

## ЧУЖЕРОДНАЯ ПОПУЛЯЦИЯ КАРПА *CYPRINUS CARPIO* (CYPRINIDAE) ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПЕЧОРА

© 2024 Рафиков Р.Р.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН – ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 167982, Россия  
e-mail: rafikov@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 17.03.2024. После доработки 28.07.2024. Принята к публикации 17.08.2024

В данном сообщении впервые представлена морфо-биологическая характеристика самой северной локальной популяции одного из известнейших во всём мире чужеродных видов рыб – карпа обыкновенного *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758. Его местообитанием является водоём-охладитель Печорской ГРЭС (65° с. ш., 58° в. д.), созданный на базе двух естественных озёр, в которых обитало до 8 видов рыб. Показано, что за 40-летний период существования данного водоёма структура его рыбного населения постоянно изменялась, а из 7 различных чужеродных видов рыб только карп и уклейка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) воспроизводятся самостоятельно. Данная популяция карпа состоит из трёх форм, различающихся по характеру чешуйного покрова, среди которых доминирует (около 90% уловов) чешуйчатая форма. В условиях данного водоёма исследованные особи этой формы растут довольно медленно, что подтверждается низкими значениями темпа их линейного и весового роста. Показатели флуктуирующей асимметрии и морфологического разнообразия у рыб второго и четвёртого годов жизни не различались, что указывает на стабильность протекания раннего онтогенеза во времени. Сделан вывод об отсутствии возможности существования его популяции за пределами Печорского водохранилища.

**Ключевые слова:** карп, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; формы, морфологические признаки, темп роста, водоём-охладитель, Печорская ГРЭС.

DOI:10.35885/1996-1499-17-3-204-215

### Введение

Развитие рыболовной отрасли сельского хозяйства является одной из основных причин проблемы «биологических инвазий». Она заключается в появлении чужеродных видов в рассматриваемых сообществах и в возможных экологических или экономических последствиях данного процесса [Lodge, 1993]. К инвазиям относят миграцию и вселение видов в результате естественного расширения ареала, перемещения из-за флуктуаций численности и климатических изменений, антропогенных изменений абиотических факторов окружающей среды, преднамеренной интродукции и реинтродукции значимых видов, а также случайного вселения [Биологические инвазии..., 2004].

Водные экосистемы европейского северо-востока России имеют уникальное геологическое прошлое, включавшее постоянное преобразование гидрологической сети под

воздействием различных морских трансгрессий и оледенений [Андреичева и др., 2015]. Сформированная в таких условиях фауна рыбообразных и рыб в дальнейшем подверглась воздействию антропогенной деятельности различной интенсивности и направленности. На современном этапе формирования рыбного населения список видов рыбообразных и рыб указанной территории включает всего 52 вида, три из которых были перемещены между бассейнами рек Северная Двина и Печора, а 5 видов и вовсе являются абсолютно новыми [Сидоров, Решетников, 2014; Новосёлов, 2020].

Появление чужеродных видов в рыбной части сообщества может приводить к интенсификации сукцессионных процессов и даже полной перестройке структуры [Стерлигова, Ильмаст, 2009; Решетников и др., 2020]. Знание их закономерностей необходимо для прогнозирования возможных изменений

структуры рыбного населения, как отдельных водоёмов, так и целых речных бассейнов [Copp et al., 2005].

Одним из интересных объектов для исследования является карп *обыкновенный*, нативный ареал которого относится к амфибореальному типу, то есть разделён на азиатскую и европейскую части. Искусственное разведение на территории европейской части нашей страны позволило сдвинуть северную границу его распространения с широты 50 до широты 60 градусов [Атлас..., 2003]. Последующее развитие технологий выращивания карпа на тёплых водах вовлекло водоёмы-охладители различных электростанций в рыбоводный процесс. Так в среднем течении р. Печора, а именно в водоёме-охладителе Печорской ГРЭС (65° с. ш., 58° в. д.), сформировалась его самовоспроизводящаяся группировка.

С 1986 по 1998 г. акватория водохранилища использовалась АО «Рыбосадковое хозяйство», мощность которого составляла 450 т по карпу, 100 т по форели *Parasalmo mykiss* Walbaum, 1792 и 30 т по бестеру *Huso huso* (Linnaeus, 1758) × *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758. Однако общее количество производимой рыбы в конце 1980-х гг. не превышало 300 т.

В результате аварий и нарушений технологического режима на предприятии рыбная часть сообщества время от времени пополнялась культивируемыми здесь объектами садкового рыбоводства [Захаров, Бознак, 2011]. Однако лишь у карпа сформировалась локальная группировка, поддерживающаяся за счёт естественного воспроизводства. Необходимо отметить, что за последнее столетие его ареал значительно расширился на новые территории, включающие Северную и Южную Америки и Австралийский континент, а также Индию и восточную часть Африки [Koehn, 2004].

Успех его расселения стал возможен благодаря высокому инвазивному потенциалу, который определяется толерантностью к сильным колебаниям таких абиотических факторов среды, как температура, растворённый кислород, pH и мутность [Edwards, Twomey, 1982]. Также универсальная стратегия питания, позволяющая использовать

широкий спектр пищевых ресурсов (детрит, бентос, зоопланктон и растительность) и такие особенности как: быстрый рост, раннее созревание и высокая плодовитость, внесли значительный вклад в формирование инвазивного потенциала [Welcomme, 1988; Koehn, 2004]. По данным комиссии международного союза охраны природы, вначале 2000-х г. данный вид и вовсе был включён в рейтинг «100 наиболее опасных чужеродных видов» [Lowe et al., 2004].

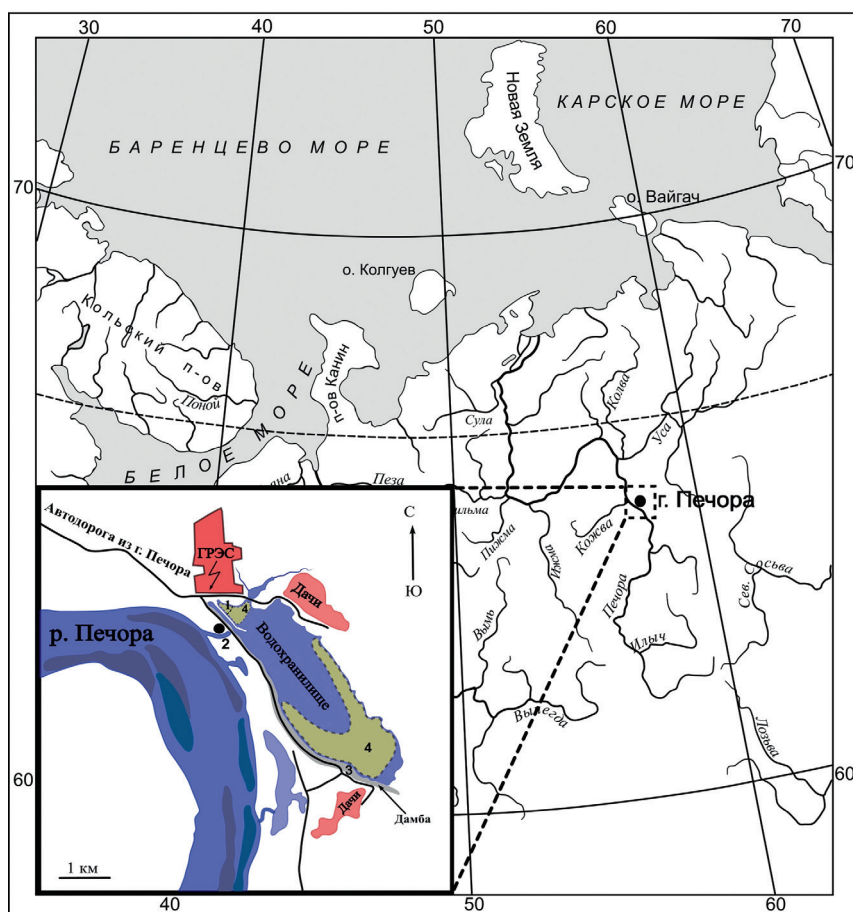
Изучение морфологических, биологических и экологических особенностей популяций инвазивных видов представляет значительный интерес. Подобные знания способствует расширению представлений не только о процессах адаптации вида к новым условиям, но и пониманию причин и направленности микроэволюционного процесса при расселении.

Цель данной работы – охарактеризовать морфологические особенности, характер питания и темп роста чужеродной популяции карпа в водохранилище Печорской ГРЭС и определить возможность его дальнейшего расселения в бассейне р. Печора.

### Материал и методика

Водоём-охладитель Печорской ГРЭС расположен в Приполярье (координаты: 65°06'58.5" с. ш., 57°21'13.0" в. д.). Это искусственное водохранилище наливного типа в правобережье среднего течения р. Печора (рис. 1). При его создании в 1984 г. были залиты два небольших озера и прилегающие заболоченные лесные участки, где предварительно были спилены деревья и намыт песок с примесью глины. Площадь водоёма составила 574 га. Он вытянут с запада на восток, продольная ось около 5 км, максимальная ширина до 1.5 км. Средняя глубина в пределах 5 м, максимальная составляет около 14 м. Береговая линия водоёма практически не изрезана, а южный берег укреплен бетонными плитами. Общий объём воды около 30 млн м<sup>3</sup>.

Отмечено превышение нормативов для рыбохозяйственных водоёмов по таким параметрам, как температура, pH (до 9.1) и содержание ионов меди (8 ПДК). Температура воды на водосбросе и малой акватории охла-



**Рис. 1.** Схема водохранилища. Условные обозначения: 1 – струераспределительная дамба, отделяющая малую акваторию, 2 – канал подпитки-сброса и насосная станция, 3 – оградяющая дамба с расположенной на ней автодорогой Печора – Бызовая, 4 – участки, где проводился отлов рыб.

дителя изменяется от 12–15 °С зимой до 30–35 °С летом, а льдом покрывается не более 50–60% площади.

Ихтиологический материал отбирался на протяжении 2008–2010, а также в 2013 и 2023 гг. Отлов рыбы осуществляли ставными жаберными сетями (с ячейёй от 18 до 60 мм) и мальковой волокушей (длинной 10 м с ячейёй 4 мм). Морфологический анализ 69 экз. проводили по общепринятой методике, однако в данной работе использованы наиболее стабильные в онтогенезе меристические признаки. В боковой линии подсчитывалось количество прободённых чешуй. Число жаберных тычинок определялось на наружной стороне первой жаберной дуги, учитывая, в том числе, рудиментарные и зачаточные тычинки. При определении количества позвонков уростиль учитывался как часть последнего позвонка. В плавниках отдельно учитывались как ветвистые, так и не ветвистые лучи. В спинном и анальном плавниках последние два луча при-

нимались за один, так как они имеют общее основание [Правдин, 1966]. Перед подсчетом количества лучей в плавниках и жаберных тычинок у рыб небольшого размера их предварительно окрашивали слабым водным раствором ализаринового красного [Якубовски, 1970].

Для оценки стабильности развития чешуйчатой формы карпа проведено определение частоты асимметричного проявления [Захаров и др., 2000] в билатеральных морфологических признаках и определён уровень их морфологического разнообразия с применением показателей  $\mu$  Животовского и доли редких морф для рыб разных лет генераций [Животовский, 1980].

Возраст 105 экз. рыб определяли по чешуе. За годовое кольцо принимали участок прерывистых склеритов, которые просматриваются по всему периметру чешуйки [Дгебуадзе, Чернова, 2009]. Ретроспективный анализ роста рыб выполнен методом обратного

расчисления по формуле прямой пропорциональности Леа [Чугунова, 1959; Дгебуадзе, 2001]. Для общей характеристики пищевого спектра карпа в кишечных трактах исследованных рыб в возрасте 1+ (30 экз.) и 3+ (31 экз.) отмечались различные компоненты питания. Данные представлены в виде частоты встречаемости, определённой как отношение числа рыб с обнаруженным компонентом к общему числу рыб с непустым кишечным трактом.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программного пакета PAST 3.25 [Hammer et al., 2001]. Проверка типа распределения выполнена с помощью критерия Шапиро – Уилка. Достоверность различий средних значений признаков в выборках рыб определена с помощью дисперсионного анализа или его непараметрического аналога – критерия Крускала – Уоллиса с применением последующих апостериорных тестов. Сравнение показателей  $\mu$  Животовского и доли редких морф проведено с помощью критерия Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

За 40-летний период существования водоёма-охладителя Печорской ГРЭС (с 1984 по сегодняшний день) в составе рыбного населения было выявлено 20 видов, а его структура характеризовалась существенными изменениями во времени (табл. 1). Изначально рыбная часть сообщества водохранилища была сформирована на основе видов рыб, обитавших в озёрах, использованных при его создании, однако в последствии её состав дополнили чужеродные бестер, радужная форель, карп и толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844).

Проведённые до 2000-х гг. ихтиологические исследования показали, что на тот период водоём-охладитель ПГРЭС являлся типичным окунево-плотвичным (до 90% уловов) водоёмом с минимальным участием вселенцев в структуре рыбной части сообщества [Бознак, Захаров, 2009].

Дальнейшая эксплуатация водоёма привела к постепенной деградации существующего ядра аборигенного рыбного населения и замещению его теплолюбивыми и эври-

бионтными видами рыб. В структуре уловов в период с 2008 по 2013 г. карп уже являлся доминирующим видом промысловой части рыбного населения водоёма-охладителя Печорской ГРЭС (табл. 1).

Все представители рыбного населения водоёма-охладителя характеризуются либо порционным типом нереста (уклейка, верховка, гольяны, карп, голец усатый и ёрш), либо нерестятся ранней весной (корюшка), что свидетельствует о критичности этапа размножения или раннего развития для одновременно нерестующих весной рыб. Ряд авторов [Халатян, 1971, 1972; Саппо, 1977; Филон, 1977] прямо указывают на нарушения воспроизводительной системы и временной сдвиг наступления отдельных стадий зрелости у плотвы, окуня и щуки, обитающих в зоне влияния тёплых вод различных ГРЭС. В.Г. Терещенко [2005] также описывал ситуацию, когда при хроническом тепловом загрязнении произошло выпадение из рыбного населения одновременно нерестующих видов рыб. В качестве основной причины этого явления автор указал на выявленное несоответствие сроков развития молоди рыб и организмов зоопланктона, которым она питается.

Биотопическое распределение особей разных генераций отличалось. Так на участках прибрежной литорали с развитыми макрофитами разновозрастная молодёжь карпа составляла значительную часть уловов (до 64%), а на открытых участках и вовсе 100%. Белого толстолобика в уловах отмечено не было, однако в 2007 г. в малой акватории водоёма произошёл замор, в результате которого погибло около 50 крупных ( $FL$  более 100 см) обитавших здесь особей.

Контрольный лов мальковым тягловым неводом с ячейей 4 мм позволил определить, что непромысловая часть рыбного населения состоит из уклейки (60%), верховки и ерша обыкновенного (по 18%), гольца усатого (3%). Озёрная форма корюшки европейской (снеток) в стандартных орудиях лова характеризуются единичными поимками (1%).

С 2010 по 2017 г. здесь располагалось рыбное хозяйство ООО «Аквакомплекс», занимавшееся товарным выращиванием стерляди, сибирского осетра и радужной форели. По

**Таблица 1.** Фауна рыб водоёма-охладителя ПГРЭС за разные периоды исследований

| Виды рыб  | 1990–1997* | 2008–2009 | 2013 | 2023 |
|---|------------|-----------|------|------|
| <b>I. Сем. ACIPENSERIDAE – осетровые:</b>   |            |           |      |      |
| 1. <i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758 – стерлядь  | –          | –         | A**  | –    |
| 2. <i>A. baerii</i> Brandt, 1869 – осётр сибирский  | –          | –         | A**  | –    |
| 3. <i>Huso huso</i> (Linnaeus, 1758) х <i>A. ruthenus</i> Linnaeus, 1758 – бестер (белуга × стерлядь) | A+         | –         | –    | –    |
| <b>II. Сем. CYPRINIDAE – карповые:</b>  |            |           |      |      |
| 4. <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) – уклейка  | –          | A+        | A+   | A+   |
| 5. <i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843) – верховка обыкновенная                                 | –          | +         | +    | +    |
| 6. <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) – карась золотой                                       | –          | –         | –    | +    |
| 7. <i>Rhynchocypris percniurus</i> (Pallas, 1814) – голянь озёрный                                    | –          | +         | +    | +    |
| 8. <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758) – голянь обыкновенный                                    | –          | +         | +    | +    |
| 9. <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) – плотва   | +          | –         | –    | +++  |
| 10. <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758 – карп  | A+         | A+        | A+   | A+   |
| 11. <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844) – толстолобик белый                       | A+         | A**       | A**  | –    |
| <b>III. Сем. BALITORIDAE – балиториевые</b>   |            |           |      |      |
| 12. <i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758) – голец усатый  | –          | +         | +    | +    |
| <b>IV. Сем. ESOCIDAE – щуковые</b>  |            |           |      |      |
| 13. <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 – щука обыкновенная   | +          | –         | –    | –    |
| <b>V. Сем. OSMERIDAE – корюшковые</b>   |            |           |      |      |
| 14. <i>Osmerus eperlanus</i> (Linnaeus, 1758) – корюшка европейская                                   | +          | +         | +    | +    |
| <b>VI. Сем. SALMONIDAE – лососёвые</b>  |            |           |      |      |
| 15. <i>Parasalmo mykiss</i> (Walbaum, 1792) – форель радужная   | A+         | –         | A**  | A**  |
| <b>VII. Сем. COREGONIDAE – сиговые</b>  |            |           |      |      |
| 16. <i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758) – сиг обыкновенный                                    | +          | –         | –    | –    |
| <b>VIII Сем. THYMALLIDAE – хариусовые</b>   |            |           |      |      |
| 17. <i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758) – хариус европейский                                  | +          | –         | –    | –    |
| <b>IX. Сем. LOTIDAE – налимовые</b>   |            |           |      |      |
| 18. <i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758) – налим   | +          | –         | –    | –    |
| <b>X. Сем. PERCIDAE – окуневые</b>  |            |           |      |      |
| 19. <i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758) – ёрш обыкновенный                                  | +          | +         | +    | +    |
| 20. <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 – окунь речной  | +          | –         | –    | +++  |
| <b>ИТОГО ВИДОВ:</b>   |            |           |      |      |
| аборигенов  | 8          | 6         | 6    | 9    |
| чужеродных  | 4          | 3         | 6    | 3    |
| общее число   | 12         | 9         | 12   | 12   |

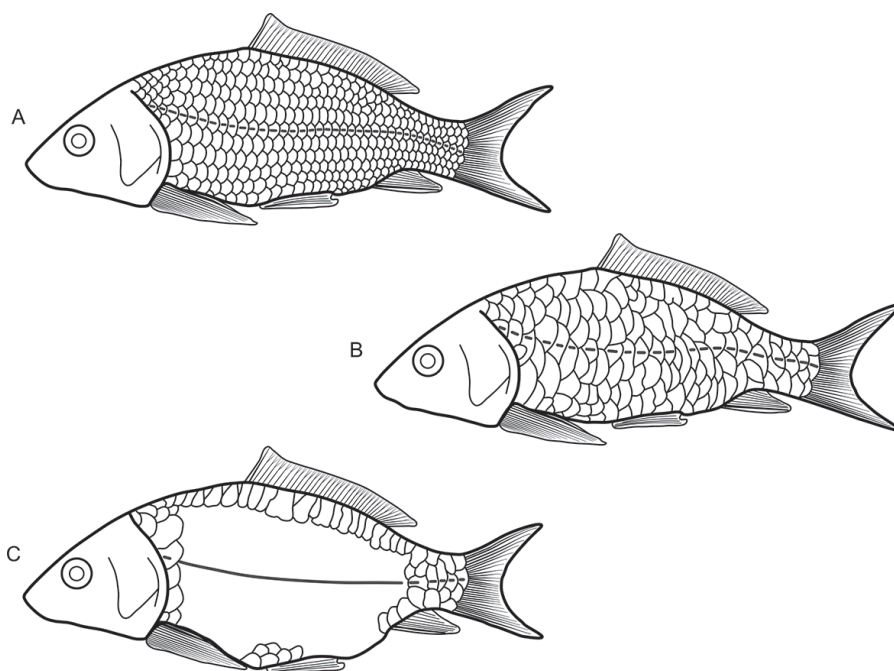
Условные обозначения: \* – данные из публикации [Бознак, Захаров, 2009]; \*\* – опросные данные, А – чужеродные виды.

данным опросов рыбаков-любителей, в 2013 г. в уловах периодически отмечались объекты рыбоводства, которые попадали в водоём из-за поломки садков. В это же время были отмечены последние известные поимки нескольких крупных экземпляров толстолобика.

Структура уловов на мелководных участках восточной части водохранилища, полученная в августе 2023 г., несколько изменилась. Ведущая роль здесь уже принадлежит ранее не отмеченному карасю золотому (до 57%). По данным опроса рыбаков-любителей, этот вид стал встречаться в уловах в восточной части водохранилища с 2020–2021

гг. Судя по всему, он был вселён в водохранилище рыбаками-любителями в середине прошлого десятилетия, и на данный момент активно увеличивает свою численность. Доминировавшие ранее карп и обыкновенный ёрш составили по 20% уловов, доля корюшки остаётся незначительной 3%. В уловах из мелкочаеистых орудий лова (сети с ячейёй 10–14 мм) продолжают доминировать уклейка (57%) и ёрш (26%). Возросла доля голяна озёрного до 16%, верховка отмечена лишь единично (1%).

Отловленные особи карпа заметно различаются по характеру чешуйного покрова. На



**Рис. 2.** Схемы чешуйного покрова выявленных форм карпа: А – чешуйчатая; В – разбросанная, тип III; С – разбросанная, тип I.

основании данного диагностического признака были идентифицированы три группы карпа [Кирпичников, Головинская, 1966]. Карп чешуйчатой формы характеризуется нормальным строением чешуйного покрова (рис. 2 А).

Особь разбросанной зеркальной формы включают два типа. Рыбам из I типа свойственно наличие целого ряда чешуй вдоль спины, а также отдельные скопления чешуй у жаберной крышки, плавников и хвоста (рис. 2 С). Для рыб типа III характерно наличие развитых рядов крупных чешуй вдоль всего тела без соблюдения их поперечности (рис. 2 В).

Подавляющее большинство особей карпа в уловах относятся к чешуйчатой форме (более 90%). Известно, что относящиеся к ней особи, обладают наибольшей жизнеспособностью, что и определяет степень их доминирования [Кирпичников, 1987].

Величины и диапазон изменчивости большинства счётных показателей выборки чешуйчатой формы карпа укладываются в его видовые стандарты. Спинной  $D$  III–IV 18–21 и анальный  $A$  III 5–6 плавники с зазубренным первым лучом. Грудной и брюшной имеют следующие формулы  $P$  13–17,  $V$  II 7–8. Значения остальных морфологических признаков представлены в таблице 2.

Как и ожидалось, выборки значимо ( $p < 0.001$  по критерию Манна – Уитни) отличаются между собой по количеству прободённых чешуй в боку тела. Известно, что у разбросанных форм карпа число мягких лучей в плавниках и жаберных тычинок меньше, чем у чешуйчатой формы [Кирпичников, 1987]. Однако, по причине редких и малочисленных поимок особей разбросанных форм, статистически значимых отличий в имеющихся выборках карпа по данным признакам не выявлено.

Общее влияние на значение морфологических показателей могут оказывать и условия обитания в техногенных водоёмах, вплоть до наличия аномалий развития скелетных структур [Татарко, 1968; Саппо, 1977]. Формирование данной популяции карпа началось с небольшого числа особей, попадающих в водоём в результате аварий на рыбноводном хозяйстве. Ограниченный набор генотипов особей и инбридинг, происходящий в замкнутом водоёме, также могут отражаться на процессе поддержания гомеостаза развития [Кирпичников, 1987]. Например, для культивируемого в различных условиях одомашненного карпа описаны такие отклонения, как уродства позвоночника, жаберных крышек, плавников и чешуи. Наиболее часто их можно встретить у молоди, которая в следствие

**Таблица 2.** Меристические признаки карпа из водоёма-охладителя Печорской ГРЭС

| Признаки      | Номинативная форма [Атлас..., 2003] | Чешуйчатая форма (n = 59)   | Разбросанная III тип (n = 3) | Разбросанная I тип (n = 7)  |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| II            | 32–41                               | $36.97 \pm 0.19$<br>33 – 40 | $23.33 \pm 1.86$<br>21 – 27  | $6.43 \pm 1.04$<br>3 – 11   |
| D             | 15–22                               | $19.19 \pm 0.12$<br>18 – 21 | $19.67 \pm 0.33$<br>19 – 20  | $19.57 \pm 0.30$<br>19 – 21 |
| A             | 5–6                                 | $5.02 \pm 0.02$<br>5 – 6    | 5<br>5                       | $4.86 \pm 0.14$<br>4 – 5    |
| P             | –                                   | $15.46 \pm 0.10$<br>13 – 17 | $15.33 \pm 0.33$<br>15 – 16  | $15.57 \pm 0.20$<br>15 – 16 |
| <i>sp.br.</i> | 21–29                               | $23.76 \pm 0.27$<br>20 – 29 | $23.67 \pm 0.67$<br>23 – 25  | $22.29 \pm 0.84$<br>21 – 27 |
| <i>vert.</i>  | 36–38                               | $36.14 \pm 0.09$<br>35 – 38 | $36.33 \pm 0.33$<br>36 – 37  | $36.86 \pm 0.14$<br>36 – 37 |

*Примечание:* II – число прободённых чешуй в боковой линии; D, A, P – число ветвистых лучей соответственно в спинном, анальном, брюшном и грудном плавниках; *sp.br.* – число тычинок на 1-й жаберной дуге, *vert.* – число позвонков; над чертой – среднее значение и его ошибка, под чертой – пределы варьирования признака.

жёсткого стабилизирующего отбора погибает [Татарко, 1977; Кирпичников, 1987].

Оценка стабильности раннего онтогенеза в условиях изучаемого водоёма, проведённая на основании таких билатеральных морфологических признаков, как число жаберных тычинок и прободённых чешуй в боку тела, а также лучей в грудных и брюшных плавниках, свидетельствует о сходных условиях протекания раннего онтогенеза (табл. 3).

Показатели Животовского и доли редких морф, рассчитанные по данным 6 признаков, указанных в таблице 2 (для билатеральных признаков взяты показатели на левой стороне тела), также достоверных различий между особями не выявили. Сходные показатели флуктуирующей асимметрии и морфологического разнообразия, а также отсутствие выраженных фенодивиаций у карпа разных лет генераций свидетельствуют об отсутствии выраженного влияния специфического термического режима водоёма на этап раннего онтогенетического развития.

В раннелетний период (середина июня – середина июля) половозрелые особи концентрировались в центральной и удалённой от водосброса части водоёма, что вероятно связано с нерестом. Берег юго-западной части водоёма укреплен железобетонными плитами, защищая тело плотины от размывания, а периметр ложа малой акватории водоёма и вовсе отсыпан валуном и гравием. Такие антропогенно-созданные прибрежные местообитания лишены мягкой водной растительности, являющейся основой для нерестово-выростных угодий данного вида рыб. Наиболее оптимальные условия для нереста отмечены в удалённой от водосброса (восточной) части водохранилища, где литоральная зона представлена мелководьями (средняя глубина около 1 м), дно которых песчаное и покрыто мягкой водной растительностью. Именно здесь у зарослей растений отмечены небольшие скопления (до 10–15 экз.) рыб, а все особи в уловах были с текущими половыми продуктами. Соотношение полов ( $\sigma^7:\text{♀}$ )

**Таблица 3.** Показатели разнообразия меристических признаков чешуйчатой формы карпа генераций разных лет

| Возраст | Год вылова | Генерация, год | N, шт | ЧАП/П     | $\mu \pm S_\mu$ | $h \pm S_h$ |
|---------|------------|----------------|-------|-----------|-----------------|-------------|
| 1+      | 2008       | 2007           | 29    | 0.34±0.04 | 3.90±0.13       | 0.15±0.02   |
| 3+      | 2009       | 2006           | 26    | 0.33±0.04 | 3.86±0.14       | 0.13±0.02   |

*Примечание:* ЧАП/П – частота асимметричного проявления на признак;  $\mu \pm S_\mu$  – показатель Животовского и его ошибка;  $h \pm S_h$  – доля редких морф и её ошибка.

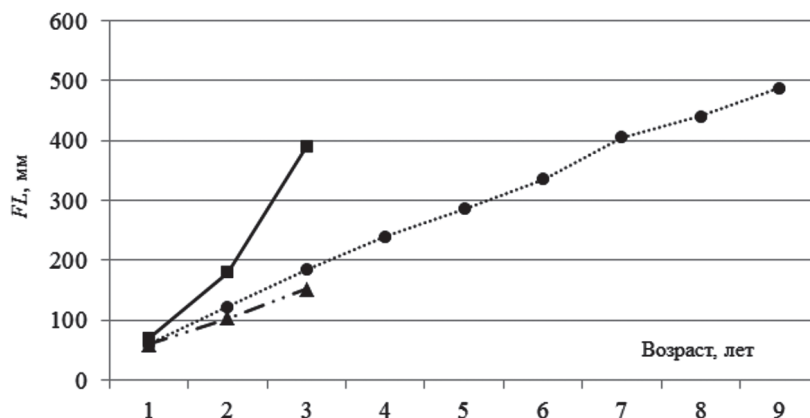
составило 3:1, то есть характеризовалось трёхкратным преобладанием самцов (75%) над самками (25%). Известно, что такое соотношение на нерестилищах карпа часто смещено в сторону самцов [Мовчан, 1983].

Питание карпа в водоёме-охладителе Печорской ГРЭС соответствует его пищевой специализации. В большинстве водоёмов основу его рациона составляют планктонные организмы и растительность, а также личинки различных насекомых и моллюски [Атлас..., 2003]. В кишечных трактах исследованных особей наиболее часто встречались мелкие гидробионты – различные ракообразные (Cladocera – 94%, Ostracoda – 50%, Соперода – 44%) и растительные остатки (90%). Также часто встречались водяные клещи (67%), личинки хирономид (56%), другие двукрылые (21%) и моллюски (13%). Личинки подёнок, ручейников, стрекоз и водных жуков отмечены редко (от 8 до 2% по частоте встречаемости). Сходный рацион питания был обнаружен у карпа из озёрных местообитаний в бассейне рек Амударья и Сырдарья [Никольский, 1940].

Биологический анализ, проведённый с привлечением дополнительного материала (106 экз. в общем), показал, что стандартная длина ( $FL$ ) в выборке колебалась от 68 мм до 500 мм, с общей массой тела рыб от 7 г до 2414 г. Возрастной ряд всех отловленных особей составил от 1+ до 9+ лет. Наличие молоди, а также половозрелых особей с текучими половыми продуктами, свидетельствует об успешном воспроизводстве карпа в исследованном водохранилище.

Рост особей чешуйчатой формы из водоёма-охладителя можно охарактеризовать как прямолинейный (рис. 3). Темп их роста на естественной кормовой базе заметно ниже по сравнению с таковым у рыб, выращиваемых на рыбоводных предприятиях. Так, например, по сравнению с особями, реализованными на Нювчимском рыбноводном хозяйстве, которое расположено 550 км южнее водохранилища Печорской ГРЭС, темп роста отличается примерно в 2 раза. Необходимо отметить, что на Нювчимское хозяйство карп был завезён в начале лета из рыбноводного хозяйства средней полосы России в возрасте 2+ и подращивался с использованием специализированных кормов до осени с последующей реализацией.

По сравнению с природными популяциями, особи карпа из водоёма-охладителя ПГРЭС значительно уступают по темпу линейного роста полупроходным формами из азово-черноморского бассейна или азиатской части ареала. В то же время, практически не отличаясь от жилых речных популяций карпа из верхнего течения р. Амударья и нижнего течения р. Селенга, они превосходят по такому группировки из р. Или и о. Сурхан (табл. 4). В качестве возможной причины можно указать, что печорское водохранилище характеризуется слабым развитием организмов макрозообентоса, являющимся возможным следствием как особенностей строения ложа и берегов водоёма, так и специфики термического и гидрохимического режимов. Установлен градиент увеличения биомассы бентоса по мере удаления от водосброса, который



**Рис. 3.** Темп роста разных форм карпа водоёма-охладителя Печорской ГРЭС и подращиваемого на Нювчимском рыбноводном хозяйстве по данным обратных расчислений. Условные обозначения: ●—●—●— чешуйчатая форма, ▲—▲—▲— разбросанная форма обоих типов, ■—■—■— чешуйчатая форма из садкового хозяйства Нювчимского водохранилища.



**Таблица 4.** Средние значения показателей наблюдаемого линейного (мм) и весового (г) роста карпа из водохранилища Печорской ГРЭС и иных водоёмов

| Линейный рост             |                        |            |             |            |             |            |             |             |                          |
|---------------------------|------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------------------|
| Водоём (широта, °)        | Возрастная группа, лет |            |             |            |             |            |             |             | Источник                 |
|                           | 1+                     | 2+         | 3+          | 4+         | 5+          | 6+         | 8+          | 9+          |                          |
| ПГРЭС, (65°)              | 88<br>(45)             | 159<br>(6) | 199<br>(26) | 241<br>(4) | 304<br>(16) | 342<br>(5) | 440<br>(2)  | 500<br>(1)  | Наши данные              |
| р. Селенга (51°)          | 101                    | 191        | 273         | 331        | 365         | 396        | 458         | –           | Асхаев, 1961             |
| р. Или                    | –                      | 91         | 148         | 190        | 223         | 245        | –           | –           | Ведищева, Яржомбек, 2007 |
| о. Сурхан                 | –                      | 70         | 117         | 171        | 213         | 289        | –           | –           |                          |
| р. Дунай                  | –                      | 320        | 350         | 415        | 465         | 530        | –           | –           |                          |
| Низовье р. Амур, (50°)    | 118                    | 205        | 275         | 334        | 383         | 436        | 525         | 567         | Никольский, 1956         |
| Низовье р. Дон, (47°)     | 130                    | 245        | 325         | 375        | 425         | 470        | –           | –           | Берг, 1949               |
| Дельта р. Кубань, (45°)   | 130                    | 255        | 340         | 410        | 455         | 490        | –           | –           |                          |
| Аральское море, (45°)     | 126                    | 215        | 293         | 360        | 416         | 465        | –           | –           | Никольский, 1940         |
| о. Иссык-Куль, (42°)      | 135                    | 260        | 350         | 417        | 471         | 525        | –           | –           |                          |
| р. Амударья, (39°)        | 79                     | 128        | 172         | 233        | 302         | 362        | –           | –           |                          |
| р. Гвадалквивир, (37°)    | 104                    | 194        | 279         | 352        | 399         | –          | –           | –           | Fernandez-Delgado, 1990  |
| Весовой рост              |                        |            |             |            |             |            |             |             |                          |
| ПГРЭС, (65°)              | 21<br>(45)             | 131<br>(6) | 239<br>(26) | 413<br>(4) | 631<br>(16) | 840<br>(5) | 1783<br>(2) | 2414<br>(1) | Наши данные              |
| Низовье р. Селенга (51°)  | 52                     | 210        | 463         | 604        | 1021        | 1612       | 2360        | –           | Асхаев, 1961             |
| р. Амур (50°)             | 52                     | 272        | 733         | 1020       | 1375        | 1766       | –           | –           | Ведищева, Яржомбек, 2007 |
| р. Дунай                  | –                      | 730        | 1100        | 1615       | 2350        | 3455       | –           | –           |                          |
| Краснодарское вдхр, (45°) | 37                     | 167        | 703         | 1546       | 1934        | 2468       | 4033        | –           | Куликов и др., 2020      |
| Низовье р. Урал, (47°)    | –                      | 355        | 802         | 1323       | 1563        | 2467       | 5706        | –           |                          |
| Аральское море, (45°)     | –                      | 372        | 769         | 1112       | 1507        | 2062       | –           | –           |                          |
| Азовское море, (46°)      | –                      | 387        | 780         | 1086       | 1779        | 2412       | –           | –           | Никольский, 1940         |

*Примечание:* в скобках указано количество исследованных автором экземпляров.

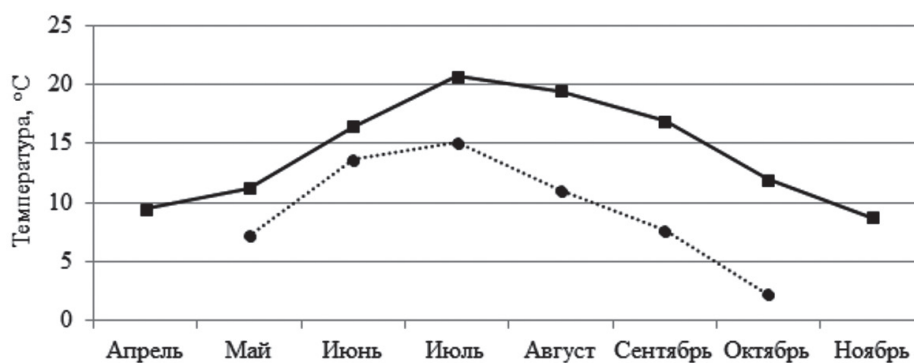
изменялся от 0.04 г/м<sup>2</sup> у водосброса до 0.98 г/ м<sup>2</sup> на мелководье в максимально удалённой части [Рафиков, 2016]. Видимо столь слабое развитие населения дна водоёма объясняет и очень низкие показатели весового роста, которые, по сравнению с указанными популяциями, можно охарактеризовать как минимальные.

Данные о температуре воды за период с 2010 по 2014 г., полученные во время существования рыбоводного хозяйства, позволяют утверждать, что водоём-охладитель характеризуется продолжительным вегетационным (количество дней со среднесуточной  $t > 10$  °С) периодом, составляющим до 170 дней (рис. 4). Тот же параметр, рассчитанный по среднесуточной температуре воздуха для данного района, составляет не более 80 дней. Таким образом, в результате сброса подогре-

тых вод происходит значительный прогрев водной массы, приводящий к изменению термического режима водоёма в целом.

Принято считать, что масса сеголетков, гарантирующая нормальную зимовку в условиях рыбхозов средней полосы европейской части России и Западной Сибири, составляет до 25–30 г. Такой массы они достигают за период с мая по октябрь, что составляет порядка 130–150 дней [Мартышев, 1973].

Следовательно, продолжительности вегетационного периода в водохранилище ПГРЭС хватает для достижения стадии развития, способной успешно перезимовать. Повышенный температурный фон способствует данному процессу, смягчая условия зимовки. Таким образом, формирование самоподдерживающейся популяции карпа явилось следствием значительного круглогодичного про-



**Рис. 4.** Средние температуры воды в период с 2010 по 2014 г. возле садков рыбоводного хозяйства на Печорской ГРЭС и воздуха в районе г. Печора. Условные обозначения: —■— температура воды, ••••• температура воздуха.

грева водной массы водохранилища. Из-за крайне непродолжительного вегетационного периода в естественных водоёмах бассейна р. Печора (не более 80 дней) достижение холодоустойчивой стадии жизненного цикла становится маловероятным, что определяет отсутствие возможности сформировать самоподдерживающиеся группировки карпа за пределами водоёма-охладителя Печорской ГРЭС.

### Заключение

За непродолжительный период существования водоёма-охладителя Печорской ГРЭС его рыбная часть сообщества претерпела значительные изменения. Всего в составе ихтиофауны отмечено 7 чужеродных видов рыб, из которых только уклейка и карп самостоятельно воспроизводятся в условиях данного водоёма. Это подтверждается не только широким распространением карпа по всей акватории водохранилища и его значимой ролью в структуре рыбного населения, но и такими фактами, как визуальная фиксация нерестового поведения, поимка молоди и особей с текучими половыми продуктами. Выявленное в результате исследования возрастного состава разнообразие возрастных групп свидетельствует о стабильности процесса воспроизводства исследованной популяции карпа.

На основании морфологических описаний исследованных особей, были идентифицированы чешуйчатая и две разбросанные (тип I и тип III) зеркальные формы карпа, хорошо различающиеся по характеру чешуйного покрова. С учётом малого объёма выборок зеркальных форм значимые отличия их

по морфологическим признакам выявлены лишь для количества чешуй в боку тела. В целом же, величины и диапазон изменчивости большинства счётных показателей выборки чешуйчатой формы карпа укладываются в его видовые стандарты. Сходные показатели флуктуирующей асимметрии и морфологического разнообразия, отсутствие выраженных фенодивиаций у карпа разных лет поколений свидетельствуют о благоприятных для данного вида условиях развития.

Качественный состав питания карпа в водоёме-охладителе Печорской ГРЭС соответствует его пищевой специализации, где основу его рациона составляют планктонные организмы и растительность, а также личинки различных амфибиотических насекомых. По темпу линейного роста исследованные особи карпа близки к жилым речным природным популяциям, значительно уступая им в весовом росте, что, по-видимому, является следствием слабого развития организмов макрозообентоса в водоёме.

Анализ данных по температуре воды из водоёма-охладителя позволил сделать вывод о значительном вкладе сброса отводимых с электростанции горячих вод в увеличение продолжительности нагульного периода для карпа. Длительность нагульного периода, необходимая для достижения холодоустойчивой стадии развития молоди, значительно превышает период активной вегетации в естественных водоёмах среднего течения р. Печора. Это позволяет считать, что образование самоподдерживающихся группировок за пределами водоёма-охладителя Печорской ГРЭС маловероятно.

## Финансирование работы

Работа выполнена в рамках госзадания «Разнообразие фауны и пространственно-экологическая структура животного населения европейского северо-востока России и сопредельных территорий в условиях изменения окружающей среды и хозяйственного освоения» № гос. регистрации 122040600025-2 (2022-2024 гг.).

## Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных автором.

## Литература

- Андреичева Л.Н., Марченко-Вагапова Т.И., Буравская М.Н., Голубева Ю.В. Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России. М.: ГЕОС, 2015. 224 с.
- Асхаев М.Н. Акклиматизация амурского сазана в водоёмах бассейна Байкала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркут. гос. ун-т. Иркутск, 1961. 17 с.
- Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т. 1. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. 379 с.
- Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 926 с.
- Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / А.Ф. Алимов, Н.Г. Богуцкая, М.И. Орлова [и др.]. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
- Бознак Э.И., Захаров А.Б. Рыбное население индустриального водоёма в условиях многофакторного антропогенного воздействия // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Матер. II Междунар. научно-практ. конф. Пермь, 25–28 мая, 2009. Пермь: Изд-во Перм. ГУ, 2009. С. 220–224.
- Ведищева Е.В., Яржомбек А.А. Справочные материалы по росту рыб: карповые и другие мягкопёрые. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 99с.
- Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности роста рыб. М.: Наука, 2001. 276 с.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Чернова О.Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2009. 315 с.
- Животовский Л.А. Показатель внутривидового разнообразия // Журнал общей биологии. 1980. Т. 41. № 6. С. 828–836.
- Захаров А.Б., Бознак Э.И. Современные изменения рыбного населения крупных рек европейского северо-востока России // Российский журнал биологических инвазий. 2011. Т. 4. № 1. С. 23–33.
- Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки / Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. М., 2000. 68 с.
- Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
- Кирпичников В.С. Головинская К.А. Характеристика основных породных групп карпа, разводимых в СССР. М.: ГОСНИОРХ, 1966. Т. 61. С. 28–38.
- Куликов Е.В., Кадимов Е.Л., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж. Временной метод определения численности рыб в рыбопромысловых реках // Вестник Астраханского гос. технического ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 68–76.
- Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. М.: Высшая школа, 1973. 428 с.
- Мовчан, Ю.В., Смирнов А.И. Фауна Украины: В 40 т. Риби. Карповые. Т. 8. Вып. 2. Ч. 2. Киев: Наукова думка, 1983. 360 с.
- Никольский Г.В. Рыбы Аральского моря. М.: Изд-во МОИП, 1940. 216 с.
- Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. Итоги Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 551 с.
- Новосёлов А.П. Новые виды рыб в водоёмах Европейского Северо-Востока России // Экология. 2020. № 6. С. 457–464.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 376 с.
- Рафиков Р.Р. Формирование рыбного населения искусственных водоёмов на территории Республики Коми: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар.: ИБ КНЦ УрО РАН, 2016. 20 с.
- Решетников Ю.С., Стерлигова О.П., Аникиева Л.В., Королёва И.Н. Проявление необычных свойств у рыб в новой ситуации // Вопросы ихтиологии. 2020. Т. 60. № 3. С. 1–12.
- Саппо Г.Б. Влияние тёплых вод на биологию и численность леща Ивановского водохранилища // В сб.: Биологический режим водоёмов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов / Ред. Г.Г. Винберг. М.: Наука, 1977. С. 108–134.
- Сидоров Г.П., Решетников Ю.С. Лососеобразные рыбы водоёмов европейского Северо-Востока. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2014. 346 с.
- Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В. Виды вселенцы в водных экосистемах Карелии // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49. № 3. С. 372–370.
- Татарко К.И. Влияние температуры на меристические признаки рыб // Вопросы ихтиологии. 1968. Т. 8, вып. 3. С. 425–439.
- Татарко К.И. Аномалии карпа и роль температурного фактора в их развитии // В сб.: Биологический режим водоёмов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов / Ред. Г.Г. Винберг. М.: Наука, 1977. С. 157–196.
- Терещенко В.Г. Динамика разнообразия рыбного населения озёр и водохранилищ России и сопредельных стран: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб.: Ин-т озераведения РАН, 2005. 49 с.

- Филон В.В. Некоторые показатели физиологического состояния плотвы при повышенных температурах и состоянии её запасов в Иваньковском водохранилище // В сб.: Биологический режим водоёмов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов / Ред. Г.Г. Винберг. М.: Наука, 1977. С. 120–134.
- Халатян О.В. Влияние повышенной температуры на развитие семенников плотвы Иваньковского водохранилища // Известия ГосНИОРХ. 1971. Вып. 75. С. 127–135.
- Халатян О.В. Смещение отдельных этапов развития половых желёз окуня под влиянием температурного фактора // В сб.: Рыбохозяйственное изучение водоёмов. Л.: ГосНИОРХ, 1972. № 8. С. 22–26.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 164 с.
- Якубовски М. Методы выявления и окраски системы каналов в боковой линии и костных образований у рыб in toto // Зоологический журнал. 1970. Т. 49. № 9. С. 1398–1402.
- Copp G.H., Bianco P.G., Bogutskaya N., Eros T., Falka I., Ferreira M.T., Fox M.G., Freyhof J., Gozlan R.E., Grabowska J., Kovac V., Moreno-Amich R., Naseka A. M., Penaz M., Povz M., Przybylski M., Robillard M., Russell I.C., Stakenas S., Sumer S., Vila-Gispert A. & Wiesner C. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? // Journal of Applied Ichthyology. 2005. Vol. 21. P. 242–262. doi: 10111/j.1439-0426.2005.00679.x
- Edwards E.A., Twomey K.A. Habitat suitability index models: common carp. 1982. 28 pp. Washington DC, USA U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-82/10.12.
- Fernández-Delgado C. Life history patterns of the common carp, *Cyprinus carpio*, in the estuary of the Guadalquivir River in south-west Spain // Hydrobiologia. 1990. 206(1). P. 19–28. doi:10.1007/BF00018966
- Hammer Ø., Harper D., Ryan P. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electron. 2001. Vol. 4. P. 1–9.
- Koehn JOHN D. Carp (*Cyprinus carpio*) as a powerful invader in Australian waterways // Freshwater Biology. 2004. № 49 (7). P. 882–894. DOI:10.1111/j.1365-2427.2004.01232.x
- Lodge D.M. Biological invasions: lessons for ecology // Trends in Ecology and Evolution. 1993. Vol. 8. P.133–137. doi.org/10.1016/0169-5347(93)90025-K.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the Global Invasive Species Database. Auckland, New Zealand: The Invasive Species Specialist Group, World Conservation Union. 2004. 11 pp.
- Welcomme R.L. International introductions of inland aquatic species. FAO Fisheries Technical Paper 294. Rome: FAO, 1988. 318 pp.

## ALIEN POPULATION OF COMMON CARP *CYPRINUS CARPIO* (CYPRINIDAE) FROM A RESERVOIR IN THE PECHORA RIVER BASIN

© 2024 Rafikov R.R.

Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(IB FRC Komi SC UB RAS), Syktyvkar, 167982, Russia  
e-mail: rafikov@ib.komisc.ru

This publication presents the morpho-biological description of the northernmost local population of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 for the first time. This is one of the world's most famous alien fish species, which was recently discovered in a cooling pond (65°N, 58°E) in the middle stream of the Pechora River. The paper shows that of 7 alien fish species that inhabited the reservoir, only common carp and bleak *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) formed stable breeding groups. The common carp population consists of three forms differing in the character of scale cover, among which the full scaly form dominates (about 90 % of catches). The linear growth rate of the scaly form is low. The weight growth rate can be assessed as minimal. The indicators of fluctuating asymmetry and morphological diversity in fish of the second and fourth years of life did not differ, which show the stability of early ontogenesis over time. It is concluded that there is no possibility of existence of its population outside the Pechora reservoir.

**Keywords:** Common carp; *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; forms; morphological features; growth rate; cooling pond.