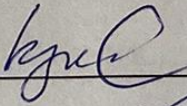


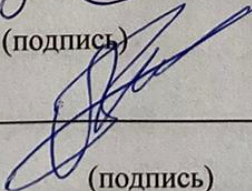


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Бакалаврская работа)

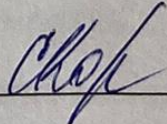
На тему «Искусственное воспроизводство ладожской палии *Salvelinus lepechini*, Gmelin, 1788, в Федеральном селекционно-генетическом центре
рыбоводства филиале ФГБУ "Главрыбвод"»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,
профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель _____  _____ Кузьмин Семен Геннадьевич
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____  _____ Шошин А.В., к.б.н., доц.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____  _____ Королькова С.В., к.т.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

« 21 » 06 2023 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалаврская работа)

На тему «Искусственное воспроизводство ладожской палии *Salvelinus lepechini*, Gmelin, 1788, в Федеральном селекционно-генетическом центре
рыбоводства филиале ФГБУ "Главрыбвод"»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,
профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель _____ Кузьмин Семен Геннадьевич
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ Шошин А.В., к.б.н., доц.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____ Королькова С.В., к.т.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2023 г.

Санкт-Петербург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА.....	6
1.1. Физико-географическое описание	6
1.2. Гидрологический режим и гидрохимические показатели	12
1.3. Биологическое разнообразие и состояние запасов ВБР.....	16
1.3.1. Ихтиофауна и её кормовая база.....	16
1.3.2. Промысел и состояние запасов ВБР	21
2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОЙ ПАЛИИ ...	25
2.1. Происхождение и систематическое положение	25
2.2. Распространение и общая биология.....	27
2.3. Жизненный цикл и размножение	31
2.3.1. Особенности нереста	31
2.3.2. Эмбриональное развитие.....	33
2.3.3. Постэмбриональное развитие	34
2.4. Современное состояние популяции	36
3. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПАЛИИ ФСГЦР ФИЛИАЛОМ ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД».....	43
3.1. Краткая история и общие сведения.....	43
3.2. Источник водоснабжения.....	47
3.3. Рыбоводное оборудование	48
3.4. Технологические процессы.....	52
3.4.1. Общие принципы технологии и календарный план работ	52
3.4.2. Содержание РМС и бонитировка	55
3.4.3. Получение и оплодотворение половых продуктов	57
3.4.4. Инкубация икры	60
3.4.5. Подращивание молоди и выпуск сеголетков	61
3.4.6. Охрана труда.....	65
3.5. Эпизоотическое состояние предприятия	66

3.6. Рыбоводные расчёты	67
3.7. Эффективность воспроизводства палии и его проблемы	73
4. РЕКОМЕНДАЦИИ	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ	104
ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственный комплекс обеспечивает важнейший вклад в социально-экономическое развитие и продовольственную безопасность Российской Федерации [60]. Одним из приоритетных направлений его развития является искусственное воспроизводство водных биоресурсов (ВБР) в целях сохранения и увеличения их численности [49]. Запасы наиболее ценных аборигенных видов рыб Северо-Запада с прошлого века находятся в депрессивном состоянии и практически не осваиваются промыслом. Ладожская палия *Salvelinus lepechini* (Gmelin, 1788) — это единственный представитель лососёвых Ладожского озера, сохранивший своё промысловое значение. Для восстановления сократившихся запасов этого вида осуществляется его искусственное воспроизводство Федеральным селекционно-генетическим центром рыбоводства филиалом ФГБУ «Главрыбвод» (ФСГЦР).

Тема работы — искусственное воспроизводство ладожской палии в ФСГЦР филиале ФГБУ «Главрыбвод».

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью поддержания и восстановления численности ладожской палии — уникального и ценнейшего представителя ихтиофауны Ладоги, в отношении которого ведётся промышленный вылов. В течение последнего десятилетия воспроизводство палии осуществляет только ФСГЦР в п. Ропша Ленинградской области.

Объект работы — ладожская палия, предмет — деятельность ФСГЦР по её искусственному воспроизводству.

Цель исследования — выявление особенностей и проблемных аспектов воспроизводства палии ФСГЦР путём проведения его комплексного анализа. Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

1. Изучить общие характеристики и текущее экологическое состояние среды обитания ладожской палии — Ладожского озера.
2. Рассмотреть особенности биологии ладожской палии и современное состояние её популяции.

3. Проанализировать деятельность ФСГЦР по воспроизводству палии, выявив её особенности и актуальные проблемы.
4. Составить рекомендации по решению проблем, обнаруженных в процессе выполнения поставленных задач.

Структура выпускной квалификационной работы включает введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы, приложение и терминологический словарь. Работа содержит 117 страниц (из них 66 страниц основного текста без таблиц и рисунков), 4 таблицы и 28 рисунков, из которых 11 вынесены в Приложение. Список использованной литературы насчитывает 100 литературных источников, из которых 11 являются иностранными.

Автор выражает признательность:

научному руководителю Шошину Александру Владимировичу, кандидату биологических наук, доценту, за грамотное руководство и важнейшие советы в ходе написания и оформления данной работы;

Попову Николаю Викторовичу, старшему преподавателю, за помощь в сборе материалов для написания работы;

Голоду Виктору Михайловичу, кандидату биологических наук, заместителю начальника ФСГЦР филиала ФГБУ «Главрыбвод» по науке, и всем сотрудникам лаборатории селекции рыб за консультации и неоценимую помощь при подготовке данной работы.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

1.1. Физико-географическое описание

Ладожское озеро расположено на северо-западе Европейской части России, в административных границах Ленинградской области и Республики Карелия. Оно является крупнейшим в Европе и вторым по величине пресным водоёмом нашей страны [36]. Как самостоятельный водный объект Ладога сформировалась примерно 10–8 тыс. лет назад после отступления валдайского покровного ледника и спуска Балтийского ледникового озера; в современной конфигурации озеро существует приблизительно 2–5 тыс. лет. Общая площадь озера равна 18326 км², площадь водного зеркала — 17765 км², наибольшая длина озера — 219 км, ширина в среднем 84 км, объём воды составляет около 847,8 км³ [6; 30]. Ладожское озеро входит в состав Балтийского бассейнового округа и Западного рыбохозяйственного бассейна [50; 59].

Ладожское озеро относится к бассейнам Балтийского моря и Атлантического океана. Собственный водосборный бассейн озера имеет площадь 282,664 тыс. км², его протяжённость в меридиональном направлении доходит до 1100 км. В отношении тектонического районирования север водосбора лежит на Балтийском щите, южная область — на Восточно-Европейской платформе. Согласно территориально-административному делению, водосбор находится в границах Республики Карелия, Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Новгородской, Псковской и Тверской областей; северо-западная часть водосбора находится в Финляндии. На основе гидро- и орографических особенностей ладожский водосбор подразделяют на комплекс вторичных — частный бассейн Ладоги, Сайма-Вуоксинский, Ильмень-Волховский и Онежско-Свирский [30]. Их положение и границы приведены на рисунке 1.

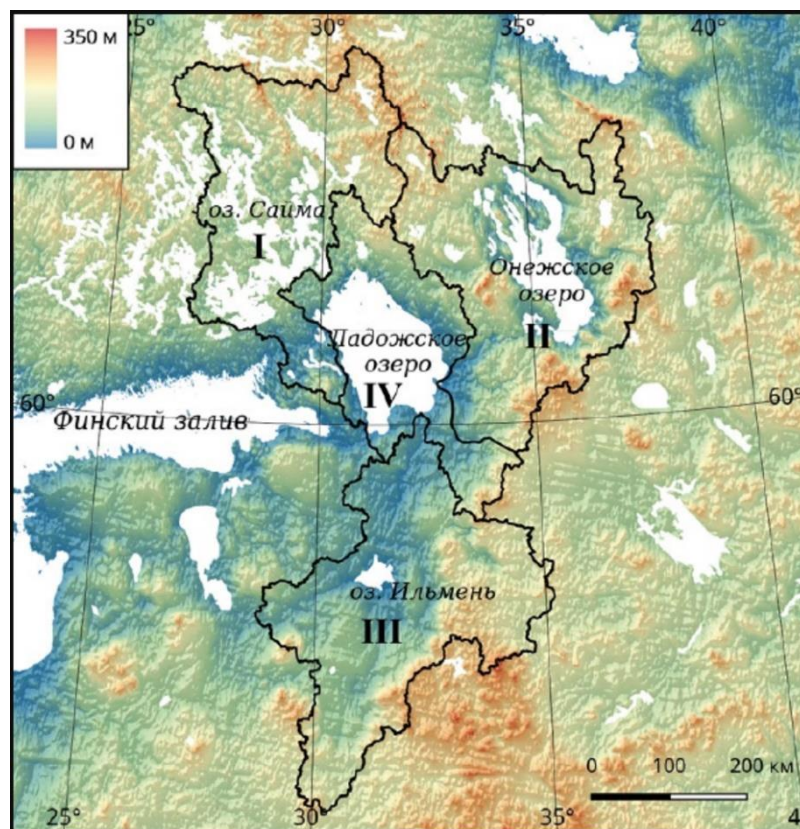


Рис. 1. Положение и границы вторичных водосборов Ладожского озера [30].

Высота ладожского водосбора над уровнем моря в основном до 100–200 м, наибольшие высоты — до 350–400 м на Западно-Карельской возвышенности; характерные формы рельефа последней — сравнительно крупные возвышенности и выступающие скалы, «бараньи лбы» [30; 39]. Большую часть бассейна занимает бореальная тайга с елово-сосновыми, на юге — смешанными лесами; почвы в основном подзолистые и дерново-подзолистые [39]. Гидрографическая сеть водосбора образована в основном Онежско-Свирским, Ильмень-Волховским и Сайма-Вуоксинским бассейнами. Общая густота речной сети составляет 0,2–0,8 км/км², наиболее крупные реки — Волхов, Вуокса, Мста, Оять, Паша, Свирь и Сясь [39; 77]. Число водоёмов на водосборе превышает 23 тысячи, наиболее крупные — оз. Онежское, Ильмень, Водлозеро, Сямозеро и др. [77]. Примерно 20% территории ладожского водосбора занимают болота.

На территории водосбора проживает около четырёх миллионов человек, плотность населения составляет вплоть до 40 чел./км² [77]. Ладожский водосбор подвержен серьёзной антропогенной нагрузке: в его границах и на прилегающих

территориях расположены крупные предприятия деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, нефтеобрабатывающей, машиностроительной промышленности, сельскохозяйственные и иные предприятия [40].

Котловина озера ледниково-тектонического генезиса, вытянута в северо-западном направлении и отличается разнообразием форм донного рельефа [30]. В акватории находится более шести сотен островов, крупнейшие — о. Риеккалансари, Тулолансари, Кильпола и Валаам [77]. Согласно лимническому районированию озера, в его акватории выделяют четыре района — прибрежный, деклинальный, профундальный и ультрапрофундальный [30]. Границы данных районов приведены на рисунке 2.

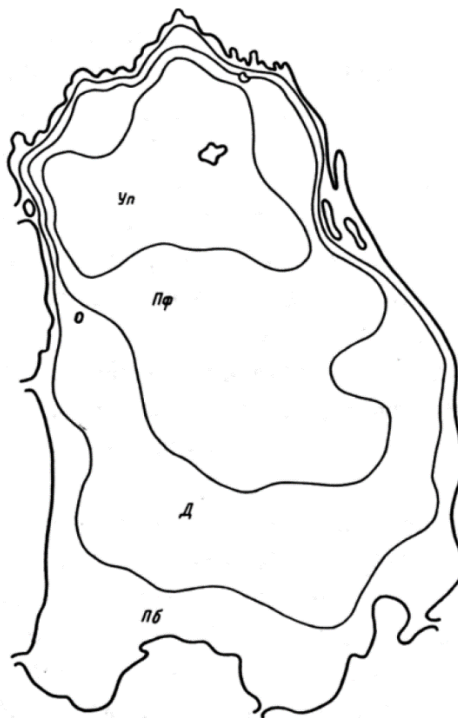


Рис. 2. Лимническое районирование Ладоги [30]. Районы: Пб — прибрежный; Д — деклинальный; Пр — профундальный; Ул — ультрапрофундальный.

Прибрежный район озера имеет глубины до 15 м, рельеф дна сравнительно выровненный, литораль хорошо выражена. В деклинальном районе рельеф приобретает полого-волнистый характер, глубины составляют 15–52 м. Профундальный район (52–89 м) представляет собой равнину со значительным количеством положительных форм рельефа. В ультрапрофундальном (89–230 м) районе расчерченность дна достигает максимума, характерно большое

количество впадин и крупных возвышенностей, подводных банок; наиболее глубокая зона располагается к западу от о. Валаам [30].

Протяжённость береговой линии озера составляет около 1,57 тыс. км, ширина береговой зоны варьирует от нескольких метров в северной части до 20 км или более на юге и востоке, её общая площадь — до 5000 км² и более (включая площадь островов). Северная часть береговой зоны относится к фиардово-шхерному типу с высокими скалистыми берегами. При продвижении на юг берега становятся преимущественно равнинными абразионно-аккумулятивного типа [30; 77].

Ладожский бассейн расположен в атлантико-арктической и атлантико-континентальной европейской областях умеренного климатического пояса. Климат умеренно тёплый с избыточным количеством осадков и мягкой зимой, формируется под влиянием преимущественно западного переноса воздушных масс, в меньшей степени — арктического воздуха. Вегетационный период длится до 175 суток, наиболее холодные месяцы — январь-февраль (среднемесячные температуры воздуха -6,5...-10,0°C), наиболее жаркий — июнь (+16,0...+18,5°C). Количество осадков может достигать 800 мм/год со значительным превышением над испаряемостью, снежный покров обладает устойчивостью 130–160 дней [39; 77].

Со второй половины XX в. на ладожском бассейне наблюдается устойчивый рост температур воздуха, наиболее выраженный в зимний период (до 7,64°C), и возрастание их изменчивости [77]. Угол наклона линейных трендов, рассчитанных для среднегодовых значений температур воздуха на метеорологических станциях Паданы (63.2700 с.ш., 33.4200 в.д., с. Паданы, Республика Карелия), Вытегра (61.0167 с.ш., 36.4500 в.д., г. Вытегра, Вологодская область), Выборг (60.7200 с.ш., 28.8000 в.д., г. Выборг, Ленинградская область) и Великие Луки (56.3500 с.ш., 30.6167 в.д., г. Великие Луки, Псковская область) за период с 1965–1976 гг. по 2010 г., составляет 3,95°C, 2,85°C, 2,15°C и 4,11°C соответственно [77].

Согласно данным Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF ERA5), в период 1991–2020 гг. превышения температур воздуха над всей территорией Ладожского бассейна по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг. составляли 1,0–1,2°C [92]. Карта аномалий температур показана на рисунке 3. Рост температур более значителен в центральной и южной частях бассейна.

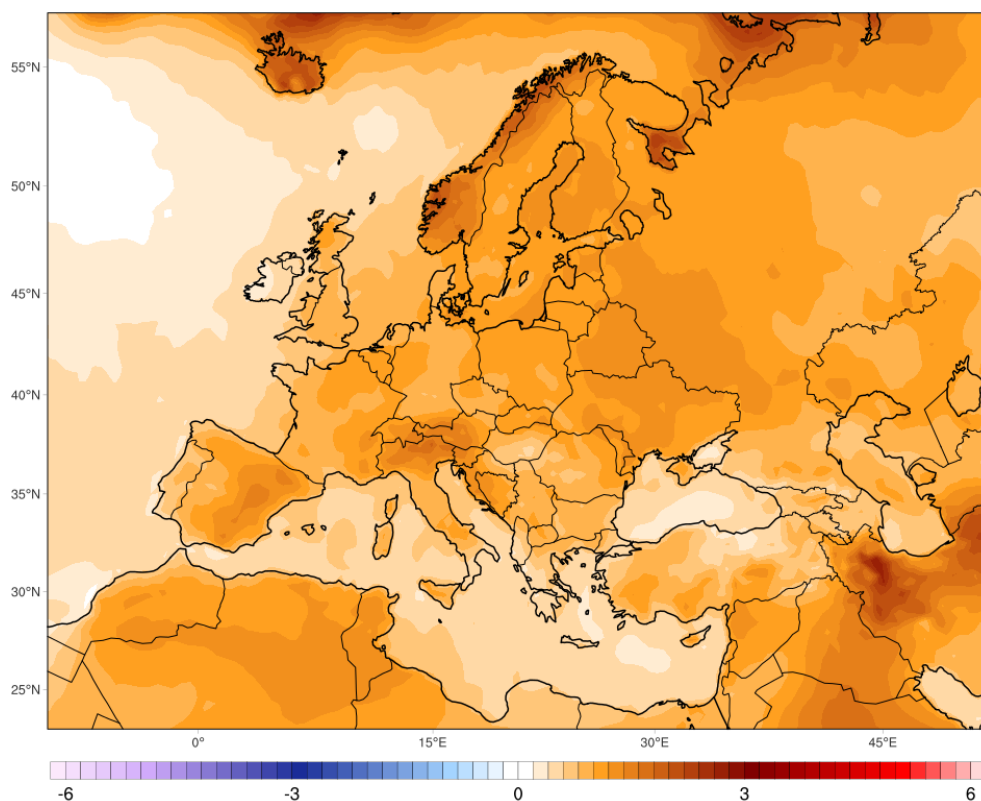


Рис. 3. Аномалии среднегодовых температур на уровне два метра в 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. на территории Европы [92].

По сравнению с периодом 1945–1980 гг. с 1979 г. отмечается положительный тренд температур воздуха над акваторией Ладоги с их скачкообразным ростом в марте, апреле, мае и июле, а также выраженным потеплением в холодный сезон. Среднемесячные температуры менее всего варьируют в начале осени. Динамика средних месячных температур за периоды 1945–1980 гг. и 1979–2018 гг. по наблюдениям на метеостанции Сортавала (61.713689 с.ш., 30.712175 в.д., Республика Карелия, г. Сортавала) приведена на рисунке 4.

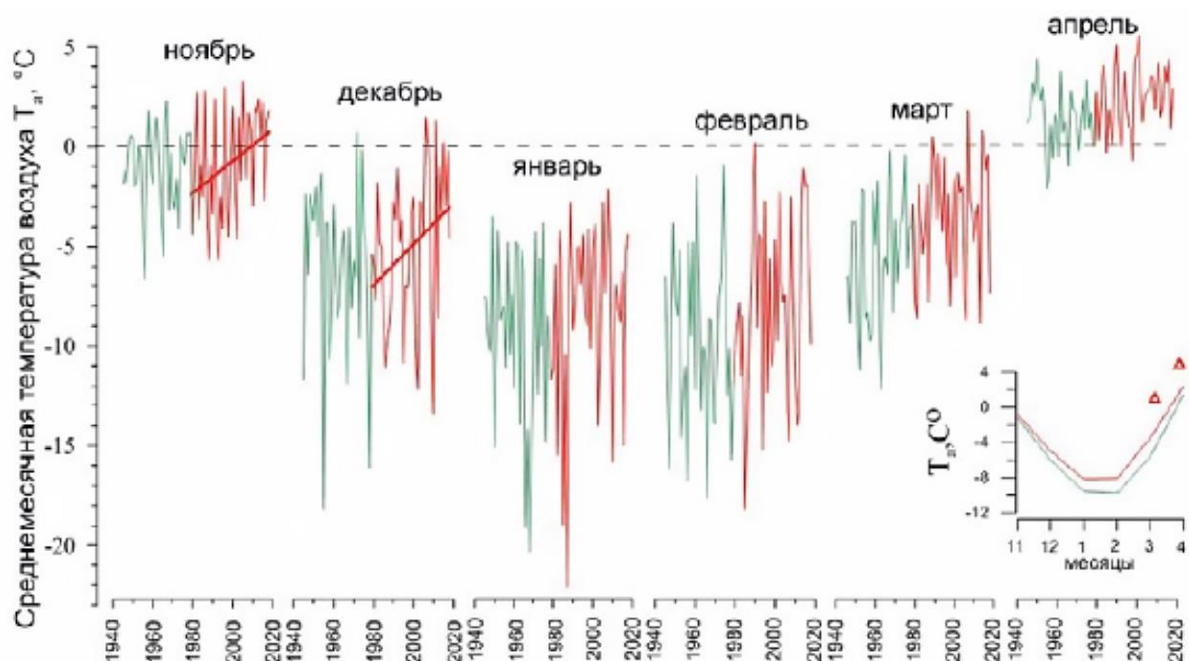


Рис. 4. Динамика и значимые тренды средних месячных температур воздуха в ноябре-апреле для периодов 1945–1980 (отмечен зелёной линией) и 1979–2018 гг. (отмечен красной линией) [77].

Вместе с ярко выраженным ростом среднегодовых температур, за последние 50 лет отмечено сокращение периода с отрицательными температурами воздуха, возрастание упругости водяного пара и рост влажности приземных слоёв, изменения в годовой динамике осадков. В силу перечисленных причин бассейн Ладоги относят к числу европейских областей с наиболее выраженным потеплением [77].

В соответствии с утверждённым в прошлом веке рыбохозяйственным районированием территорий, южная часть ладожского водосбора входит в первую зону прудового рыбоводства, где количество дней в году с температурой воздуха не ниже 15°C составляло 60–75 [55]. В силу потепления климата к середине этого века можно ожидать, что условиям первой рыбоводной зоны будет соответствовать значительная часть бассейна Ладоги. Ожидаемое смещение среднегодовых изотерм температур воздуха относительно периода 1961–1990 на Ладожском водосборе может составить до 700 км в меридиональном направлении (см. Прил. Рис. 1) [22].

1.2. Гидрологический режим и гидрохимические показатели

В Ладожское озеро впадает около 35 рек, к крупнейшим относятся р. Волхов, Свирь, Вуокса, Сясь, Оять и Паша; первые три дают большую часть притока воды в озеро. Единственная вытекающая из Ладоги река — Нева [30]. Приход и расход воды озера обеспечивается преимущественно за счёт притока и стока рек. Время, требуемое для полной смены всей водной массы озера, составляет около 10–11 лет.

Уровень воды в Ладоге подвержен коротко- и долгопериодным флуктуациям на фоне последовательного снижения примерно с конца XIX в. по естественным и антропогенным причинам; скорость снижения составляет около 3,6 мм/год. Согласно расчётам, рост уровня воды на один метр приводит к росту площади акватории на 2,5%, снижение на ту же величину вызывает сокращение площади на 2,2%. Во внутригодовой динамике наибольший уровень воды — в июне.

Внутривековые флуктуации водности имеют квазициклический характер и обусловлены глобальными климатическими циклами. Продолжительность фаз водности составляет приблизительно 30 лет для долгопериодной и 5–11 лет для короткопериодной; с 1990 г. продолжительность флуктуаций водности сократилась до 2–5 лет, что обусловлено нестабильным характером климатических условий. Согласно прогнозам, уровень продолжит падать в течение примерно 18–25 лет, после чего начнётся его повышение [77].

По классификации Хатчинсона и Леффлера Ладожское озеро является типичным димиктическим водоёмом с весенним и осенним конвективным перемешиванием [30; 94]. Термика вод различается по районам акватории в зависимости от глубин. Средняя годовая температура поверхности составляет 5,5°C, на глубинах 20–50 м — 3,1–3,8°C; температуры у дна на глубинах более 70 м варьируют в диапазоне 1,5–6°C [30]. Максимальный прогрев эпилимниона приходится на конец июля — начало августа, температуры воды близки к

таковым воздуха (в среднем около 16°C) [77]. Обычная глубина залегания термоклина — 10–17,5 м.

Весной и осенью в акватории формируются термические фронтальные зоны, подразделяющие её на области с устойчивой вертикальной стратификацией и конвективным перемешиванием. Сроки появления весенней фронтальной зоны зависят от ледовых условий и времени устойчивого перехода к положительным температурам воздуха; обычно термобар появляется в начале мая. Поверхностная граница весеннего фронтального раздела пролегает вдоль изотермы с температурой 4°C. В ходе прогрева вод фронтальная зона движется от более мелких к более глубоким водам. Продолжительность существования термобара, как правило, превышает два месяца и зависит от комплекса факторов — ледовых и ветровых условий, характеристик теплосодержания водных масс. В последние десятилетия отмечается смещение сроков появления весенней фронтальной зоны на более ранние даты, а сроков исчезновения — на более поздние [77].

Примерно с последних чисел августа воды Ладоги начинают охлаждаться, формируется квазиоднородный слой до 30–40 м толщиной, в котором идёт конвективное перемешивание вод. Осенняя фронтальная зона сравнительно слабо выражена и исчезает при достижении всей водной массой средней температуры в 2°C, обычно в декабре-январе [30].

Характер волнения в акватории Ладожского озера зависит от скорости и направления ветра. В акватории преобладают ветра юго-западного, южного и юго-восточного румбов; наибольшие скорости ветра регистрируют в ноябре, а наименьшие — с июля по август включительно. Максимальная высота волн отмечается в северной части акватории у о. Валаам, где составляет 4,5–4,6 м при скорости ветра до 15 м/с. Ветровое воздействие вызывает неперiodические сгонно-нагонные явления, денивелиция составляет от 5–10 см на севере акватории до 20 см в её южной части [30].

Сезонная структура поверхностных течений определяется характером поступления солнечной теплоты и возникающими термоградиентами. Весной

течения направлены вдоль термической фронтальной зоны. Летом, после формирования устойчивой вертикальной стратификации, направление течений определяется таковым ветра; при длительных устойчивых ветрах образуются масштабные циркуляции воды, затрагивающие всю акваторию Ладожского озера. При осеннем ослаблении стратификации направление поверхностных течений также зависит от ветра, однако формирования циркуляций не наблюдается. В целом ветровое перемешивание затрагивает верхний слой воды до глубин 20–30 м; перемешивание наиболее значительно в прибрежной зоне, где оно может достигать дна озера. Летом наблюдаются частые апвеллинги продолжительностью до нескольких суток, понижение температур поверхности может доходить до 4–9°C. Во время покрытия акватории льдом движения водных масс зависят от течений впадающих в озеро рек; также в водной толще формируется слабовыраженная циркуляция геострофической природы, которая имеет циклональный характер [30; 77].

Ледовый режим Ладожского озера имеет значительную межгодовую изменчивость. Ледовые явления обычно отмечаются с ноября по май. Ледообразование начинается с южной части акватории в конце декабря; полное покрытие льдом приходится на декабрь-февраль в зависимости от климатических условий в конкретном году. В тёплые зимы ледовый покров отличается малой толщиной и сравнительной неустойчивостью, легко разрушается под действием ветра. Разрушение льда обычно идёт с конца марта по конец мая [30]. С 1980 г. отмечается существенный рост числа зим с неполным ледоставом; при дальнейшем значительном снижении ледовитости возможен переход озера к мономиктическому типу водоёма [77].

Естественный гидрохимический режим Ладоги формируется за счёт поступления веществ с речным стоком с водосбора, гидрологических процессов в акватории и жизнедеятельности гидробионтов. Воды озера относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу по классификации О. А. Алекина, уровень минерализации вод низкий — сумма главных ионов около 55–72 мг/л [2; 77]. С прошлого века на состояние вод оказывает огромное влияние антропогенная

деятельность на водосборе; её интенсификация в 1970–1980-х гг. привела к существенному загрязнению акватории, ухудшению качества вод и их переходу от олиготрофного к мезотрофно-эвтрофному типу. Благодаря природоохранным мероприятиям, а также под влиянием экономического спада в конце прошлого века состояние озера начало улучшаться [30; 77].

Современный трофический статус озера оценивается как олиготрофно-мезотрофный с отдельными зонами эвтрофирования, чаще расположенными в местах впадения крупных рек. Концентрации общего фосфора близки к нормальным для олиготрофного водоёма и минимальны в глубоководной части озера, содержание общего азота повышенное — до 650 мкг*N/л, нитриты практически не обнаруживаются [77]. Прозрачность воды составляет 1,5–3,0 м, цветность в открытой части акватории — 24–46 градусов платино-кобальтовой шкалы, водородный показатель колеблется в диапазоне 6,8–7,8 с небольшой долговременной тенденцией к снижению.

Насыщенность воды кислородом достаточно высока и может достигать до 140%; в профундали и ультрапрофундали озера содержание кислорода составляет 87–104 и 75–118% насыщения соответственно. Значимый дефицит растворённого в воде кислорода отмечается только в заливах северной части акватории, где летом его содержание у дна может падать до 2,8 мг/л. Концентрация общего органического вещества в период 2016–2019 гг. составляла 7,5–8,3 мг*С/л в глубокой части акватории и имела тенденцию к слабому росту. Вместе с тем, доля лабильного углерода с 2012 по 2019 гг. снижалась и составляла в среднем 0,46–0,7 мг*С/л, или до 10–16% от общего органического вещества [77].

По данным исследований 2018–2020 гг., текущее экологическое состояние Ладоги оценивается как в целом благополучное. Качество вод, оценённое по численности и составу бактериопланктона, в целом является «чистым» либо «очень чистым» [77]. В целом экологическое благополучие водных экосистем выше в глубоководной части озера и ниже в прибрежной. Наибольший уровень загрязнения характерен для отдельных бухт северной части озера, мест впадения

рек Волхов, Свирь, Сясь, Бурная и Вуокса; соответствующие участки акватории озера отнесены к зонам экологического риска (см. Прил. Рис. 2).

В северном шхерном районе в пробах воды были обнаружены токсические концентрации нефтяных углеводородов и свинца; в донных отложениях этого района регистрируются высокие концентрации кадмия, свинца, меди и марганца. Вместе с тем, высокое содержание последних трёх веществ может быть объяснено высоким природным фоном. Концентрации частиц микропластика (размер частиц 0,06–5,00 мм) составляли 0,02–1,7 частиц/л в водной толще и 5–70 частиц/л в донных отложениях; концентрации были более высоки в прибрежных водах и донных отложениях южной части озера, минимальны — у о. Валаам.

1.3. Биологическое разнообразие и состояние запасов ВБР

1.3.1. Ихтиофауна и её кормовая база

Биоразнообразие экосистем Ладожского озера сформировалось за счёт криофильных видов из приледниковых водоёмов, представителей южной флоры и фауны, а также широко распространённых эврибионтных групп организмов. Общий таксономический состав флоры и фауны исторически был характерен для северных олиготрофных водоёмов. Во второй половине XX в. в Ладогу было как целенаправленно, так и непреднамеренно вселено значительное количество нетипичных для озера видов, часть из которых образовала самовоспроизводящиеся популяции и вызвала значительные перестройки водных биоценозов.

Таксономический состав фитопланктона Ладоги насчитывает около 257 видов в составе девяти отделов; наибольшим числом видов представлены зелёные (Chlorophyta), диатомовые (Bacillariophyta) и сине-зелёные (Cyanophyta). Средние значения биомассы водорослей в периоды 2000–2012 гг. и 2013–2020 гг. оценивались в 1,7 и 1,5 г/м³ соответственно, наибольшие — в

12,6 и 4,2 г/м³. Среднее и максимальное содержание хлорофилла «а» в поверхностном слое воды в 2000–2012 гг. составляли 4,8 и 22,6 мг/м³, в 2013–2019 гг. — 5,2 и 16,4 мг/м³ соответственно [77].

Весенняя вегетация фитопланктона начинается с прибрежных районов акватории, наиболее активно развиваются диатомеи — *Aulacoseira islandica* ((O.Müll.) Simonsen, 1979), *A. subarctica* ((Otto Müller) E.Y.Haworth, 1990) и другие виды. В наиболее прогретых водах высока численность золотистых (Chrysophyta) и криптофитовых (Cryptophyta) водорослей. В течение лета наибольший вклад в общую биомассу фитопланктона вносят криптофиты и сине-зелёные, в том числе представители рода *Cryptomonas*, *R. lacustris*, *Aphanizomenon flos-aquae* (Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886), *Anabaena spiroides* (Klebahn, 1895) и др. Наконец, в октябре вновь отмечается активное развитие диатомовых в прибрежной зоне озера.

В сообществах перифитона доминируют диатомеи, таксономическое разнообразие которых включает 202 вида и таксона подвидового ранга. Наибольшая численность и биомасса характерна для диатомей *Achnantheidium minutissimum* ((Kützing) Czarnecki, 1994), *Cocconeis placentula* (Ehrenberg, 1838) и *Fragilaria gracilis* (Østrup, 1910). Видовой состав и биомасса перифитона в значительной степени зависит от уровня загрязнения и эвтрофикации различных участков прибрежной зоны [77].

Интенсивность развития бактериопланктона зависит от комплекса факторов среды, в первую очередь температуры воды и концентраций легкодоступных фракций углерода. В 2008–2019 гг. общая численность бактериального планктона составляла 0,45–6,40 млн кл./мл, преимущественно кокковидных форм сапрофитов; численность чаще была наиболее высока в прибрежном районе озера и минимальна в ультрапрофундали. В целом численность бактериопланктона с начала XXI в. имела положительный тренд с некоторой стабилизацией или снижением в 2014–2019 гг., что может быть объяснено снижением концентраций лабильного углерода. Характер

распределения бактериопланктона зависит от гидрофизических параметров среды и динамики развития фитопланктона [77].

Высшая водная растительность Ладожского озера относительно слабо развита в силу неблагоприятных условий на литорали. Степень развития водных макрофитов более высока на участках прибрежной зоны, хорошо защищённых от прибоя — в первую очередь у о. Валаам и в шхерах севера акватории. Видовой состав водной флоры включает не менее 60 видов, из которых чаще встречаются тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рдест стеблеобъемлющий (*Potamogeton perfoliatus* L.) и схеноплектус озёрный (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla) [77].

Видовое разнообразие зоопланктона может насчитывать до 334 подвидовых таксонов или более. Видокомплекс литоральных вод включает 143 вида, большая часть из которых относится к типу Коловратки (Rotifera Cuvier, 1817) и надотряду Ветвистоусые (Cladocera Latreille, 1829). Биомасса зоопланктона обычно выше в сравнительно эвтрофированных водах — в Волховской губе, бухте Петрокрепость и т.д., где наибольшее развитие свойственно кладоцерам. В глубоководных районах видовое разнообразие сравнительно невелико и насчитывает до 35 видов с преобладанием в разные годы коловраток, кладоцер и копепод (Copepoda Milne-Edwards, 1840). Биомасса так же небольшая и соответствует олиготрофному статусу вод. К доминантным группам относятся коловратки, кладоцеры и копеподы, в том числе виды *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), *Conochilus hippocrepis* (Schränk, 1803), *Polyarthra dolichoptera* (Idelson, 1925), *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834), *Thermocyclops oithonoides* (G.O.Sars, 1863), *Limnocalanus macrurus* (G.O.Sars, 1863) и *Cyclops lacustris* (G.O.Sars, 1863) [77].

Сообщества макрозообентоса насчитывают не менее 118 таксонов, наибольшим числом видов представлены комары-звонцы (Chironomidae Newman, 1834), малощетинковые черви (Oligochaeta Grube, 1850), моллюски (Mollusca L., 1758) и разноногие раки (Amphipoda Latreille, 1817). К числу последних относится ряд инвазивных видов, в том числе *Gmelinoides fasciatus*

(Stebbing, 1899), *Micruropus possolskii* (Sowinsky, 1915), *Chelicorophium curvispinum* (G.O.Sars, 1895) и *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894).

Численность и биомасса малоцетинковых повсеместно высока, данная группа абсолютно доминирует на севере акватории на глубинах более 75 м. На глубинах 18–70 м наиболее многочисленны олигохеты и равноногие; среди последних высока доля реликтовых видов *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855) и *Pallaseopsis quadrispinosa* (G.O. Sars, 1867) [77]. На глубинах менее 18 м возрастает доля хирономид и моллюсков. В целом отмечался высокий уровень развития макрозообентоса в зонах с глубинами 0–70 м в 1994–2012 гг. с его последующим резким снижением в период 2013–2019 гг., что обусловлено в первую очередь флуктуациями численности реликтовых амфипод [77]. Усреднённые данные по распределению биомассы макрозообентоса приведены на рисунке 5.

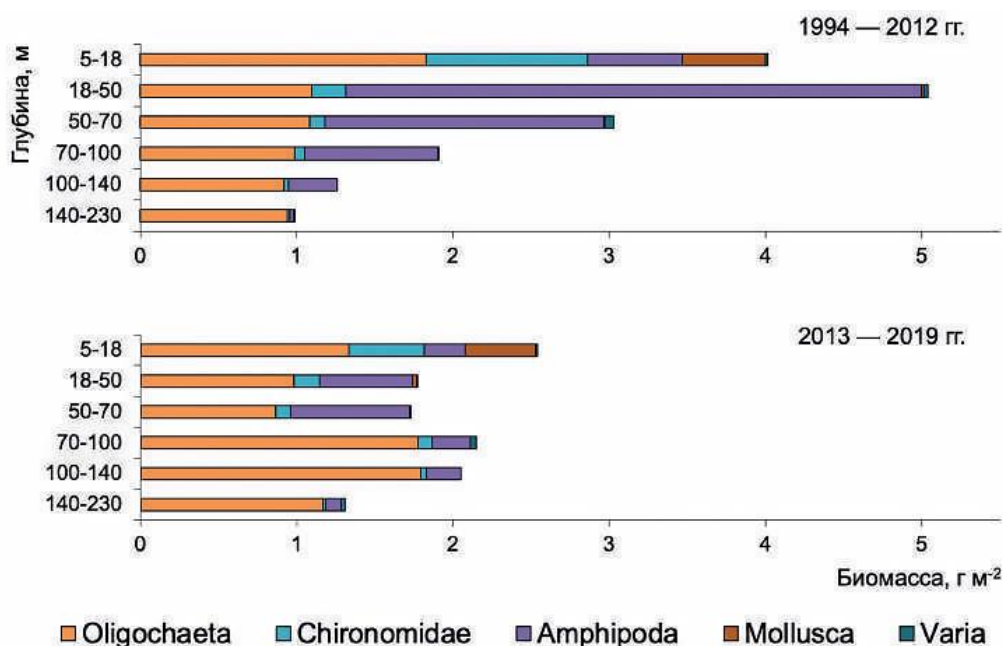


Рис. 5. Распределение биомассы основных таксономических групп макрозообентоса по глубинам в периоды 1994–2012 гг. и 2013–2019 гг. [77].

Среди амфипод важное значение имеет байкальский вид-эндемик *G. fasciatus*. Во второй половине XX в. данный вид был целенаправленно вселён в ряд озёр Карельского перешейка с целью увеличения кормовой базы промысловых видов рыб, откуда впоследствии самостоятельно проник в

Ладожское озеро [28]. Вселение данной амфиподы привело к значительным перестройкам биоценозов литорали; в настоящее время *G. fasciatus* крайне многочисленен в прибрежных водах всей Ладоги, включая Валаамский архипелаг, и является важным кормовым объектом для бентосоядных видов рыб [70].

Мейобентос включает не менее 324 таксонов рангом вида или ниже. Его распределение в высокой степени мозаично, что обусловлено разнообразием биотопических условий бентали. В границах прибрежной и деклинальной зоны биомасса мейобентоса наиболее значительна и вносит серьёзный вклад в общую биомассу зообентоса. Высокие значения численности и биомассы отмечены в районе Валаамско-Салминской островной дуги. Степень развития мейобентоса выше на песчаных и илисто-песчаных грунтах мелководной литорали, а на профундали и ультрапрофундали значительно ниже [77].

Биологическое разнообразие ихтиофауны Ладоги образовано холодолюбивыми видами из приледниковых рефугиумов и представителями относительно теплолюбивых групп организмов, мигрировавших из южных гидрологических систем по время потепления [27]. Современное видовое разнообразие включает около 42–43 видов и подвидов рыб и два вида рыбообразных в составе 14–15 семейств. Наибольшим числом видов представлено семейство Карповых (Cyprinidae) — 20 видов, далее следуют Лососёвые (Salmonidae), Окунёвые (Percidae), Вьюновые (Cobitidae) и Керчаковые (Cottidae) — по три вида в каждом семействе. В прошлом веке в акваторию озера преднамеренно либо случайно вселялось не менее восьми различных видов рыб, включая сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) популяции р. Лена, байкальского омуля (*Coregonus migratorius* Georgi, 1775) и пелядь (*C. peled* Gmelin, 1788). Данные об образовании ими самовоспроизводящихся популяций отсутствуют [77].

Большая часть видов рыб, в первую очередь карповых, относится к теплолюбивым группам по классификации В. К. Голованова [80]. Холодолюбивая группа представлена главным образом лососёвыми и сиговыми,

ладожской корюшкой (*Osmerus eperlanus eperlanus ladogensis* Berg, 1932), европейским хариусом (*Thymallus thymallus* L., 1758) и налимом (*Lota lota* L., 1758). В трофической структуре преобладают планктофаги, их доля составляет около 66% от общего числа видов [77]. Характерной чертой пространственного распределения ихтиофауны является относительная приуроченность теплолюбивых видов к прибрежному району на юге акватории и криофильных — к глубоководным областям [30].

К наиболее ценным в хозяйственно-промысловом отношении видам, отмеченным в автофтонной ладожской ихтиофауне, относятся представители семейств Осетровые (*Acipenseridae*), Лососёвые и Сиговые. Единственный вид осетровых, обитавший в Ладоге — атлантический осётр (*Acipenser sturio* L., 1758) в настоящее время считается вероятно вымершим [26]. Лососёвые представлены тремя видами — озёрным лососем (*Salmo salar morpha sebago* Girard, 1853), озёрной формой кумжи (*S. trutta* L., 1758) и ладожской палией. Из сиговых в Ладожском озере обитают сиг обыкновенный (*C. lavaretus* L., 1758) и ряпушка европейская (*C. albula* L., 1758). Обыкновенный сиг образует множество экологических форм, включая волховского (*C. lavaretus baerii* Kessler 1864) и свирского (*C. lavaretus baerii n. swirensis* Pravdin, 1931) сигов; единый подход к их систематике в настоящее время отсутствует [24; 77]. Ряпушка образует крупную форму — ладожского рипуса (*C. albula infraspecies ladogensis* Pravdin) [3].

1.3.2. Промысел и состояние запасов ВБР

В силу значительных запасов ВБР Ладожское озеро принято относить к важнейшим внутренним рыбохозяйственным водным объектам России. Промысловое значение имеет около половины всех видов рыб, в основном это представители семейств Лососёвые, Сиговые, Корюшковые (*Osmeridae*), Карповые, Окунёвые (*Percidae*), Щуковые (*Esocidae*) и Тресковые (*Gadidae*). К ценным видам ВБР отнесены лосось озёрный, сиг обыкновенный и судак [57].

Динамика общего вылова в Ладожском озере в период 1946–2016 гг. показана на рисунке 6. В истории промыслового освоения запасов можно выделить несколько периодов роста и снижения объёмов добычи ВБР. В послевоенное время уловы возрастали, достигнув в 1951 гг. 4,8 тыс. т. В силу нерационального ведения добычи (с широким применением мелкочейстых тралов, массовым выловом как неполовозрелых рыб, так и производителей на нерестилищах) запасы ВБР к концу этого периода оказались значительно подорваны, что привело к снижению уловов. Благодаря жёстким мерам по регулированию промысла к 60-м гг. популяции рыб начали восстанавливаться.

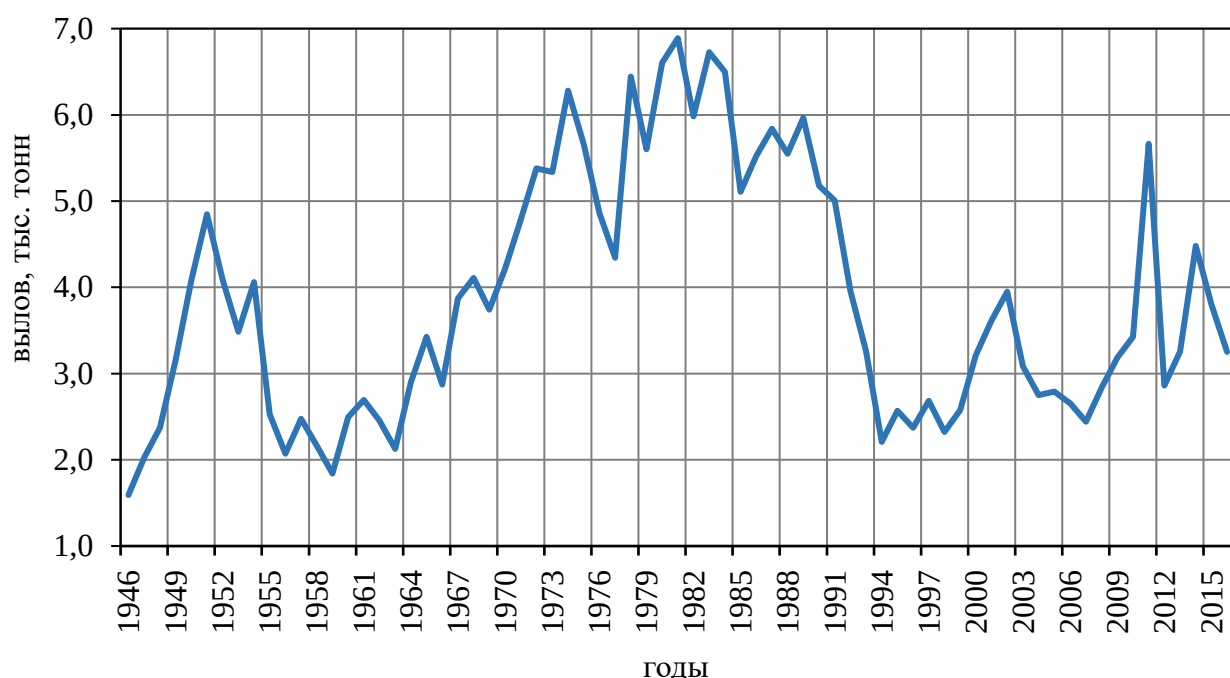


Рис. 6. Динамика общего вылова ВБР в Ладожском озере в 1946–2016 гг. [10; 11; 27; 78].

В дальнейшем уловы возрастали вплоть до 1981 г., когда были выловлены рекордные 6,9 тыс. т. Примерно с 90-х гг. вылов вновь сократился, что было обусловлено как сокращением запасов промысловых видов ВБР и ухудшением экологического состояния Ладоги, так и общим экономическим спадом в стране [27]. В XXI в. объёмы вылова находятся на исторически невысоком уровне, в среднем составляя около трёх тысяч тонн в год; исключения составляют 2011 и 2014 гг., когда было выловлено 5,7 и 4,5 тыс. т соответственно [78].

В последние годы произошло очередное снижение уловов, в первую очередь по причине недолова корюшки, обусловленного аномальными погодными условиями [77]. При этом доля корюшки в промысле по-прежнему крайне велика и составляет до половины всего объёма вылова. Общий допустимый улов устанавливается для двух видов — сига обыкновенного и судака (*Sander lucioperca* L., 1758), прогнозы вероятного вылова (ВВ) даются для 14 видов ВБР [48; 56].

Состояние запасов основных объектов современного промысла — корюшки, окуня, плотвы, леща и ряпушки можно оценить как не вызывающее серьёзных опасений [33; 77]. При этом численность большинства наиболее ценных представителей ихтиофауны, лососёвых и сига обыкновенного крайне низка ещё с прошлого века. Главными причинами истощения их запасов послужили утрата нерестилищ из-за строительства плотин, чрезмерный вылов и загрязнение вод.

В настоящее время популяция атлантического осетра считается вероятно вымершей, популяции сига находятся под угрозой исчезновения, лосось и кумжа сокращаются в численности. Ладожские популяции атлантического осетра, озёрного лосося и жилой кумжи, волховская и свирская популяции сига внесены в Красные книги Российской Федерации и Ленинградской области; первые три вида находятся и в Красной книге Республики Карелия. В Красную книгу Ленинградской области также включены ладожская паalia, жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L., 1758), сом обыкновенный (*Silurus glanis* L., 1758) и белоглазка (*Abramis sapa* Pallas, 1814) [24; 25; 26].

В число основных мероприятий по сохранению запасов ценных видов ВВБ Ладожского озера входят нормативно-правовое регулирование промысла, борьба с браконьерством и ведение искусственного воспроизводства. Последнее осуществляется ФСГЦР филиалом ФГБУ «Главрыбвод», рыболовными заводами Северо-Западного и Карельского филиалов Главрыбвода, а также рядом частных предприятий, включая ООО «Форват» [62; 65]. Также в прибрежной зоне и на архипелагах островов озера находится около 17 особо

охраняемых природных территорий (ООПТ), в границах которых осуществляется регулярный экологический мониторинг и охрана биологического разнообразия Ладоги, в том числе ВБР. В перечень ООПТ входят природный парк «Валаамский архипелаг», национальный парк «Ладожские шхеры», Нижне-Свирский заповедник и другие объекты [30; 31].

2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОЙ ПАЛИИ

2.1. Происхождение и систематическое положение

Ладожская палия является пресноводной формой арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L., 1758), относится к роду Гольцы (*Salvelinus*), семейству Лососёвые (Salmonidae), отряду Лососеобразные (Salmoniformes), классу Лучепёрые рыбы (Actinopterygii) [15; 79]. Наиболее раннее упоминание ладожской палии в научной литературе принадлежит русскому учёному-естествоиспытателю И. И. Лепёхину, который в 1780 г. опубликовал описание морфологических особенностей «пальи», в том числе окраски тела и ряда пластических признаков [32, с. 403–406]. В 1788 г. вышло 13-е издание «Systema naturae» Карла Линнея, подготовленное Иоганном Ф. Гмелиным, в которое палия была внесена как *Salmo lepechini* [90, с. 1374].

Таксономический статус палии длительное время являлся предметом дискуссий в силу крайне сложной внутривидовой структуры и высочайшего полиморфизма, характерного для видов рода *Salvelinus*. Современный подход к их систематике и филогении опирается на данные молекулярно-генетических исследований. Первым исследованием такого рода можно считать работу П. Бруннера с соавторами, которые проанализировали структуру митохондриальной ДНК (мтДНК) 83 популяций гольцов и выделили пять филогенетических групп гаплотипов [69; 93, с. 576–577].

По последним данным, таксономическое разнообразие гольцов включает четыре обособленных вида и 5–7 более молодых групп, не достигших видового уровня обособления [14]. К последним относится альпиноидная группа *S. alpinus*; на основе морфоанатомических признаков её ранее подразделяли на значительное количество видов — до 15, включая девять обитающих на территории России — палию *S. lepechini*, боганидскую *S. boganidae* (Berg, 1926) и есейскую (*S. tolmachoffi* Berg, 1926) палий, нейву (*S. neiva* Taranetz, 1933), гольцов Черского (*S. czerskii* Drajagin, 1932), Дрягина (*S. drjagini* Logashev,

1940), Таранца (*S. taranetzi* (Kaganowsky, 1955), якутского (*S. jacuticus* Borisov, 1932) и таймырского (*S. taimyricus* Michin, 1949) гольцов. Все перечисленные виды вместе с проходным арктическим гольцом рассматриваются как сложнокомплексный вид *S. alpinus* complex [3].

Результаты масштабных исследований молекулярно-генетических маркеров показали, что альпиноидная группа образована тремя-четырьмя крупными филогенетическими подгруппами — акадийской, сибирской и атлантической; последние две наиболее близки [69; 93]. В состав альпиноидной группы входят ранее выделявшиеся в видовом статусе ладожская, боганидская и есейская палии, голец Дрягина, таймырский голец и даватчан (*S. alpinus erythrinus* Georgi, 1775). Гольцы Таранца, Черского и, вероятно, нейва относятся к другой группе, не достигшей видového уровня обособленности — арктоидной [14]. Хотя палия фактически является жилой формой гольца, в настоящее время в научных источниках и нормативной документации её могут указывать как *S. alpinus* complex, *S. alpinus lepechini* и *S. lepechini*; для данной работы был избран последний вариант [4; 15; 24; 43; 86; 87].

Обособление рода *Salvelinus* от предковой группы лососёвых произошло 16–25 млн. л. н. (конец олигоцена — начало миоцена) в районе Северной Пацифики и восточной части Арктического бассейна. Активная дивергенция гольцов началась примерно 5,3 млн. л. н. и протекала в условиях глобальных климатических изменений. Обособление предковой по отношению к альпиноидным гольцам группы проходило 400–700 тыс. л. н. (Небрасский-Канзасский ледниковые периоды) в районе моря Бофорта, которое в процессе океанической регрессии превращалось в водоём с сильно опреснёнными водами, окружённый осушёнными шельфами. Окончательное обособление альпиноидной группы проходило в водоёмах Сибири во время климатического экстремума (оледенения) примерно 130–200 тыс. л. н. [14].

Во время климатических экстремумов отдельные популяции гольцов сохранялись в приледниковых рефугиумах, где проходило аллопатрическое образование новых форм. После отступления ледников они расселялись,

продвигаясь на запад по вновь сформированным гидрологическим системам, нередко смешиваясь с другими популяциями. В течение валдайского оледенения (80–11 тыс. л. н.) часть популяций альпиноидной группы сохранялась в перигляциальном озере Коми (современный бассейн р. Печоры) и позднее — в рефугиуме, который находился на территории Северного Прионежья. После дегляциации альпиноидные гольцы расселились по водным объектам Северо-Запада, включая Ладожское озеро [14].

2.2. Распространение и общая биология

Ареал альпиноидных гольцов дизъюнктивный, включает арктические и бореальные области Евразии, а также северо-восточную оконечность Северной Америки. На территории России проходной арктический голец распространён вдоль побережья Северного Ледовитого океана от западных границ страны до бассейна р. Лена включительно. Жилые формы встречаются южнее границ распространения проходной, в бассейнах р. Яна и Индигирка, а также на северо-востоке от оз. Байкал. Восточная граница ареала атлантической подгруппы проходит вдоль р. Хатанги [14; 69]. Границы ареалов филогенетических подгрупп альпиноидных гольцов показаны на рисунке 7.

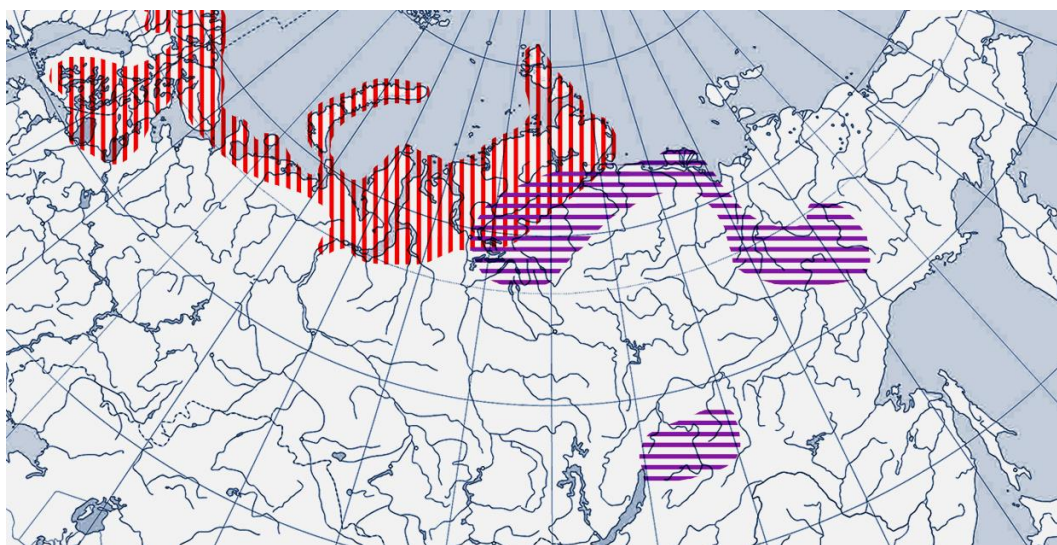


Рис. 7. Ареалы атлантической (отмечен вертикальной штриховкой) и сибирской (горизонтальная штриховка) филогенетических подгрупп альпиноидных гольцов [14; 69].

На Северо-Западе России Ладожское озеро является наиболее южной точкой распространения жилых форм гольца; популяции гольцов обитают в не менее чем 60 озёрах Республики Карелии и Кольского полуострова, включая Онежское, Топозеро, Сегозеро, Ловозеро и Имандру. Также жилые гольцы встречаются во многих озёрах Финляндии, Норвегии и Швеции, в том числе Инари, Мьёса и Сайма [3; 21; 67].

По морфоанатомическим признакам ладожская палия практически не отличается от других жилых и проходных форм арктического гольца; внешний вид последней приведён на рисунке 8. Тело ладожской палии вытянутое либо вальковатое, голова сравнительно крупная, лоб имеет выпуклую форму. Верхняя челюсть заходит за задний край глаза. Челюсти, нёбная и язычная кости, сошник покрыты некрупными зубами. У самцов присутствуют выемка на конце верхней челюсти и вырост на нижней, которые развиты слабо. Спинной и анальный плавники располагаются чуть ближе к хвосту, нежели к голове. Хвостовой стебель низкий, выемка хвостового плавника выражена слабо. У крупных особей хвостовой плавник усечённый [3].



Рис. 8. Арктический голец (фото Фредрика Бромса) [96].

Плавниковая формула ладожской палии: D III–V 9–11, A III–V 8–11, P I 10–13, V II 9–10. В боковой линии насчитывается от 114 до 160 чешуй. Количество жаберных тычинок составляет 20–30, позвонков — 62–66, пилорических

придатков — 32–52. Продолжительность жизни арктического гольца средняя и может составлять примерно до 20 лет, при этом скорость роста низкая [3].

Палия является озёрной формой, в реках практически не встречается. В крупных озёрах обычно обитает в гипolimнии на глубинах 20–150 метров, где в летний сезон температура воды равна 4–12°C, а содержание растворённого кислорода не падает ниже 80–100% насыщения [21]. Как и другие формы арктического гольца, палия — один из наиболее криофильных представителей лососёвых: конечный термопреферендум этого вида составляет 10,9–11,6°C, верхние летальные температуры равны примерно 24–26°C [98; 99].

В местах обитания палии рН чаще равен 6,6–7,6, цветность воды составляет менее 50 градусов платино-кобальтовой шкалы, прозрачность превышает 2,5 м, содержание хлорофилла «а» — менее 3–4 мг/м³, общего фосфора — менее 0,012 мг/л [21]. В Ладоге палия распространена в северной, наиболее глубоководной части озера, вдоль западного побережья встречается до залива Переменный. Места наибольшей концентрации ладожской палии показаны на рисунке 9.

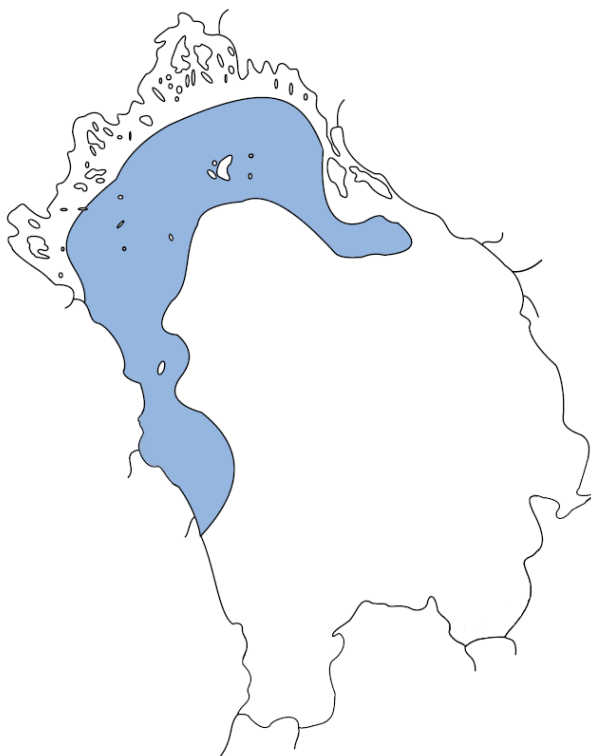


Рис. 9. Распределение ихтиомассы палии в Ладожском озере в период открытой воды (отмечено цветом) (материалы источника с изменениями) [31].

Одной из важнейших биологических особенностей альпиноидных гольцов является способность образовывать эпигенетические формы как в каждом новом поколении, так и в течение онтогенеза за счёт изменения скорости роста особей [14]. Экологические формы гольцов осваивают пищевые ресурсы различных экологических зон водоёма; такая диверсификация по ресурсным осям «пелагиаль-бенталь» позволяет снизить внутривидовую пищевую конкуренцию.

Палия Ладожского озера образует две экологические формы — пелагическую (лудожную, нериус) и профундальную (кряжевую или ямную). Пелагическая форма может достигать длины 70–75 см и веса до 9,5 кг [12]. Голова и спина окрашены в тёмные тона, бока более светлые с зеленоватым оттенком и покрыты мелкими светлыми пятнами округлой формы. Окрас брюха, горла и челюстей оранжевых тонов. Жировой плавник тёмного цвета, парные и анальный плавники, а также низ хвостового — красновато-оранжевые. Наружные лучи плавников имеют характерный молочно-белый цвет. Брачный окрас самцов более контрастный, брюхо становится ярко-красным, пятна на боках розовато-красного цвета в белой окантовке [3; 12].

Пелагическая форма обитает в деклинальном и профундальном районах озера на глубинах 30–50 м, часто держится песчаных кос — «луд». По характеру питания является пелагическим хищником-ихтиофагом; вероятно, также может употреблять в пищу бентос. В рационе важную роль играют корюшка и ряпушка [3; 21]. Палия продолжает питаться в течение зимы при относительно низких температурах [38]. Питание прекращается только при снижении температуры воды до околонулевого значения, однако палия продолжает расти в длину за счёт запасённых за время нагула питательных веществ [61].

Профундальная форма палии отличается более короткой головой, её окрас более светлый, серых тонов со слабо различимыми пятнами на боках. Предельные размеры составляют 55 см и 4,0 кг. Кряжевая палия более малочисленна, чем лудожная, держится в профундальном и ультрапрофундальном районах у подводных кряжей на глубинах до 150–170 м, по отдельным данным — до 320 м [24]. По характеру питания профундальная

форма палии является бентофагом, в спектре питания важную роль могут играть мизиды; по другим данным, эта форма является зоопланктофагом [12; 14].

2.3. Жизненный цикл и размножение

2.3.1. Особенности нереста

Размножение палии полициклическое. Это единственный представитель пресноводных лососёвых России, размножающийся в озёрах, а не мигрирующий из них на нерест в реки [12]. Самки ладожской палии впервые созревают в возрасте 6+ или более лет при средней длине тела 57,1–57,3 см и массе 2,5–2,7 кг; часть особей может созревать в возрасте 5+. Самцы могут достигать половозрелости уже в возрасте 4+ при длине тела около 46,3 см и массе 1,4 кг. Нерест особей не ежегодный, возможны его многолетние пропуски [21].

Нерест лудожной формы ладожской палии проходит осенью при охлаждении воды до температуры 11–10°C [21; 66]. Профундальная форма может нереститься как осенью, так и весной на тех же участках, что и пелагическая [12; 14]. Основные нерестилища ладожской палии расположены в северной части Ладоги у островов Валаамского архипелага, Воссинансари, Ялаянсари, Мекерикке и других, а также в прибрежной зоне на отмелях и лудах. В западной части акватории озера нерест палии проходит от залива Лехмалахти до Черёмухинского, а также на банках Суханевская и Быковская, расположенных вблизи о. Коневец [21]. Карта нерестилищ палии приведена на рисунке 10.

Нерестилища палии расположены на глубинах 0,5–10 м на незаиленных, хорошо промываемых грунтах — валунно-галечном, реже песчано-галечном. Примерно 80% производителей нерестится на глубинах 0,5–5 м при температуре воды не ниже 6°C. Абсолютная плодовитость палии составляет 2850–11960 икринок, в среднем 6893 икринки, относительная плодовитость — 1,515 икр./г [21]. По другим оценкам, значения средней абсолютной и относительной плодовитости — 4693–5243 икринок и 1300–1800 икр./кг [13].

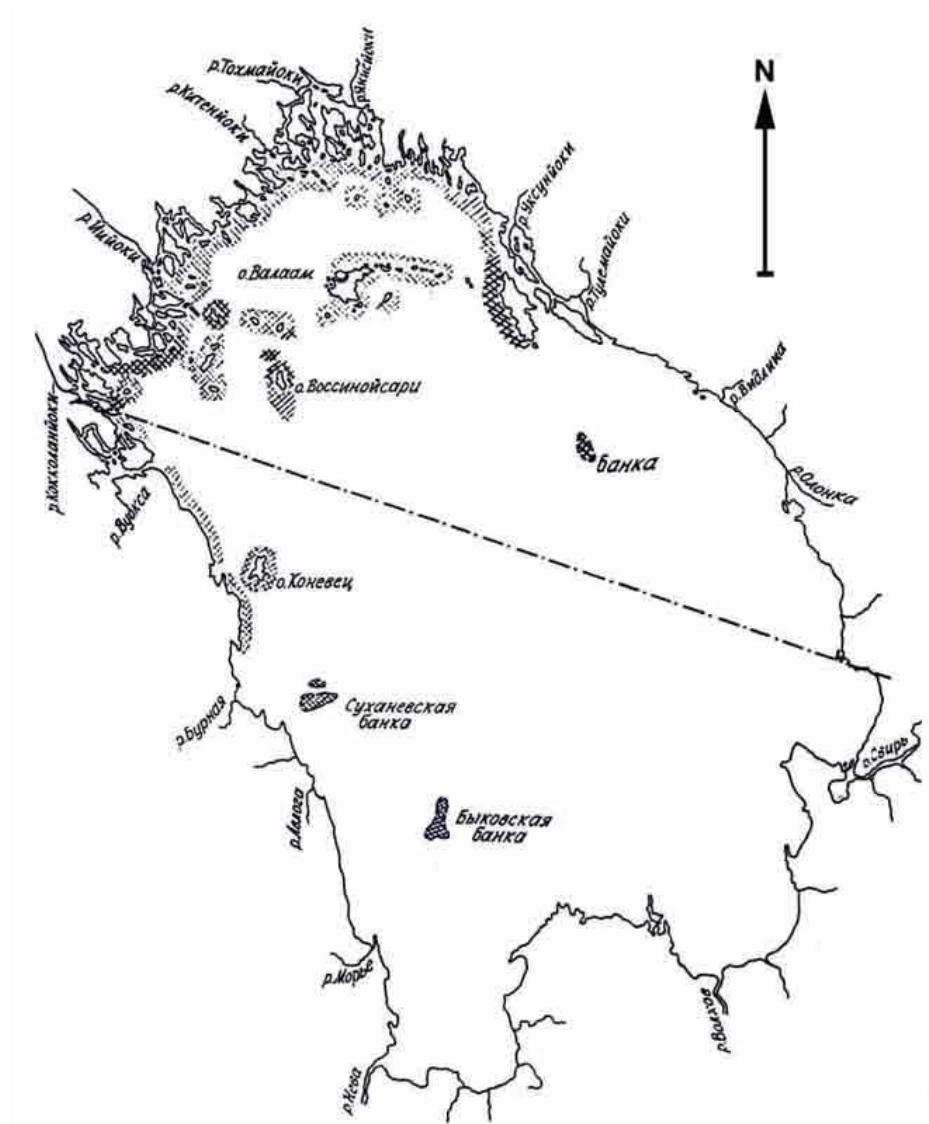


Рис. 10. Расположение нерестилищ палии (отмечены штриховкой) в Ладожском озере (пунктиром показана граница между Карельской и Ленинградской частями акватории) [21].

У многих самок икра созревает асинхронно; на начало нереста более половины из них могут быть с неполностью созревшей икрой [87]. Плодовитость и размеры яйцеклеток значительно меняются в зависимости от возраста самок: наименьший процент выживаемости характерен для потомства впервые созревших особей [18]. Самцы палии отличаются сравнительно низкими репродуктивными качествами — объём их эякулята в 4–9 раз ($1,4 \text{ см}^3$) меньше, чем у представителей семейств Благородные лососи (*Salmo*) и Тихоокеанские лососи (*Oncorhynchus*), а концентрация сперматозоидов ниже в 2,5–3 раза ($6,6 \text{ млн на } 1 \text{ мм}^3$), что может являться следствием адаптации к размножению в

водоёмах [35; 66]. Самки палии не закапывают икру в субстрат, а распределяют её между камнями, что негативно сказывается на её выживаемости [66].

2.3.2. Эмбриональное развитие

Эмбриональное развитие длится около 4–5 месяцев. Термический режим, при котором проходит развитие икры, влияет как на сроки прохождения всех стадий эмбрионального развития, так и на физиологическое состояние выклюнувшихся предличинки. Температура воды, превышающая 7°C, негативно сказывается на выживаемости эмбрионов; по другим данным, температурный диапазон нормального развития икры составляет 3–9°C [38]. При этом в естественных условиях эмбриональное развитие нередко проходит при температуре воды около 0,1–0,3°C [66].

Икра палии жёлтого цвета, неклеякая, диаметром до 4,9 мм, в среднем около 6,28 мм [66]. Её средняя масса в зависимости от возраста самки варьирует от 75–80 до 95–105 г. [38]. После завершения процесса набухания икра ладожской палии может достигать диаметра 7,1 мм; у развивающейся икры он составляет в среднем 6,28 мм. На стадии морулы бластодиск имеет минимальный диаметр и максимальную высоту; в течение бластуляции он уплощается и к началу гаструляции принимает ассиметричную форму. В одном из участков бластодиска формируется полость, которая на раннем органогенезе в ходе эпиболии обособляется от зачатка тела эмбриона и преобразуется в перибластический синус (см. Прил. Рис. 3).

В теле эмбриона появляются первые сегменты, когда бластодермой зарастает 20–35% поверхности желтка; к моменту достижения эпиболией 65–80% их становится 5–7. Желточная пробка замыкается, когда образовано 16–22 сегмента тела и сформировались слуховые капсулы. Когда число сегментов доходит до 35–39, в слуховых капсулах формируются полости, а глазные везикулы превращаются в глазные бокалы. На этом этапе под телом эмбриона

формируется зародышевый пузырь, характерный для лососёвых; в его полости образуется сердечная трубка.

Сердечная трубка начинает сокращаться, когда число сегментов тела эмбриона равно 44–50 или более (см. Прил. Рис. 4). Подвижные форменные элементы крови появляются, когда число сегментов достигает 63. Пигментация глаз начинается на ранних стадиях васкуляризации желточного мешка. Когда степень васкуляризации его поверхности достигает примерно 25%, кровь начинает поступать к желточному мешку по кишечно-желточной и печёочно-кишечной венам. Когда диаметр свободной от сосудов области под головой эмбриона достигает примерно 2 мм, на его спине появляются меланофоры. По завершении васкуляризации кровь в сосудах приобретает красный цвет, возрастает пигментация глаз, меланофоры видны на голове. По достижении эмбрионом длины 14 мм жаберные крышки целиком скрывают 2 жаберные дуги и выделяется спинной плавник. При температуре 8,9 °C на этой стадии уже заметны слабые движения жаберно-челюстного аппарата и грудных плавников; если икра развивалась при примерно 3,1°C, то движения зародыша обнаруживаются несколько позднее, перед началом выклева [66].

2.3.3. Постэмбриональное развитие

По данным исследований, если эмбриональное развитие проходило при температуре воды 3,1°C, то выклев начинается через 112 и заканчивается через 139 дней после оплодотворения икры. При температуре 6,0°C сроки начала и окончания выклева составляют 63–65 и 73–75 дней, при 8,9°C — 52 и 58 дней соответственно [38; 66]. На момент вылупления среднее количество сегментов в теле предличинки составляет 62–63, жаберная крышка закрывает четыре жаберные дуги, зачаток брюшных плавников примерно на середине длины анальной плавниковой каймы. Длина тела равна примерно 15–19 мм. Стадии развития палии после выклева из икринки показаны на рисунке 11.

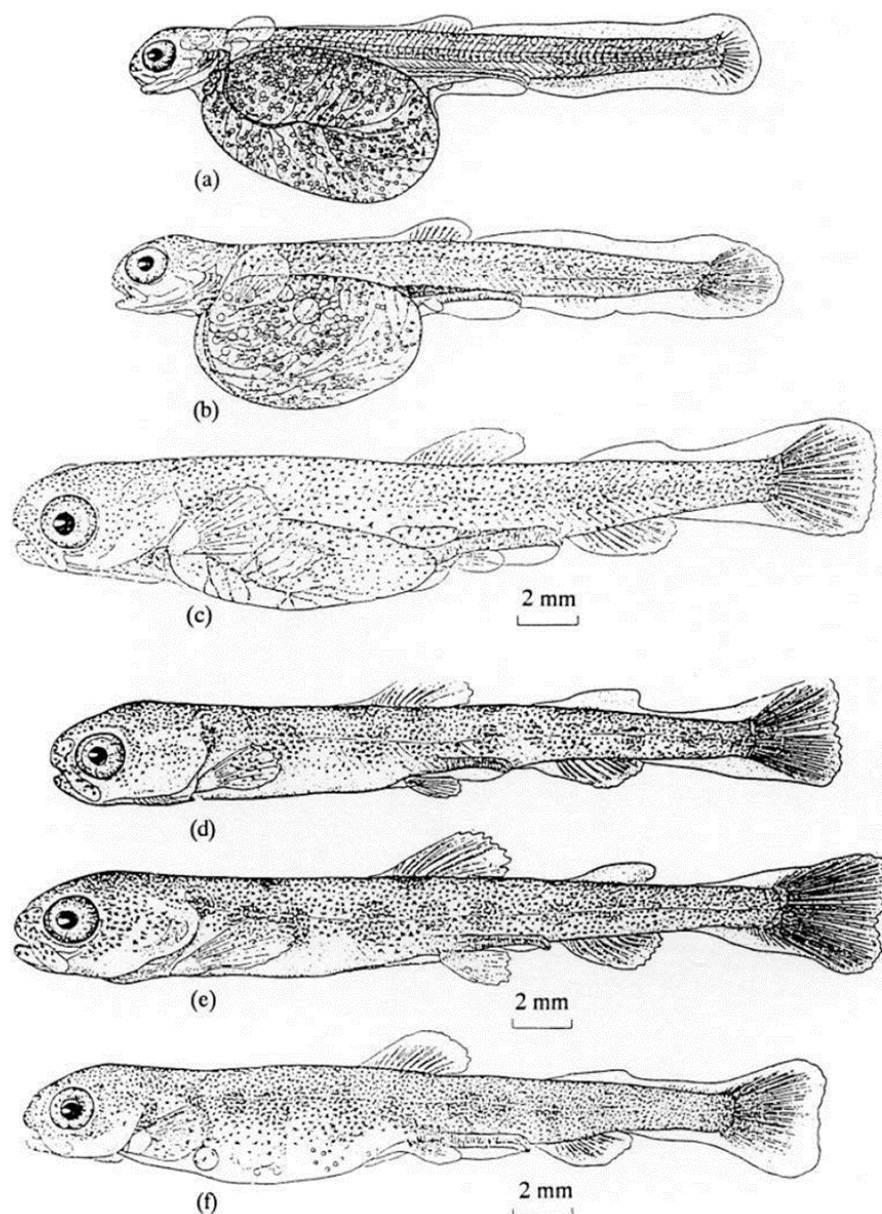


Рис. 11. Стадии развития онежской палии (а)-(е) и ладожской палии (f) после вылупления [66]. (а) — стадия выхода из хориона, длина тела 19 мм; (b) — спинной плавник полностью отделён от плавниковой каймы, длина тела 21 мм; (с) — переход к смешанному питанию, длина тела 26 мм; (d) — появление членистых лучей в спинном и анальном плавниках, длина тела 29 мм; (е) — переход на полностью внешнее питание, длина тела 31 мм; (f) — переход к смешанному питанию, длина тела 29 мм.

Выклюнувшиеся предличинки ведут неподвижный образ жизни; подвижность и отрицательный фототаксис появляются, когда резорбция желточного мешка достигает 30–35%. Если развитие икры и предличинок протекало при температуре воды около 8,0°C, то переход к смешанному питанию

начинается спустя 25 дней после выклева, при температуре 1,3°C — спустя 70 дней. В естественных условиях температуры воды несколько ниже и к началу экзогенного питания могут не превышать 1,0°C [66].

К моменту начала смешанного питания длина тела личинок может составлять 26–29 мм, они частично утрачивают отрицательный фототаксис и держатся в толще воды [66]. Личинки переходят на полностью внешнее питание, когда достигают длины более 31 мм. Личинки палии питаются организмами зоопланктона. Основу питания молоди палии составляют реликтовые ракообразные, в том числе виды *M. affinis*, *P. quadrispinosa* и *Mysis relicta* (Loven, 1862). Позднее молодь переходит на питание мелкой рыбой [21].

2.4. Современное состояние популяции

Палия — один из наиболее ценных представителей ладожской ихтиофауны, запасы которого на протяжении более 100 лет активно осваиваются промыслом. В довоенное время объёмы добычи были сравнительно высокими и могли достигать 100 т [35]. В 1934 г. вылов палии в южной части озера составил 33,7 т, а в 1938 г. в северной части акватории было выловлено 53 т [27]. После Великой Отечественной войны высокие объёмы вылова сохранялись в течение полутора десятка лет. Большую часть палии вылавливали в северной части озера, промысел имел экспедиционный характер, применялись ставные сети. Динамика вылова ладожской палии с 1946 по 2022 гг. показана на рисунке 12.

Начиная с 60-х гг., уловы палии резко снизились. Основной причиной сокращения запасов стал длительный нерациональный промысел: в силу отсутствия запретов на время нереста более половины всей рыбы добывалось во время миграции на нерестилища. После введения запретов на добычу во время нереста объёмы вылова продолжили сокращаться [35]. В результате в 1980–1990-х гг. вылов палии достиг минимальных за всё время наблюдения величин, в среднем — около 0,5 т. К этому времени до 90% палии по-прежнему добывали на нерестилищах [21].

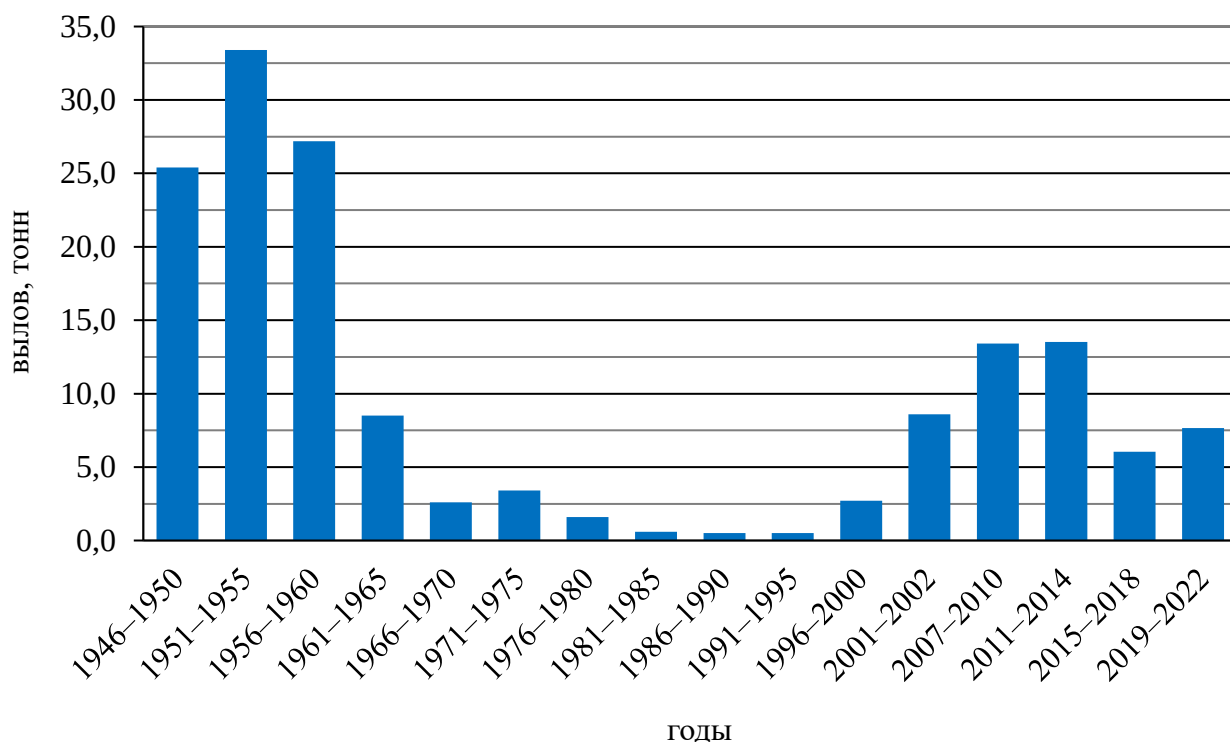


Рис. 12. Среднегодовые общие уловы ладожской палии в период 1946–2022 гг [10; 27; 78].

Работы по искусственному воспроизводству палии ведутся с XIX в. со значительными перерывами. В 1886–1939 гг. разведением палии занимались монахи Валаамского монастыря. Ежегодные объёмы выпуска составляли около 100 тыс. штук молоди, к 1939 г. — 274–380 тыс. личинок палии [21; 41]. В 1959–1960 гг. выпуски палии возобновились и суммарно составили 370 тыс. личинок. Дальнейшие работы по воспроизводству велись ФГБУ «Карелрыбвод» на Кемском рыбноводном заводе с 1980-го года. Большую часть выпусков составляли годовики, их средняя навеска за период 1984–2012 гг. равнялась 25 г. В результате этих работ к концу XX в. численность популяции палии увеличилась, отмечались более массовые заходы на нерестилища, также увеличились объёмы вылова в карельской части акватории [35].

В феврале 1999 г. икра палии в количестве 30 тыс. штук была доставлена с Кемского рыбноводного завода в ФСГЦР филиал ФГБУ «Главрыбвод». Из этой икры было заложено маточное стадо палии [18; 35]. По другим данным, оно было сформировано из икры, собранной на нерестилищах у о. Валаам [81].

В начале XXI в. численность и общий объём добычи палии продолжил возрастать, в 2011 г. достигнув рекордных для текущего столетия 16,7 т [10; 78]. По состоянию на 2005 г. численность палии оценивалась как близкая к таковой 1960-х гг. [21]. В 2013 г. Карелрыбвод прекратил работы по воспроизводству палии по причине нехватки выростных площадей [35]. С 2015 г. в связи с вхождением в структуру Росрыболовства и получением достаточного финансирования ФСГЦР филиал ФГБУ «Главрыбвод» начал масштабные работы по воспроизводству палии: среднегодовые выпуски стали превышать 200 тыс. штук сеголетков и годовиков [19; 38]. Общая динамика выпусков молоди палии Карелрыбводом и ФСГЦР показана на рисунке 13. Выпуски молоди осуществляют в рамках выполнения государственного задания и компенсационных мероприятий.

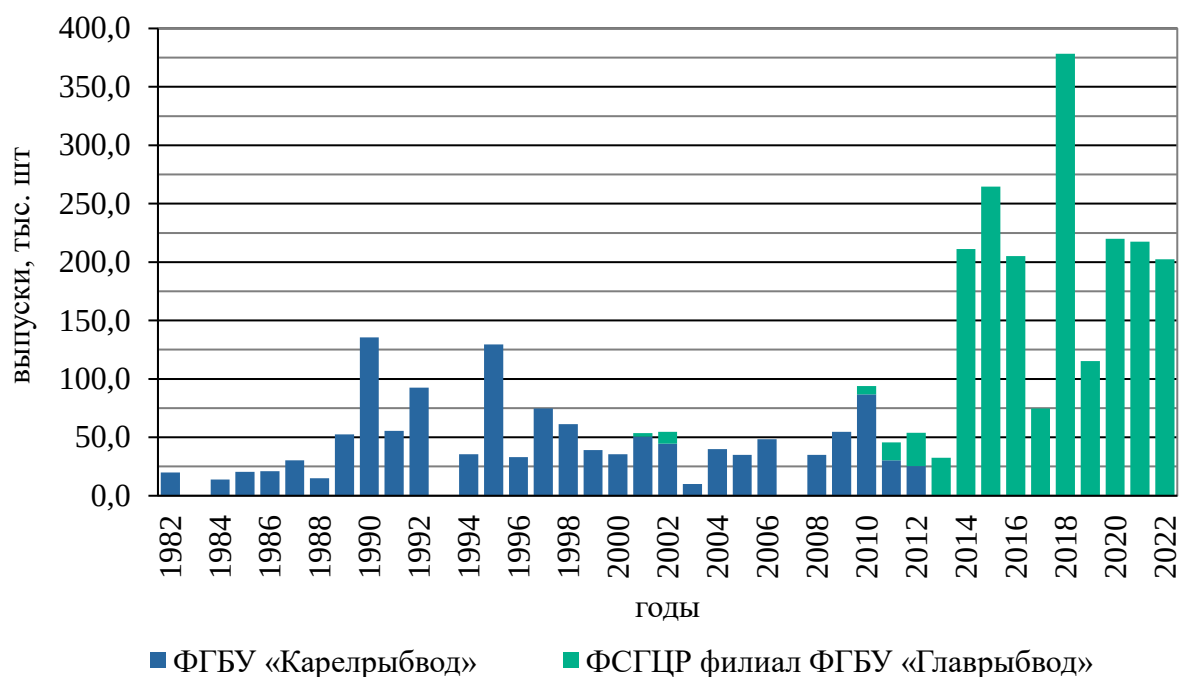


Рис. 13. Динамика выпусков палии ФГБУ «Карелрыбвод» и ФСГЦР филиалом ФГБУ «Главрыбвод» в 1982–2022 гг [9; 10; 21; 38; 63; 64; 84].

С 2015 г. объёмы промышленного вылова палии в карельской части озера резко снизились, что было в значительной степени обусловлено социально-экономическим фактором — сокращением числа пользователей ВБР,

уменьшением квот и процента их освоения. Также отмечалось негативное влияние природно-климатических условий [10; 11]. В последние годы вылов ладожской палии имеет тенденцию к росту, преимущественно в северной части акватории озера.

Основной причиной сокращения численности ладожской палии стал чрезмерный вылов производителей во время нереста. В отличие от других видов лососёвых, перекрытие рек плотинами гидроэлектростанций не нарушило условий её естественного воспроизводства, так как все нерестилища находятся в акватории озера. Палия включена в Красную книгу Ленинградской области под категорией 2 — сокращающийся в численности вид. Основным антропогенным фактором, влияющим на численность палии, является её добыча в карельской части акватории Ладоги; ущерб запасам от браконьерского промысла оценивается как значительный. В список лимитирующих факторов входят загрязнение водоёмов и утрата нерестилищ в результате хозяйственной деятельности.

В перечень мер по охране ладожской палии входят борьба с браконьерством, охрана нерестилищ и искусственное воспроизводство [24]. В целях охраны во время нерестовых миграций проводятся контрольно-надзорные мероприятия [42]. Также многие нерестилища находятся в границах ООПТ — природного парка «Валаамский архипелаг», национального парка «Ладожские шхеры» и природного заказника «Западный архипелаг».

Несмотря на нахождение в Красной книге, ладожская палия является единственным видом лососёвых Ладожского озера, промышленный вылов которого не находится под запретом [59]. Общий допустимый улов в отношении неё не устанавливается [48]. Учитывая депрессивное состояние запасов, подобное решение обусловлено скорее организационными причинами, нежели отсутствием необходимости контроля за выловом. Правилами рыболовства для ладожской палии установлена промысловая мера в 50 см, что примерно соответствует возрасту 5...5+ [21; 59]. Разрешённый размер прилова рыб с

меньшим размером (в северной части озера) составляет 5% за одну операцию по вылову либо при выгрузке.

Под запретом находится добыча палии ставными сетями с шагом ячеи менее 48 мм; тралами, неводами, ловушками с ячеей мотни (кутка, котла) менее 36 мм, приводов — менее 40 мм, крыльев — менее 44 мм. Правилами рыболовства также установлены запреты на ловлю в период с 1 сентября до 31 октября у островов северной части акватории, включая о. Воссинансари, Ялаянсари и Меккерике, а также о. Коневец. С первого сентября до периода ледостава добыча всех видов ВБР запрещена у Валаамского архипелага, за исключением таковой на рыбопромысловых участках [59]. При этом самки ладожской палии впервые созревают чаще при длине тела около 57 см или более, а сроки нереста прямо зависят от климатических условий.

Важно отметить, что фактический вылов палии может многократно превосходить учтённый официальной статистикой. Надзор за соблюдением запретов на добычу на нерестилищах оценивался как слабый; фактический вылов в 2000-х гг. с учётом любительского рыболовства может достигать 50 т в год, что многократно превосходит официальные данные [27; 35]. С целью сокрытия перелова промысловики нередко искажают данные по вылову палии и других ценных видов ВБР [10].

Главным естественным фактором, лимитирующим численность ладожской палии, является очень низкая эффективность её естественного воспроизводства. Это обусловлено невысокой плодовитостью самок и низкими репродуктивными качествами самцов, многократными пропусками нереста, низким качеством икры впервые созревших самок и, как следствие, высоким процентом гибели икры. По оценкам, эффективность искусственного воспроизводства палии значительно выше, нежели естественного [35].

Икра на нерестилищах, будучи выметанной прямо на каменистый субстрат, может массово поедаться многими видами рыб, в том числе окунем обыкновенным *Perca fluviatilis* (L., 1758), сигом и европейским хариусом [66]. Молодь палии является кормовым объектом для ряда хищных видов рыб —

окуня, судака, налима, озёрного лосося и кумжи. Вместе с тем, данные по проценту гибели молоди от хищников отсутствуют; можно предположить, что этот процент невелик. Взрослые особи в силу сравнительно крупных размеров тела могут поедаться только щукой (*Esox lucius* L., 1758). В Ладожском озере данный ихтиофаг является одним из доминирующих и встречается на глубинах до 40 м, однако основное место его обитания — литораль [27].

Значительного сокращения численности важных кормовых объектов лудожной палии — корюшки и ряпушки в последнее десятилетие не отмечалось. Резкое снижение общей биомассы макрозообентоса и реликтовых ракообразных, имевшее место в период 2013–2019 гг., могло оказать негативное влияние на выживаемость молоди палии, что, в свою очередь, могло стать одной из причин сокращения выловов в этот период.

По данным исследований 2015 г., паразитофауна ладожской палии насчитывает не менее девяти видов ленточных червей (класс Cestoda), трематод (класс Trematoda), круглых червей (тип Nematoda) и скребней (тип Acanthocephala). Наиболее велика заражённость видами *Echinorhynchus salmonis* (Müller, 1784) и *Cystidicola farionis* (Fischer, 1798), промежуточными хозяевами которых являются реликтовые амфиподы [34]. Случаи эпизоотий в ладожской популяции палии не отмечены.

Основные гидрохимические параметры глубоководной части Ладоги в настоящее время близки к естественным для олиготрофных гольцово-палийных озёр. Вместе с тем, сравнительно высокий уровень загрязнения северного шхерного района может оказывать комплексное негативное воздействие на выживаемость икры и молоди палии. Ксенобиотики представляют особую опасность тем, что способны аккумулироваться по пищевым цепям и оказывать кумулятивное токсическое действие на гидробионтов [20]. Другой потенциально опасный для палии загрязнитель — микропластик, частицы которого способны как оказывать собственное токсическое действие, так и адсорбировать поверхностью другие токсиканты [77].

Потенциальную опасность для состояния популяции палии представляют изменения климата. К настоящему времени температурный режим глубоководной части Ладоги не претерпел значительных изменений под влиянием потепления. При этом дальнейший рост среднегодовых температур воздуха, изменение их сезонного хода и снижение ледовитости озера могут оказать крайне значительное влияние на все этапы жизненного цикла палии и сроки их прохождения. В прошлом веке нерест ладожской палии проходил в сентябре-ноябре, однако в настоящее время в силу более позднего охлаждения воды до 10–11°C он сместился на ноябрь-декабрь или даже начало января. Потенциальное изменение срока выклева личинок может привести к высокому проценту гибели вследствие недостаточной кормовой базы и неблагоприятных факторов среды. Рост температур воды может привести к усилению токсического действия загрязняющих веществ на молодь палии.

Таким образом, в последнее десятилетие в число лимитирующих численность палии факторов с высокой вероятностью входят значительный уровень загрязнения акватории, прилегающей к местам нереста, и сокращение кормовой базы молоди. В силу крайне низкой эффективности естественного воспроизводства палии негативное действие подобных факторов должно быть значительным и нарастать по мере потепления.

3. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПАЛИИ ФСГЦР ФИЛИАЛОМ ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД»

3.1. Краткая история и общие сведения

ФСГЦР находится в Ломоносовском районе Ленинградской области на территории посёлка Ропша. Данный посёлок расположен в восточной части Ломоносовского района, в 49 километрах от города Санкт-Петербург на пересечении автодорог 41К-011 («Ропшинское шоссе») и 41К-015 («Красносельское шоссе»). Ропша является административным центром Ропшинского сельского поселения, численность населения которого по состоянию на 2021 год составляла 3852 человек [85]. Площадь посёлка составляет 8469 га, через его территорию протекает река Стрелка [74].

ФСГЦР был сформирован в конце прошлого века на базе экспериментально-производственной базы «Ропша». Последняя была создана в 1952 г. при Всесоюзном, а с 1958 г. — Государственном научно-исследовательском институте озёрного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ) [37]. В перечень деятельности экспериментальной базы входили разработка методов селекции, разведения и выращивания ценных объектов рыбоводства, создание кормовых рецептур, методов борьбы с заболеваниями рыб и многое иное. В 1991 г. был организован Российский селекционно-генетический центр рыбоводства, через два года изменивший название на Федеральный. Целью создания ФСГЦР являлось проведение государственной политики в области организации селекционно-племенного дела в аквакультуре, сохранение генофонда перспективных объектов рыбоводства и ценных промысловых рыб внутренних водоёмов, а также восстановление численности редких и исчезающих гидробионтов [19].

За 33 года работы ФСГЦР внёс огромный вклад в развитие рыбохозяйственной отрасли. В частности, сотрудниками центра было создано четыре карповых селекционных достижения и пять отечественных пород

радужной форели — Адлер и Адлерскую янтарную на базе Племенного форелеводческого завода «Адлер», Рофор, Росталь и Ропшинскую золотую [19; 81]. Были проведены колоссальные работы по формированию множества иных пород, ведётся всесторонняя научно-методическая и практическая поддержка рыбоводных хозяйств, включая таковую по проблемам селекции и генетики [19; 81]. Деятельность в сфере сохранения запасов ВБР включает работы по охране генофонда ценных и редких видов, создание ремонтно-маточных стад (РМС), воспроизводство популяций ценных видов и многое иное [19]. В настоящее время вся деятельность по воспроизводству сконцентрирована на восстановлении и поддержании численности ладожской палии [19].

ФСГЦР располагается в центральной части Ропши и территориально подразделяется на три участка — Фабричный, Мельничный и Кировский (см. Прил. Рис. 5). Фабричный участок находится на северном берегу Фабричного пруда, граничит со Стрельнинским шоссе с запада и с жилыми застройками с севера и востока. Данный участок включает здание администрации ФСГЦР, прямоточные бассейны для выращивания рыбы и установку замкнутого водоснабжения (УЗВ) под открытым небом. Здание, в котором располагается администрация ФСГЦР, было возведено в 1788–1794 гг. по проекту архитектора Ю. Фельтена в качестве главного корпуса Императорской бумажной фабрики. В Великую Отечественную войну здание было разрушено; позднее оно было восстановлено и в 1952 г. передано ГосНИОРХ [37].

Восточнее здания администрации находятся 24 прямоточных железобетонных бассейна. Они используются для содержания и выращивания радужной форели. Водоснабжение бассейнов идёт из Фабричного пруда, сброс сточных вод производится в речку Стрелку без их отстаивания. Севернее прямоточных бассейнов находится УЗВ с канальной системой очистки воды. Исторически это первая установка такого рода, построенная в ФСГЦР.

Мельничный участок расположен на юго-западе от Фабричного, на удалении примерно в половину километра. Данный участок окружён жилыми застройками, вдоль его восточной стороны проходит Стрельнинское шоссе. В

состав Мельничного участка ФСГЦР входят два павильона и система прудов, предназначенных для водоподготовки и отстаивания сточных вод. Павильон № 1 находится в северной части участка, павильон № 2 — в западной. Перед павильоном № 2 на открытой площадке расположены модули УЗВ. Пруды водоподготовки (Головной и Мельничный № 1) находятся в северной части Мельничного участка, пруды-отстойники (Арнольда и Мельничный № 2) — в юго-западной, рядом с шоссе. Также на участке расположен неэксплуатируемый цех, который ранее использовался для инкубации икры форели. Экспликация данных объектов приведена на рисунке 14.

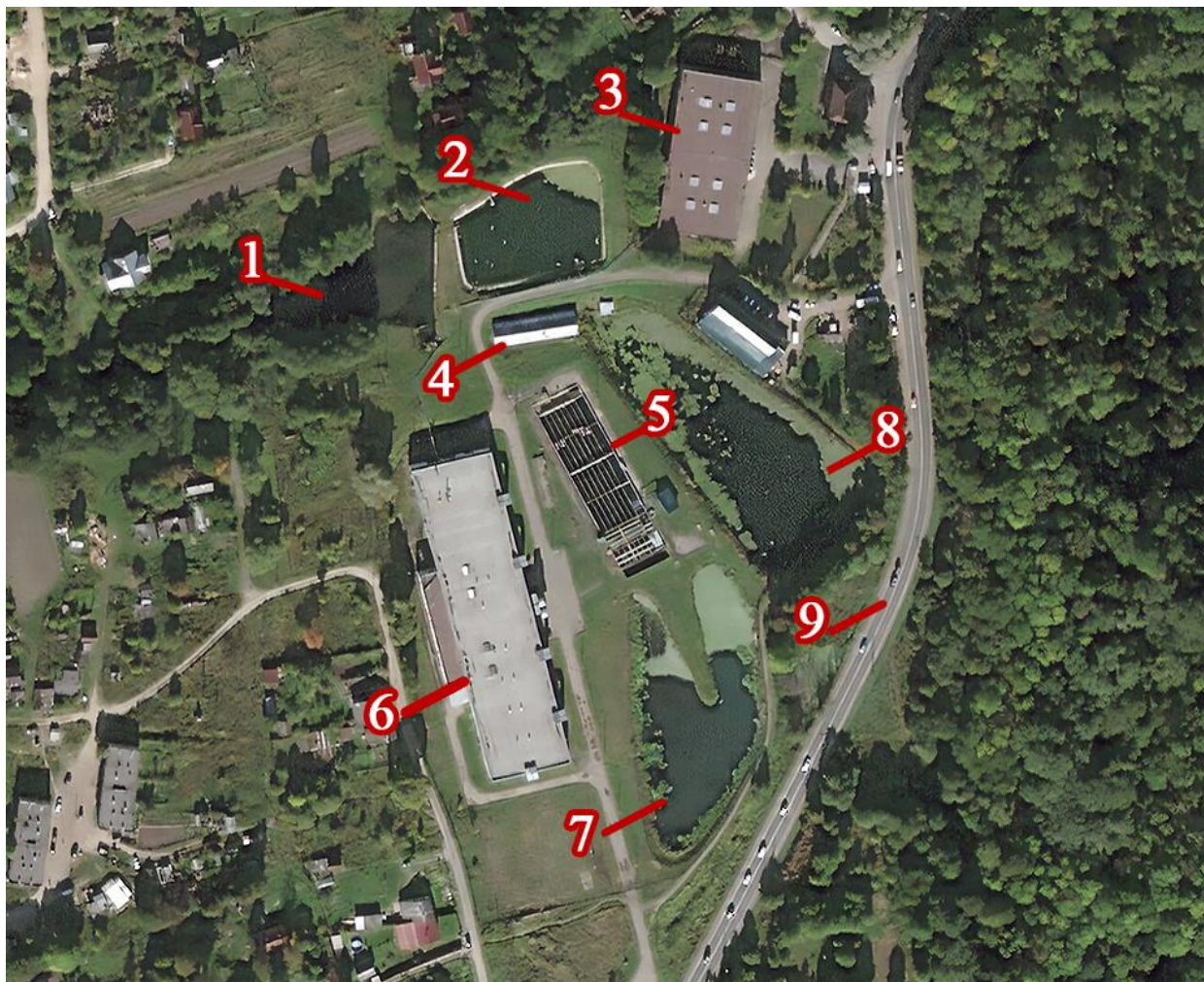


Рис. 14. Схема Мельничного участка ФСГЦР (материалы источника с изменениями) [95]. 1 — Головной пруд; 2 — Мельничный пруд № 1; 3 — Павильон № 1; 4 — старый форелевый инкубатор; 5 — внешний модуль УЗВ «датского» типа; 6 — Павильон № 2; 7 — пруд Арнольда; 8 — Мельничный пруд №2; 9 — Стрельницкое шоссе.

Площадь Головного пруда составляет около 1600 м², из него вода подаётся в павильоны как самотёком через Мельничный пруд № 1, так и посредством насосов. Мельничный участок оснащён автономной газовой котельной, с помощью которой может осуществляться нагрев воды до 16–18°C. Скорость водоподачи в котельную — 10–12 л/с [81].

Площадь павильона № 1 составляет примерно 1800 м² [43]. Павильон оборудован прямоточными бассейнами, предназначенными для содержания РМС ладожской палии. Помимо бассейнов, павильон оборудован рыбоводными бассейнами шведского типа и лотками для инкубации икры, выдерживания предличинок и подращивания личинок и молоди. Водоподача в павильон № 1 осуществляется самотёком через Мельничный пруд № 1, также по отдельной магистрали поступает нагретая вода из котельной павильона № 2. В отдельные периоды осуществляется аэрация воды.

Площадь павильона № 2 составляет около 3600 м² [43]. Внутри павильона находятся инкубатор и три модуля УЗВ датского типа, предназначенные для подращивания мальков и молоди палии и радужной форели. Перед павильоном расположен ещё один модуль УЗВ датского типа (см. Прил. Рис. 6). Техническое оснащение павильона № 2 также включает автономную газовую котельную, автоматические кормушки и иное оборудование [19]. Водоподача в павильон № 2 осуществляется с помощью насосов. При этом вода подаётся в два резервуара, в одном из которых проводится её нагрев; путём смешения нагретой и холодной получают воду требуемой температуры, которая затем поступает в модули УЗВ. Сброс использованных вод осуществляется в пруд Арнольда и затем в Мельничный № 2, где проходит их очистка.

На юго-западе от Фабричного находится Кировский прудовый участок. К западу от прудов протекает р. Стрелка, являющаяся источником их водоснабжения. Прудовое хозяйство используется в целях содержания Ропшинской породы карпа. В настоящее время эксплуатируется лишь часть прудов, включая зимовальные и нагульные.

3.2. Источник водоснабжения

Источником водоснабжения Мельничного участка служат родниковые воды Ижорского подземного месторождения. Выбор данного источника был обусловлен высокой схожестью его вод с таковыми Ладожского озера по содержанию растворённого кислорода и значению водородного показателя [38]. К северо-западу от павильона № 2 расположен родниковый источник Михайловский, воды которого поступают в Головной пруд и затем в рыбоводные павильоны. Отмечено неуклонное снижение дебита подземных источников [81].

Температура родниковой воды круглогодично составляет около 6°C [81]. Характерны высокие значения жёсткости, что обусловлено составом горных пород месторождения. В воде периодически регистрировали относительно высокое содержание углекислого газа — примерно 19,8–31,6 мг/л, что, вероятнее всего, связано с происхождением воды из подземных водоносных горизонтов [43]. В целях удаления избытка углекислого газа проводится дегазация. Также отмечают высокую устойчивость палии к повышенному содержанию углекислого газа, что может объясняться её глубоководным образом жизни [43].

Ижорская возвышенность подвержена значительному антропогенному воздействию: на её территории расположены птицефабрики, хранилища удобрений и иные хозяйственные объекты. По состоянию на 2015 г. практически по всей территории возвышенности регистрировались превышения норм предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК) по мезо- и макрокомпонентам. В частности, в источниках на территории г. Красное Село и пос. Глядино были обнаружены высокие концентрации нитратов [29].

По данным общественного мониторинга, в 2017–2020 гг. в источниках подземных вод, расположенных на территории Ропши, часто были превышены рыбохозяйственные нормы ПДК магния. В 2017 г. было отмечено более чем двукратное превышение по нитратам; данные анализов позволяют сделать предположение о часто повышенных концентрациях аммиака и аммония, нитритов и фосфатов [54; 73]. В ФСГЦР не отмечалось вспышек заболеваний

палии, вызванных загрязнением вод, что может говорить как о сравнительно высоком качестве вод Михайловского источника, так и об эффективной водоподготовке. Тем не менее, стабильно снижающееся качество воды может оказывать негативное влияние на состояние рыбы и, в конечном счёте, на её выживаемость — в первую очередь на критических стадиях развития.

3.3. Рыбоводное оборудование

РМС палии содержится в проточных бассейнах павильона № 1, которые показаны на рисунке 15. Бассейны представляют собой типовые прямоугольные каналы, снабжаемые водой по проточной системе. Бассейны расположены существенно ниже уровня пола, благодаря чему производители и ремонт палии содержатся при низкой освещённости и избегают значительного стресса. Периодически проводится аэрация воды. Такая организация содержания обеспечивает низкие температуры и максимальное насыщение воды кислородом.



Рис. 15. Проточные бассейны павильона №1. Фото из архива автора.

Для инкубации икры палии применяют горизонтальные лотковые аппараты шведского типа (марка EWOS). Горизонтальные лотки шведского типа представляют собой прямоугольные бассейны, изготовленные из стеклопластика (см. Прил. Рис 7). Длина горизонтального лотка шведского типа составляет 2,24 м, ширина 0,49 м, высота — 0,215 м, уровень воды — 0,165 м. Аппарат снабжён вертикальным уровнем стояком с верхним сливом воды. В аппарате размещают четыре инкубационных ящика размерами 0,47х0,47 м. Инкубационные ящики имеют сетчатое дно и наклонную стенку; их ёмкость составляет до 10 тыс. икринок. Поступая в аппарат, вода проходит через сетчатое дно снизу вверх и омывает икринки [83].

Модули УЗВ, расположенные в павильоне № 2, применяются для подращивания мальков и молоди палии. Эти модули были сооружены по технологиям, разработанным в Дании для форелевых хозяйств в целях снижения нагрузки на природные экосистемы. Установка канального типа имеет прямоугольную форму, все её секции выполнены из бетона и, в случае УЗВ на открытой площадке перед павильоном, погружены в грунт. Производственная линия представляет собой ряд прямоугольных рыбоводных каналов, которые могут быть разделены на 2–4 секции (см. Прил. Рис. 8) [5]. Внешний вид модуля УЗВ внутри павильона №2 показан на рисунке 16.

На вытоке из рыбоводных модулей находятся блок седиментации и биофильтры. В стандартных канальных УЗВ седиментация осуществляется при помощи рядов конических пластмассовых воронок, которые установлены в дне бассейна и внизу соединены одной трубой. Скапливающиеся на дне бассейна отходы под действием течения и силы тяжести попадают через воронки в отводную шахту, откуда затем перекачиваются в шламовую яму. Стандартные технологии канальной УЗВ позволяют удалять из воды до 60% твёрдых частиц (остатков корма, фекалий и прочего) размерами 0,1 мм и более [5].



Рис. 16. Бетонные каналы модуля УЗВ в павильоне №2. Фото из архива автора.

После очистки в блоке седиментации вода через сито проходит два блока биофильтрации. В первом блоке она осуществляется классическим способом при помощи «кипящего слоя» — подвижной загрузки с биоплёнкой. Загрузка удерживается в подвешенном состоянии за счёт аэрации. Пройдя первый этап биофильтрации, вода поступает на доочистку во второй блок, который также предназначен для седиментации твёрдых частиц [5]. Данный блок оснащён стационарным керамзитовым фильтром. Вода проходит через фильтрующий материал сверху вниз, проходя окончательную очистку.

Материал первого отсека биофильтрации относительно редко требует очистки: она может заключаться в удалении кальцевых нарастаний с поверхности загрузки. Керамзитовый фильтр в силу своей конструкции необходимо постоянно очищать от загрязнения. Из блоков седиментации и второго биофильтра ежедневно удаляется водяная смесь при помощи насоса.

После прохождения очистки вода по кружному каналу возвращается в рыбоводные каналы. Ток воды достигается с помощью аэрлифта, что возможно благодаря малому перепаду высот между бассейнами. Секция аэрлифта находится в условной верхней части УЗВ, рядом с притоком в рыбоводные модули. Аэрлифт не только обеспечивает движение воды, но также служит для удаления углекислого газа из воды и её обогащения кислородом [5].

К плюсам данного вида УЗВ относятся её сравнительная простота и надёжность. На момент проектирования и строительства подобная конструктивная схема с малым перепадом высот и использованием аэрлифта являлась эффективной в плане энергосбережения. Вместе с тем, в настоящее время разработаны помпы, которые не требуют высоких затрат электроэнергии на работу. К минусам бетонной УЗВ канального типа относится невозможность её глубокой модернизации.

Транспортировка сеголетков и годовиков ладожской палии к месту выпуска осуществляется живорыбным транспортом. Для этих целей в ФСГЦР используется специальная автомашина на шасси КАМАЗ 65115 (см. Прил. Рис. 9). Изготовленная по специальному заказу машина укомплектована четырьмя изотермическими контейнерами модели ADAPT-240 производства польской компании SDK [1; 97].

Объём каждого контейнера составляет приблизительно 2240 литров, суммарный объём всех установленных на машине контейнеров — 9000 литров. Основным материалом, из которого произведены контейнеры — ударопрочный стеклопластик. Применение в конструкции изотермических материалов обеспечивает термоизоляцию камер и длительное сохранение низкой температуры воды. Каждый контейнер оснащён расходомерами и кислородными рамками. Для перемешивания воды и создания её направленного движения установлены диффузоры. Загрузка и разгрузка контейнеров рыбой осуществляются через два люка со специально устроенными крышками. Разгрузочный люк оборудован шиберной заслонкой, благодаря чему обеспечивается плавный выпуск рыбы с водой [1; 97].

В передней части платформы автомашины установлен модуль, который предназначен для оборудования, поддерживающего жизнеобеспечение перевозимой рыбы. К таковому относятся воздушные компрессоры, баллоны с воздушной смесью, модуль управления и иное. При транспортировке молоди палии к месту выпуска ФСГЦР аэрация воды применяется чаще, нежели оксигенация; насыщения воды, обеспечиваемого аэрированием, достаточно для обеспечения высокой выживаемости рыбы.

3.4. Технологические процессы

3.4.1. Общие принципы технологии и календарный план работ

Общие принципы технологий, применяемых в ФСГЦР для искусственного воспроизводства ладожской палии, очень близки к таковым при содержании и выращивании радужной форели [38]. Это касается как рыбоводного оборудования, так и основных процессов и этапов воспроизводства. При этом существует ряд ключевых отличий, которые в первую очередь обусловлены особенностями биологии палии.

В силу эволюционной адаптации гольцов к крайне низким температурам палию содержат при диапазоне таковых примерно в 4,5–14,0°C [87]. Обеспечение достаточно высокого качества воды позволяет избегать токсикозов и повышенного отхода рыбы. Будучи глубоководным видом, палия негативно реагирует на яркое освещение, в силу чего на всех этапах выращивания содержится при затемнении и не подвергается излишнему стрессу. Также палия очень чувствительна к рыбоводным манипуляциям, в силу чего их неосторожное проведение негативно сказывается на физиологическом состоянии рыбы и повышает её отход. Последний фактор учитывается при проведении всех рыбоводных работ: в целом манипуляции стараются свести к минимуму [38]. Негативный эффект от них также снижается, если работы проводят при наиболее благоприятных для рыбы параметрах окружающей среды.

Все аспекты кормления ладожской палии на всех стадиях технологического процесса идентичны таковым для радужной форели [13]. На всех этапах жизненного цикла рыбу кормят высококачественными экструдированными кормами. Ранее использовались импортные форелевые корма датского производителя «Биомар». В настоящее время ФСГЦР применяет форелевые корма фирмы Alltech Correns. Выбор вида кормов и частоты кормления соответствует нормативам, учитывающим температуры воды и физиологические потребности рыб на каждом этапе онтогенеза [38; 100]. В частности, личинок переводят на внешнее питание при помощи стартовых форелевых кормов, РМС содержат на специальных кормах для такового. Кормление проводят вручную либо при помощи автоматических кормушек, которыми снабжены модули УЗВ павильона № 2.

Все этапы выращивания молоди палии сравнительно сильно растянуты по времени, что обусловлено генетической разнокачественностью маточного стада и высокой пластичностью палии. При этом за последнее десятилетие сроки созревания и нереста сместились на значительно более поздние даты: ранее нерест проходил в сентябре-ноябре, сейчас он приходится на ноябрь-декабрь или даже начало января. Соответственно, на более поздние сроки сдвигаются сроки инкубации икры, выдерживания предличинок и подращивания молоди.

Основной причиной данного явления служит всё более позднее охлаждение воды до нерестовых температур, обусловленное изменениями климатического режима. К настоящему времени смещение этапов может составлять более месяца, что прямо влияет на навеску и жизнестойкость выпускаемых сеголетков. Ориентировочный календарный план работ по выращиванию ладожской палии ФСГЦР приведён в таблице 1.

Таблица 1

Календарный план работ по выращиванию ладожской палии в целях искусственного воспроизводства ФСГЦР филиалом ФГБУ

«Главрыбвод»

Рыбоводные мероприятия	Месяцы (по декадам)											
	1			2			3			4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Содержание ремонтно-маточного стада (РМС)												
Отлов производителей для пополнения РМС												
Выдерживание производителей												
Получение и оплодотворение половых продуктов												
Инкубация икры												
Выдерживание предличинок												
Подращивание личинок												
Выращивание сеголетков												
Выпуск сеголетков												
Выращивание годовиков												
Выпуск годовиков												
Ремонт и обслуживание оборудования												

Примечание: штриховкой показано ориентировочное смещение сроков окончания этапов за последнее десятилетие

3.4.2. Содержание РМС и бонитировка

В РМС ладожской палии совместно содержатся представители как пелагической, так и профундальной форм. Соотношение полов составляет 1:1, что позволяет обеспечить равный вклад производителей в генетическую структуру потомства. Исходя из показателей Государственного задания на 2023 г., сейчас поголовье РМС палии может составлять примерно 6,021 тыс. штук [8]. При этом резерв самок должен равняться 100%, самцов — 50%.

Потребность в значительном запасе производителей продиктована их низкими репродуктивными качествами. В ФСГЦР самцы обычно созревают в четыре года; основная масса самок созревает в пятигодовалом возрасте — на год раньше, чем в естественных условиях, что стало возможным благодаря качественным условиям содержания [38]. Количество эякулята и качество спермы самцов обычно очень низкие. Качество икры, полученной от четырёхгодовалых самок первого созревания, сравнительно невысокое, что может исключать их использование в целях воспроизводства. В частности, икра от разных самок этого возраста значительно различается по массе, а качественное потомство с выходом эмбрионов выше 80% даёт лишь небольшая часть производителей [18]. Наиболее высокий процент выхода эмбрионов, в среднем равный примерно 70%, наблюдается у пятигодовалых самок. Семигодовалые самки сохраняют высокие племенные показатели крайне редко, в силу чего обычно подлежат выбраковке [18].

Как самки, так и самцы могут пропускать несколько нерестов подряд: нередко самки, впервые созревшие в четыре года, прекращают нереститься вплоть до момента выбраковки. При этом в неблагоприятных условиях может происходить резорбция ооцитов [13]. Согласно актуальным биотехническим показателям, разработанным в ФСГЦР, даже при предельно грамотном проведении нереста и применении анестезирующих средств отход производителей за время нереста может составлять до 30%.

РМС круглогодично содержится в прамоточных бассейнах на ключевой воде, при низкой освещённости. Температура воды составляет 6,0–14,0°C в летний период и 4,5–8,0°C в зимний, содержание растворенного в воде кислорода не снижается ниже 7 мл/л. Расход воды составляет от 10 л/мин на один килограмм массы рыбы [38; 88]. Плотность посадки производителей и ремонта — около 20–25 экз./м². Средняя масса тела четырёхгодовалых самцов и самок равна 1,5–1,7 кг. Масса пятигодовалых самок составляет 1,8–2,1 кг, самцов — 2,1–2,3 кг; для семигодовиков соответствующие показатели равны 2,5–2,8 и 2,7–2,9 кг.

Бонитировка производителей проводится во время нереста методом случайной выборки не менее чем 10% особей от их общего числа [38]. В силу более раннего созревания самцов их оценивают раньше, чем самок. Система оценки производителей включает измерение основных пластических показателей (массу тела, длину по Смиту, длину головы, наибольшие высоту и толщину тела). У самцов определяют объём эякулята, концентрацию сперматозоидов, количество подвижных сперматозоидов и продолжительность их нахождения в движении. У самок определяют рабочую и относительную плодовитость, размер и массу икринок [38].

Важным показателем репродуктивных качеств самки является степень размерно-весовой изменчивости икры: обычно она находится в обратной взаимосвязи с жизнеспособностью. Также для оценки самок может применяться индекс репродуктивности, который вычисляется как отношение произведения величины икринки и рабочей плодовитости самки к массе её тела. Данный индекс позволяет более полно оценить соотношение генеративного и пластического процессов у отдельной особи с учётом того, что часть икры могла остаться в полости тела [38].

Отбор половых продуктов из естественных популяций палии в целях пополнения РМС проводится ежегодно во время нерестового периода. Сроки начала нерестового хода палии определяют по оперативным промысловым данным. Лов ведётся в местах нереста палии у острова Воссинансари и в бухте

Владимирская. Палию добывают при помощи ставных орудий лова, которые устанавливают с промысловых транспортных лодок. С выловленных особей снимают линейно-весовые и основные меристические показатели, после чего отбирают половые продукты и проводят оценку их качества. Оплодотворение икры проводится на месте, после чего её транспортируют в Ропшу. Ежегодно до 30% особей маточного стада заменяют рыбами из ремонтной группы, полученными от «диких» производителей.

3.4.3. Получение и оплодотворение половых продуктов

Сезон созревания производителей палии в настоящее время приходится примерно на ноябрь-декабрь [87]. К началу созревания производителей переводят в стандартные рыбоводные бассейны, при этом особей содержат отдельно по полу и возрасту. Плотность посадки равна 25–30 экз./м². Кормление не проводят. В процессе созревания регулярно просматривают производителей; своевременное определение готовности самок к нересту важно в силу того, что они способны легко сбрасывать овулировавшую икру. Палия отличается высокой чувствительностью к ряду иных анестезирующих средств, к примеру, к трикаина метансульфонату (MS 222) [38]. При осмотре палии в качестве анестетика обычно применяют водный раствор гвоздичного масла концентрацией 0,15–0,2 мл/л на один литр воды [87].

При слабом давлении на брюхо созревающих самцов в области анального отверстия появляется капля спермы. У близких к зрелости самок стенки брюшной полости мягкие и западающие, при давлении на брюхо появляются икринки. Почти созревших производителей отсаживают в отдельные бассейны. Частота просмотра самок составляет раз в пять-семь суток при температуре воды 5–7°C и раз в трое суток при 9–11°C. Самок с твёрдым брюшком, не созревших к началу нереста либо пропускающих его, также отсаживают и проверяют не чаще раза в месяц [38]. При соблюдении такой частоты просмотра достигается

нормативная выживаемость производителей, которая во время кратковременного выдерживания должна составлять не менее 90% [52].

Самцы палии в основной своей массе обычно созревают раньше самок и способны многократно продуцировать сперму [38]. С увеличением возраста самцов и их размерно-весовых показателей существенно возрастает объём эякулята и концентрация сперматозоидов; наиболее высокие воспроизводительные качества свойственны самцам в возрасте семи лет [16]. Репродуктивные характеристики одновозрастных особей могут значительно варьировать.

Самки созревают группами по 10–15 особей; созревание основной части стада наступает чуть позднее появления первых особей с текучими половыми продуктами [13]. Икрометание обычно однократное. При созревании икру отбирают в день просмотра либо на следующий день [38]. У небольшой части самок икра созревает асинхронно, в силу чего часть икры может овулировать, когда как другая часть остаётся в фолликулах гонад на IV стадии зрелости. Доля таких самок в ФСГЦР чаще всего не превышает 5 % от общего числа производителей, крайне редко доходя до 10–15% [87]. Попытка отбора икры у неполностью созревших самок приведёт к травмам, в силу чего их отсаживают на дозревание [38].

В начале нереста сбор половых продуктов проводят раз в неделю, затем, по мере созревания основного стада — каждый день [13]. Производителей отлавливают из бассейнов и анестезируют, помещая их в ёмкость с раствором гвоздичного масла; время экспозиции составляет 2–3 минуты [87]. После обездвиживания половые продукты отбирают вначале у самцов, затем у самок. Сперму отцеживают в мерные стеклянные пробирки, икру собирают в эмалированные либо пластмассовые тазы; все ёмкости для половых продуктов обязательно сухие.

При отцеживании учитывается цвет и размеры икринок, цвет и консистенция спермы. Отбраковке подлежат половые продукты, которые получены с обилием полостной жидкости и кровяными включениями, а также

недозрелая или перезрелая икра. Качество спермы проверяют под микроскопом с оценкой подвижности сперматозоидов по 5-бальной шкале. Икру оплодотворяют спермой со 100% активностью сперматозоидов [13]. Сравнительно малое количество загрязнений — крови, мочи, фекалий не оказывает значительного влияния на оплодотворение и выживаемость икры [87].

Крайне нежелательным является наличие в полостной жидкости содержимого разрушенных икринок, так как содержащийся в их желтках белок коагулирует при контакте с водой и блокирует активность сперматозоидов: если было разрушено около 1% всех икринок, оплодотворяемость может снизиться до околонулевых значений [87; 88]. Для обнаружения загрязнений отцеженную полостную жидкость смешивают с водой: в случае присутствия содержимого икринок появляется белёсая мутность [88]. Чтобы загрязнённая подобным образом икра стала пригодной для дальнейшего оплодотворения и инкубации, её могут промывать раствором NaCl в концентрации 0,6% либо иным подобным; для осеменения икры вместо воды может применяться буферный раствор, к примеру, D532 [87; 88].

Согласно нормативам, средняя относительная плодовитость самок ладожской палии составляет 0,8 тыс. икринок на килограмм массы тела [52]. Значения массы тела, рабочей плодовитости и средней массы икринок в зависимости от возраста самок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Средняя масса тела самок ладожской палии, рабочая плодовитость и средняя масса икринок в период 2012–2020 гг. [38]

Возраст, год	Масса тела, кг	Рабочая плодовитость, шт. икринок	Средняя масса икринки, мг
4	1,5–1,7	1600–1900	75–80
5	2,3–2,6	2900–3600	80–90
6	2,6–3,0	3800–4200	80–90
7	3,2–3,9	4500–4700	95–105

Икру осеменяют стандартным «сухим» способом. К икре, полученной от одной самки, добавляют смесь молок от 4–5 (по другим данным — 3–9) самцов [13; 87]. Использование спермы от нескольких самцов позволяет уравнивать генетический вклад особей в поколение [38]. Средний объём эякулята у самцов в возрасте 6+ и 7+ может составлять 4,2–5,3 и 5,2–6,4 мл [16]. Для осеменения 1,0 л икры необходимо приблизительно 10 см³ спермы. После добавления молок половые продукты перемешивают, после чего вливают в ёмкость воду либо буферный раствор и перемешивают повторно; общее время перемешивания равно примерно одной минуте. После этого икру несколько раз промывают для набухания её оболочек [13]. Согласно нормативам, средний процент оплодотворения икры невелик и составляет 60%.

3.4.4. Инкубация икры

После набухания оболочек икры её размещают в инкубационных ящиках в один слой, реже в 1,5 слоя [13; 38]. Ящики устанавливают в горизонтальные лотковые аппараты. Инкубация проходит при полном затемнении лотков. В течение всего её периода ведётся постоянный контроль за температурой и качеством воды. Температура воды постоянная и составляет 5,7–6,3°C, содержание растворённого кислорода всегда выше 7 мг/л, показатель pH варьирует в пределах 6,5–7,5. В воде не содержится взвесей, её расход может составлять 30–40 л/мин на 100 тыс. икринок. Обеспечивается равномерная водоподача с целью предупреждения движений икринок, так как это резко повысит процент её гибели [38].

Продолжительность инкубации составляет 63–75 дней. Удаление погибших икринок и лечебно-профилактическая обработка дезинфицирующими растворами проводятся исключительно во время устойчивых стадий развития икры во избежание её массовой гибели. Сроки прохождения основных стадий эмбрионального развития при температуре 6,0°C приведены в таблице 3.

Хронология эмбрионального развития палии при температуре воды 6,0°C [38]

Стадия развития	Период развития, сутки
Дробление бластодиска, формирование осевой структуры эмбриона, обрастание желтка бластодермой зародыша (эпиболия)	1–19
Завершение эпиволии	19–21
Начало пигментации глаз	30–32
Полная пигментация глаз	32–34
Окончание эмбриогенеза, начало вылупления предличинки	63–65
Окончание процесса вылупления	73–75

Наиболее критичными периодами развития являются дробление бластодиска и эпиболия, начало пигментации глаз, периоды перед началом выклева личинок и в его процессе [38]. Наибольший процент гибели может приходиться на стадию органогенеза. Все рыбоводные манипуляции проводят в течение 2–3 дней после окончания обрастания желтка бластодермой и 7–10 дней после полной пигментации глаз [38]. Погибшие икринки удаляют вручную, для профилактической обработки может применяться раствор формалина в концентрации 0,25 мл/л. Процент гибели икры во время инкубации значителен и может достигать до 50; в целом выживаемость икры у различных самок варьирует в диапазоне 2–92% [52; 86].

3.4.5. Подращивание молоди и выпуск сеголетков

Выклев предличинки ладожской палии сильно растянут по времени и продолжается около 10 дней. Свободных эмбрионов выдерживают в тех же лотках, в которых проходила инкубация. После освобождения от оболочки икринки предличинка опускается на дно лотка. Искусственный субстрат не используется. Инкубационные лотки с предличинками держат закрытыми и полностью затемнёнными. Плотность посадки свободных эмбрионов во время выдерживания составляет 10–12 тыс. экз./м². Начальный расход воды — 10

л/мин, позднее повышается до 15 л/мин. Полный водообмен занимает 10–15 мин [38]. Нормативный выход предличинок за время выдерживания — 90% [52].

После подъёма на плав личинок переводят на внешнее питание стартовыми кормами с крупкой диаметром 0,4 мм. Кормление на данном этапе проводят вручную, его частота по нормативам для лососёвых рыб может составлять до 12 раз в сутки. На этапе смешанного питания температура воды составляет 8–9°C. Плотность посадки — около 10 тыс. экз./м². Проточность лотков к моменту достижения личинками средней массы 250 г равна 0,1 л/с на килограмм массы [38]. С началом внешнего питания крышки лотков отодвигают по направлению от вытока воды к входу — но не более чем до двух третей бассейна.

Активно питающихся личинок содержат в стандартных рыбоводных бассейнах павильона № 1 при плотности посадки 6–7 кг/м² (см. Прил. Рис. 10, 11). Уровень воды в бассейнах составляет около 40–50 см, температура равна 8–10°C, проточность — 0,08 л/с на один килограмм массы [38]. Нормативная выживаемость на этапе подращивания личинок — не ниже 85% [52]. По достижении молодью массы 0,5 г проводится сортировка и пересадка в бассейны УЗВ павильона № 2.

В дальнейшем молодь ладожской палии выращивают в модулях УЗВ. Обычные плотности посадки при этом составляют 3,3 тыс. шт./м². Температура воды составляет 10–12°C. Уровень воды равен 80–100 см, проточность — 0,06 л/с на килограмм массы рыбы [38]. Кормление ведётся при помощи автоматических кормушек продукционными экструдированными кормами.

Средняя масса сеголетков к моменту выпуска достигает 30–80 г. Вместе с тем в настоящее время становится всё более затруднительным доращивать молодь до подобной навески. Это обусловлено смещением сроков нереста и, соответственно, выклева личинок на более поздние даты; по этой причине к моменту выпуска молодь может не успеть набрать нужную массу тела. Если часть сеголетков не успевает дорасти до нужной навески, их продолжают доращивать и выпускают в Ладожское озеро в мае-июне следующего года.

В зимний период рыбу содержат в бассейнах наружного модуля УЗВ при температуре воды около 7°C и плотности посадки 1,1 тыс. шт./м² [81]. Нужно отметить, что палия продолжает активно питаться и расти и при более низких температурах. Годовики в среднем достигают массы 70–150 г. Нормативный выход после подращивания составляет не менее 65% для сеголетков палии и не менее 90% — для годовиков [52].

Выпуск сеголетков проводится осенью при достижении температуры воды 10°C или менее, но не ниже 6°C [61]. В летние месяцы транспортировка к месту выпуска невозможна в силу высоких температур воздуха: неизбежный перегрев воды в контейнерах приводил бы к высокому отходу молоди. Палию выпускают в западной части озера в акваторию бухты Владимирская; в первые годы работ по воспроизводству выпуск осуществлялся в бухту Моторная. Обе бухты относятся к Приозерскому району Ленинградской области, ближайший к Владимирской населённый пункт — пос. Владимировка, к бухте Моторная — пос. Моторное.

Примерно на сутки до начала перевозки рыбу прекращают кормить. Больных и ослабленных особей к перевозке не допускают. Сеголетков ладожской палии загружают в контейнеры живорыбной машины в первой половине дня. Плотность посадки сеголетков весом в 30 или более грамм в изотермический контейнер объёмом 2240 литров составляет 120–150 кг, или 4–5 тыс. штук. Доставка к месту выпуска осуществляется днём, поездка от ФСГЦР до Владимирской бухты занимает от 3–4 часов. Во время перевозки пристальное внимание уделяется температуре воды и кислородному режиму. Выпуск молоди в акваторию Владимирской бухты проводят в сумерках при слабой освещённости, что создаёт наименее стрессовые условия для палии.

Учёт выпускаемых сеголетков ведётся по Методике учёта водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные объекты рыбохозяйственного значения, утверждённой приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 07.15.2015 г. № 176 [53]. Учёт молоди проводится специально созданной комиссией, в состав которой входят специалисты ФСГЦР

и представители Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству. Результаты учёта оформляют в электронной либо письменной форме в виде специальных карточек учёта ВБР. Документ подписывают члены комиссии по выпуску и уполномоченный сотрудник ФСГЦР [23].

Для определения средней штучной навески выпускаемых сеголетков отбирают контрольную пробу с не менее чем 50 экземплярами палии. Подготовленных к выпуску сеголетков помещают в мерную тару, масса и объём воды в которой известны. Ёмкость с рыбой взвешивают, после чего рыбу в ней поштучно пересчитывают. Средняя навеска одного экземпляра в пробе вычисляется путём деления общей массы рыбы на её количество. Таким образом просчитывается не менее трёх проб. Искомый показатель средней штучной навески выпускаемой молоди находят, взяв среднее арифметическое результатов всех проб [23].

Учёт выпускаемой молоди осуществляется сплошным весовым методом. Для этого взвешивают ёмкость с известной массой и нормированным объёмом, которая заполнена молодью палии. Расчёт количества молоди проводят по следующей формуле:

$$X = \frac{((M_1 - M_T) + (M_2 - M_T) + \dots + (M_i - M_T))}{P_{\text{ср.}}},$$

где:

X — количество единиц молоди, выловленной из бассейна;

M_1, M_2, M_i — масса молоди вместе с водой и тарой по результатам соответственно первого, второго и последнего (i) взвешивания, г;

M_T — масса тары с водой, г;

$P_{\text{ср.}}$ — средняя штучная масса молоди, г.

Результаты учёта выпускаемых ВБР сплошным методом оформляют в табличной форме в виде карточки учёта водных биоресурсов.

3.4.6. Охрана труда

Сохранение жизни и здоровья работников является неотъемлемым компонентом трудовой деятельности любого рода, включая работы по искусственному воспроизводству ВБР. Аквакультура является подотраслью сельского хозяйства, нормативные требования охраны труда для которого установлены Приказом Минтруда России от 27 октября 2020 года № 746н «Об утверждении Правил по охране труда в сельском хозяйстве» [58].

В соответствии со статьёй 215 главы 35 раздела X части III Трудового кодекса Российской Федерации, к работам по искусственному воспроизводству допускаются лица, которые прошли соответствующее профессиональное обучение, медицинский осмотр, а также обязательную подготовку по охране труда. В обязанности работника входит соблюдение правил охраны труда и обучение таковым в установленном порядке [76].

Каждый работник обязан правильно использовать производственное оборудование и инструменты, следить за их исправностью в пределах выполнения своей трудовой функции, правильно использовать средства защиты. В случае обнаружения неисправностей оборудования работник обязан прекратить их использование и уведомить о поломке своего руководителя. Работники обязаны уведомлять руководство об угрозах жизни и здоровью других людей, несчастных случаях на производстве, об ухудшении состояния своего здоровья, а также о нарушениях трудового законодательства [76].

В свою очередь, работодатель обязан обеспечить соответствие производства правилам охраны труда. В перечень обязанностей работодателя входит в том числе обеспечение безопасной эксплуатации и соответствие нормативным требованиям всех аспектов производства, обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций и социальное страхование от несчастных случаев на производстве [76].

3.5. Эпизоотическое состояние предприятия

Случаи эпизоотий имели место лишь в начале работ ФСГЦР по воспроизводству ладожской палии, когда только формировалась и отрабатывалась биотехника содержания. В частности, у сеголетков палии в летний сезон была обнаружена вспышка бактериальной жаберной болезни, вызванной возбудителями *Flavobacterium branchiophila* и *F. psychrophilum*. Заболевание было обнаружено практически у 100% рыб, смертность составляла 30% [43]. Из числа эктопаразитарных заболеваний был отмечен только ихтиофтириоз, вызываемый ресничной инфузорией *Ichthyophthirius multifiliis* (Fouquet, 1876). Возбудитель заболевания был занесён с заражёнными особями колюшки (семейство *Gasterosteidae*), которая активно развивалась в прудах Фабричного участка и попадала в рыбоводные бассейны по системе водоподачи. Степень заражения составляла до 75% сеголетков и 60% особей ремонта.

Вероятно, на развитие ихтиофтириоза повлияло ухудшение физиологического состояния рыбы, вызванное несвоевременной пересадкой палии при повышении температуры воды. Экстенсивность инвазии у особей, пересадка которых не проводилась, составляла около 20%. Помимо заразных заболеваний, в случае содержания при излишне интенсивном освещении и высоких температурах у палии выявляли массовое развитие катаракты [43].

Основной причиной вспышек заболеваний ладожской палии являлось ослабление иммунитета и ухудшение здоровья, вызванные несоответствующими условиями содержания: высокими температурами, ярким освещением, травмами и стрессом на фоне проведения рыбоводных манипуляций. Мерами профилактики заболеваний являются строгое соблюдение биотехники воспроизводства, контроль за состоянием рыб и качеством воды, недопущение попадания загрязняющих веществ и возбудителей заболеваний, дезинфекция рыбоводного оборудования и инвентаря.

В последние годы, когда биотехника содержания и выращивания ладожской палии отработана и усовершенствована, эпизоотическое состояние

ФСГЦР является стабильно благополучным — вспышки заболеваний практически исключены. Контроль за эпизоотическим состоянием на предприятии ведётся штатными специалистами-ихтиопатологами.

3.6. Рыбоводные расчёты

Для восстановления численности популяции ладожской палии необходим ежегодный выпуск примерно 500 тыс. штук молоди [38]. Для расчёта количества производителей, требуемых для выращивания данного количества сеголетков, используется метод обратного счёта с использованием биотехнических показателей [23]. Правила расчёта регламентированы пунктами 6–11 Методики расчёта объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (Методика), которая утверждена приказом Федерального агентства по рыболовству от 30 января 2015 г. № 25 [52].

В соответствии с этапами выращивания молоди палии в Ленинградской области Методикой установлены следующие показатели выживаемости:

- 1) средний процент оплодотворения икры — 60%;
- 2) выживаемость на этапе инкубации икры — 50%;
- 3) на этапе выдерживания предличинок — 90%;
- 4) на этапе подращивания личинок — 85%;
- 5) выживаемость сеголетков после подращивания — 65% [52].

Количество икры, необходимой для проведения оплодотворения, рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{икры}} = K \left(\frac{1000000 \times 100^i}{S_{\text{трансп}} \times S_{\text{выращ}} \dots \times S_i} \right),$$

где:

$N_{\text{икры}}$ — количество икры, шт.;

K — планируемый объем выпуска сеголетков, млн. шт.;

i — количество этапов выращивания посадочного материала до выпуска;

S_i — выживаемость посадочного материала на i -том этапе выращивания, %;

$S_{\text{трансп}}$ — выживаемость сеголетков при транспортировке к месту выпуска, %;

$S_{\text{выращ}}$ — выживаемость молоди на этапе выращивания, %;

1000000 — множитель для приведения количества к 1 млн. шт. посадочного материала;

100^i — множитель для перевода процентов в десятичные доли, возведённый в степень, соответствующую количеству этапов выращивания посадочного материала до выпуска.

$$N_{\text{икры палии}} = 0,5 \left(\frac{1000000 \times 100^5}{60 \times 50 \times 90 \times 85 \times 65} \right) = 3351768 \text{ шт. икринок}$$

Таким образом, для выращивания 0,5 млн. сеголетков палии необходимо 3351768 шт. икринок. Общая масса самок, требуемых для их получения, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\text{самок}} = \frac{N_{\text{икры}}}{R},$$

где:

$M_{\text{самок}}$ — общая масса самок, кг;

$N_{\text{икры}}$ — количество икры, шт.;

R — средняя относительная плодовитость самки, икринок на килограмм.

Средняя относительная плодовитость самок палии составляет 0,8 тыс. шт. икринок на килограмм массы тела. Соответственно:

$$M_{\text{самок}} = \frac{3351768}{800} = 4189,71 \text{ кг}$$

Исходя из найденного значения массы самок, их количество рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{самок}} = \frac{M_{\text{самок}}}{m_{\text{ср.самки}}},$$

где:

$N_{\text{самок}}$ — количество самок, экз.;

$M_{\text{самок}}$ — общая масса самок, кг;

$m_{\text{ср. самки}}$ — средняя масса одной самки, кг.

Согласно материалам Методики, средняя масса самок-производителей палии составляет 2,4 кг.

$$N_{\text{самок}} = \frac{4189,71}{2,4} = 1746 \text{ экз. самок}$$

Для подсчёта полного требуемого количества самок с учётом потерь на отдельных этапах рыбоводного процесса используется следующая формула:

$$N_{\text{полное самок}} = \frac{N_{\text{самок}} \times 100^i}{S_{\text{трансп}} \times S_{\text{кратк.выдерж}} \dots \times S_i},$$

где:

$N_{\text{полное самок}}$ — полное количество самок, требуемое для получения заданного количества икры, с учётом вероятных потерь на всех этапах работы с производителями, экз.;

$N_{\text{самок}}$ — количество самок, экз.;

i — количество этапов работы с производителями;

S_i — выживаемость самок на i -том этапе работы с производителями, %;

$S_{\text{трансп}}$ — выживаемость самок во время транспортировки, %;

$S_{\text{кратк.выдерж}}$ — выживаемость самок на этапе кратковременного выдерживания, %.

Методика устанавливает норматив выживаемости производителей палии только для этапа кратковременного выдерживания, который равен 90%.

$$N_{\text{полное самок}} = \frac{1746 \times 100}{90} = 1940 \text{ экз. самок}$$

Общая масса самок палии, требуемых для получения 3,35 млн. шт. икринок и с учётом потерь на этапе кратковременного выдерживания, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{полное самок}} = N_{\text{полное самок}} \times m_{\text{ср.самки}} ,$$

где:

$M_{\text{полное самок}}$ — полная масса самок, требуемых для получения заданного количества икры, с учётом вероятных потерь на всех этапах работы с производителями, кг;

$N_{\text{полное самок}}$ — полное количество самок, требуемое для получения заданного количества икры, с учётом вероятных потерь на всех этапах работы с производителями, экз.;

$m_{\text{ср. самки}}$ — средняя масса одной самки, кг.

Соответственно:

$$M_{\text{полное самок}} = 1940 \times 2,4 = 4656 \text{ кг}$$

Соотношение самок и самцов при получении половых продуктов равняется 1:1. Следовательно, количество самцов составляет 1940 экземпляров. Подсчёт общей массы самцов ладожской палии, требуемых для оплодотворения заданного количества икры, проводится по следующей формуле:

$$M_{\text{полное самцов}} = N_{\text{самцов}} \times m_{\text{ср.самца}} ,$$

где:

$M_{\text{полное самцов}}$ — полная масса самцов, требуемых для оплодотворения заданного количества икры, кг;

$N_{\text{самцов}}$ — количество самцов, экз.;

$m_{\text{ср. самца}}$ — средняя масса одного самца, кг.

Средняя масса одного самца-производителя палии для Ленинградской области равна 2,6 кг. Соответственно:

$$M_{\text{полное самцов}} = 1940 \times 2,6 = 5044 \text{ кг}$$

Таким образом, согласно биотехническим нормативам Методики, для обеспечения выращивания и выпуска 0,5 млн. сеголетков маточное стадо палии должно насчитывать 3880 производителей суммарной массой 9,7 т. Вместе с тем, эти расчёты не учитывают ряд ключевых показателей — необходимый резерв производителей, выживаемость производителей за нерестовый период и ремонта — за время выращивания. Эти биотехнические показатели обуславливают реальную необходимую численность РМС, но не закреплены в Методике.

В ФСГЦР были разработаны собственные биотехнические нормативы, согласно которым резерв производителей — самок и самцов должен составлять 100% и 50% соответственно, численность старшего ремонта равна 160% от маточного стада, а младшей ремонтной группы — 150% от старшей. С учётом этих показателей реальная численность маточного стада, требуемого для ежегодного выпуска 0,5 млн. сеголетков, составляет около 6,8 тыс. особей суммарной массой 16,9 т, а общее поголовье РМС равно почти 34 тыс. экземпляров. Обобщённые данные рыбоводного расчёта, учитывающие актуальные рыбоводные нормативы ФСГЦР, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Рыбоводный расчёт численности РМС, необходимой для выпуска 0,5 млн. штук сеголетков ладожской палии ФСГЦР

Показатели	Единицы измерения	Значения показателей
Выпуск сеголетков ладожской палии	экз.	500000
Выход сеголетков после подращивания	%	65
Количество подрощенных мальков на начало выращивания	экз.	769231
Выход личинок после подращивания	%	85
Количество личинок после выдерживания	экз.	904977
Выход предличинок за выдерживание	%	90
Количество выклюнувшихся предличинок	экз.	1005530
Выход икры за инкубацию	%	50
Количество живой оплодотворённой икры, необходимое для закладки на инкубацию	шт.	2011061
Процент оплодотворения икры	%	60
Количество икры, собранной от производителей	шт.	3351768
Средняя относительная плодовитость самок	тыс. шт./кг	0,8
Общая масса самок	кг	4189,7
Средняя масса самки	кг	2,4
Количество самок	экз.	1746
Выживаемость производителей после кратковременного выдерживания	%	90
Количество самок после выдерживания	экз.	1746
Соотношение полов при получении половых продуктов (самки : самцы)	экз.	1:1
Полное количество самок	экз.	1940
Количество самцов	экз.	1940
Резерв самок	%	100
Полное количество самок с резервом	экз.	3880
Полная масса самок с резервом	кг	9312
Резерв самцов	%	50
Полное количество самцов с резервом	экз.	2910
Полная масса самцов с резервом	кг	7566
Общее количество производителей с резервом	экз.	6790
Средняя масса производителей: самки самцы	кг	2,4 2,6
Общая масса производителей	кг	16878
Численность старшей ремонтной группы по отношению к маточному стаду	%	160
Общая численность старшей ремонтной группы	экз.	10864
Численность старшей ремонтной группы по отношению к маточному стаду	%	150
Общая численность младшей ремонтной группы	экз.	16296
Общая численность РМС	экз.	33950

3.7. Эффективность воспроизводства палии и его проблемы

Главным фактором, определяющим эффективность искусственного воспроизводства ВБР, является устойчивое пополнение естественных популяций [7]. По оценкам Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), приёмная ёмкость Ладожского озера в 2018–2022 гг. составляла 416–508 тыс. штук молоди ладожской палии; на период 2023–2025 гг. ёмкость среды также оценена в 508 тыс. штук особей [44; 45; 46; 47; 71; 72]. Выпуски молоди ФСГЦР в 2014–2022 гг. в среднем составляли 210 тыс. штук сеголетков и годовиков; всего было выпущено почти 1,9 млн. штук молоди. С 2019 года уловы ладожской палии имеют тенденцию к росту, что говорит об увеличении её численности и свидетельствует в пользу высокой эффективности искусственного воспроизводства. Сопоставление динамики выпусков и общего вылова палии приведено на рисунке 17.

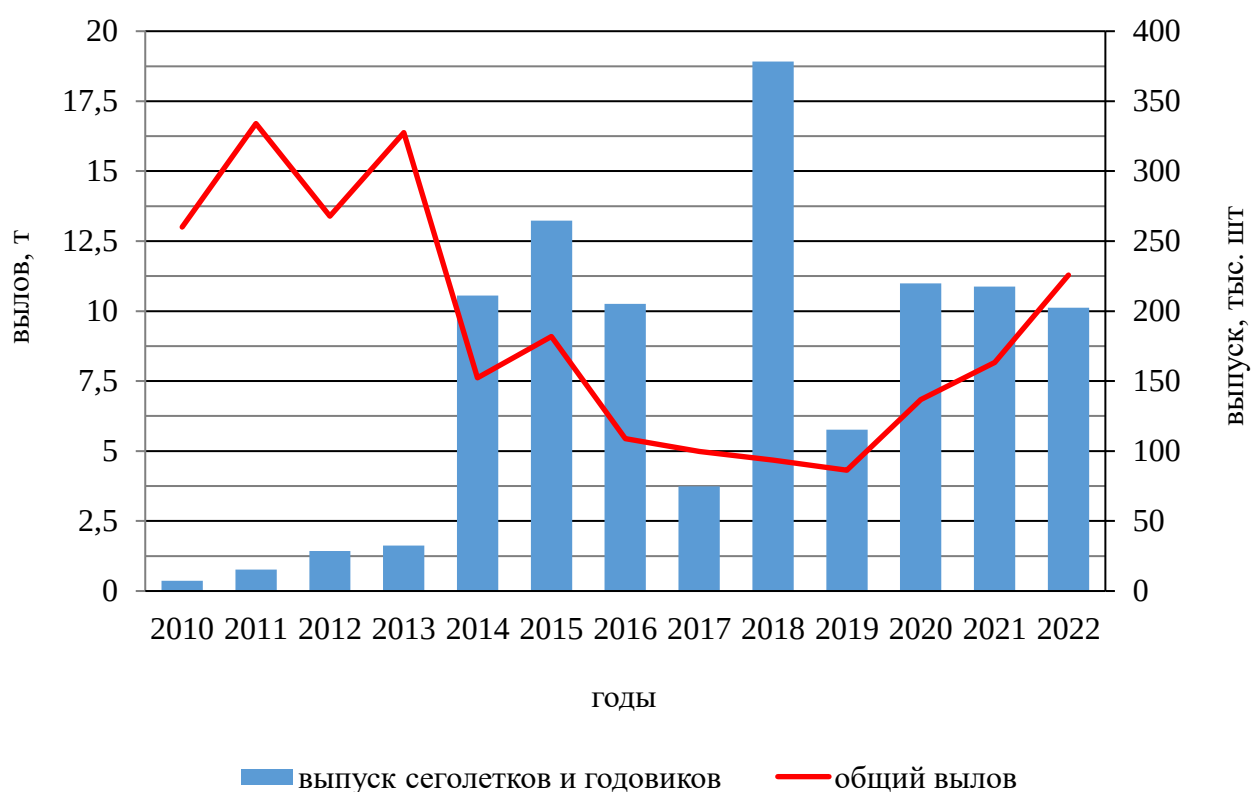


Рис. 17. Общий вылов ладожской палии и выпуски годовиков и сеголетков ФСГЦР в 2010–2022 гг. [9; 10; 11; 38; 63; 64].

На 2023 г. производственные мощности ФСГЦР оцениваются в 500 тыс. штук молоди [65]. Вместе с тем, фактическое выращивание 0,5 млн. сеголетков и годовиков сейчас является невозможным по причине нехватки площадей для содержания РМС. Согласно Госзаданию, текущая численность РМС палии должна быть равна 6,021 тыс. особей [8]. Для выращивания 0,5 млн. молоди необходимо в разы больше производителей и ремонта — около 31–34 тыс. особей. Возможности по расширению производственных площадей ФСГЦР лимитированы объёмами государственного финансирования предприятия. В последние годы также отмечается снижение объёмов выпусков в рамках компенсационных мероприятий, что обусловлено в первую очередь общим ростом издержек предпринимателей, а также проблемами в нормативно-законодательной сфере.

Эффективность искусственного воспроизводства напрямую зависит от физической полноценности, жизнестойкости выпускаемой молоди. В этом отношении общей закономерностью является рост выживаемости с увеличением навески, что обусловлено в первую очередь снижением пресса хищников [61]. Вместе с тем, длительное выращивание рыбы приводит к её чрезмерной адаптации к заводским условиям: следствием этого могут быть неразвитые навыки добывания пищи в естественных условиях и защиты от нападения хищников [17].

На момент выпуска ФСГЦР сеголетки достигают средней массы тела около 50 г, годовики — около 140 грамм. При массе тела 50–70 г молодь палии имеет длину тела 15–25 см, что исключает её выедание большинством хищных рыб, включая судака, озёрного лосося и окуня; также в осенний период кормовая активность хищных видов снижается [61]. Сеголетков выпускают в местах естественного нагула молоди при благоприятных термических и погодных условиях, в силу чего рыбы практически не подвергаются стрессу, могут успешно адаптироваться к естественным условиям обитания и нагуливаться перед зимовкой [61]. С учётом этих факторов выращивание палии до стадии

годовика является нецелесообразным с точки зрения эффективности воспроизводства, снижая адаптационные возможности рыбы [61].

В 2002 году на основе анализа запаса ладожской палии и доли «заводских» особей в уловах был рассчитан промысловый возврат от годовиков навеской 20–38 г, который составил 16,8%; доля «заводских» производителей на нерестилищах равнялась 56% [21]. Промысловый возврат от выпуска сеголетков навеской от 30 грамм так же может быть оценён примерно в 17%. По состоянию на 2014 г. фактические данные по возврату от выпуска годовиков навеской 100 и более грамм отсутствовали [61]. Вместе с тем, в нормативно-правовой документации промысловый возврат указан только для молоди навеской 10 грамм и составляет 6% [51]. Это приводило к тому, что до установления возврата от сеголетков заказчики, проводящие компенсационные мероприятия, нередко ориентировались не на навеску рыбы, а на её возраст, и старались приобретать годовиков по причине большей экономической выгоды [61].

Нормативно утверждённая навеска выпускаемых сеголетков палии для Ленинградской области составляет 50–70 г, годовиков — 100–150 г; для Республики Карелия навеска указана только для годовиков и равна 9,0–19,0 г [52]. Рекомендованная ВНИРО навеска молоди палии неоднократно менялась: для сеголетков она составляла 50–70 г на 2018 и 2021 гг., 30–80 г на 2019 г. и не менее 30 г на 2022 г. Навеска годовиков соответствовала нормативам. На 2023–2025 гг. рекомендуется выпуск сеголетков навеской 50–70 г в ленинградской части акватории Ладоги и годовиков 9,0–19,0 г — в карельской [44; 45; 46; 47; 71; 72]. Вероятно, подобная изменчивость рекомендаций обусловлена юридическими коллизиями, которые связаны с нормативными требованиями к воспроизводству.

В настоящее время на территории Западного рыбохозяйственного бассейна только ФСГЦР располагает мощностями по выращиванию молоди палии [65]. При этом реальная навеска годовиков во много раз превосходит рекомендованную. Хотя навеска годовика 9–19 г является нормативно закреплённой, промвозврат для неё не приводится. Исходя из того, что возврат в

16,8% был рассчитан для годовиков большей навески, данная рекомендация вряд ли целесообразна с точки зрения эффективности воспроизводства.

В 2011–2020 гг. доля сеголетков в общем объёме выпуска палии ФСГЦР варьировала в диапазоне 59–99%, в среднем составляя 80%. Значение промыслового возврата в 17% оценивается как высокое [21]. Стабильный выпуск значительного количества жизнестойкой, но не чрезмерно адаптированной к условиям заводского содержания молоди ещё раз подчёркивает высокую эффективность работ ФСГЦР по воспроизводству палии.

Неотъемлемой частью работ по искусственному воспроизводству ВБР является сохранение генетической структуры популяций рыб. Данный аспект неукоснительно соблюдается на протяжении всей работы по воспроизводству палии ФСГЦР, что отражено в особенностях биотехники на разных этапах выращивания. К примеру, в ходе формирования РМС селекция была нацелена на сохранение генетического разнообразия, напряжённость отбора составляла 50% [81]. Биотехника проведения нереста и выращивания молоди также учитывают необходимость сохранения гетерогенности [38]. По данным исследований мтДНК «дикий» ладожской популяции и заводского стада палии, соотношение частот их гаплотипов сопоставимо, что говорит о сохранении исходного генетического разнообразия [68].

Эффективность работ по воспроизводству обусловлена многолетним опытом ФСГЦР как в области генетики и селекции, так и содержания и выращивания ценных видов рыб, а также модернизацией рыбоводных технологий. К основным принципам, на которых зиждется последняя, можно отнести экологический подход, унификацию и интенсификацию [7]. Унификация технологий выражается в успешном применении рыбоводного оборудования и технологических приёмов, идентичных либо очень близких к применяемым при выращивании форели и других лососёвых рыб. Интенсификация достигается в основном за счёт применения технологии УЗВ и качественных экструдированных кормов, что позволяет обеспечить нужный уровень контроля за жизненным циклом палии и высокие плотности её посадки.

Последние даже с учётом высокой требовательности палии к качеству воды могут достигать до 120 кг/м³, не приводя к повышенному отходу рыбы [38].

Экологический подход при воспроизводстве ладожской палии заключается в приближении условий её выращивания к естественным: это касается в первую очередь температурного диапазона содержания и светового режима. Режим кормления и состав кормов подбирают, исходя из биологических потребностей палии на каждой стадии жизненного цикла. Место и сроки выпуска молоди, её навеска и физиологическое состояние гарантируют высокую степень выживания. Селекционный подход к формированию РМС и проведению нереста обеспечивает сохранность естественной генетической структуры палии. С учётом перечисленных факторов технологию воспроизводства ладожской палии ФСГЦР можно оценить самым высоким образом.

Дальнейшее повышение эффективности выращивания палии лимитируется в первую очередь техническим оснащением предприятия. Для наращивания производства молоди необходимо существенное расширение площадей для содержания РМС. Реконструкция павильона № 1 с увеличением количества бассейнов, где в настоящее время содержат производителей, крайне затруднительна и дорогостояща. Наиболее рациональным решением данной проблемы является организация рыбоводного цеха над внешним модулем УЗВ у павильона № 2. За счёт этого будет обеспечен подходящий для РМС палии термический и световой режим, а вместимость бассейнов позволит содержать требуемое количество рыбы [19].

Другой важной проблемой воспроизводства является стабильно снижающиеся дебит и качество вод Ижорского месторождения. Если в настоящее время этот фактор лишь потенциально влияет на выживаемость палии на всех стадиях выращивания, то в дальнейшем он может нанести значительный вред воспроизводству. Данную проблему может решить разработка на территории Мельничного участка артезианской скважины со стабильно высоким качеством воды. Водоснабжение из скважины и организация цеха над внешней УЗВ также могут помочь решить проблему смещения сроков созревания

производителей за счёт большего контроля над температурным режимом содержания, что положительно скажется как на выпусках сеголетков с требуемой навеской, так и на общей оптимизации производства.

Наконец, эффективность работ по воспроизводству может лимитироваться замедленным обновлением технического оснащения, вызванным недостатком финансирования. Здесь важно отметить, что в ФСГЦР практически постоянно идёт разработка биотехники воспроизводства палии, поиск новых эффективных решений для такового. Ладожская палия является сложным в содержании объектом, потери на самых критических стадиях её выращивания могут достигать 35–50%. В ФСГЦР нормативы выживаемости соблюдаются за счёт уникальной биотехники и соответствующего технологического обеспечения. Вместе с тем, даже нормативные потери можно оценить как очень значительные.

Соответственно, дальнейшее улучшение технологии выращивания палии необходимо для достижения ещё большей выживаемости рыбы, управления её жизненным циклом, повышения жизнестойкости молоди и в конечном счёте — более быстрого восстановления численности естественной популяции. Даже с учётом колоссального опыта в области селекции, генетики и рыбоводства результаты таких работ во многом зависят от доступных технических средств. По этой причине нехватка финансирования и устаревание оборудования прямо влияют на работы как по воспроизводству ладожской палии, так и на результаты деятельности всего ФСГЦР.

С учётом особенностей биологии палии, состояния среды её обитания и характера освоения запасов искусственное воспроизводство является необходимой мерой по сохранению популяции данного уникального вида. При этом нужно ещё раз отметить, что в настоящее время палия Ладожского озера фактически является единственным видом лососёвых Ленинградской области, запасы которого активно осваиваются промыслом. Устойчивое повышение вылова недостижимо без наращивания объёмов выпуска жизнестойкой молоди, что может быть достигнуто лишь за счёт повышения финансирования и улучшения материально-технического обеспечения ФСГЦР.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Оценка современного состояния запасов ладожской палии и среды её обитания, выявление факторов, лимитирующих численность данного вида ВБР на всех стадиях жизненного цикла, дальнейшее ведение государственного мониторинга состояния популяций.
2. Прогнозирование изменений численности палии и состояния её среды обитания в ходе дальнейших изменений климата с целью заблаговременного выявления угрожающих тенденций.
3. Более тщательный контроль за освоением запасов ладожской палии, дальнейшая охрана нерестилищ, разработка более эффективных способов борьбы с браконьерским ловом.
4. Актуализация нормативно-правовой базы в части показателей промыслового возврата и биотехнических нормативов с целью повышения эффективности компенсационных мероприятий и искусственного воспроизводства ладожской палии в целом.
5. Создание нового рыбоводного цеха над внешним модулем УЗВ Мельничного участка ФСГЦР в целях расширения площадей для содержания РМС ладожской палии и достижения объёмов выпуска сеголетков в 0,5 млн. штук.
6. Переход на артезианский источник водоснабжения для обеспечения стабильно высокого качества воды.
7. Дальнейшее усовершенствование биотехники и поиск новых решений для воспроизводства палии в целях обеспечения большего контроля за её жизненным циклом и повышения выживаемости на критических стадиях развития — в первую очередь увеличения процента выхода свободных эмбрионов, снижения гибели производителей во время нереста и сеголетков во время выращивания.
8. Обновление материально-технической базы воспроизводства ладожской палии и общее повышение финансирования ФСГЦР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ладожское озеро является наиболее южной точкой распространения альпиноидных гольцов на Северо-Западе России. Адаптированность к условиям холодных олиготрофных водоёмов и низкая продуктивность делают ладожскую палию крайне уязвимой перед интенсивным антропогенным воздействием на фоне изменений климата. Со второй половины XX в. искусственное воспроизводство является жизненно необходимой мерой по сохранению её популяции в условиях активной эксплуатации запасов рыболовством, загрязнения озера и деградации его водных экосистем.

В настоящее время ФСГЦР обеспечивает стабильное пополнение популяции ладожской палии благодаря эффективному сочетанию продвинутой биотехники и индустриальных методов выращивания. Вместе с тем, в последние годы всё острее встаёт вопрос необходимости увеличения финансирования, проведения модернизации и решения ряда нормативно-законодательных проблем. Без расширения производственных площадей и обновления материально-технической базы ФСГЦР под угрозой может оказаться не только выведение запасов ладожской палии из депрессивного состояния и дальнейший рост объёмов их промышленного освоения, но и сохранение её популяции как таковой.

Таким образом, в ходе исследования и выполнения поставленных задач были сделаны следующие выводы:

1. Район сосредоточения основных запасов ладожской палии является благополучным в экологическом отношении, однако нерестилища подвержены значительному антропогенному загрязнению, также возможно негативное влияние сокращения кормовой базы.
2. В силу эволюционной адаптации к условиям арктических водоёмов ладожская палия уязвима к потеплению климата и антропогенному воздействию, в первую очередь перелову и загрязнению вод; состояние

запасов палии депрессивное и под действием этих факторов в ближайшее десятилетие может ухудшаться.

3. Уникальная технология воспроизводства ладожской палии ФСГЦР обеспечивает сохранение и устойчивое пополнение её популяции, однако поддержание и дальнейшее повышение эффективности работ находится под угрозой в силу ограничений, накладываемых материально-технической базой, и юридических коллизий в части рыбохозяйственных нормативов и показателей.
4. В целях дальнейшего сохранения и восстановления численности ладожской палии рекомендовано изучение текущего состояния популяции и её мониторинг, усиление контроля за освоением запасов, актуализация нормативно-правовой базы искусственного воспроизводства, модернизация технической базы ФСГЦР в части расширения площадей для содержания РМС и водоснабжения артезианскими водами, а также дальнейшее совершенствование биотехники воспроизводства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 16.10.2015 ООО «Автомеханический завод» сдал очередной нестандартный (интересный) заказ — автомобиль для перевозки живой рыбы (рыбовоз) / ООО «Автомеханический завод» : официальный сайт. — [Санкт-Петербург?], 2015. — URL: <https://www.amznn.ru/16-10-2015-ooo-avtomexanicheskij-zavod-sdal-ocherednoj-nestandartnyj-interesnyj-zakaz-avtomobil-dlya-perevozki-zhivoj-ryby-rybovoz/> (дата обращения: 17.05.2023). — Текст: электронный.
2. Алекин, О. А. Основы гидрохимии : учебное пособие / О. А. Алекин ; ответственный редактор П. П. Воронков. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1953. — 444 с.
3. Атлас пресноводных рыб России : В двух томах / Ю. С. Решетников, О. А. Попова, Л. И. Соколов [и др.] ; под редакцией Ю. С. Решетникова. Российская академия наук. Том 1. — Москва : Наука, 2002. — 379 с. : ил. — ISBN 5-02-006486-6.
4. Базовый перечень водных объектов рыбохозяйственного значения и приоритетных видов водных биологических ресурсов для осуществления искусственного воспроизводства («рейтинговый список»), включая выпуск растительноядных видов рыб для целей мелиорации, подготовленный на основе критериев, утвержденных Ученым советом ФГБНУ «ВНИРО» (протокол №2 от 30.01.2019 г.) / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва: [б. и.], 2019. — 30 с. — URL: http://zbtu39.ru/wp-content/uploads/docs/perech_vod_11.pdf (дата обращения: 20.05.2023). — Текст : электронный.
5. Барулин, Н. В. Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1–74 03 03 — Промышленное рыбоводство : в трех частях / Н. В. Барулин; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики

- Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. — Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. — 237 с. — ISBN 978–985–467–807–8.
6. Большая российская энциклопедия 2004–2017 : научно-образовательный портал. — Москва. — URL: <https://old.bigenc.ru/> (дата обращения: 09.05. 2023). — Текст : электронный.
7. Бурлаченко, И. В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения / И. В. Бурлаченко, И. В. Яхонтова // Труды ВНИРО. — 2015. — Т. 153. — С. 137–153.
8. Государственное задание № 076-00003-23-00 на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов : утверждено заместителем руководителя Федерального агентства по рыболовству Соколовым В. И. 16 января 2023 г. — Текст : электронный / Федеральное агентство по рыболовству : официальный сайт. — Москва, [2023?]. — URL: <https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2023/01/gz-glavyrbvod-2023-2025.pdf> (дата обращения: 20.05.2023).
9. Государственное задание № 076-00080-17-01 на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов : утверждено заместителем руководителя Федерального агентства по рыболовству Соколовым В. И. 20 января 2017 г. — Текст : электронный / Федеральное агентство по рыболовству : официальный сайт. — Москва, [2017?]. — URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/realizaciya_83-FZ/2017/gz_glavyrbvod_2017.pdf (дата обращения: 26.05.2023).
10. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия ... / Министерство экологии и природных ресурсов Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : [б. и.], 1993 — . — 21 см.

...в 2012 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : ООО «Два товарища», 2013. — 328 с. — ISBN 978-5-906514-01-1.

11. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия ... / Министерство экологии и природных ресурсов Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : [б. и.], 1993 — . — 21 см.

...в 2008 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : «Издательский дом "Карелия"», 2009. — 288 с. — ISBN 978-5-7545-1524-6.

...в 2009 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : Карелия, 2010. — 296 с. — ISBN 978-5-7545-1560-4.

...в 2010 году / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : ИП Андреев П. Н., 2011. — 292 с. — ISBN 978-5-905578-02-1.

...в 2011 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия, 2012. — 294 с. — ISBN 978-5-905578-05-2.

...в 2013 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : «Два товарища», 2014. — 300 с. — ISBN 978-5-91997-140-5.

...в 2014 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : ООО «Версо», 2015. — 272 с. — ISBN 978-5-91997-184-9.

...в 2015 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : «Два товарища», 2016. — 299 с. — ISBN 978-5-906514-14-1.

...в 2016 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск, 2017. — 260 с. — ISBN 978-5-906514-14-1.

...в 2017 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия 2019. — 292 с. — ISBN 978-5-6040887-7-7.

...в 2018 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск, 2019. — 312 с. — ISBN 978-5-9631-0749-2.

...в 2019 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск : «Версо», 2020. — 248 с. — ISBN 978-5-91997-337-9.

...в 2020 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск, 2021. — 277 с. — ISBN 978-5-91997-337-9.

- ...в 2021 году / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия ; редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор) [и др.]. — Петрозаводск, 2022. — 263 с.
12. Дмитриев, Н. А. Морфо-биологическая характеристика Ладожской палии при выращивании в ФГБУ "ФСГЦР" (Ленинградская область) / Н. А. Дмитриев, Т. А. Нечаева // Вестник Студенческого научного общества. — 2017. — Т. 8. — № 1. — С. 187–189.
13. Дроздова, Л. И. Ладожская палия как объект искусственного воспроизводства / Л. И. Дроздова, М. В. Мосягина // Рациональное использование природных ресурсов и проблемы сохранения биоразнообразия: Материалы X ежегодной молодёжной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» — памятнике природного и культурного наследия. — 2015. — С. 140–145.
14. Есин, Е. В. Гольцы рода *Salvelinus* азиатской части Северной Пацифики: происхождение, эволюция и современное разнообразие / Е.В. Есин, Г.Н. Маркевич ; ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник». — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2017. — 188 с. : ил. — ISBN 978-5-9610-0299-7.
15. Жилые и проходные формы арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) Европейского Севера России — пример высокой экологической пластичности без видообразования / А. А. Махров, И. Н. Болотов, В. М. Спицын [и др.] // Доклады Академии наук. — 2019. — Т. 485, № 2. — С. 242–246. — DOI 10.31857/S0869-56524852242-246.
16. Журов, В. Д. Продуктивные и воспроизводительные функции самцов ладожской палии в ФГЦР Ропша / В. Д. Журов, В. С. Грачев // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов, Санкт-Петербург-Пушкин, 31 марта — 01 апреля 2016 года. Том. Часть 1. — Санкт-Петербург-

Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2016. — С. 135–138.

17. Запорожец, Г. В. Лососевые рыболовные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики / Г. В. Запорожец, О. М. Запорожец ; Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Камчатский филиал, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011. — 268 с. — ISBN 978-5-9610-0168-6.
18. Индивидуальная оценка самок заводского стада ладожской палии (*Salvelinus alpinus*) по качеству икры / Н. И. Шиндавина, В. Я. Никандров, А. А. Павлисов, М. И. Липатова // Всерос. науч.-практ. конф. "Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени". — 2016. — С. 319–322.
19. История ФСГЦР филиала ФГБУ «Главрыбвод» / Официальный сайт ФСГЦР филиала ФГБУ «Главрыбвод». — [Ропша], [2018]. — URL: <http://fsgzr.ru/istoriya-fsgczr-filiala-fgbu-glavyryibvod> (дата обращения: 17.05.2023). — Текст: электронный.
20. Калайда, М. Л. Ихтиотоксикология : учебное пособие / М. Л. Калайда, Ю. В. Чугунов. — Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2019. — 144 с. — ISBN 978-5-903090-86-0.
21. Китаев, С. П. Кумжи, радужная форель, гольцы и перспективы их использования в озёрах Северо-Запада России : монография / С. П. Китаев, Н. В. Ильмаст, В. Г. Михайленко // Институт биологии КарНЦ РАН. — Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2005. — 107 с.
22. Клименко, В. В. Глобальное потепление: враг или союзник? : [презентация : материалы Всероссийской научно-практической конференции «Повышение надёжности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем» ЭНЕРГО-2010, Москва, 01–03 июня 2010 г.] / В. В. Клименко, А. В. Клименко. — Изображение: электронное // Всероссийская научно-практическая

конференция «Повышение надёжности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем» 01–03 июня 2010 г. : сайт. — 2010. — URL: <http://www.energy2010.mpei.ru/PlenaryDocs.aspx> (дата обращения: 15.06.2023).

23. Королькова, С. В. Технологии выращивания молоди лососевых и сиговых рыб на рыбоводных заводах России. Рыбоводный расчёт вылова производителей и методика учёта выпускаемой молоди ценных видов рыб : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» / С. В. Королькова, А. В. Шошин, Н. В. Попов. — Санкт-Петербург : Астерион, 2021. — 90 с. — ISBN 978–5–00188–024–0.
24. Красная книга Ленинградской области. Животные / Главные научные редакторы Ю. Н. Бубличенко, С. М. Голубков, П. В. Кияшко ; технический редактор Н. Ю. Быстрова ; редакционная коллегия : А. Г. Бубличенко, А. А. Пржиборо, С. П. Резвый, Н. В. Чернова. — Санкт-Петербург : Папирус, 2018. — 560 с. : ил. — ISBN 978-5-6040240-7-2.
25. Красная книга Республики Карелия / А. В. Артемьев, И. А. Барышев, М. А. Бойчук [и др.] ; Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия, Карельский научный центр РАН [и др.] ; редакционная коллегия : О. Л. Кузнецов, А. В. Артемьев, А. Н. Павлов. — Белгород : КОНСТАНТА, 2020. — 448 с. : ил. — ISBN 978-5-907380-16-5.
26. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды», Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН ; главная редакционная коллегия: Д.С. Павлов (председатель) [и др.]. — Москва : ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. — 1128 с. — ISBN 978-5-6047425-0-1.

27. Кудерский, Л. А. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам. Том 3 / Л. А. Кудерский ; ответственный редактор Д.И. Иванов // Сборник научных трудов ФГНУ «ГосНИОРХ». Вып. 342. — Санкт-Петербург-Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2013. — 526 с. : ил. — ISBN 978-5-87317-897-1.
28. Курашов, Е. А. Роль байкальского вселенца *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в формировании литоральных биоценозов острова Валаам (Ладожское озеро) / Е. А. Курашов, Д. В. Барков, А. А. Анисимов // Биология внутренних вод. — 2006. — № 1. — С. 74–84.
29. Куриленко, В. В. Проблемы водопользования Ижорского месторождения подземных вод / В. В. Куриленко, С. В. Жданов // Записки Горного института. — 2013. — Т. 200. — С. 216–221.
30. Ладога : монография / Институт озераведения РАН ; под редакцией В. А. Румянцева, С. А. Кондратьева. — Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Нестор-История», 2013. — 468 с. — ISBN 978-5-4469-0085-5.
31. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья : атлас / Институт озераведения РАН, Коллектив авторов [и др.] ; редакционная коллегия: В. А. Румянцев (председатель) [и др.]. — Санкт-Петербург : Нестор-История, 2015. — 200 с. — ISBN 978-5-4469-0000-0.
32. Лепёхин, И. И. Третья часть Дневных записок путешествия Ивана Лепехина : Продолжение Дневных записок путешествия Ивана Лепехина, академика и медицины доктора, вольного экономического в С. П. друзей природы испытателей в Берлине и Гессенгомбургского патриотического, обществ члена, по разным провинциям Российского государства в 1771 году по разным провинциям Российского государства в 1771 году / И. И. Лепёхин. — Санктпетербург [Санкт-Петербург] : при Императорской Академии наук, 1780. — 430 с. : ил. — URL: https://runivers.ru/upload/iblock/b2b/Lepehin_ch3.pdf (дата обращения: 15.05.2023). — Текст : электронный.

33. Лукин, А. А. Состояние запасов основных промысловых видов рыб Ладожского озера / А. А. Лукин, Ю. Н. Лукина, И. А. Тыркин // Вопросы рыболовства. — 2017. — № 3. — С. 304–312.
34. Мамонтова, О. В. Особенности паразитофауны палии *Salvelinus alpinus* L. Ладожского озера / О. В. Мамонтова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. — 2015. — № 8(153). — С. 65–67.
35. Михайленко, В. Г. Состояние и перспективы естественного и искусственного воспроизводства палии Ладожского озера / В. Г. Михайленко, А. Г. Леонов, М. А. Дятлов // Мат. II межд. науч. конф. «Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб». — 2013. — С. 260–262.
36. Михайлов, В. Н. Гидрология : учебник для вузов : издание второе, исправленное / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. — Москва : Высшая школа, 2007. — 463 с. : ил. — ISBN 978-5-06-005815-4.
37. Мона, В. С. / Ропша : издание третье, исправленное и дополненное / В. С. Мона. — Санкт-Петербург : ИПК «Вести», 2007. — 311 с. : ил. — ISBN 5-86153-167-6.
38. Научно-методические подходы и опыт разведения арктических гольцов на примере заводского выращивания ладожской палии *Salvelinus lepechini* (Gmelin 1788) / В. Я. Никандров, Н. И. Шиндавина, В. М. Голод, А. А. Лукин // Рыбное хозяйство. — 2021. — № 6. — С. 104–112. — DOI 10.37663/0131-6184-2021-6-104-112.
39. Национальный атлас России. В 4 томах. Том 2. Природа. Экология / А. Д. Думнов, А. А. Кирсанов, Е. А. Киселева [и др.] ; Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство геодезии и картографии [и др.] ; редакционная коллегия: А. В. Бородко (председатель) [и др.] ; том составлен и подготовлен к изданию ФГУП «Производственное картосоставительское объединение

- «Картография». — Текст. Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : электронные // Национальный атлас России : [сайт]. — URL: <https://nationalatlas.ru/> (дата обращения: 08.05.2023).
40. Национальный атлас России. В 4 томах. Том 3. Население. Экономика / А. Ю. Александрова, Л. Н. Баринова, Н. И. Белов [и др.] ; Федеральное агентство геодезии и картографии, Институт географии РАН [и др.] ; редакционная коллегия: А. В. Бородко (председатель) [и др.] ; том составлен и подготовлен к изданию ФГУП «Производственное картосоставительское объединение "Картография"». — Текст. Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : электронные // Национальный атлас России : [сайт]. — URL: <https://nationalatlas.ru/> (дата обращения: 08.05.2023).
41. Неелов, А. В. Рыбы : Природа Ленинградской области / А. В. Неелов. — Ленинград : Лениздат, 1987. — 157 с. : ил.
42. Нерест палии на Ладожском озере прошел под охраной инспекторов Северо-Западного теруправления // Северо-Западное территориальное управление Федерального агентства по рыболовству : официальный сайт. — Санкт-Петербург, 2016. — URL: <https://sztufar.ru/publications/2016-11-07/nerest-palii-na-ladozhskom-ozere-proshel-pod-ohranoy-inspektorov-severo> (дата обращения: 21.05.2023). — Текст : электронный.
43. Нечаева, Т. А. Совершенствование технологии выращивания лососевых в рыбоводных хозяйствах Северо-Запада России : специальность 06.04.01 : дис. ... докт. с.-х. наук / Т. А. Нечаева. — Санкт-Петербург, 2022. — 345 с.
44. О внесении изменений в рекомендации по предельно допустимым ... в 2021 году (по материалам «КарелНИРО», «ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга и «НовгородНИРО»): выписка из протокола заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 19 мая 2021 года № 23 /

- ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2021. — URL: http://vniro.ru/files/recomend_new/zapad_2021-2023_2.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
45. О внесении изменений в рекомендации по предельно допустимым ... в 2022 году : выписка из протокола заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 11 ноября 2022 года № 69 / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2022. — http://vniro.ru/files/recomend_new/zapad_2022-2024_4.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный
46. О внесении изменений в рекомендации по предельно допустимым ... в 2020 году (по материалам «ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга и «НовгородНИРО») : выписка из протокола заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 22 июля 2020 года № 44 / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2020. — http://vniro.ru/files/recomend_new/zapad_2020-2022_2.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
47. О внесении изменений в рекомендации по предельно допустимым ... на 2023–2025 годы : выписка (выдержка) из протокола заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 23 ноября 2022 года № 70 / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2022. — URL: http://vniro.ru/files/recomend_new/zapad_2023-2025_3.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
48. О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 643 на 2022 год : Приказ Федерального агентства по рыболовству от 30 ноября 2021 г. № 729. — Текст : электронный // Федеральное агентство по рыболовству : официальный сайт. — Москва, 2021. — URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2021/12/prikaz_301121_729.pdf (дата обращения: 12.05.2023).

49. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса» : текст с изменениями на 22 июня 2022 года : Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года N 314. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/499091766> (дата обращения: 04.05.2023).
50. Об утверждении границ бассейновых округов : Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 11 октября 2007 года N 265. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902068761> (дата обращения: 12.05.2023).
51. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 31 марта 2020 года № 167. — Текст : электронный / Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/564859759> (дата обращения: 18.05.2023).
52. Об утверждении Методики расчёта объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства) : текст с изменениями от 25 августа 2015 г. : Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 30 января 2015 г. № 25. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/420253563> (дата обращения: 16.05.2023).

53. Об утверждении Методики учёта водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные объекты рыбохозяйственного значения : Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 7 мая 2015 г. № 176. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — <https://docs.cntd.ru/document/420275330> (дата обращения: 20.03.2023).
54. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : текст с изменениями на 10 марта 2020 года : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года N 552. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 17.05.2023).
55. Об утверждении отраслевого сборника нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству : утратил силу на территории Российской Федерации в связи с изданием Постановления Правительства РФ от 13.06.2020 N 857 : Приказ Министерства рыбного хозяйства СССР от 24 апреля 1985 г. N 241 // СПС КонсультантПлюс. — URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=29402> (дата обращения: 10.05.2023).
56. Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов водных биологических ресурсов : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 8 сентября 2021 года N 618. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума

- «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/608935029> (дата обращения: 12.05.2023).
57. Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биологических ресурсов : с изменениями на 18 февраля 2020 года : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 23 октября 2019 года N 596. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/563861243> (дата обращения: 12.05.2023).
58. Об утверждении Правил по охране труда в сельском хозяйстве : Приказ Минтруда России от 27 октября 2020 г. № 746н. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/566413386> (дата обращения: 26.05.2023).
59. Об утверждении правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21 октября 2020 года N 620. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191354> (дата обращения: 12.05.2023).
60. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08 сентября 2022 г. N 2567-р. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/351735594> (дата обращения: 04.05.2023).

61. Обоснование величины промыслового возврата для сеголеток ладожской палии, выращенных во ФГУП «ФСГЦР» в п. Ропша Ленинградской области : согласовано и.о. директора ФГБНУ «ГосНИОРХ» А. А. Лукиным : утверждено руководителем СЗТУ Д. С. Беляевым 14 мая 2014 г. / ФГБНУ «ГосНИОРХ». — [Санкт-Петербург?], 2014. — URL: <http://niorh.vniro.ru/images/files/sovet/KarelNIRO-Obosnovaniya-po-promvozvratam.pdf> (дата обращения: 16.05.2023). — Текст : электронный.
62. Основные направления деятельности : ООО ФОРВАТ : Центр технологий разведения сиговых рыб / ООО «Форват» : официальный сайт. — 1997. — URL: <http://forvat.ru/Направления-деятельности> (дата обращения: 22.05.2023). — Текст : электронный.
63. Отчет о выполнении государственного задания № на 2016 год и на плановый период 2017 и 2018 годов : утверждено заместителем руководителя Федерального агентства по рыболовству В. И. Соколовым 28 декабря 2016 г. — Текст. Изображение : электронные / Федеральное агентство по рыболовству : официальный сайт. — Москва, [2016?]. — URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/realizaciya_83-FZ/2016/otchet_2016_fcgr.tif (дата обращения: 26.05.2023).
64. Отчет об исполнении государственного задания ФГБУ «ФСГЦР» за 2015 год : утверждено заместителем руководителя Федерального агентства по рыболовству В. И. Соколовым 13 января 2016 г. — Текст : электронный / Федеральное агентство по рыболовству : официальный сайт. — Москва, [2016?]. — URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/realizaciya_83-FZ/2015/Otchet_fcgr-2015.pdf (дата обращения: 26.05.2023).
65. Производственные мощности рыболовных организаций, осуществляющих работы по искусственному воспроизводству водных

- биоресурсов (выращивание, выпуск) на 2023 год / ФГБУ «ЦУРЭН» : федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации» : официальный сайт. — Москва, 2023. — URL: https://files.tsuren.ru/docs/moschnosti_2023.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
66. Размножение и эмбрионально-личиночное развитие палии *Salvelinus alpinus lepechini* Онежского и Ладожского озёр / Павлов Д. А., Михайленко В. Г., Тимейко В. Н., Коновалов Е. С. // Вопр. ихтиологии. — 1993. — Т. 33. — № 4. — С. 539–549.
67. Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / Л. Е. Назарова, Ю. Й. Сыстра, А. Д. Лукашов [и др.] ; Карельский научный центр РАН. — Петрозаводск : Карельский научный центр Российской академии наук, 2003. — 261 с. — ISBN 5-9274-0099-X.
68. Разнообразие палии *Salvelinus alpinus* ФСГЦР Ропша по данным анализа митохондриальной ДНК / А. А. Борисовская, О. В. Апаликова, В. М. Голод, В. Ю. Паньков // Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, 11–12 декабря 2018 года. — Ростов-на-Дону: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2018. — С. 28–32.
69. Распространение, состав и родственные отношения филогенетических групп арктического гольца *Salvelinus alpinus* (Salmonidae) в европейской части России и Сибири по данным анализа нуклеотидных последовательностей митохондриальной ДНК / Н. В. Гордеева, С. С. Алексеев, А. Ф. Кириллов [и др.] // Вопросы ихтиологии. — 2018. — Т. 58, № 6. — С. 659–669. — DOI 10.1134/S0042875218050107.

70. Распутина, Е. Н. Роль байкальского бокоплава (*Gmelinoides fasciatus* Stebbing) в питании рыб Ладожского озера / Е. Н. Распутина, Н. П. Милянчук, Н. В. Ильмаст // Балтийский морской форум : материалы VI Международного Балтийского морского форума, Калининград, 03–06 сентября 2018 года. Том 3. — Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2018. — С. 130–135.
71. Рассмотрение рекомендаций по предельно допустимым ... на 2019–2021 годы (по материалам ФГБНУ «ГосНИОРХ») : выписка из протокола заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 22 марта 2018 года № 15 / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2018. — http://vniro.ru/files/recomend_new/gosniorh_19-21_sev_zap.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
72. Рекомендации ФГБНУ «ГосНИОРХ», подведомственного Федеральному агентству по рыболовству, по предельно допустимым ... на 2018–2020 гг. : Приложение 3 к протоколу № 7 заседания биологической секции Ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 16 февраля 2017 г. / ФГБНУ «ВНИРО». — Москва, 2017. — URL: http://vniro.ru/files/recomend_new/zap_gosniorh_rek_1_2018-2020.pdf (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный.
73. Родники Ленинградской области : совместный эксперимент чистой воды «Сообщества Питерских блогеров» и медиахолдинга «Комсомольская правда» : сайт. — [Санкт-Петербург?], 2017 — . — URL: <https://rodniki.kp.ru/> (дата обращения: 18.05.2023). — Текст : электронный.
74. Ропшинское сельское поселение / Официальный сайт муниципального образования Ломоносовский муниципальный район Ленинградской области. — [Ломоносов?], [2014?]. — URL: <http://old.lomonosovlo.ru/poselenia/ropsha.htm> (дата обращения: 15.05.2023). — Текст: электронный.

75. Российская Федерация. Законы. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов : текст с изменениями на 29 декабря 2022 года : редакция, действующая с 30 марта 2023 года : Федеральный закон № 166-ФЗ : [Принят Государственной Думой 26 ноября 2006 года : одобрен Советом Федерации 8 декабря 2004 года]. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901918398> (дата обращения: 29.05.2023).
76. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации : ТК : текст с изменениями и дополнениями на 25 февраля 2022 года : [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 18.05.2023).
77. Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата : коллективная монография / В. М. Анохин, М. А. Барбашова, С. Д. Голосов [и др.] ; под редакцией С. А. Кондратьева, Ш. Р. Позднякова, В. А. Румянцева ; технический редактор А. М. Расулова. — Москва : Российская академия наук, 2021. — 637 с. — ISBN 978-5-907366-50-3.
78. Состояние окружающей среды в Ленинградской области : информационно-аналитический сборник / Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, Издательство «Левша. Санкт-Петербург» ; редакционная коллегия: Е. Л. Андреев (председатель) [и др.]. — Санкт-Петербург : Издательство «Левша. Санкт-Петербург», 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-93356-180-4.

79. СПИСОК ВИДОВ БЕСЧЕЛЮСТНЫХ И РЫБ : пресноводных и диадромных (без морских, в том числе каспийских, изредка или случайно встречающихся в пресных водах) / Зоологический институт Российской академии наук : Санкт-Петербург : официальный сайт. — Санкт-Петербург, 2023. — URL: https://www.zin.ru/animalia/pisces/rus/taxbase_r/fish_r/fish_r.asp?Node=C10015,C10020,C10125,C11790&sNode=C11905&Exp=Y#C11905 (дата обращения: 17.05.2023). — Текст : электронный
80. Температурные адаптации рыб верхней и средней Волги / В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай, Н. С. Некрутов // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования : Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ, Казань, 24–29 октября 2016 года / Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга; Главный редактор А. А. Лукин. — Казань: Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, 2016. — С. 257–267.
81. Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства: четверть века устойчивого развития / В. З. Крупкин, В. М. Голод, Е. Г. Терентьева, В. Ю. Паньков // Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени, Москва, 21–22 января 2016 года. Том 1. — Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства Россельхозакадемии, 2016. — С. 196–201.
82. Фотогалерея / Официальный сайт ФСГЦР филиала ФГБУ «Главрыбвод». — [Ропша], [2018]. — URL: <http://fsgzr.ru/fotogalereya> (дата обращения: 17.05.2023). — Изображения: электронные.

83. Хрусталёв, Е. И. Технические средства аквакультуры. Лососёвые хозяйства : учебник для вузов / Е. И. Хрусталева, К. А. Молчанова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-5392-4.
84. Черепанова, Н. С. Характеристика популяции палии (*Salvelinus alpinus lepechini* Gmelin) северной (карельской) части Ладожского озера / Н. С. Черепанова, А. П. Георгиев // Сельское, лесное и водное хозяйство. — 2015. — № 6(45). — С. 3–7.
85. Численность населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2021 года / Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области : официальный сайт. — Санкт-Петербург, 2021. — URL: <https://petrostat.gks.ru/storage/mediabank/mouMrOCv/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%BB.%D0%9B%D0%9E%20%D0%BD%D0%B0%2001.01.2021.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). — Текст: электронный.
86. Шиндавина, Н. И. Критерии оценки эффективности искусственного воспроизводства лососевых рыб (на примере самок ладожской палии *Salvelinus lepechini* Gmelin 1788) / Н. И. Шиндавина, В. Я. Никандров, А. А. Лукин // Успехи современной биологии. — 2021. — Т. 141, № 3. — С. 287–295. — DOI 10.31857/S0042132421030091.
87. Шиндавина, Н. И. Оценка качества икры самок ладожской палии *Salvelinus alpinus lepechini* с порционным созреванием. Методический аспект / Н. И. Шиндавина, В. Я. Никандров, А. Г. Мосеев // Рыбное хозяйство. — 2019. — № 5. — С. 93–95.
88. Шиндавина, Н. И. Эффективность использования солевого раствора при искусственном осеменении икры радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972) и ладожской палии *Salvelinus alpinus lepechini* (Gmelin, 1788) / Н. И. Шиндавина, А. Г. Мосеев, В. Я. Никандров // Рыбное хозяйство. — 2023. — № 2. — С. 96–100.

89. Эдельштейн, К. К. Лимнология : учебное пособие для вузов / К. К. Эдельштейн. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08246-3.
90. Caroli a Linne, equitis aurati de stella polari ... Systema naturae per regna tria naturae : secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis : in 3 tomis : / Caroli a Linne, Jo. Frid. Gmelin. — Lipsiae [Leipzig], Impensis Georg. Emanuel. Beer, 1788 — .
Tom. 1. Pars 3 : Systema naturae. — [1788]. — pp. 1033–1516. — URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/10287> (date of access: 15.05.2023). — Text : electronic.
91. Coad, B. W. Dictionary of Ichthyology / B. W. Coad, D.E. McAllister. — [Revised: 28 May 2020]. — Ottawa, Canada, [2002]. — URL: <http://www.briancoad.com/dictionary/complete%20dictionary.htm> (date of access: 01.06.2023). — Text : electronic.
92. Daily Temperature, SST, & Sea Ice / Climate Reanalyzer : platform for visualizing climate and weather datasets. — Climate Change Institute, 2023. — URL: https://climatoreanalyzer.org/reanalysis/monthly_maps/ (date of access: 10.05.2023). — Text. Image (cartographic, static, two-dimensional) : electronic.
93. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences / Patrick C. Brunner, Marlis R. Douglas, Alexander Osinov, Chris C. Wilson, and Louis Bernatchez. — Text : electronic // Evolution : international journal of organic evolution. — 2001. — V. 55(3). — P. 573–586. — URL: [http://www2.bio.ulaval.ca/louisbernatchez/pdf/\(075\)%20Brunner_Evol_01.pdf](http://www2.bio.ulaval.ca/louisbernatchez/pdf/(075)%20Brunner_Evol_01.pdf) (date of access: 16.05.2023).
94. Hutchinson, G. E. The thermal classification of lakes / G. E. Hutchinson, H. Löffler. — Text : electronic // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. — 1956. — V. 42 (2). — P. 84–

86. — URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.42.2.84> (date of access: 15.05.2023).
95. Microsoft Bing : Directions, trip planning, traffic cameras & more : interactive world map / Microsoft. — 2023. — URL: <https://www.bing.com/maps> (date of access: 18.05.2023). — Image (cartographic, static, two-dimensional) : electronic.
96. *Salvelinus alpinus* : photo / Fredrik Broms. — Image : electronic // Artsobservasjoner : rapportsystem for arter : site. — 2019. — URL: <https://www.artsobservasjoner.no/Image/1216839> (date of access: 01.06.2023).
97. SDK : Machinery and equipment for breeding pond fisheries, transport and processing of fish : site. — Ostróda, Poland, 2016. — URL: <https://www.sdk.com.pl/> (date of access: 15.05.2023). — Text : electronic.
98. Temperature preference of juvenile Arctic charr originating from different thermal environments / S. I. Siikavuopio, B. S. Sæther, H. Johnsen [et al.]. — Text : electronic // Aquatic Ecology. — 2014. — Vol. 48, No. 3. — P. 313–320. — URL: https://www.researchgate.net/publication/272044497_Temperature_preference_of_juvenile_Arctic_charr_originating_from_different_thermal_environments (date of access: 12.05.2023).
99. The effect of temperature on growth performance and aerobic metabolic scope in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.) / C. Beuvar, A. K. D. Imsland, H. Thorarensen. — Text : electronic // Journal of thermal biology. — 2022. — V. 104. — P. 103117. — URL: <https://munin.uit.no/bitstream/handle/10037/28442/article.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (date of access: 12.05.2023).
100. Trout : Industrial Product Brochure / Alltech Coppens : site. — Helmond, Netherlands, 2022. — URL: https://www.alltechcoppens.com/uploads/EN-TROUT-2023_2023-02-21-112927_dwccq.pdf?v=1676978967 (date of access: 27.05.2023). — Text : electronic.

ПРИЛОЖЕНИЕ

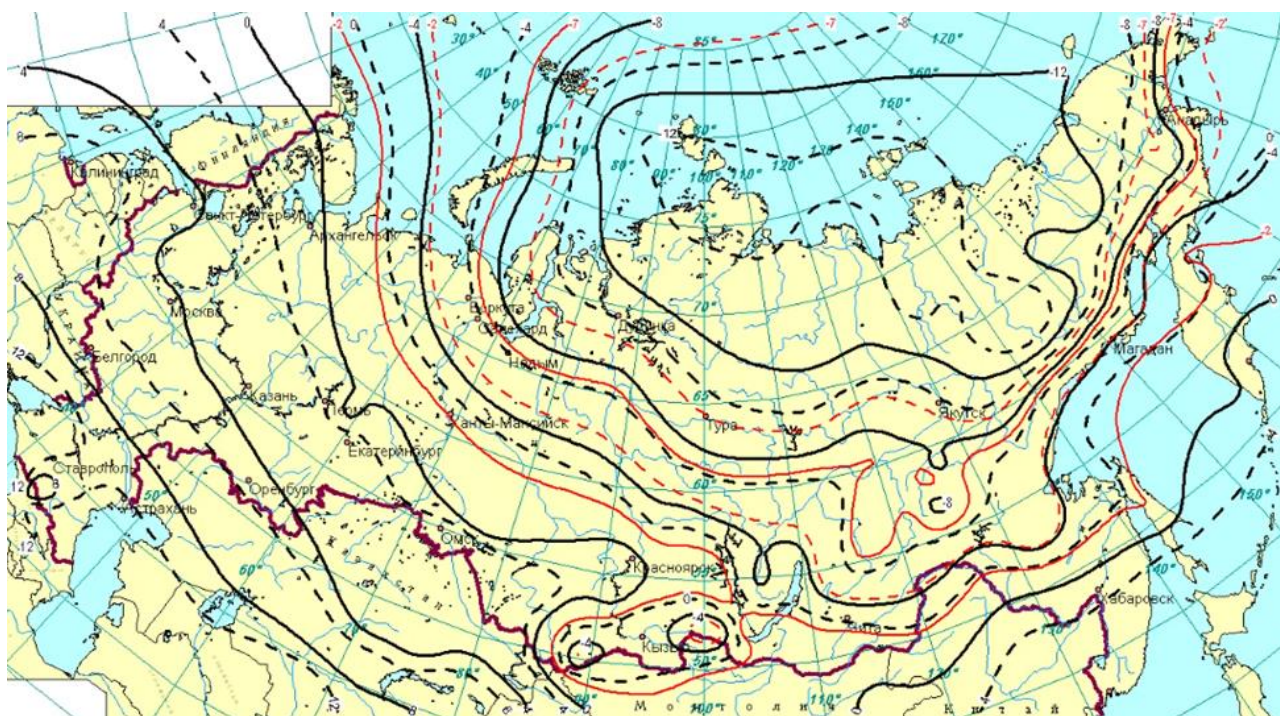


Рис. 1. Смещение среднегодовых изотерм к середине XXI в. (современные нормы — сплошные линии, пунктирные — ожидаемое смещение) [22].

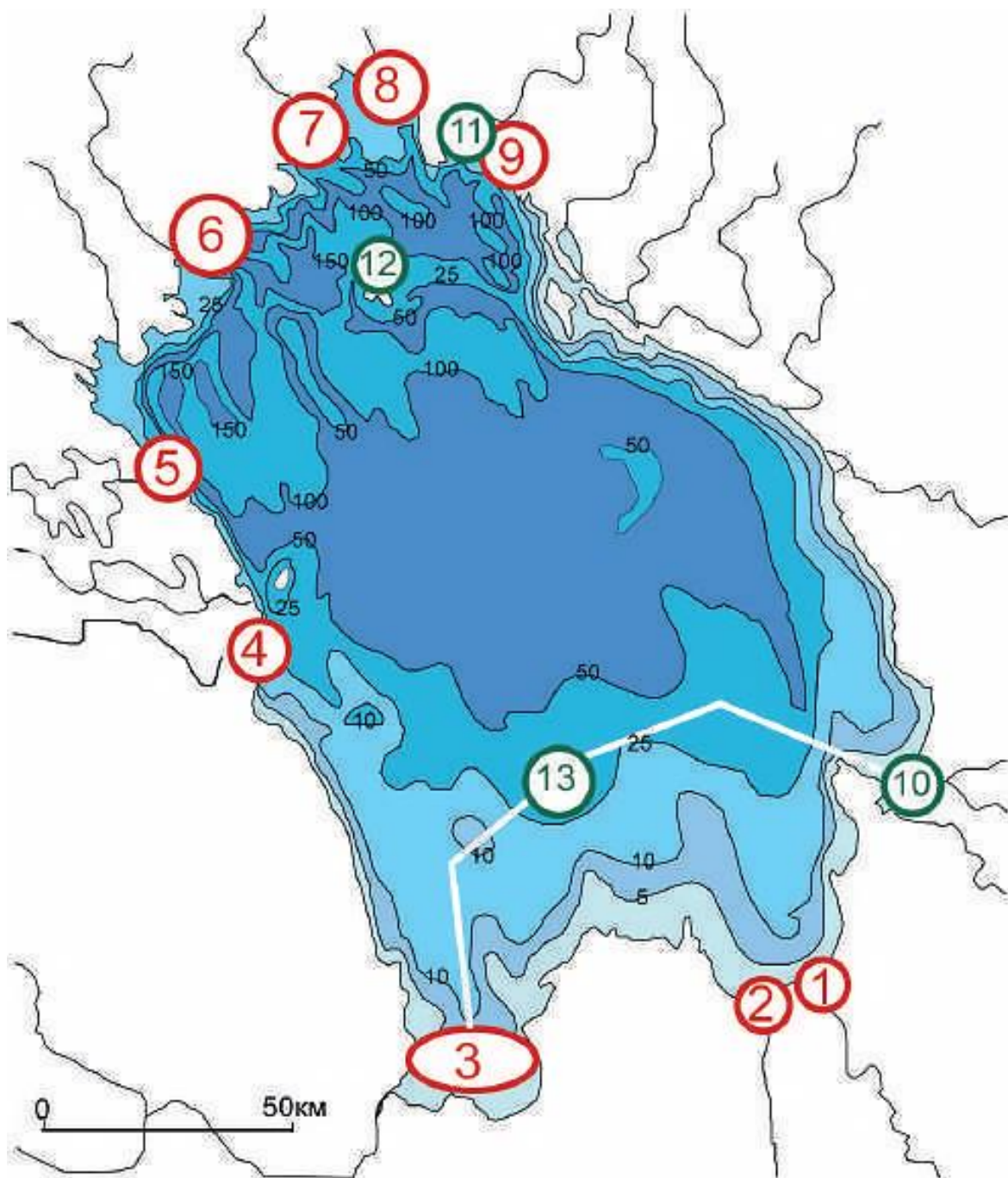


Рис. 2. Зоны экологического риска в акватории Ладожского озера [77]. 1 — устье р. Сясь; 2 — устье р. Волхов; 3 — бухта Петрокрепость, г. Шлиссельбург и прилежащие территории южного Приладожья; 4 — устье р. Бурная; 5 — Щучий залив, г. Приозёрск; 6 — район г. Лахденпохья; 7 — район г. Сортавала; 8 — территории у пос. Ляскеля; 9 — район г. Питкяранта; 10 — устье р. Свирь; 11 — территории у пос. Импилахти; о. Валаам, бухта Монастырская; 13 — судоходный фарватер.

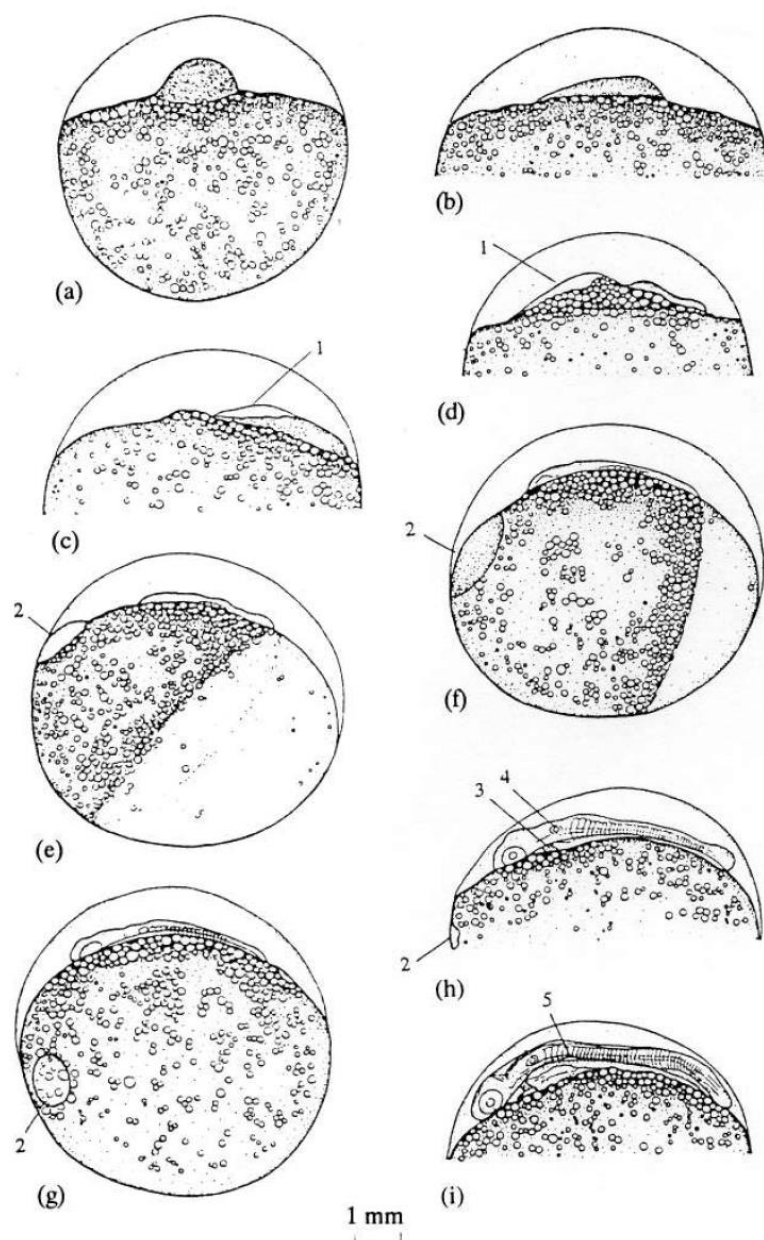


Рис. 3. Начальные стадии эмбрионального развития палии [66]. (a) — мелкоклеточная морула; (b) — ранняя гастрюляция; (c) — формирование полости в бластодиске (d) — отделение перибластического синуса; (e) — появление первых сомитов, эпиболия желтка бластодермой 30%; (f) — 7 сомитов, эпиболия желтка бластодермой 70%; (g) — 18 сегментов в теле зародыша, замыкание желточной пробки; (h) — 39 сегментов в теле зародыша, появление сердечной трубки; (i) — 44 сегмента, формирование зачатков грудных плавников; (1) — полость в бластодиске; (2) — перибластический синус; (3) — сердечная трубка; (4) — ушные капсулы; (5) — зачаток грудного плавника.

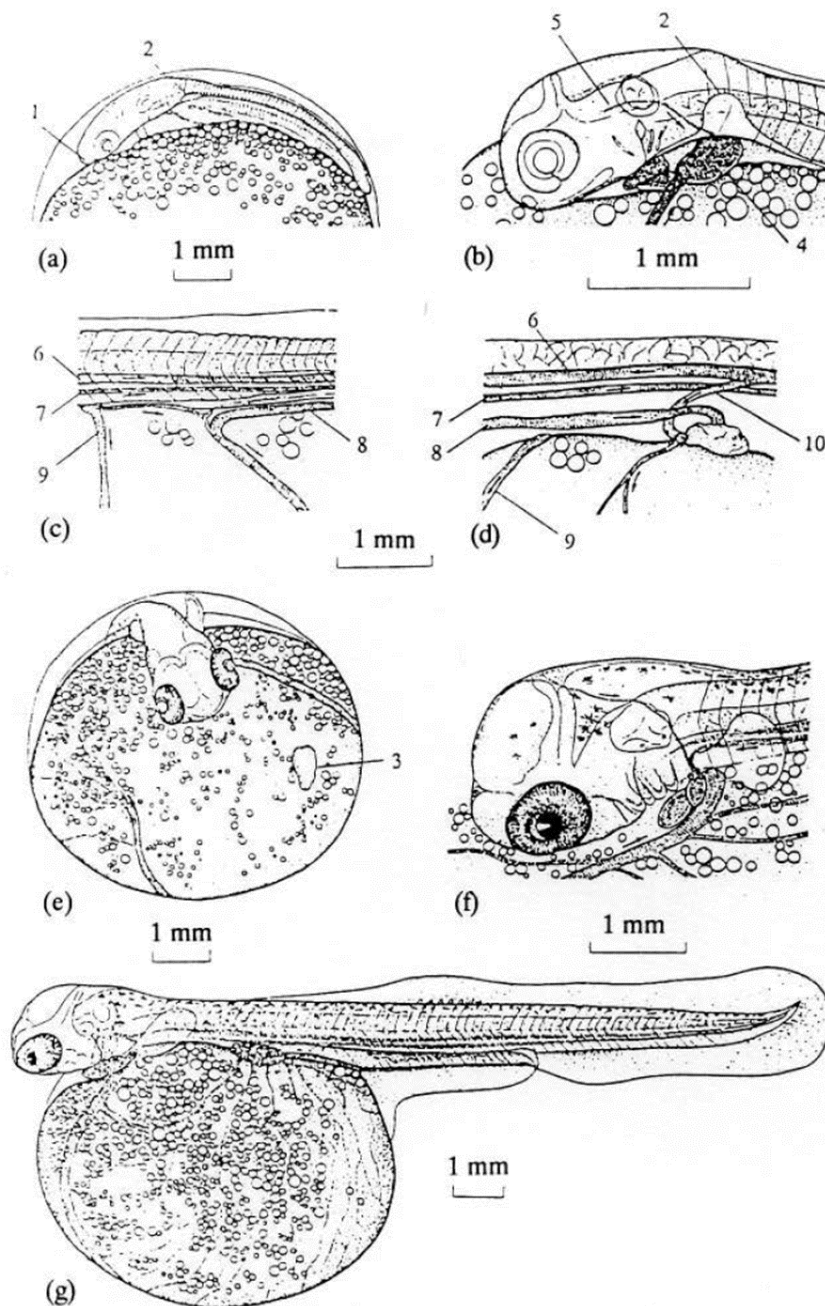


Рис. 4. Дальнейшие стадии эмбрионального развития палии [66]. (a) — 44 сегмента в теле эмбриона, сокращения сердечной трубки; (b) — появление подвижных форменных элементов крови, начало пигментации глаз; (c) — соединение *vena subintestinelis vitellinae* и *vena hepatica vitellinae*, васкуляризация 25% поверхности желточного мешка; (d), (e) — кровоснабжение желточного мешка только через *vena hepatica vitellinae*, васкуляризация 65% поверхности желточного мешка; (f) — меланофоры на голове зародыша, завершение васкуляризации; (g) — ранняя дифференциация плавниковой каймы, длина зародыша 14 мм; (1) — обонятельная капсула; (2) — грудной плавник; (3) — перибластический синус; (4) — *sinus venosus*; (5) — *v. cardinalis anterior*; (6) — *aorta dorsalis*; (7) — *v. cardinalis posterior*; (8) — *v. subintestinalis*; (9) — *v. hepatica vitellinae*; (10) — *a. coeliaco-mesenterica*.

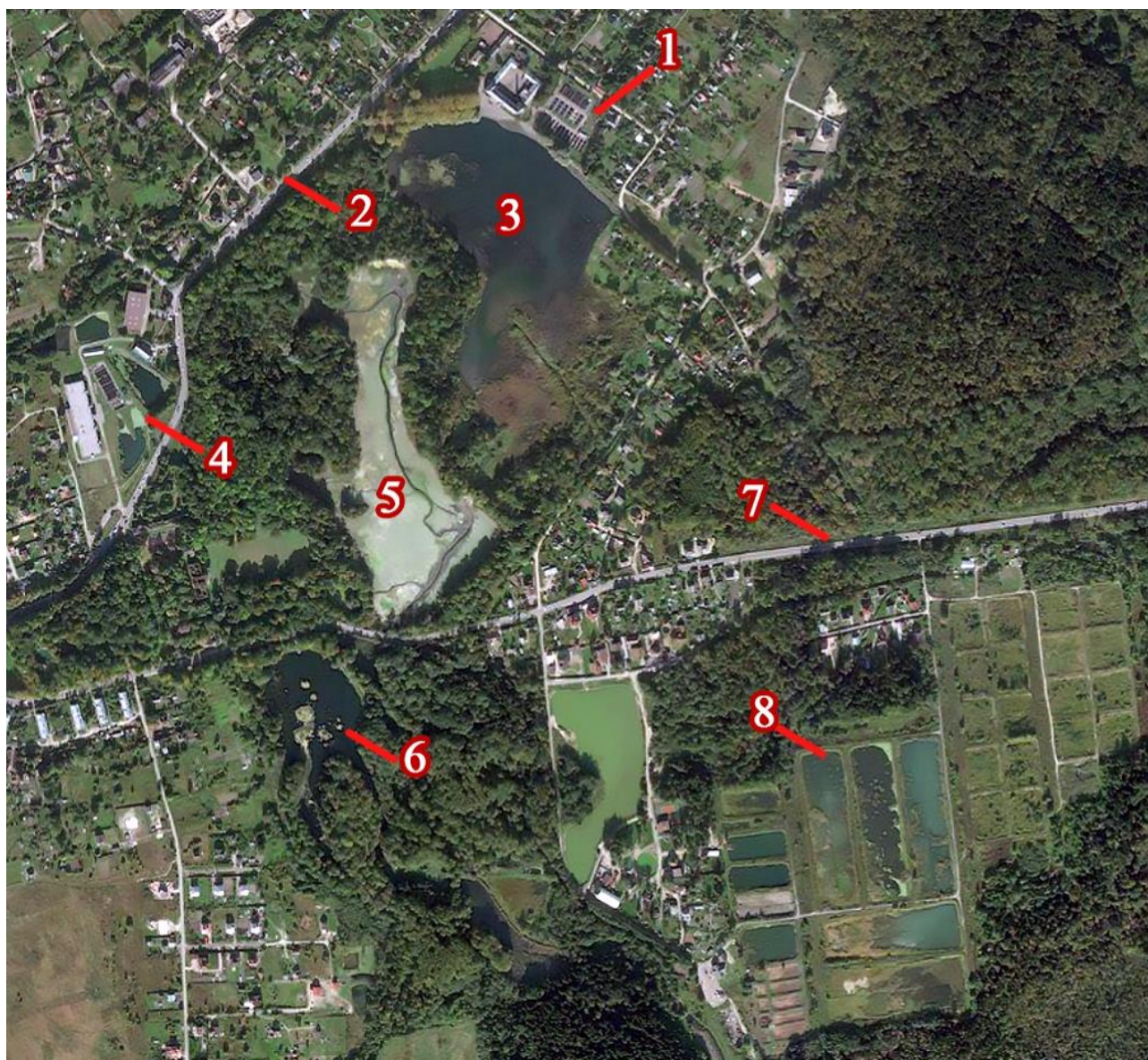


Рис. 5. Схема расположения ФСГЦР филиала ФГБУ «Главрыбвод» на территории п. Ропша (материалы источника с изменениями) [95]. 1 — Фабричный (бассейновый) участок; 2 — Стрельницкое шоссе; 3 — Фабричный пруд; 4 — Мельничный производственный участок; 5 — Ивановский пруд; 6 — Артемьевский пруд; 7 — Красносельское шоссе; 8 — Кировский (прудовый) участок.



Рис. 6. Павильон № 2 Мельничного участка ФСГЦР (на заднем плане) и внешний модуль УЗВ датского типа (на переднем плане). Фото из архива автора.



Рис. 7. Горизонтальные лотковые аппараты шведского типа. Фото из архива автора.

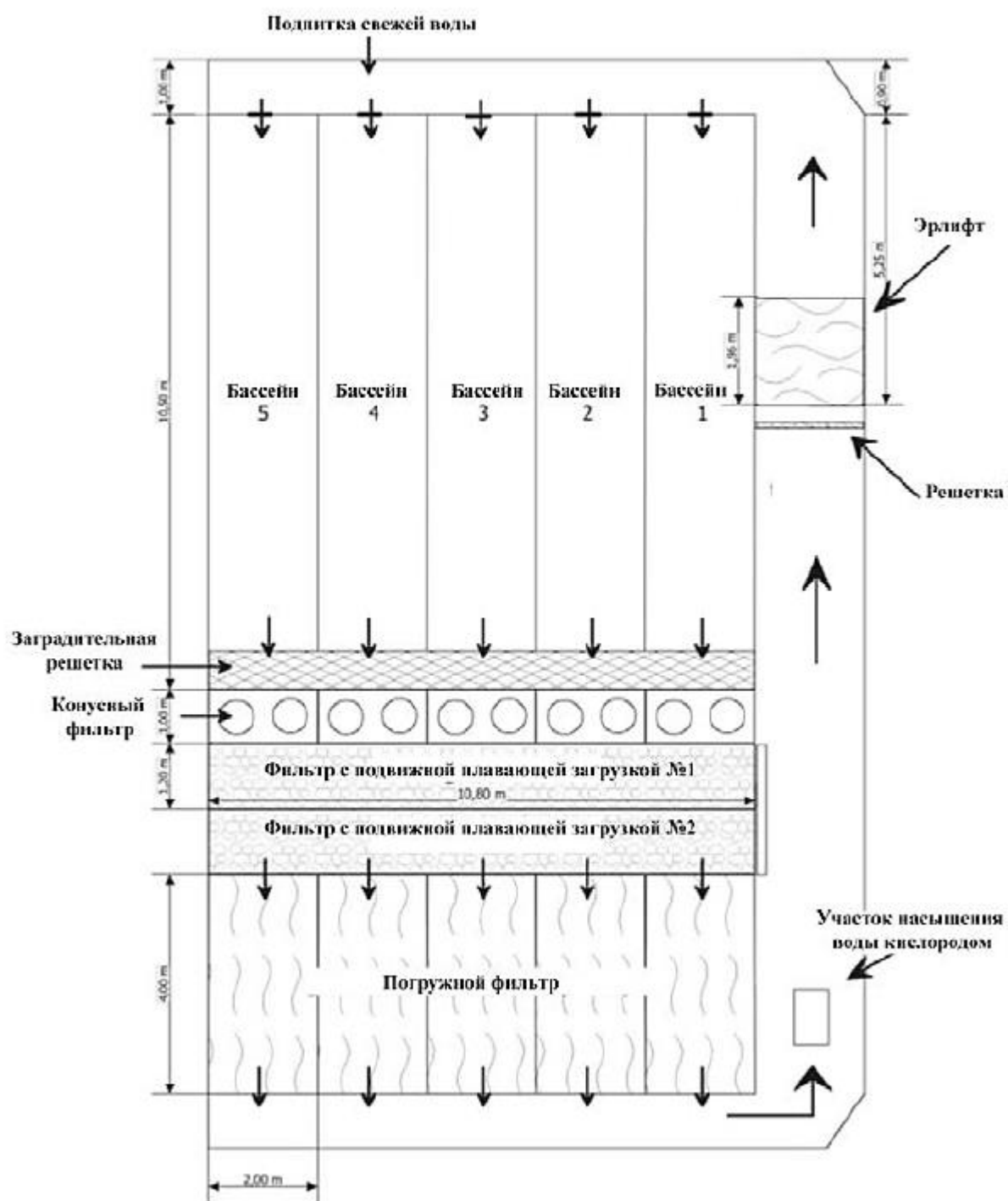


Рис. 8. Типовая схема УЗВ датского (канального) типа [5].



Рис. 9. Живорыбный автотранспорт на шасси КАМАЗ 65115 [82].



Рис. 10. Стандартные рыбоводные бассейны Мельничного павильона № 1. Фото из архива автора.



Рис. 11. Подращивание мальков ладожской палии. Фото из архива автора.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

- абразионно-аккумулятивный:** Тип берегов, образованных под действием размыва и накопления осадков [30].
- бентос:** Совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте морских и континентальных водоёмов [6].
- биоценоз:** Сообщество организмов, совместно населяющих участок суши или водоёма [6].
- бластуляция:** Заключительный этап дробления (митотических делений зиготы без клеточного роста), на котором образуется многоклеточный зародыш — бластула [6].
- бонитировка:** Комплексная оценка производителей по продуктивности и иным признакам с целью определения их пригодности к использованию в целях искусственного воспроизводства.
- гастроуляция:** Этап эмбрионального развития, следующий за бластуляцией, на котором происходит обособление зародышевых листков [6].
- гиполимнион:** Основная толща вод, сохраняющая относительно невысокую температуру во время летнего прогрева водоёма и формирования вертикальной термической стратификации [36].
- дегазация:** Удаление либо обезвреживание опасных веществ, к примеру, растворённых в воде газов [6].
- деклинальный:** Относящийся к деклинали (сублиторали, отсыпи) — откосу подводной отмели, в глубоких озёрах переходящей в заиленную часть озёрной чаши [89].
- денивелиция:** Перекос поверхности воды, возникающий в результате гидродинамических процессов в водоёме [89].
- дизъюнктивный ареал:** Разорванный, состоящий из нескольких областей, расстояние между которыми не допускает контакта между особями [6].
- димиктический водоём:** Водоём, в котором полное вертикальное перемешивание проходит два раза в году [30].

зона экологического риска: Участок акватории, находящийся вблизи от источников техногенного загрязнения, где гидрохимические показатели и состояние сообществ гидробионтов в некоторой степени отличаются от фоновых; если антропогенное воздействие длительное, то степень негативных изменений нарастает, приводя к постепенной деградации экосистемы вплоть до образования «мёртвых зон» [77].

конечный термопреферендум: Диапазон температур, обычно близкий к оптимуму роста и развития, который рыбы избирают самопроизвольно в соответствии с их текущими физиологическими потребностями.

криофильный вид: Вид, обитающий в условиях постоянных сравнительно низких температур [6].

макробентос: Группа организмов бентоса размерами от 5–10 мм либо крупнее [6].

маточное стадо: Группа половозрелых особей-производителей, которая сформирована с применением селекции и используется для получения потомства.

мейобентос: Группа организмов бентоса размерами от 0,5 до 5–10 мм [6].

мономиктический водоём: Водоём, в котором полное вертикальное перемешивание проходит один раз в году.

общий допустимый улов: Научно обоснованная величина годовой добычи (вылова) водных биоресурсов конкретного вида в определенных районах, установленная с учётом особенностей данного вида [75].

перигляциальное озеро: Озеро, часть побережья которого образована ледником, ледниковым щитом или ледяной шапкой, блокирующими сток озёрных вод [91].

популяция: Совокупность особей одного вида, обладающих общим генофондом и занимающих определённую территорию; контакты между особями внутри одной популяции более часты, чем между особями разных популяций, что проявляется, например, в более высоком уровне свободного скрещивания [6].

промысловый возврат: Показатель, характеризующий пополнение промыслового запаса ВБР от количества выпускаемой молоди в процентном соотношении [21; 51].

промысловый запас: Часть популяции, которая может эксплуатироваться промыслом.

профундальный: Относящийся к профундали — глубинной толще воды в пелагиали, куда не проникают свет и волнение [89].

резорбция: Рассасывание, поглощение.

ремонт: Группа неполовозрелых особей, выращиваемых с целью замены выбракованных и погибших производителей маточного стада.

рефугиум: Место обитания и сохранения видов при наступлении покровного ледника [27].

сеголеток: Особь, родившаяся менее чем год назад.

термоклин: Слой воды, в котором наблюдается наибольший градиент температуры при её понижении с глубиной в водоёме [6].

фиардово-шхерный: Тип береговой зоны, который отличается большим количеством протяжённых узких заливов со сравнительно невысокими берегами — фиардов, и множеством небольших каменистых островов — шхер [30].

фототаксис: Целенаправленная реакция, выбор положения в пространстве подвижным организмом в ответ на световое излучение [91].

эвтрофикация водоёмов: Повышение уровня первичной продукции вод благодаря увеличению в них концентрации биогенных элементов, главным образом азота и фосфора [6].

экстенсивность инвазии: Показатель, характеризующий то, какая доля особей из общего числа подверглась инвазионному заболеванию.

экструдированный корм: Корм, приготовленный методом экструзии (продавливания) при высоком давлении и нагреве до 120°C [6; 91].

эпигенетический: Связанный с экспрессией генов и их взаимодействием [91].