PERIOD**

O. S. Temnykh

*Federal State Budgetary Scientific Institution Pacific Research Fisheries Center, Vladivostok, Russia,  
e-mail: [olga.temnykh@tinro-center.ru](mailto:olga.temnykh@tinro-center.ru)*

Based on the literature data, as well as the results of the annual large-scale expeditions conducted by the TINRO–Center in the Far Eastern Seas and North Pacific in 1986–2016, the influence of food supply ("bottom-up" abundance control) and predation ("top-down" abundance control) on mortality of pink salmon at different stages of the marine life period were considered for the Okhotsk and Bering sea stocks.

The highest rates of pink salmon mortality are characterized for the freshwater and early marine life period (up to 95% of the downstream-migrant abundance). The survival rate of generation is primarily determined by climatic and oceanographic conditions on the spawning grounds. In the early marine life period, the most important factors are the anomalous hydrological conditions and biotic factors, mainly the impact of predators. Mortality of pink salmon juveniles during summer-autumn habitat in the coastal and shelf area of the Okhotsk sea varies in the range of 35.7–94.1% (Radchenko, 2007). In the subsequent period of marine life (post-catadromous migrations - wintering - beginning pre-anadromous migrations in the north-western Pacific) mortality varies from 36% to 80% (on the average – 62%). In the subsequent 2–3 months of pre -anadromous migrations of pink salmon in the Okhotsk sea (right up to time when spawners entry into the rivers), the average mortality was 49% of its abundance level in the Pacific waters of Kuril Islands (the range of interannual changes was 36-60%). In general, the mortality of pink salmon for 10 months of the marine life period was 72–90% of the juveniles abundance in the Sea of Okhotsk in fall. For the pink salmon stocks from the West Bering Sea coasts this indicator varied from 60% to 88%.

The influence of fodder supply on possible marine mortality of pink salmon for the Okhotsk and Bering Seas stocks was analyzed. On the basis of quantitative data on the food supply (zooplankton and small nekton) of salmon in the Northwestern Pacific and consumption of food by salmon and other nekton species, it was shown that fodder supply is not a factor limiting the abundance not only pink salmon but other species of salmon in none of the marine life stages (including winter). On this basis, widespread mention in modern publications about the shortage of forage base (especially in winter), strong inter- and intraspecific food competition, "suppression" other salmon species by a pink salmon, limited carrying capacity of the North Pacific for salmon were considered from critical positions.

The most important cause of pink salmon mortality in the marine life period is predators press (fishes, including bottom fishes, marine mammals). The abundance of salmon consumers was determined during autumn, winter and summer migrations in the northwestern part of the Pacific. The salmon consumption by predators in the marine life period was estimated. The amount of losses from predators could be compared with the fishery losses. Mortality of pink salmon from predators during their habitat in open waters could be 25–30% of the juveniles' abundance (Melnikov, 1997).

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМАХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

П. М. Терентьев, Н. А. Кашулин

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия,  
e-mail: [p\\_terentjev@inep.ksc.ru](mailto:p_terentjev@inep.ksc.ru)*

Интенсивное развитие предприятий цветной металлургии обуславливает значительную нагрузку тяжелых металлов на наземные и пресноводные экосистемы Мурманской области. Влияние промышленных объектов, энергетического комплекса, транспорта и др., сопряжено с поступлением в атмосферу и водные объекты соединений кадмия, свинца, цинка, марганца и ртути. При этом приоритетными загрязняющими веществами являются никель и медь. Рыбы, и, в частности, представители лососевых - арктический голец и кумжа, как обитатели водных систем, могут быть использованы в качестве индикаторов промышленного загрязнения. Интенсивность аккумуляции загрязняющих веществ в организмах рыб позволяет оценить степень их нагрузки на водные экосистемы в целом.

Изучение особенностей накопления тяжелых металлов проводилось на основе анализа многолетних данных о их концентрациях в мышечной и костной ткани, печени, почках и жабрах гольца и кумжи, обитающей в водоемах Мурманской области и сопредельных стран крайнего Северо-запада России (Норвегии и Финляндии). Показано, что накопление элементов в организмах происходит неравномерно. Так, медь в наиболее высоких концентрациях аккумулируется в печени рыб, никель и кадмий – в почках, цинк – в жабрах, ртуть – в печени и почках. Установлено, что наиболее высокие содержания никеля и меди регистрируются у рыб водоемов, расположенных вблизи предприятий горно-металлургического комплекса. При этом отмечается градиентная зависимость снижения нагрузки указанных металлов у рыб по мере удаления от источников промышленного загрязнения. Однако, максимально регистрируемые показатели накопления тяжелых металлов у отдельных экземпляров рыб были обнаружены в водоемах, не испытывающих прямого загрязнения. У гольца и кумжи побережья Баренцева моря максимальные величины накопления меди в печени превышали 1300 мкг/г, кадмия и свинца в почках – свыше 2 мкг/г, цинка в жабрах – свыше 190 мкг/г сухого веса. Анализ данных по накоплению тяжелых металлов в организмах рыб в историческом разрезе показывает, что снижение интенсивности промышленного производства и внедрение природоохранных технологий в последние десятилетия не привело к значительному снижению нагрузки загрязняющих веществ на водные экосистемы региона.

Особую важность в настоящее время приобретает проблема ртутного загрязнения водоемов Северной Фенноскандии. Являясь элементом глобального загрязнения, за счет процессов трансграничного переноса, ртуть наиболее интенсивно накапливается в арктических экосистемах. Примером тому также является регистрируемая тенденция к росту содержания ртути в тканях рыб Северной Фенноскандии, включая представителей лососевых видов. Установлено, что содержание ртути в мышечной ткани рыб, превышающее установленные нормативные показатели (с учетом российских и скандинавских норм – в пределах 0.21–0.5 мкг/г сырого веса) характерно для водоемов центральной части Мурманской области, ее приграничных районов, северных областей Норвегии и Финляндии.

Изучение особенностей накопления тяжелых металлов у лососевых рыб Северной Фенноскандии является одним из механизмов контроля антропогенной нагрузки на водные экосистемы и должно быть неотъемлемой частью программ мониторинга Евро-Арктического региона.

## **PARTICULARITIES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN SALMONID FISHES OF THE NORTH FENNOSCANDIA**

P. M. Terentjev, N. A. Kashulin

*Institute of Industrial Ecology Problems of the North of Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, e-mail: [p\\_terentjev@inep.ksc.ru](mailto:p_terentjev@inep.ksc.ru)*

The intensive development of non-ferrous metallurgy enterprises of Murmansk region leads to a significant heavy metals load on terrestrial and freshwater ecosystems. The influence of industrial facilities, energy complex, transport, etc., is associated with the entry of Cd, Pb, Zn, Mn and Hg compounds into the atmosphere and water bodies. But the priority pollutants of the region are Ni and Cu. Pisces, and in particular, such salmonids as arctic char and trout, as inhabitants of water systems can be used as indicators of industrial pollution. The intensity of accumulation of pollutants in fish organisms allows assessing the degree of their load on aquatic ecosystems.

The study of the features of the accumulation of heavy metals was carried out on the basis of analysis of long-term data on their concentrations in the muscular and bone tissue, liver, kidneys and gills of the char and the trout inhabiting the reservoirs of the Murmansk region and border countries of Northwest Russia (Norway and Finland). It is shown that the accumulation of elements in organisms occurs unevenly. Thus, Cu in the highest concentrations accumulates in the liver of fish, Ni and Cd in the kidneys, Zn in the gills, Hg in the liver and kidneys. It was established that the highest levels of Ni and Cu are recorded in fishes of water bodies located near the enterprises of the mining and metallurgical complex. The gradient dependence of decreasing in the load of these metals in fish with the distance from sources of industrial pollution is registered. However, the maximum recorded accumulation of metals in individual fish specimens were found in water bodies that do not influence direct contamination. The maximum values of accumulation of Cu in the liver in the char and trout in the coast of the Barents Sea were 1300  $\mu\text{g} / \text{g}$ , cadmium and lead in the kidneys - over 2  $\mu\text{g} / \text{g}$ , zinc in the gills - over 190  $\mu\text{g} / \text{g}$  dry weight. Analysis of data on the accumulation of heavy metals in fish organisms in historical terms shows that a decrease in the intensity of industrial production and the introduction of environmental technologies in recent decades has not led to a significant reduction in the load of pollutants on the water ecosystems in the region.

At present one of the most important problems is of Hg contamination in the reservoirs of North Fennoscandia. Being an element of global pollution, due to the processes of transboundary transport, Hg most intensively accumulates in the Arctic ecosystems. As an example of this is also the registered tendency to increase the mercury content in the fish tissues of North Fennoscandia, including the salmonid species. It was established that the Hg content in the muscle tissue of fish exceeding the established normative indices (taking into account Russian and Scandinavian norms - within 0.21–0.5  $\mu\text{g}/\text{g}$  wet weight) is characteristic for water bodies in the central part of the Murmansk region, its border areas, the northern regions of Norway and Finland.

The study of the peculiarities of the accumulation of heavy metals in salmonids in Northern Fennoscandia is one of the mechanisms for controlling anthropogenic pressure on aquatic ecosystems and should be an integral part of monitoring programs for the Euro-Arctic region.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. В ВОДОЕМАХ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Ф. Титов, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова, А. А. Успенский, Д. С. Сендек  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного хозяйства имени Л. С. Берга», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)

Изучение популяций кумжи *Salmo trutta* L. на территории Новгородской области проводилось в период 2013–2016 гг. В ходе исследований были проведены обловы (с использованием электролова) на 56 реках, относящихся к бассейну Балтийского моря – Финского залива (река Луга и ее притоки), Ладожского озера (притоки реки Сясь) и оз. Ильмень (притоки рек Пола, Кунья, Мста).

В бассейне озера Ильмень популяции ручьевой форели *Salmo trutta trutta m. fario* L. были обнаружены во многих реках, являющихся притоками рр. Пола, Куньи и Мсты: разновозрастная молодь этого вида была отловлена в половине (14 из 28) обследованных водотоков (рис.).

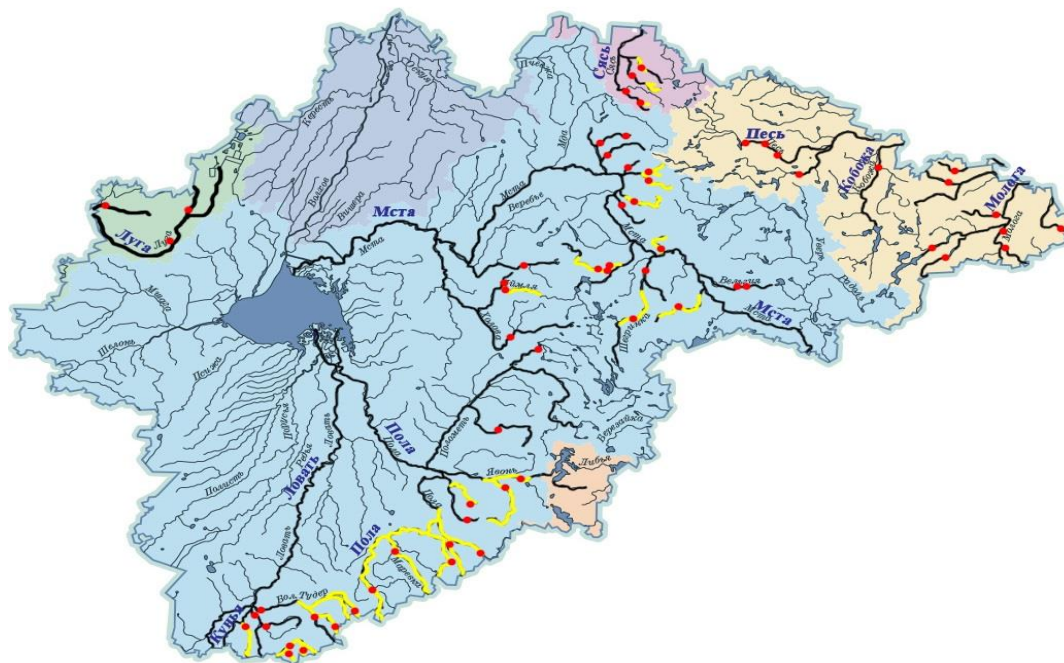


Рисунок. Карта обследованных рек Новгородской области: желтым цветом обозначены места обитания кумжи; красные точки – станции исследования

В большинстве изученных рек численность молоди кумжи оказалась очень невысокой: плотность распределения разновозрастной молоди на обловленных участках НВУ, как правило, не превышала 1-3 экз./100 м<sup>2</sup>. Лишь в реках Мисинка (приток р. Куньи), Щебереха (приток р. Пола) и Белая с притоками (притоки р. Мсты) плотности распределения рыб достигали значений 6-12 экз./100м<sup>2</sup>, что свидетельствует об относительно благополучном состоянии локальных популяций кумжи в этих водотоках. Именно в этих реках сеголетки кумжи – возрастная группа, определяющая эффективность нереста этого вида – составляли значительную долю (до 70-90 %) от общего количества выловленных рыб.

Кумжа была также обнаружена в реке Сясь (бассейн Ладожского озера) и трех ее притоках (рисунок). Это подтверждает данные Мосичева А.П. (1911) о наличии кумжи в этой части Новгородской области. Выловленные экземпляры кумжи были представлены жилой формой этого вида. По-видимому, проходная озерная форма, производители которой ранее

могли заходить на нерест из Ладожского озера, в настоящее время на территории области не встречается (опросные данные рыбаков и местных жителей).

Необходимо отметить, что кумжа не была обнаружена нами ни в притоках верхнего течения Волги (притоки р. Молога), ни в притоках реки Луга, расположенных на территории Новгородской области. На территории соседней с Новгородской Ленинградской области кумжа обитает в большинстве правобережных притоков реки Луга.

## **BROWN TROUT *SALMO TRUTTA* L. DISTRIBUTION IN THE WATER BODIES OF THE NOVGOROD REGION**

S. F. Titov, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova, A. A. Uspensky, D. S. Sendek

Federal State Budgetary Scientific Establishment "Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries",  
St. Petersburg, Russia, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)

Brown trout *Salmo trutta* L. populations in the Novgorod Region was studied in 2013–2016. Electrofishing on 56 rivers of Gulf of Finland basin (the Luga River and its tributaries), Lake Ladoga (Syas River tributaries) and Lake Ilmen (Pola, Kunya and Msta river tributaries) was conducted.

In the Ilmen Lake basin, resident brown trout *Salmo trutta trutta m. fario* L. populations were revealed in many rivers, the tributaries of the Pola, Kunya and Msta rivers: different-aged parr of this species were caught in 14 out of 28 streams studied (fig.).

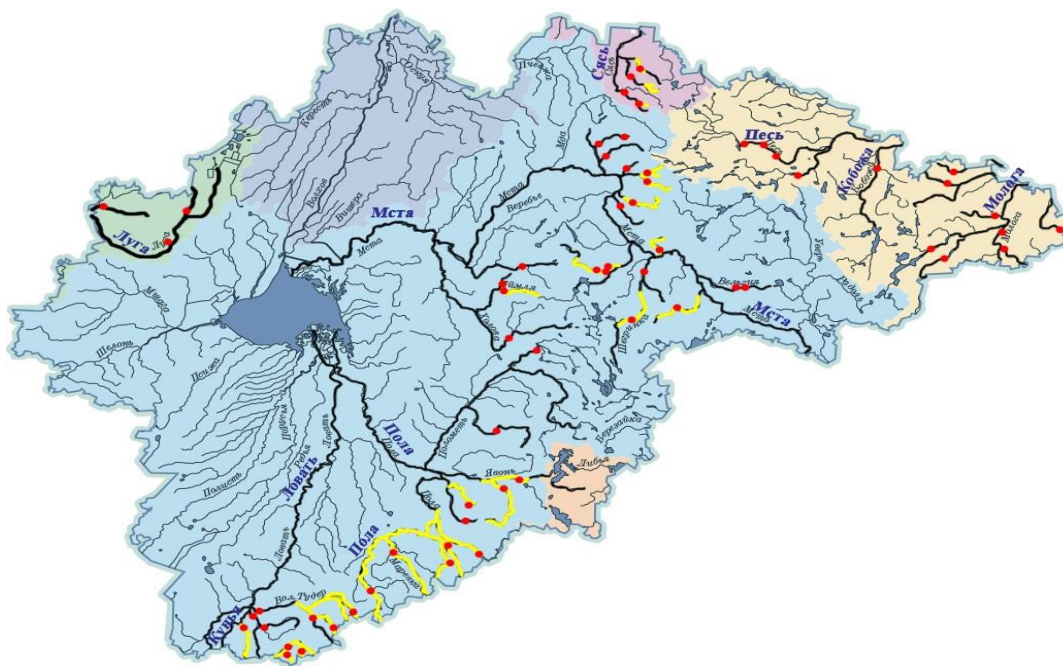


Figure. Map of the rivers studied in the Novgorod Region: brown trout habitats are shown in yellow and monitoring sites by red dots

The abundance of brown trout in most of the rivers studied was very low: the parr densities at the sites covered by catching was no more than 1–3 inds./100 m<sup>2</sup>. Values of 6–12 inds./100 m<sup>2</sup>, showing a relatively good state of local brown trout populations in these streams, were obtained only for the River Misinka (Kunya River tributary), the River Shcheberekha (Pola River tributary) and the River Belaya with tributaries (Msta River basin). It is in these rivers 0+ trout parr, an age group “responsible” for the spawning efficiency of this species, made up 70-90% of the total amount of fish caught.

Brown trout was also reported from the River Syas (Ladoga Lake basin) and its three tributaries (fig.). The above data are supported by the study of brown trout in this part of the Novgorod Region

conducted by A. P. Mosichev (1911). The brown trout individuals caught were represented by a resident form of this species. It seems that an anadromous lake migratory form, whose spawners could not come from Lake Ladoga for spawning, does not occur now in the region, as fishers and local residents say.

It should be noted that we did not find brown trout either in the tributaries of the upper reaches of the Volga (Mologa River tributaries), or in the Luga River tributaries located in the Novgorod Region. In the Leningrad Region, which is adjacent to the Novgorod Region, resident or sea migratory trout inhabits most of right-hand Luga River tributaries.

## АТЛАНТИЧЕСКИЙ ЛОСОСЬ РЕКИ ЛУГА: СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО И ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА

С. Ф. Титов, Д. С. Сендек, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова, А. А. Успенский,  
К. Ю. Домбровский

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного хозяйства имени Л. С. Берга», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)*

Река Луга, протекающая по территории Новгородской и Ленинградской областей, в настоящее время является единственной рекой в российской части Балтийского моря, в которой сохранилось естественное воспроизводство атлантического лосося. С целью сохранения и восстановления численности обитающей в реке природной популяции этого вида, в конце 90-х годов прошлого столетия был построен Лужский экспериментально-производственный рыбоводный завод, выращивающий и выпускающий в Лугу годовиков лосося.

Ежегодный ихтиологический мониторинг, проводимый сотрудниками ГосНИОРХ в бассейне реки Луги в течение последних 20 лет, позволил получить данные о современном состоянии обитающей здесь природной популяции лосося и оценить эффективность работы Лужского рыбоводного завода.

В результате исследований, проводимых на нерестово-выростных участках (НВУ) реки Луга и ее притоков, установлено, что плотности распределения нагульной молоди лосося на НВУ не превышают величины 1-4 экз./100 м<sup>2</sup>, что, как минимум, на порядок ниже максимально возможной численности молоди.

Вывод о крайне неудовлетворительном состоянии популяции дикого лосося подтверждается результатами многолетних исследований покатной миграции молоди лосося из реки в Лужскую губу Финского залива. Численность «диких» смолтов, скатывающихся из реки в море, варьирует в разные годы от 2 до 8 тысяч экземпляров (рис. 1).

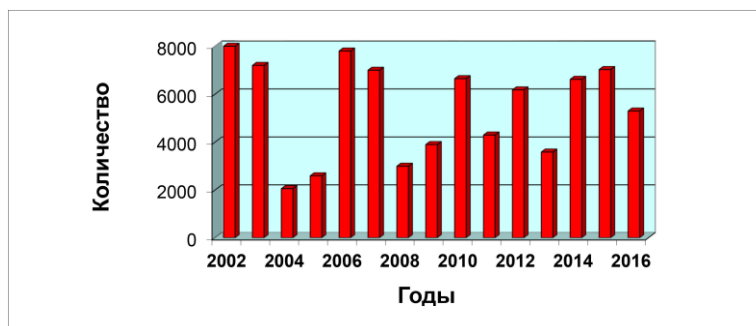


Рисунок 1. Численность смолтов лосося естественного происхождения, скатившихся из р. Луги в море (данные 2002-2016 гг.).

Ежегодно в реку выпускается около 100 тысяч годовиков лосося, выращиваемых на Лужском рыбоводном заводе. Об эффективности этих выпусков позволяют судить данные, получаемые в ходе изучения все той же покатной миграции молоди лосося. Установлено, что в море скатывается в среднем не более 15% от общего количества выпускаемой заводом молоди (рис. 2).

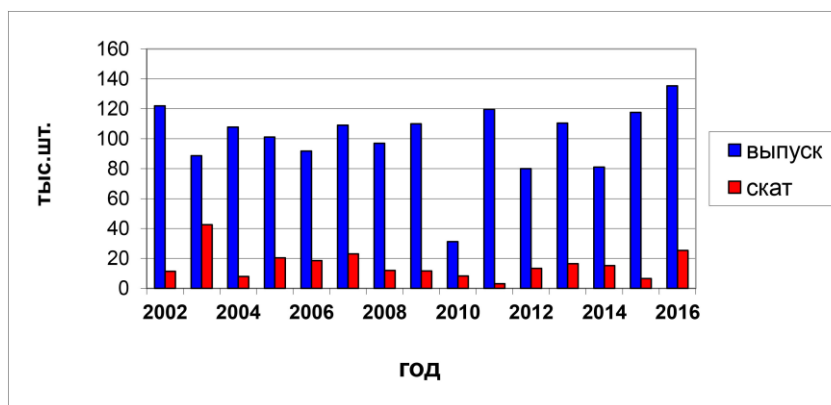


Рисунок 2. Объемы выпусков молоди лосося Лужским лососевым заводом и численность скатившихся из реки в море заводских смолтов лосося (данные 2002–2016 гг.).

## ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L. FROM THE LUGA RIVER: CURRENT STATE OF NATURAL AND HATCHERY REPRODUCTION

S. F. Titov, D. S. Sendek, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova, A. A. Uspensky,  
K. Yu. Dombrovsky

*Federal State Budgetary Scientific Establishment "Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries",  
St. Petersburg, Russia, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)*

The Luga River, flowing across the Novgorod and Leningrad Regions, is now the only stream in the Russian territory of the Baltic Sea, where natural Atlantic salmon reproduction is maintained. To restore and maintain the abundance of a natural Atlantic salmon population in the river, a hatchery, rearing one-year-old salmon and releasing them into the Luga River, was built in the late 1990s.

Annual ichthyological monitoring has been conducted by GosNIORH staff members in the Luga River basin over the past 20 years. The data obtained on the current state of the local salmon population were analyzed and the production efficiency of Luga hatchery was assessed.

The studies, carried out at spawning sites in the Luga River and its tributaries, show that the mean parr densities are no more than 1-4 inds./100 m<sup>2</sup>. These values are smaller by at least an order of magnitude than the maximum possible abundance of juveniles.

A conclusion about the extremely unsatisfactory state of the wild salmon population is supported by the results of the long-term study of salmon smolts run in the Luga River. The abundance of such wild smolts, migrating downstream into the sea, varies from 2000 to 8000 individuals, depending on year (fig. 1).

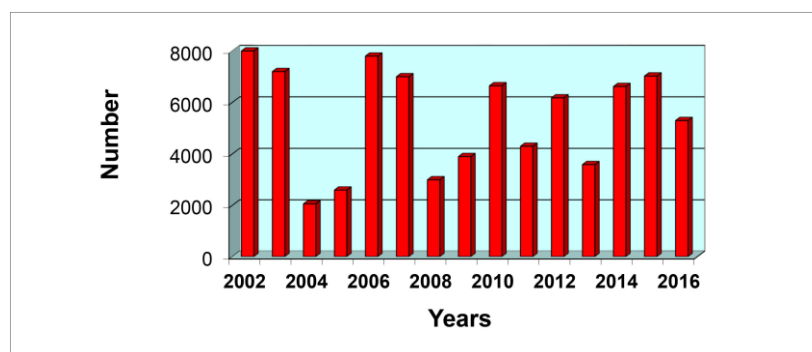


Figure 1. Abundance of wild salmon smolts migrating down the Luga River into the sea (2002–2016 data)



About 100 000 salmon, reared at Luga hatchery, are released annually in the river. The efficiency of releases is indicated by downstream salmon migration data. No more than 15% of the total number of the salmon released migrate downstream as “smolts” (fig. 2).

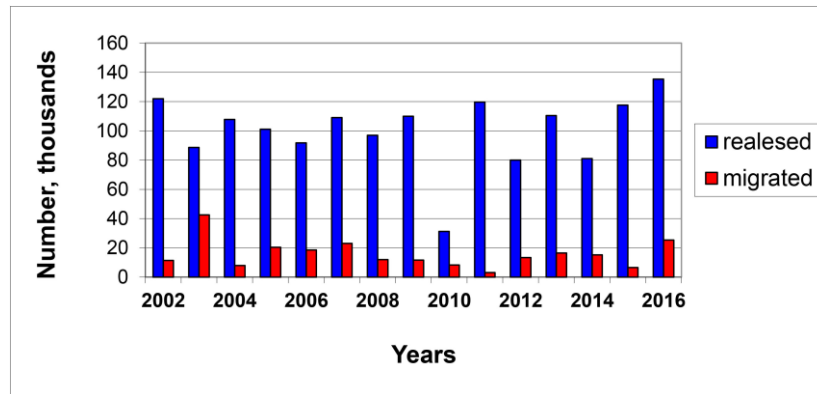


Figure 2. Amounts of salmon released by Luga hatchery and the abundance of reared smolts migrating downstream in to the sea (2002–2016 data)

## ПОПУЛЯЦИИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В СИСТЕМЕ РЕК БУРНАЯ-ВУОКСА

С. Ф. Титов, Д. С. Сендек, С. В. Михельсон, М. В. Барабанова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного хозяйства имени Л. С. Берга», г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)

Система рек Бурная – Вуокса, наряду с рекой Свирь, является одним из крупнейших лососевых водоемов бассейна Ладожского озера. В результате природообразующей деятельности человека (прорытие каналов между озером Суходольским и Ладогой и между рекой Вуоксой и озером Суванто) в XIX веке большая часть стока Вуоксинской озерно-речной системы стала поступать в Ладожское озеро по новому руслу (современная река Бурная). Это, по мнению Валетова В. А. (1999), привело к образованию самостоятельного «нерестового стада» лосося в реке Бурная. Именно здесь в настоящее время располагаются основные нерестилища этого вида. До недавнего времени каких-либо планомерных исследований атлантического лосося в системе рек Бурная-Вуокса не проводилось.

В 2011–2015 в бассейне указанных рек нами были проведены полевые исследования с целью изучения популяций лососевых рыб – атлантического лосося и кумжи. С использованием электролова были обловлены участки основного русла системы рек Бурная – Вуокса (в районе порогов «Падунец» и «Лосевский») и их правобережных притоков – рр. Вьон, Лосевка, Волчья и руч. Чистый.

Атлантический лосось был обнаружен в основном русле реки Бурная, на 2-х вышеупомянутых порогах. Разновозрастная молодь (возраст варьировал от 0+ до 3+) отмечалась в уловах ежегодно. Плотность распределения пестряток на разных участках варьировала от 3,3–4,8 экз./100 м<sup>2</sup> в 2011 году до 25,3–38,3 экз./100 м<sup>2</sup> в 2015 году. Сеголетки – возрастная группа, свидетельствующая об эффективности нереста лосося – составляли в разные годы от 25% до 52% от общего количества выловленных рыб, что косвенно является признаком стабильного и ежегодного воспроизводства этого вида в основном русле реки Бурная.

Молодь лосося не была отмечена ни в одном из обловленных притоков системы Бурная – Вуокса. В двух из четырех притоков – реке Лосевка и ручье Чистый – был обнаружен другой вид лососевых рыб – кумжа. В реке Лосевка плотности распределения разновозрастной молоди этого вида на обловленных участках была невысокой и составляла 4,6–10,0 экз./100 м<sup>2</sup>. Доля сеголетков (рыбы в возрасте 0+) составляла более 50 % от общего количества выловленных рыб, что свидетельствует о стабильном характере воспроизводства этого вида в водоеме. В ручье Чистый плотности распределения разновозрастной молоди кумжи была еще ниже и не превышала значений 2–3 экз./100 м<sup>2</sup>. В верховьях ручья доля сеголетков в уловах достигала 100%, что указывает на то, что именно на этих участках происходит нерест кумжи. На участках нижнего течения ручья отмечалась исключительно молодь более старших возрастных классов (от 1+ до 3+).

В ходе проведения исследований на обловленных участках в системе рек Бурная – Вуокса, кроме молоди лосося и кумжи, были обнаружены также представители еще 14 видов рыб и круглоротых: ряпушка *Coregonus albula* L., хариус *Thymallus thymallus* L., щука *Esox lucius* L., уклея *Alburnus alburnus* L., пескарь *Gobio gobio* L., елец *Leuciscus leuciscus* L., плотва *Rutilus rutilus* L., краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus* L., голец усатый *Barbatula barbatula* L., налим *Lota lota* L., колюшка девятииглая *Pungitius pungitius* L., окунь *Perca fluviatilis* L., подкаменщик обыкновенный *Cottus gobio* L., минога ручьевая *Lampetra planeri* Bloch.

## SALMONIDAE POPULATIONS IN THE BURNAYA-VUOKSA RIVER SYSTEM

S. F. Titov, D. S. Sendek, S. V. Mikhelson, M. V. Barabanova

Federal State Budgetary Scientific Establishment "Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries",  
St. Petersburg, Russia, e-mail: [monitory.fish@gmail.com](mailto:monitory.fish@gmail.com)

The Burnaya-Vuoksa river system, together with the River Svir, is one of the largest Salmonidae-inhabited water bodies in the Ladoga Lake basin. As a result of human nature-transforming activities (digging-out canals between lakes Sukhodolskoye and Ladoga and between the River Vuoksa and Lake Suvanto), most of the Vuoksa lake-river system's run-off in the 19<sup>th</sup> century began to flow into Lake Ladoga along a new channel (presently the River Burnaya). V. A. Valetov (1999) suggests that this triggered the formation of an independent Atlantic salmon "spawning stock" in the River Burnaya. It is here that the main spawning grounds of this species are located. Until recently, no systematic studies of Atlantic salmon in the Burnaya-Vuoksa river system have been conducted.

In 2011–2015, the field study of Salmonidae populations, such as Atlantic salmon and lake trout, were carried out in the above river basins. The main channel sections of the Burnaya-Vuoksa river system (near "Padunets" and "Losevsky" Rapids) and their right-hand tributaries, the rivers Vyun, Losevka, Volchya and Chisty Brook, were fished by electrofishing.

Atlantic salmon was revealed in the main Burnaya River channel, at the above two rapids. Juveniles, ranging in age from 0+ to 3+, were found in catches every year. The parr density distribution in various river sections varied from 3.3–4.8 inds./100 m<sup>2</sup> in 2011 to 25.3–38.3 inds./100 m<sup>2</sup> in 2015. Fingerlings (fish aged 0+), an age group indicative of salmon spawning efficiency, made up 25% to 52% of the total amount of fish caught, indicating a stable annual Atlantic salmon reproduction in the main Burnaya River channel.

Salmon juveniles were not reported from any of the tributaries of the Burnaya-Vuoksa river system studied by electrofishing. Another Salmonidae species, lake trout, was revealed in two out of four tributaries: the River Losevka and Chisty Brook. The parr density in the Losevka River sections was as low as 4.6–10.0 inds./100 m<sup>2</sup>. Fingerlings (fish aged 0+) made up over 50% of the total amount of fish caught, indicating a stable trout reproduction in the water body. The parr density in Chisty Brook was as low as 2-3 inds./100 m<sup>2</sup>. Fingerlings (fish aged 0+) in the upper reaches of the brook made up 100 % of catches, indicating that it is these river sections that trout uses for spawning. Parr, revealed in the lower reaches of the brook, were exclusively of older (+1 to +3) age classes.

In addition to juvenile salmon and trout, the study of the fished-off river sections in the Burnaya-Vuoksa river system also revealed another 14 fish and cyclostome species such as: vendace *Coregonus albula* L., grayling *Thymallus thymallus* L., pike *Esox lucius* L., bleak *Alburnus alburnus* L., gudgeon *Gobio gobio* L., dace *Leuciscus leuciscus* L., roach *Rutilus rutilus* L., ruffin *Scardinius erythrophthalmus* L., bearded stone loach *Barbatula barbatula* L., burbot *Lota lota* L., ninespine stickleback *Pungitius pungitius* L., perch *Perca fluviatilis* L., bullhead *Cottus gobio* L. and brook lamprey *Lampetra planeri* Bloch.

# УЛЬТРАСТРУКТУРА МЕЗОНЕФРОСА ПОКАТНОЙ МОЛОДИ БАЛТИЙСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR*) И КУМЖИ (*SALMO TRUTTA*) РЕКИ ЛУГА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Флерова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ярославль, Россия,  
e-mail: [katarinum@mail.ru](mailto:katarinum@mail.ru)

Термин "смолтификация" объединяет широкий круг физиологических перестроек организма лососевых рыб, предшествующих и сопутствующих миграции из реки в море. Несмотря на обилие гистологических работ, посвященных вопросам смолтификации лососевых, преобладающее их число ограничивалось лишь изучением функциональных перестроек происходящих в жаберном аппарате.

Цель – изучить структуру почек покатной молодежи балтийского лосося и кумжи обитающих в р. Луга.

Отлов балтийского лосося (*Salmo salar*) и кумжи (*Salmo trutta*) вели на р. Луга в рамках исследований лаборатории мониторинга популяций лососевых рыб ФГБНУ «ГосНИОРХ» по учёту покатной молодежи. В работе использованы смолты естественного происхождения. Туловищные почки иссекали, фиксировали и исследовали по стандартной для электронной микроскопии методике.

Проведенный цитологический анализ мезонефроса лосося и кумжи показал, что лимфоциты, плазматические клетки, макрофаги, нейтрофилы, эозинофилы и клетки с радиально-расположенными везикулами имеют единый план строения с ранее исследованными пресноводными костистыми рыбами. Примечательно, что размеры перечисленных клеток, а также число митохондрий на срезах клеток ближе к морским костистым рыбам.

Отделы нефрона: почечное тельце, эпителиоциты I типа проксимального отдела канальца, эпителиоциты II типа проксимального отдела канальца, эпителиоциты дистального отдела канальца построено по единому принципу с пресноводными костистыми рыбами. Отмечено, что количество митохондрий в клетках дистального отдела канальцев превосходят этот показатель не только ранее исследованных пресноводных костистых рыб, но и некоторых видов, обитающих в Черном море.

Вместе с тем, анализ полученных результатов однозначно свидетельствует об особенностях структуры тканей и клеток мезонефроса молодежи балтийского лосося и кумжи находящихся на стадии смолтификации. Тем не менее, для определения степени зависимости описанных структурных особенностей от видовых особенностей и стадии онтогенеза видов, а также построения общей модели структурных изменений, происходящих в почках лососевых, в различные периоды онтогенеза необходимо проведение дополнительных исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-04-00650 А "Морфофункциональная организация мезонефроса лососеобразных"*

*Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам лаборатории мониторинга популяций лососевых рыб ФГБНУ «ГосНИОРХ» за помощь в сборе материала.*

## ULTRASTRUCTURE OF MESONEFROS OF SMOLTS *SALMO SALAR* AND *SALMO TRUTTA* LUGA RIVER OF THE LENINGRAD REGION

E. A. Flerova

Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia, e-mail: [katarinum@mail.ru](mailto:katarinum@mail.ru)

The term "smoltification" unites a wide range of physiological reconstructions of the organism of salmonids, preceding and accompanying migration from the river to the sea. Despite the abundance of histological studies devoted to the problems of salmonification, the prevailing number of them was limited only to the study of functional rearrangements occurring in the branchial apparatus.

The aim is to study the trunk kidneys structure of *Salmo salar* and *Salmo trutta* smolts of Luga river.

Catching of the *Salmo salar* and *Salmo trutta* was conducted on the Luga river in the framework of the research of the laboratory for monitoring salmonid fish populations of the FSBSI "GosNIORH" for registration smolts. In this work, natural-type smolts are used. The trunk kidneys were excised, fixed and examined according to a standard for electron microscopy method.

The cytological analysis of mesonephros of *Salmo salar* and *Salmo trutta* has shown that lymphocytes, plasmacytes, macrophages, neutrophils, eosinophils and cells with a radial vesicle array have a single plan of structure with previously studied freshwater bony fishes. It is noteworthy that the dimensions of these cells, as well as the number of mitochondria on cell sections, are closer to marine bony fishes.

The departments of the nephron: the renal corpuscle, the epitheliocytes of type I of the proximal tubule, the epitheliocytes of the II type of the proximal tubule, the epitheliocytes of the distal tubule are built on a single principle with freshwater bony fishes. It is noted that the number of mitochondria in the cells of the distal tubules exceeds this indicator not only of previously studied freshwater teleost fish, but also of some species found in the Black Sea.

At the same time, the analysis of the obtained results unequivocally testifies to the peculiarities of the structure of tissues and mesonephros cells of the young *Salmo salar* and *Salmo trutta* are in the stage of smoltification. Nevertheless, in order to determine the degree of dependence of the described structural features on the specific features and the stage of ontogenesis of species, as well as the construction of a general model of structural changes occurring in salmonid kidneys, additional studies are needed at different periods of ontogenesis.

*The work was carried out with the financial support of the RFBR grant 16-04-00650 A "Morphofunctional organization of the Salmoniformes mesonephros".*

*The author expresses deep gratitude to the collaborator of the laboratory for monitoring salmonid fish populations of FSBSI "GosNIORH" for their assistance in collecting the material.*

## ПОЛИМОРФИЗМ ГЛАВНОГО КОМПЛЕКСА ГИСТОСОВМЕСТИМОСТИ (МНС) ПО ОДНОНУКЛЕОТИДНЫМ ЗАМЕНАМ В ПОПУЛЯЦИЯХ АЗИАТСКОЙ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA*

А. М. Хрусталева<sup>1</sup>, Е. В. Пономарева<sup>2</sup>, М. В. Пономарева<sup>2</sup>, Е. А. Шубина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,  
e-mail: [mailfed@mail.ru](mailto:mailfed@mail.ru)

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия

Проведен анализ изменчивости двух локусов однонуклеотидного полиморфизма (ОНП или SNP), *MHC2\_190v2* и *MHC2\_251v2*, расположенных в гене, кодирующем  $\beta$ -цепь главного комплекса гистосовместимости класса II (Major Histocompatibility Complex, class II, или МНСII) нерки на обширной части ее ареала в Азии, от Чукотки до Южных Курильских островов. Методом аллель-специфической ПЦР проанализировано более 1100 образцов ДНК нерки из 15 локальностей (21 выборка) на территории Дальнего Востока России. Кроме того, привлечены открытые данные (<http://www.tandfonline.com/doi/suppl/10.1577/T09-149.1?scroll=top>) по изменчивости обоих локусов в популяциях нерки из 9 озерно-речных систем (22 выборки) азиатско-тихоокеанского побережья (суммарно 19 локальностей и 43 выборки).

Локус *MHC2\_190v2* расположен в экзоне  $\beta 1$ , кодирующем наиболее вариабельный N концевой домен  $\beta$ -цепи, локус *MHC2\_251v2* – на расстоянии 61 п.н. от него в интроне.  $\beta 1$  экзон МНС класса II транслируется в антиген связывающие области (peptide binding region, PBR) на мембране В-клеток и макрофагов и таким образом участвует в формировании иммунитета к экстрацеллюлярным патогенам. Гены МНС класса II – одни из самых полиморфных у позвоночных, причем наибольшее количество несинонимичных замен сконцентрировано именно в пептид-связывающем регионе (PBR). Поскольку отдельные аллели генов МНСII ассоциированы с устойчивостью организма к определенной инфекции или паразиту, высокий уровень полиморфизма в них поддерживается балансирующим отбором. Однако, в отдельных локальностях возможно действие направленного отбора в пользу некоторых аллелей.

Поскольку оба локуса находятся в непосредственной близости друг от друга, то целесообразно их объединить и рассматривать как 4 мульти-ОНП «гаплотипа» (аллельных варианта). В 10 выборках из 43 обнаружено статистически значимое несоответствие наблюдаемых и ожидаемых при равновесии Харди–Вайнберга частот гаплотипов по данному локусу. В шести из них расхождения были связаны с избытком гетерозигот. Низкие оценки внутрипопуляционного разнообразия ( $H_e$  и  $n_a$ ) отмечаются в некоторых выборках из притоков р. Камчатка, а также в выборках из рек Лагуна-Анана и Апука (Северо-Восточная Камчатка), в р. Охота и на о. Шумшу (оз.-р. система Беттобу). В подавляющем большинстве тестов на гаплотипическую и генотипическую дифференциацию были выявлены различия между выборками из разных речных бассейнов, исключение составили лишь выборки из географически близких рек Пахача и Апука (побережье Олюторского залива, Северо-Восточная Камчатка) и рек Юго-Западной Камчатки (р. Большая Воровская, р. Большая, р. Опала). Межвыборочное генетическое разнообразие, оцененное величиной  $F_{ST}$ , составило в среднем 0.234 ( $p = 0$ ). По оценкам парных  $F_{ST}$  нерка рек Палана (Западная Камчатка), Лагуна-Анана, и Шумная (бассейн оз. Глухое, о-в Парамушир) в наибольшей степени отличались от всех остальных выборок. Дифференциации выборок, собранных на различных нерестилищах (литоральных и речных) и в разное время в бассейне оз. Курильское (р. Озерная), по частотам гаплотипов локуса МНСII не выявлено, что говорит об однородности условий в данном водоеме. Напротив, выборки, собранные в притоках среднего течения р. Камчатка значительно различались, что, очевидно, связано с различиями по уровню патогенной нагрузки в субпопуляциях нерки данного речного бассейна.

**SINGLE NUCLEOTIDE MAJOR HISTOCOMPATIBILITY COMPLEX (MHC)  
POLYMORPHISM IN ASIAN SOCKEYE SALMON POPULATIONS  
*ONCORHYNCHUS NERKA***

A. M. Khrustaleva<sup>1</sup>, E. V. Ponomareva<sup>2</sup>, M. V. Ponomareva<sup>2</sup>, E. A. Shubina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,*

*e-mail: [mailfed@mail.ru](mailto:mailfed@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

The variability of two single nucleotide polymorphism (SNP) loci (MHC2\_190v2 and MHC2\_251v2) located in the gene coding for the  $\beta$ -chain of the main histocompatibility complex, class II (MHCII) of sockeye salmon from a large part of its range in Asia from Chukotka to the South Kuril Islands was analyzed. Over 1100 sockeye salmon specimens from 15 localities (21 samples) from the Russian Far East were analyzed by allele-specific PCR. In addition, open data (<http://www.tandfonline.com/doi/suppl/10.1577/T09-149.1?scroll=top>) of the loci variability in sockeye salmon populations from 9 lacustrine-river systems (22 samples) from the Asia Pacific coast were included (in total, 19 localities and 43 samples).

MHC2\_190v2 is located in the exon  $\beta$ 1 coding for the most variable N-terminal domain of  $\beta$  chain. MHC2\_251v2 is located in the intron, 61 bp away from the first locus. The  $\beta$ 1 exon of the MHC class II genes is translated into the peptide-binding region (PBR) on the membranes of B cells and macrophages, thereby participating in the formation of the immune response to the action of extracellular pathogens. MHC class II genes are highly polymorphic in vertebrates; moreover, the highest number of non-synonymous substitutions is concentrated in the peptide-binding region (PBR). A high level of polymorphism in the MHCII genes is maintained by balancing selection because distinct alleles of them are associated with the organism's resistance to a specific infection or a parasite. However, the directional selection influence in favor of some alleles is possible in some localities.

Because both loci are located in immediate proximity to each other there is sufficient reasons for combining them and future consideration as four multi-SNP haplotypes (allelic variants). Significant irrelevance of observed and expected under Hardy-Weinberg equilibrium haplotypes frequencies in this locus was observed in 10 samples from 43. In six of them the deviations were associated with heterozygote excess. Low intrapopulation diversity estimates ( $H_e$  и  $n_a$ ) were registered in some samples from Kamchatka R. tributaries, as well as in samples from Anana Lagoon R. and Apuka R. (North-East Kamchatka), Okhota R. and Shumshu Island (Bettobu lake-river system). In the vast majority of tests on haplotypic and genotypic differentiation significant differences between the samples from different river watersheds were revealed. The exclusions are samples geographical proximate Pakhacha R. and Apuka R. (Olyutorsky Bay coast, North-East Kamchatka), and South-Weast Kamchatka rivers (Bolshaya Vorovskaya R., Bolshaya R., Opala R.). Between-sample genetic diversity assessed by  $F_{ST}$  was on the average 0.234 ( $p = 0$ ). Sockeye salmon from Palana R. (East Kamchatka), Anana Lagoon R., and Shumnaya R. (Glukhoye Lake, Paramushir Island) were the most different from the other samples by pairwise  $F_{ST}$ . Samples collected in distinct spawning sites (littoral and riverine) and at various times in Kurilskoye Lake watershed (Ozernaya R.) didn't differ significantly by the haplotypes of MHCII locus. It means that the pathogenic conditions in the watershed are homogenous. On the contrary samples collected in the middle flow tributaries of Kamchatka R. sufficiently differed. It is obvious that the reason for the diversity is the difference in pathogenic load in sockeye salmon subpopulations in this river.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ АЗИАТСКОЙ ГОРБУШИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА (СЗТО) В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2001-2016 ГГ. НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

В. А. Царева, Г. П. Ванюшин, М. Ю. Кружалов

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский  
научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,  
e-mail: [ladimon@mail.ru](mailto:ladimon@mail.ru)*

Для горбуши температурные условия зимнего обитания существенны, так как для неё это единственная зима в океане. В зимний период азиатская горбуша обитает в акваториях северной Пацифики, включая зону субарктического фронта на глубине ~ 0–100 м. Для оценки температурных условий в зимний период была выбрана в открытой части СЗТО реперная зона с координатами (47 – 49°N; 171° – 174°E).

Результаты анализа межгодовой изменчивости ТПО и аномалий ТПО (относительно климата 1971–2000 гг., с расчетом до 0,1 °С, по квадратам 1°x1°) осреднённых за период январь-март в 2001–2016 гг. представлены на рисунке. Для этого анализа использовались карты ТПО недельной дискретности, построенные по ежедневным данным с ИСЗ серий: GOES-W (США), MTSAT (Япония) и HIMAWARI (Япония), а также квазисинхронных судовых и буйковых измерений температуры воды «in situ», полученные из "Гидрометцентра России" (Москва) в реальном масштабе времени.

В чётные годы с 2002 г. по 2016 г. ход значений аномалий ТПО, показал их периодичность. Выделяются два схожих периода: 2002–2006 гг. и 2008–2014 гг. Аномалия ТПО в 2016 г. снова резко опустилась до -1,37°С, что, возможно, может означать начало нового периода (рис.).

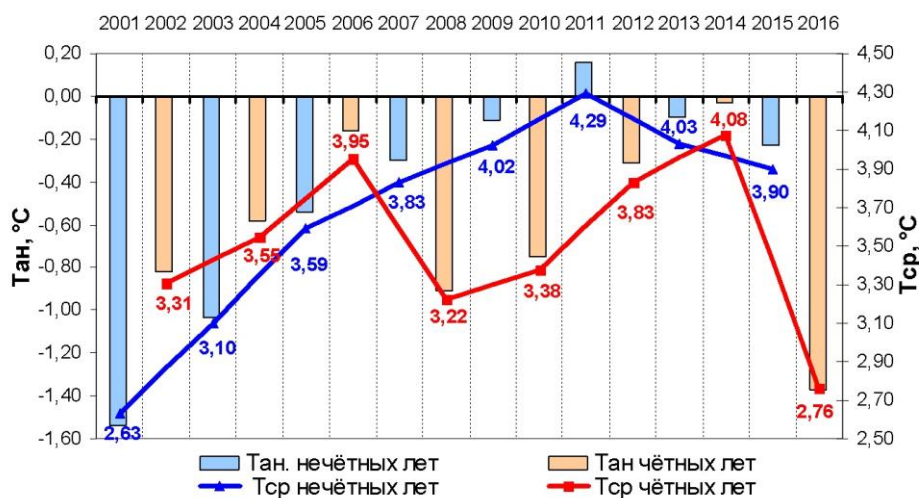


Рисунок. Распределение средних значений и аномалий ТПО (Тср и Тан) за январь-март в реперной зоне зимнего обитания горбуши в СЗТО за период 2001-2016 гг. (по чётным и нечётным годам)

В нечётные годы в ходе изменения значений аномалий ТПО такая периодичность не отмечена. Так, отрицательные значения аномалий ТПО последовательно уменьшались с -1,54 °С (2001 г.) до -0,11 °С (2009 г.) и в дальнейшем в 2011 г., в 2013 г. и в 2015 г. имели значения близкие к климатической норме ( $\pm 0,2$  °С).

При поиске «годов-аналогов» по близким температурным условиям зимовки горбуши в период 2001-2016 гг. был использован критерий, согласно которому допустимая разница в значениях аномалий не превышала  $\Delta T = \pm 0,3$ °С. Для чётных лет данному критерию наиболее



соответствуют группы «года – аналоги»: (2002 г., 2004 г., 2010 г.) и (2006 г., 2012 г., 2014 г.), а для нечётных лет – «года – аналоги»: (2005 г., 2007 г., 2015 г.) и (2009 г., 2011 г., 2013 г.).

Температурные условия зимовки азиатской горбуши в СЗТО в зимние сезоны 2001 г. и 2016 г. годов можно оценить, как одни из самых аномально холодных за все годы рассматриваемого периода, на основании данных спутникового мониторинга ТПО.

В середине периода 2001 г. - 2016 г. отмечено принципиальное расхождение в характере изменений хода зимних значений температуры и аномалий ТПО между чётными и нечётными годами, которое стало очевидным с 2008 г.

## TEMPERATURE CONDITIONS OF THE HABITAT OF THE ASIAN PINK SALMON IN THE NORTH-WESTERN PACIFIC OCEAN (NWPO) DURING THE WINTER PERIOD 2001-2016 YEARS BASED ON SATELLITE DATA

V. A. Tsareva, G. P. Vanyushin, M. Yu. Kruzhalov

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,*

*e-mail: [ladimon@mail.ru](mailto:ladimon@mail.ru)*

Temperature of winter habitat conditions for pink salmon is essential, because it is its only winter in the ocean. In winter asian pink salmon inhabit the North Pacific Ocean waters, including subarctic front area at depth of 0–100 m. Reference area with coordinates (47 – 49°N; 171° to 174°E) in open part of NWPO has been selected for winter temperature conditions estimation.

In figure there is presented analysis on inter-annual variability of surface temperature values and anomalies of SST analysis (regarding climate 1971–2000, to the calculation maximum 0.1°, squares 1°x1°), that were averaged for the period of January-March 2001–2016 years. For this analysis we used SST-week discrete maps, created on daily data of satellite series: GOES-W (USA), MTSAT (Japan) and HIMAWARI (Japan), as well as quasisynchronous on-board and buoy measurements of water temperature «in situ», received from Hydrometcentre of Russia (Moscow) in real time.

In even years (2002–2016) diagram of SST anomalies showed its periodicity. There are two similar periods: 2002–2006, 2008–2014. In 2016 SST anomaly dropped sharply again, to -1.37°C, that could mean the beginning of new period (fig).

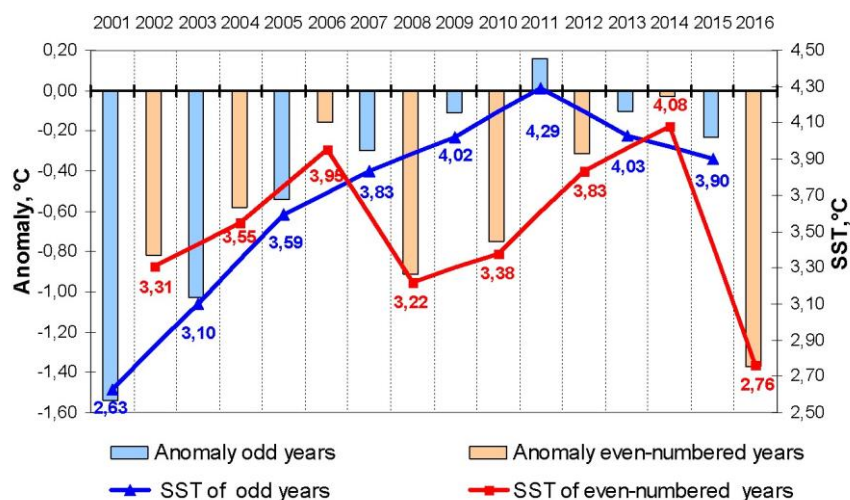


Figure. The distribution of mean values and anomalies of SST (SST and Anomaly) for January-March in the reference area is winter habitat for asian pink salmon in NWPO for the period 2001–2016 (for even and odd years)

In odd years such periodicity wasn't noted during changed of SST anomalies value. Thus, negative SST anomalies were consistently decreasing from -1,54 °C (in 2001) to -0,11 °C

(2009). Since then in 2011, 2013 and 2015 values of SST anomalies were closed to the climate norm ( $\pm 0,2$  °C).

While searching «analogue years» according to similar temperature conditions of salmon wintering from 2001 to 2016 there was used the criterion by which the difference in the anomalies does not exceed  $\Delta T = \pm 0,3$  °C. For even years criterion conforms to analogue years group: (2002, 2004, 2010) and (2006, 2012, 2014), and for odd years criterion conforms to analogue years: (2005, 2007, 2015) and (2009, 2011, 2013).

According to SST satellite monitoring, temperature conditions of asian pink salmon wintering in NWPO during 2001 and 2016 winter seasons can be determine as one of the most anomalously cold in all the years of the considered period.

In the middle of 2001–2016 there has been pointed out principle difference in nature of changes of winter temperature values diagram and anomalies of SST between even and odd years, it became evident since 2008.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАЗИТОФАУНЫ РЯПУШКИ СИБИРСКОЙ *COREGONUS SARDINELLA VALENCIENNES*, 1848 В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Ю. К. Чугунова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов», г. Красноярск, Россия,  
e-mail: [jhermann@mail.ru](mailto:jhermann@mail.ru)

Проведены паразитологические исследования ряпушки сибирской р. Хатанги (71° 59'00" с.ш.) (бассейн моря Лаптевых) и Курейского водохранилища (66° 55'00" с.ш.) (р. Курейка – правый приток р. Енисея, бассейн Карского моря). Ряпушка в р. Хатанге представлена полупроходной формой, которая нагуливается в заливе моря Лаптевых и поднимается на нерест в р. Хету, а ряпушка Курейского водохранилища является жилой формой.

У ряпушки р. Хатанги из 13 обнаруженных видов паразитов с организмами зоопланктона происходит заражение: *Diphyllobothrium ditremum* (80%), *D. dendriticum* (53,3%), *Philonema sibirica* (53,3%), *Proteocephalus longicollis* (33,3%) и *Triaenophorus crassus* (6,6%). Питание зараженными бентосными беспозвоночными обуславливает наличие в паразитофауне рыб нематод *Cystidicola farionis* (26,6%), *Raphidascaris acus* (larva) (20%), скребней *Echinorhynchus salmonis* (20,0%), *Neoechinorhynchus rutili* (6,6%) и цестод *Syathocephalus truncatus* (6,6%). Микроспоридии *Henneguya zschokkei* (20%), ракообразные *Coregonicola orientalis* (20,0%) и *Salmincola* sp. (6,6%) развиваются без смены хозяев. Рачок корегоникола встречается у сиговых рыб в солоноватых водах залива и заносится в р. Хатангу во время нерестовой миграции.

Состав паразитофауны ряпушки Курейского водохранилища включает 10 видов паразитов, половина из них также связана с планктонным типом питания. Наиболее массовым видом здесь является *T. crassus* (pl.), экстенсивность инвазии которым составляла 100% при средней численности 20,3 экз. паразитов. У отдельных рыб количество плероцеркоидов в мускулатуре достигало 73 экз., при этом у большинства гельминтов соединительно-тканная капсула не образовывалась. Высокая зараженность рыб отмечена цестодами *D. ditremum* (66,6%) и *P. longicollis* (53,3%), в меньшей степени - *D. dendriticum* (33,3%) и *Ph. sibirica* (20,0%), а *R. acus* (6,6%) относится к редким видам. Только у рыб водохранилища в составе паразитофауны отмечены: *Capriniana piscium* (13,3%), *Apiosoma* sp. (6,6%), специфичные для сиговых *Discocotyle sagittata* (6,6%) и *Chloromyxum coregoni* (53,3%). Встречаемость и зараженность этими видами паразитов характеризует складывающийся в водохранилище озерный облик фауны. Трансформация паразитофауны ряпушки в результате образования водохранилища приводит к эпизоотической зараженности рыб цестодами *T. crassus* (pl.).

Проведенные исследования показали, что различия структуры фауны паразитов и уровень зараженности ряпушки р. Хатанги и Курейского водохранилища обусловлены спецификой обитания их популяций в условиях реки и водохранилища, а также трофическим статусом водных объектов.

# THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF *COREGONUS SARDINELLA* VALENCIENNES, 1848 PARASITE FAUNA IN POLYTYPIC RESERVOIRS OF THE ARCTIC ZONE

Y. K. Chugunova

Federal State Budgetary Scientific Establishment Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: [jhermann@mail.ru](mailto:jhermann@mail.ru)

The parasite fauna of Khatanga's vendace ( $71^{\circ} 59'00''$  N) (the Laptev Sea basin) and vendace of the Kureiskoye reservoir ( $66^{\circ} 55'00''$  N) (the Kureika river is a right-bank tributary of the Enysei river, located in the Kara Sea basin) was studied. Khatanga's vendace is anadromous fish (it feeds in the Laptev Sea's bay) and the vendace of the Kureiskoye reservoir is a landlocked form.

Khatanga's vendace has 13 parasite species. Organisms of zooplankton are intermediate hosts for *Diphyllbothrium ditremum* (80%), *D. dendriticum* (53,3%), *Philonema sibirica* (53,3%), *Proteocephalus longicollis* (33,3%) and *Triaenophorus crassus* (6,6%). The fish feeding on benthic invertebrates leads to their invasion by nematodes, cestodes and acanthocephales: *Cystidicola farionis* (26,6%), *Raphidascaris acus* (larva) (20%), *Cyathocephalus truncatus* (6,6%), *Echinorhynchus salmonis* (20,0%), *Neoechinorhynchus rutili* (6,6%), *Henneguya zschokkei* (20%), *Coregonicola orientalis* (20,0%) and *Salmincola sp.* (6,6%) have the simple life cycle without intermediate hosts. The crustacean *C. orientalis* infects whitefishes in brackish water of the bay and fishes bring it in the Khatanga River in the course of spawning migration.

The vendace of the Kureiskoye reservoir has 10 species of parasites, half of them connected with planktonic intermediate host. The most spread specie is *T. crassus* (pl.) (100%, mean abundance is 20,3) here. Some fishes have 73 plerocercoids in the muscles. Worm's connective-tissue capsule is not formed. Cestodes *D. ditremum* (66,6%) and *P. longicollis* (53,3%) have high prevalence. *D. dendriticum* (33,3%) and *Ph. sibirica* (20,0%) have average prevalence. Nematode *R. acus* (6,6%) is a rare type. *Capriniana piscium* (13,3%), *Apiosoma sp.* (6,6%), *Discocotyle sagittata* (6,6%) and *Chloromyxum coregoni* (53,3%) check in only for fishes from the reservoir. The creation of reservoir changes vendace's parasite fauna. The vendace has a high prevalence of the *T. crassus* (pl.) now.

A trophic status of the Khatanga River and the Kureiskoye reservoir, specific habitats of river's and reservoir's vendace populations determine a structure of the parasite fauna and the prevalence's degree of the vendace.

# АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА И УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ У МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. И КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

М. В. Чурова, О. В. Мещерякова, Н. Н. Немова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия,

e-mail: [mchurova@yandex.ru](mailto:mchurova@yandex.ru)

Жизненный цикл лососевых рыб включает разнообразные этапы развития со сложной системой адаптаций. Среди особей одной генерации может наблюдаться значительная дифференциация рыб по размерам и темпам роста, влияющая на возраст начала смолтификации, что приводит к формированию сложной возрастной структуры популяции по длительности речного периода жизни. При этом каждая возрастная группа рыб имеет свои особенности обмена веществ, связанные с изменением образа жизни, расположения в потоке, типа и режима питания, двигательной активности и началом смолтификации.

Важными характеристиками организма, имеющими возрастные особенности и отражающие состояние особей и всей популяции в целом, являются уровень энергетического обмена и темпы роста рыб. С целью изучения особенностей энергетического и углеводного обмена и процессов регуляции мышечного роста в онтогенезе лососевых проведено исследование активности ферментов энергетического (цитохромоксидазы ЦО, лактатдегидрогеназы ЛДГ) и углеводного обмена (альдолазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, 1-глицерофосфатдегидрогеназы) в белых мышцах и печени и уровня экспрессии мРНК генов мышечных белков (тяжелой цепи миозина *MyHC*, миостатина *MSTN* и транскрипционных факторов регуляции миогенеза *MyoD*, *Myf5*, миогенина) у пестряток и смолтов атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*Salmo trutta* L.) разных возрастных групп (0+, 1+, 2+, 3+) из рек Индера и Кривой ручей (Кольский полуостров).

Установлены как общие тенденции, так и различия в характере изменения исследуемых показателей у молоди лосося и кумжи разных возрастных групп и при сравнении смолтов и пестряток. Как для лосося, так и для кумжи высокий уровень активности ЦО был установлен для сеголеток. Активность ЛДГ увеличивалась в возрастном ряду у лососей, а между возрастными группами кумжи различий в значении этого показателя не установлено. Для пестряток лосося и кумжи наиболее высокий уровень экспрессии гена *MyHC* был у двухлеток 1+. Однако, изменение в уровне экспрессии мРНК гена *MyHC* у лосося было сопряжено с изменением уровня мРНК *MyoD* и *миогенина*, а у кумжи – с изменением экспрессии мРНК *Myf5*. Высокий уровень экспрессии мРНК гена *MSTN* соответствовал высокому уровню экспрессии мРНК *MyHC* в возрасте 1+ у лосося и кумжи. У смолтов лосося и кумжи по сравнению с пестрятками снижалась активность ферментов углеводного обмена в печени. У лосося уровень экспрессии мРНК *MyHC*, *MyoD* и *миогенина* у смолтов был ниже по сравнению с пестрятками; а у смолтов кумжи снижался уровень мРНК *MyHC*, *MSTN*, *Myf5*, а экспрессия мРНК *миогенина* и *MyoD1c* была выше по сравнению с пестрятками.

Сравнительные исследования лосося и кумжи разных возрастных групп, пестряток и смолтов демонстрируют межвидовые сходства и различия в параметрах энергетического обмена и регуляции миогенеза. Сходная тенденция обусловлена принадлежностью этих видов к одному семейству и обитанию в относительно сходных экологических условиях, а обнаруженные различия, вероятно, определяются видовыми особенностями метаболизма в формировании адаптивной стратегии роста, развития и выживания особей.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ по проекту «Лососевые рыбы Северо-Запада России: эколого-биохимические механизмы раннего развития» №14-24-00102.

**AGE-DEPENDENT VARIATIONS OF METABOLIC ENZYMES ACTIVITIES  
AND MUSCLE-SPECIFIC GENE EXPRESSION IN ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L.  
AND BROWN TROUT *SALMO TRUTTA* L**

M. V. Churova, O. V. Meshcheryakova, N. N. Nemova

*Institute of Biology of Karelian Research Center Russian Academy of Science, Petrozavodsk, Russia,  
e-mail: [mchurova@yandex.ru](mailto:mchurova@yandex.ru)*

The life cycle of Salmonidae includes various developmental stages with a complex system of adaptations. Individuals of the same generation can differ significantly based on their size and growth rates, which influences the onset of smoltification at different ages. The process resulted in formation of complex age structure of population on duration of river life period. Each age group of young fishes is characterized by features in metabolism related to changes of stream location, feeding type and regime, activity and beginning of smoltification.

The most important parameters, which have age-related variations and determine the state of individuals and the population as a whole are energy metabolism and growth. This study was conducted to characterize the energy metabolism level and the features of muscle growth regulation during the development of young Atlantic salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. inhabiting the Indera River and Krivoy ruchej (Kola Peninsula, Russia). The activities of aerobic and anaerobic enzymes (cytochrome *c* oxidase, COX, and lactate dehydrogenase, LDH) and carbohydrate metabolism enzymes (glucose-6-phosphate dehydrogenase, glycerol-3-phosphate dehydrogenase and aldolase) in muscle and liver tissue, and gene expression levels of myosin heavy chain (*MyHC*), myostatin (*MSTN*), myogenic regulatory factors (MRFs – *MyoD1*, *Myf5*, *myogenin*) in the white muscles of young salmon and brown trout of ages 0+, 1+, 2+, 3+ were measured.

Both general trends and differences in the character of the changes in the studied parameters in salmon and trout juveniles of different age groups and in comparison of smolts and parr were revealed. The COX activity was higher in muscles of yearlings (1+) in both salmon and brown trout. The activity of LDH increased with age in salmon, but there was no differences between age groups in trout. In salmon as in brown trout *MyHC* expression level was the highest in 1+ parr. But high *MyHC* mRNA levels in salmon parr at age 1+ corresponded with the high expression levels of *MyoD1* and *myogenin*, and in trout - with *Myf5* expression. The high levels of *MyHC* expression in yearlings (1+) was accompanied by high *MSTN* mRNA level both in trout and salmon. In smolts of salmon and brown trout the activity of carbohydrate metabolism enzymes was decreased in livers in comparison to parr. In salmon the expression levels of *MyHC*, *MyoD1* and *myogenin* were lower in smolts compared to parr. In trout expression levels of *MSTN*, *MyHC*, *Myf5* was lower in smolts than in parr, but in contrast, the *myogenin* mRNA levels was higher in smolts.

Comparative studies of salmon and brown trout of different age groups, parrs and smolts demonstrated inter-species similarities and differences in the parameters of energy metabolism and regulation of myogenesis. A similar trend in age- and stage- specific changes is due to the fact that these species belong to the same family and live in relatively similar ecological conditions. The observed differences are, probably, determined by the species-specific features of metabolism in the formation of an adaptive growth, development and survival strategy for individuals.

This study was carried out at the Scientific Center of Collective Usage Platform of the Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. Salmonid fish catch and study were conducted in the accordance with a resolution no. 51 2015 03 0119 by Barentsevo-Belomorskoye territorial department of the Federal Agency for Fisheries. The study was supported by the grant of Russian Science Foundation (project № 14-24-00102).

## О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ УЧЕТА НЕРЕСТОВЫХ ГНЕЗД АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ Р. МЕЗЕНЬ

Н. И. Шилов

Коми региональный некоммерческий фонд «Серебряная тайга», г. Сыктывкар, Россия, e-mail: [NShilov@komimodelforest.ru](mailto:NShilov@komimodelforest.ru)

Атлантический лосось является одним из ценных видов рыб бассейна р. Мезень. Традиционно его вылавливали на протяжении всей реки, а также в Мезенской губе. Обрывочные сведения об объемах изъятия встречаются с первой половины XVIII в., непрерывные наблюдения за состоянием этого вида в р. Мезень в виде рыбопромыслового мониторинга начались в XX в. При этом, по мнению ряда зарубежных и отечественных ихтиологов, нересто-выростные угодья лосося находятся в удовлетворительном состоянии и не нуждаются в восстановлении. В настоящее время на участке верхнего течения р. Мезень сохраняется воспроизводство атлантического лосося. Об этом свидетельствует присутствие в неводных уловах молоди лосося и карликовых самцов. С момента закрытия промышленного лова в начале 1980-х годов из-за снижения его рентабельности, источником данных промысловой статистики остаются данные о любительском лицензионном лове на рыбопромысловых участках Лешуконского и Мезенского районов. В 2011 г. Фонд «Серебряная тайга» совместно с ФГБУ «Комирыбвод» и Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН организовал мониторинг семги, основная цель которого – оценка состояния популяции семги и воспроизводства группировок данного вида методом учета нерестовых гнезд атлантического лосося. Участками проведения мониторинга выбраны р. Мезень от пос. Верхнемезенск до устья р. Увью, участки рр. Нижняя Пузла, Верхняя Пузла, Пысса и Елва-Мезенская суммарной протяженностью более 200 км. Результаты первых лет ведения мониторинга указывают на максимальное количество зарегистрированных гнезд в 2016 г., что позволяет оценить наибольшую численность нерестующих самок в пределах 50-80 экз. на исследованных НВУ (рис.).

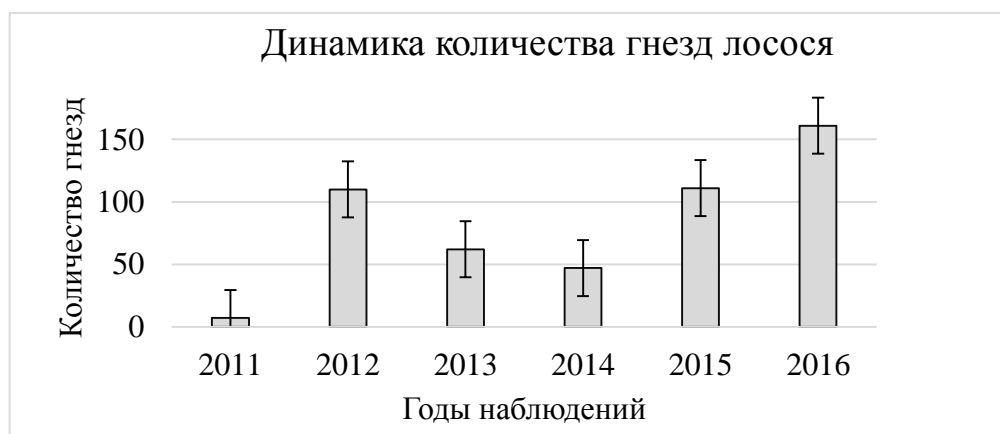


Рисунок. Динамика количества гнезд лосося

На текущий момент мониторинг охватывает период жизненного цикла до впервые нерестующих особей и не позволяет оценить динамику изменения численности стада в полной мере. Тем не менее, намечено увеличение нерестующих особей в период 2015-2016 гг. Минимальное значение зарегистрированных гнезд лосося отмечено в 2011 г., что может быть обусловлено аномально высокими температурами воды в притоках р. Мезень и сдвигом сроков нереста.

## ABOUT PRELIMINARY RESULTS OF ESTIMATION METHODS OF ATLANTIC SALMON SPAWNING REDDS IN THE MEZEN RIVER

N. I. Shilov

*Komi Regional Non-Profit Foundation "Silver Taiga", Syktyvkar, Russia,  
e-mail: [NShilov@komimodelforest.ru](mailto:NShilov@komimodelforest.ru)*

The Atlantic salmon is one of the most valuable fish species in the basin of the Mezen River and traditionally it has been fishing out in all areas of the River as well as in the Mezen Bay. In the beginning of XVIII century there were some records about the volume of the caught fish but continuous and sustainable Atlantic salmon fishing monitoring has started since XX century only. According to some foreign and Russian ichthyologists estimations spawning grounds of salmon are in good conditions and don't require rehabilitation. Nowadays there is Atlantic salmon spawning in the upstream of the Mezen River, this fact can be proved by observation of salmon juveniles and precocious male salmon in seining. Since commercial fishing stopped in the beginning of the 1980s due to decrease of its profitability, the statistic data was based on nonprofessional licensed fishing at 3 fishing areas in Leshukonsky and Mezensky districts. In 2011 «Silver Taiga» Foundation, Federal State Budget Organization «Komirybvod» and the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences started salmon monitoring, when the main goal has been estimation of salmon population condition and its regeneration by means of the estimation method of the Atlantic salmon spawning redds. The monitoring areas were selected on the Mezen River from the settlement Verkhnevezensk till the mouth of the Uvju River and on the rivers Nizhnaya Puzla, Verkhnyaya Puzla, Pyssa and Elva-Mezenskaya with the total length of 200 km. The results of the first monitoring data showed the maximum amount of registered redds in 2016, so we can convert up to the 50–80 female salmon spawners in the monitored areas (fig.).

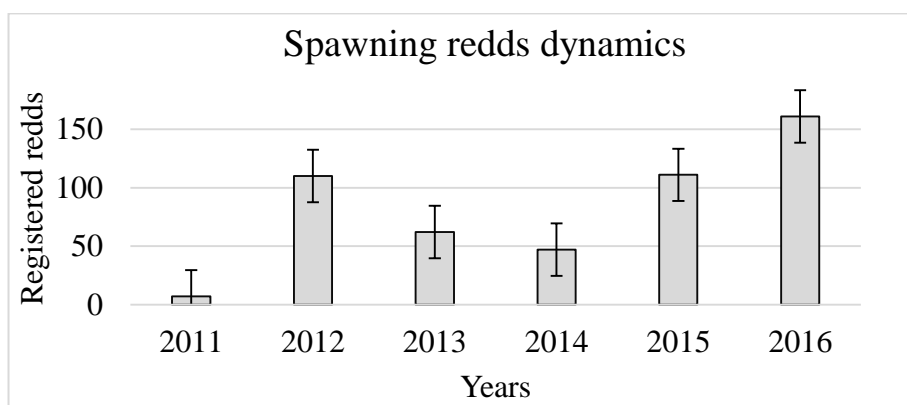


Figure. Spawning redds dynamics

This data is incomplete to give the full estimation dynamics of changes in the population.

Nevertheless we have observed the increased number of spawners within the period of 2015–2016. The least number of registered spawning redds was traced in 2011 and can be explained by abnormal high temperatures of water in the Mezen River tributaries and by the shift in the spawning period.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРМОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНКУБАЦИОННЫХ ЦЕХОВ

Я. Коуржил, П. Подгорец

Университет Южной Богемии в Ческе-Будеёвице, Южночешский научный центр аквакультуры и биоразнообразия гидроценоза, г. Ческе-Будеёвице, Чехия, e-mail: [kouril@frov.jcu.cz](mailto:kouril@frov.jcu.cz)

Лососевые рыбы являются экономически очень важной группой рыб в мире. Многие виды из них являются приоритетным предметом широких коммерческих аквакультур, виды с промысловым и спортивным значением и виды, которые используются в научных исследованиях. Аквакультура лососевых, в первую очередь это атлантический лосось (*Salmo salar*), радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) и дальневосточные лососи (рода *Oncorhynchus*), далее Альпийский/Арктический голец (*Savelinus alpinus/umbla*), Американский голец (*Salvelinus fontinalis*), гибрид гольца (*S. alpinus* x *S. fontinalis*), кумжа (*Salmo trutta fario*) и Дунайский таймень (*Hucho hucho*). А также могут быть добавлены некоторые хариусы (*Thymallus thymallus*) и сиги (*Coregonus lavaretus* и *C. peled*). Значительное увеличение интенсивной аквакультуры проходит в течение последних десятилетий. Одно из предположений устойчивой аквакультуры лососевых, является способность управления процессом воспроизводства рыб, выращенных в аквакультурных условиях, чтобы получить высокое качество посадочного материала для продукции товарной рыбы.

Гормональный контроль овуляции у лососевых рыб, утвержденных быть эффективным инструментом, чтобы помочь улучшить управление маточного стада в инкубационных цехах. Тем не менее, все гормональные манипуляции в аквакультуре лососевых рыб следует рассматривать, как перспективные методы воспроизводства. Учитывая характер репродуктивной дисфункции и продолжительности сезона воспроизводства лососевых рыб гормонально контролируемое размножение у этих видов должно быть в первую очередь: 1) синхронизацией и временем зачистки в более коротких интервалах даже при менее подходящих условиях (повышенной температуре); 2) ограничение обработки и напряжения маточного стада, которые уменьшают смертность; 3) повышение эффективной работы инкубационных цехов; 4) не уменьшить количество и качество половых продуктов; 5) и, следовательно, не имеет негативное влияние на потомство. Применение гормональных препаратов должно быть хорошо обоснованным вышеупомянутыми пунктами, иначе его использование будет неэффективным.

Настоящая работа обобщает положительные результаты собственных экспериментов с гормональной индукцией овуляции у радужной форели, Американского гольца, кумжи, Европейского и Арктического хариусов и сига, пеляди. Для синхронизирования овуляции и ускорения времени латентности использовались чистые GnRHа или коммерческие препараты, содержащие GnRH, в некоторых случаях их вводили вместе с неполным адьювантом Фрейнда (FIA).

## USING OF HORMONALLY STIMULATED OVULATION IN SALMONID FISH AS A POSSIBLE HIGH EFFECTIVE TOOL OF BROODSTOCK MANAGEMENT

J. Kouril, P. Podhorec

University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Ceske- Budejovice, Czech Republic;  
South Bohemian Research Center of Aquaculture and Biodiversity of Hydrocenoses, Ceske-Budejovice, Czech Republic, e-mail: [kouril@frov.jcu.cz](mailto:kouril@frov.jcu.cz)

Salmonids fish are economically very important fish family in the world. Many species of them are a priority subject of widespread commercial aquaculture, sport and scientific research. In Europe, South and North America, the salmonid aquaculture is primarily aimed at Atlantic salmon (*Salmo salar*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Pacific salmon species (genus *Oncorhynchus*), arctic and Alpine charr (*Salvelinus alpinus/umbla*), brook charr (*Salvelinus fontinalis*), Elsässer charr (hybrid *S. alpinus* x *S. fontinalis*) and Danube huchen (*Hucho hucho*). And also some thymalid and coregonid species may be added the European grayling (*Thymallus thymallus*), and European and northern whitefish (*Coregonus lavaretus* and *C. peled*). A large increase of intensive aquaculture has been recorded during the last decades. One of the assumptions of sustainable aquacultural production is the ability of the reproduction process control of fishes reared in captivity to obtain high quality seed for successive market fish aquaculture.

The hormonal control of ovulation in salmonid fishes approved to be an effective tool to help to improve broodstock management at hatcheries. Nevertheless the whole hormonal manipulation in salmonid aquaculture has to be seen as realistic as possible. Considering the nature of reproductive dysfunction and duration of spawning season in salmonid fish, hormonally controlled reproduction in these species must be primarily dealt with: 1) synchronization and timing of stripping into as short as possible intervals even under less suitable conditions (elevated temperature); 2) limitation of handling and stress of the broodstock to a minimum to reduce the postspawning, resp. prespawning mortality; 3) enhancement of the work efficiency at hatcheries; 4) not to decrease the quality and quantity of the obtained eggs or milt; 5) and consequently not to have a negative influence on the progeny. The use of hormonal preparations must be well-founded by above mentioned counts, otherwise its utilization lacks the effectiveness.

The present work summarizes the positive results of own experiments with hormonal induction of ovulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), brook charr (*Salvelinus fontinalis*), brown trout (*Salmo trutta fario*), European and Arctic grayling (*Thymallus thymallus arcticus* and *T. thymallus*) and Northern whitefish (*Coregonus peled*). To synchronized ovulation and a shortening of the latency time were used pure GnRH $\alpha$  or commercial prepartate containing GnRH $\alpha$ , in some cases administered with Freund's incomplete adjuvant (FIA).

# GENETIC DIFFERENTIATION AND HISTORY OF *COREGONUS ALBULA* (L.) POPULATIONS IN LATVIAN LAKES

J. Oreha, N. Shkute

*Daugavpils University, Daugavpils, Latvia, e-mail: [jelena.oreha@du.lv](mailto:jelena.oreha@du.lv)*

The European vendace (*Coregonus albula* (L.)) is a widespread species in the waters of the Holarctic, however in Latvian lakes its share in the fishery is not big, and the catch is insignificant and unstable.

The artificial reproduction of vendace began in the territory of Latvia since at least 1888. At the beginning of the last century, the vendace was introduced from lakes Ladoga (Russia) and Peipus (Estonia) to more than 30 Latvian lakes. In the 30s of the last century these species was registered in about 30 Latvian lakes. Industrial catch of vendace in the 1930s reached 13 tonnes from one lake. In the period since the 1950's the vendace populations were subjected to intensive industrial fishing and this distribution of this species in Latvian lakes has diminished. Later in the 60s of the last century vendace was registered in 11 lakes. Vendace have been found only in 13 lakes after 1990 (Aleksejevs, Birzaks, 2012). So it is included in a list of specially protected species with restricted use in Latvia in 2000. Presently vendace is found in nine Latvian lakes (according to our data).

Nowadays the populations of West and East European vendace are relatively well investigated by using various morphological features and molecular genetic markers (Vuorinen, 1984; Sendek, 2002, 2011; Huuskonen et al., 2004; Schulz et al., 2006; Боровикова, 2009). Until recently the studies of the morphometric properties of the vendace populations in Latvian lakes were carried out in 1950s–1960s. Analysis of changes of morphometric properties in vendace populations in some Latvian lakes for the last 50 years was conducted in 2009 (Oreha, Shkute, 2009). The genetic polymorphism was not studied at all until 2006.

Microsatellite markers are widely used in the studies of the population structure of whitefish all over the world, although there are few similar studies on European vendace (Huuskonen et al., 2004; Schulz et al., 2006; Præbel et al., 2013). The results of our study offer data about genetic differentiation of the vendace populations in nine Latvian lakes using microsatellite markers.

The indices of genetic differentiation ( $F_{ST}$ ) among the pairs of the studied vendace populations range rather broadly (0.053 - 0.192). There is an opinion that the values of genetic differentiation ( $F_{ST}$ ) of 0.14–0.16 are typical among vendace populations in postglacial period in Northern Fennoscandia (Præbel et al., 2013). Consequently, it can be assumed that in our study, the populations, among which a rather high level of differentiation was found, mainly contain those genotypes that are characteristic to the local populations, though the high  $F_{ST}$  values could also appear as the result of rapid fluctuations of the number of the populations (i.e. the bottleneck effect, the founder effect).

The genetic differentiation of the studied vendace populations was analysed also by combining other approaches. By using the UPGMA tree and the Bayesian approach (STRUCTURE), the homogeneity of the two vendace populations was shown, but the other seven vendace populations were extracted in another cluster. The principal component analysis (PCA) confirms the separation of the studied vendace populations into two genetic groups.

The discovered level of genetic differentiation differs among the studied populations. The cause of the differences in genetic differentiation among the various populations may be the consequences of the introduction and genetic drift, which influence the allele frequencies in different ways. The genetic differentiation of the studied populations can indicate the result of the acclimatization of the imported genotype, i.e. the founder effect; the interaction of the introduced genotypes with the indigenous genotypes; the expansion of the hybrid genotypes due to the fact that during the introduction activities the vendace from Lakes Ladoga and Peipus, the ripus from Lake Ladoga and whitefish and vendace hybrids were introduced in various lakes.

Научное издание

**ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ: БИОЛОГИЯ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО**

Материалы Международной конференции  
*18-22 сентября 2017 года*  
Петрозаводск, Карелия, Россия

*Издано по решению Ученого совета  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института биологии Карельского научного центра  
Российской академии наук*

Издано в авторской редакции

Карельский научный центр РАН  
Институт биологии  
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

