

УДК 639.3.05+591.4

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORYNCHUS MIKISS WALBAUM*)
И МУКСУНА (*COREGONUS MUKSUN (PALLAS)*)
ПРИ САДКОВОМ ВЫРАЩИВАНИИ

А.Е. КУРИЦЫН, С.А. ЕФРЕМОВ, Т.А. МАКАРОВА

(Петрозаводский государственный университет)

В статье приведены результаты качественной оценки выращиваемых в садковых условиях радужной форели (*Oncorhynchus mikiss Walbaum*) и муксуна (*Coregonus miksun Pallas*), включающие данные по морфофизиологическому состоянию внешне здоровой рыбы. Выявлены размерно-весовые характеристики для радужной форели трех возрастных групп. Масса тела сеголеток, двухлеток и трехлеток в среднем составлял 45,7±5,4 г; 252,0±9,8 г; 778,0±23,3 г соответственно, для муксуна отмечены более низкие значения и медленный рост в садках. Коэффициент упитанности по Фультон для муксуна составил 0,93; для форели с возрастом увеличивался в среднем от 1,23 до 1,31. Показано, что индексы внутренних органов форели имеют более высокие значения у старшевозрастной группы, при этом гепатосоматический индекс в среднем не превышает 1,5% массы рыб, а содержание внутривисцерального жира увеличивается с возрастом до 3,5%. Сопоставлены относительные показатели массы внутренних органов исследуемых видов с представителями дикой ихтиофауны водоемов Республики Карелия. Определен индекс неблагоприятного состояния (ИНС) объектов выращивания, основанный на наличии патологических признаков внутренних органов. Исследования показали, что патологические отклонения от нормативного уровня ряда диагностических признаков для радужной форели при садковом выращивании следующие: индекс сердца выше 0,3% массы тела рыбы – ожирение органа; индекс печени выше 2,5% – изменение структуры и окраски; индекс селезенки выше 0,35% – изменение формы и консистенции органа, наличие на ней наложений и рубцов. Использование полученных данных рекомендуется для определения качества рыбы, выращиваемой в садковых условиях.

Ключевые слова: радужная форель, муксун, индексы внутренних органов, аквакультура, садки, морфофизиологические показатели.

Введение

Активное развитие аквакультуры в Республике Карелия за последние 10 лет целиком обязано росту садкового выращивания ценных лососевых видов в садках. Радужная форель (*Parasalmo (=Oncorhynchus) mykiss* W.) и разные виды сиговых (род *Coregonus*) составляют 99% всей товарной рыбы, производимой в Карелии [8]. При этом вопросы, связанные с качественной характеристикой выращиваемых в аквакультуре рыб, рассматриваются как с позиций разработки нормы их физиологического состояния, так и особенностей ответных реакций организмов на сложившиеся биотехнические условия [10], но недостаточно подробно для садковых условий.

Кроме того, установлено, что садковые хозяйства привлекают представителей дикой ихтиофауны и способствуют изменению спектра питания коренных обитателей водоемов [14]. С учетом многофакторных взаимодействий объекта выращивания и среды водоема целесообразно использовать основные параметры жизнедеятельности организмов, характеризующие потенциал здоровья и определяющие физиологическое состояние. К таковым относится морфофизиологический метод, широко применяемый в рыбоводной практике в качестве критерия оценки благополучия выращиваемой рыбной продукции, а также мониторинговые исследования в естественных водоемах для оценки биологической специфики популяций, видовых особенностей и межвидовых различий [1, 7].

Абсолютные и относительные размеры внутренних органов у разных видов рыб отличаются и зависят от условий обитания в водоеме или выращивания в рыбоводных емкостях. На развитость органов оказывают влияние обеспеченность кормом, тип питания, активность рыб. Например, масса сердца находится в большой связи с плавательной активностью, работоспособностью и является показателем энергетического потенциала и затрат. Печени принадлежит ведущая роль в метаболизме, а также барьерная функция. Величина печени зависит от интенсивности питания, общего обмена веществ и физиологического состояния особей. Гепатосоматический индекс часто используют при тестировании кормов разного состава [21]. Селезенка участвует в процессе кроветворения, в основном продуцируя красные кровяные клетки, депонирует кровь и разрушает старые эритроциты. Из всех внутренних органов рыб селезенка наиболее сильно реагирует на пищевой фактор [18]. Несмотря на высокую вариативность селезенки, ее относительная масса может служить биоиндикатором наравне с другими органами. Относительная масса желудочно-кишечного тракта как биотеста представляет интерес в отношении физиологической возможности обеспечения доставки организму питательных веществ корма, характеру и режиму кормления при выращивании в аквакультуре.

На массу внутренних органов влияет количество крови, находящейся в их тканях. Распределение крови по отдельным органам неодинаковое. Так, в почках кровь составляет 60% массы органа, в жабрах – 57%, в сердечной ткани – 30%, в печени – 14%. Доля крови в процентах от всего ее количества в организме рыб высока в почках и сосудах (до 60%), жабрах (8%) [5]. Ввиду значительной обводненности почки данный орган как биоиндикатор в исследовании не рассматривается. Внутриполостной жир как энергетический резерв организма имеет большое значение для обеспечения жизнеспособности рыб, а также общего содержания липидов в тканях. Чрезмерное накопление внутриполостного жира изменяет положение внутренних органов, нарушая естественные физиологические процессы. В комплекс морфофизиологических параметров входит также коэффициент упитанности рыб, характеризующий их общее состояние, используемый многими исследователями для экспресс-оценки [3, 17].

Целью настоящего исследования стала оценка ростовых и морфофизиологических показателей радужной форели и муксуна при выращивании в садковой аквакультуре.

Материал и методика

Исследования размерно-весовых и морфофизиологических характеристик муксуна и разновозрастной радужной форели, выращиваемых в аквакультуре,

выполнялись на форелевом хозяйстве, расположенном в акватории Ладожского озера. Работы проведены в течение 2011–2014 гг. при обычных для климатической зоны Республики Карелия гидрологических и температурных условиях, весьма благоприятных для роста и развития холоднолюбивых рыб. Выращивание рыбы проводилось согласно общепринятой биотехнологии при плотностях посадки до 10 кг/м³. Для кормления использовали специализированные корма для форели и сига производства компании BioMar (Дания).

Измерения морфометрии выполнены по стандартным методикам [11, 12]. По общепринятой методике [13] определены состояние и относительный вес сердца, селезенки, печени, желудка, кишечника, жабр (процент к весу рыбы), относительная длина кишечника (процент к длине рыбы, *ad*), фиксировалось наличие и количество внутриполостного жира, а также рассчитывался коэффициент упитанности рыб по Фультон с методическими указаниями для лососевых Мурзы и Христофорова [9]. Для сравнения полученных результатов в 2014 г. проведены морфофизиологические исследования одновозрастных рыб (возраст 3+) – окуня, щуки, ряпушки Онежского озера (центральный район, не испытывающий антропогенного воздействия). Определен индекс неблагоприятного состояния (ИНС), основанный на изучении патологоанатомических признаков внутренних органов рыб. Построен ряд морфофизиологических показателей рыб по степени их информативности. Полученные материалы исследований обработаны статистически [6].

Объем фактического материала: муксун – 30 экз.; радужная форель – 280 экз., ряпушка – 40 экз., окунь – 40 экз., щука – 12 экз.

Результаты исследований

У исследованных особей муксуна и радужной форели на всем протяжении выращивания не выявлено внешних признаков каких-либо патологических нарушений. Некрозных проявлений, кровоизлияний на кожном покрове не обнаружено. Данные основных морфометрических показателей и упитанности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размерно-весовая характеристика муксуна и радужной форели при садковом выращивании

Показатель	Муксун	Радужная форель		
	возраст 1+	возраст 0+	возраст 1+	возраст 2+
Масса, г	144±10,9	45,7±5,4	252,0±9,8	778,0±23,3
Длина, <i>ab</i> , см	27,7±0,5	16,0±0,5	28,0±0,8	40,0±0,9
Длина, <i>ac</i> , см	24,9±0,6	15,5±0,5	27,0±0,7	39,0±0,9
Длина, <i>od</i> , см	21,4±0,4	14,2±0,4	25,0±0,8	36,5±0,9
Длина, <i>ad</i> , см	17,0±0,5	11,1±0,4	20,5±0,7	29,4±0,8
Высота, см	5,0±0,3	3,4±0,1	6,0±0,4	9,6±0,2
Коэффициент упитанности	0,93±0,1	1,23±0,04	1,28±0,03	1,31±0,06

Средняя масса использованных для исследований особей муксуна составила $144 \pm 10,9$ г при колебании от 84 до 197 г. Разновозрастная радужная форель имела массу от 32 до 1000 г. Коэффициент упитанности муксуна составил 0,93; для форели с возрастом увеличивался в среднем от 1,23 до 1,31. При этом установлен факт, что индекс удовлетворительного состояния для радужной форели не должен быть меньше 1 [16].

При исследовании самок трехлетнего возраста в условиях Чегемского рыбного завода приводятся значения коэффициента упитанности от 1,1 до 1,6 с модой 1,24 [15].

Индексы внутренних органов объектов садкового выращивания представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Морфофизиологические параметры муксуна
и радужной форели при садковом выращивании**

Показатели, % массы рыбы	Муксун		Радужная форель	
	возраст 1+	возраст 0+	возраст 1+	возраст 2+
Сердце	$0,16 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,01$
Печень	$1,68 \pm 0,09$	$1,34 \pm 0,09$	$1,13 \pm 0,06$	$1,50 \pm 0,04$
Селезенка	$0,17 \pm 0,10$	$0,18 \pm 0,08$	$0,17 \pm 0,07$	$0,28 \pm 0,06$
Желудок	$1,29 \pm 0,11$	$1,16 \pm 0,09$	$0,88 \pm 0,05$	$1,27 \pm 0,06$
Кишечник	$2,45 \pm 0,13$	$1,78 \pm 0,13$	$1,84 \pm 0,09$	$2,10 \pm 0,22$
Жабры	$1,78 \pm 0,14$	$2,52 \pm 0,16$	$2,07 \pm 0,15$	$2,20 \pm 0,06$
Полостной жир	$2,79 \pm 0,38$	$1,90 \pm 0,62$	$2,19 \pm 0,26$	$3,50 \pm 0,41$
Относительная длина кишечника*	$61,80 \pm 1,83$	$56,3 \pm 1,37$	$62,2 \pm 1,41$	$61,40 \pm 2,07$

* В процентах от длины тела, *ad*.

Гепатосоматический индекс форели в возрастном секторе 0+...2+ в среднем превышает 1,5% массы рыбы. Похожие значения обнаружены в некоторых исследованиях [19], установивших, что нормальная масса печени радужной форели составляет от 1 до 1,4% массы тела. Увеличивающийся индекс печени у трехлеток, вместе с накапливающимся внутривисцеральным жиром, могут быть свидетельством перекорма или увеличения общего жира в составе используемого корма. При этом имеются данные [20], показывающие достоверное снижение гепатосоматического индекса при воздействии токсичных веществ и выполнении печенью барьерной функции. Индекс сердца закономерно уменьшается с возрастом и больше у сеголетков по сравнению с двух- и трехлетками. Относительная масса селезенки форели в связи со сложностью и разнообразием физиологических функций лабильна и колеблется в среднем в диапазоне 0,17–0,28% общей массы особи. Желудочно-кишечный тракт из-за регулярного кормления рыбы и доступности корма хорошо развит, при этом отмечено увеличение индексов желудка и кишечника с возрастом. Содержание внутривисцерального

жира у радужной форели, в основном, зависит от питательной ценности используемых кормов и режима кормления. Значение его индекса у трехлетков по сравнению с особями возраста 0+ почти вдвое выше. Длина кишечника у исследованной разновозрастной форели остается на этом уровне, а масса с возрастом увеличивается за счет развитости складчатости внутренней стенки кишечника. Относительная масса жабр у возрастной группы 0+ больше и, по-видимому, является общезиологическим показателем аллометрического роста органа с возрастом. Индекс сердца уменьшается с возрастом и увеличением массы тела, похожие данные подтверждены для терской кумжи (*Salmo trutta* L.) разного возраста [2].

В целом, следует отметить, что индексы внутренних органов радужной форели (кроме кардиологического), имеют более высокие значения у старшевозрастной группы (достоверность отличий $p < 0,05$), что свидетельствует об увеличении обменных процессов, связанных с созреванием гонад, а также снижением удельной скорости роста, и согласуется с имеющимися данными по росту у разных видов [5].

Развитость внутренних органов у муксуна и радужной форели в условиях аквакультуры сходна. Индекс сердца в среднем равен 0,16 (0,10–0,24%), печени – 1,68 (1,22–2,08%), селезенки – 0,17 (0,09–0,23%), желудка – 1,29 (0,88–1,96%), кишечника – 2,45 (1,90–3,13%), жабр – 1,78 (1,69–2,42%). Относительная длина кишечника в среднем составляет 6,17% к длине тела *ad* при колебании от 57,9 до 72,1. Содержание внутривисцерального жира у муксуна значительное – 2,79 (1,3–4,4%) от общей массы рыбы.

Патологические изменения внутренних органов, как у радужной форели, так и у муксуна, единичны и сводятся к изменениям печени, ожирению сердца, увеличению размеров желчного пузыря с изменением цвета желчи (табл. 3).

Индекс неблагоприятного состояния (ИНС) муксуна и разновозрастной радужной форели близок к нулю.

Сравнение индексов внутренних органов муксуна и радужной форели из садкового хозяйства с таковыми некоторых рыб из естественных условий водоема показал их зависимость от образа жизни, типа питания, обеспеченности кормом, способа добычи пищи.

Т а б л и ц а 3

Патологоморфологические параметры рыб при садковом выращивании

Объект выращивания	Патолого-морфологические показатели (аномалии)	Число патологических систем (баллы)	Число наблюдений
Радужная форель	Бледная печень	7	280
	Ожирение сердца	1	280
	Увеличение размеров желчного пузыря с изменением окраски желчи	2	280
Муксун	Мозаичная печень	2	30
	Ожирение сердца	1	30

Индексы внутренних органов рыб Онежского озера

Показатель	Вид рыбы		
	ряпушка	окунь	щука
Масса, г	36,2±3,4	24,0±2,1	276±9,7
Длина <i>ab</i> , см	18,1±1,1	13,6±0,9	39,8±1,7
Относительная масса органов, % массы тела:			
сердце	0,13±0,09	0,14±0,03	0,22±0,02
селезенка	0,13±0,1	0,15±0,08	0,16±0,09
печень	0,96±0,1	1,76±0,12	1,70±0,09
кишечник	1,4±0,4	2,00±0,15	2,20±0,06
Относительная длина кишечника, % длины тела, <i>ad</i>	58,4±2,8	70,0±1,64	67,5±1,26

Проведенное взвешивание внутренних органов одновозрастных групп окуня, щуки и ряпушки Онежского озера показало следующие результаты (табл. 4).

Относительная масса сердца, селезенки, кишечника оказалась выше у щуки, ведущей более активный образ в сравнении с другими рыбами. Гепатосоматический индекс среди исследованных рыб выше у окуня. Такая же закономерность характерна и для показателя относительной длины кишечника. Морфологические изменения внутренних органов у рыб из естественной среды обитания не обнаружены, что свидетельствует о благополучной экологической ситуации в центральных районах Онежского озера. При сопоставлении индексов внутренних органов разных видов рыб из естественных условий обитания и выращенных в садковом хозяйстве можно выстроить следующие ряды:

- индекс сердца уменьшается в ряду: щука > муксун > окунь > форель > ряпушка;
- индекс печени: окунь > щука > муксун > форель > ряпушка;
- индекс селезенки: форель > муксун > щука > окунь > ряпушка;
- индекс кишечника: муксун > щука > форель > окунь > ряпушка;
- относительная длина кишечника: окунь > щука > муксун > форель > ряпушка.

Приведенные закономерности развития внутренних органов изученных видов рыб отражают реакции организма на условия окружающей водной среды и биотехники выращивания (гидрохимический режим, возможности регулярного питания, затраты энергии на добычу пищи и др.). Наиболее чувствительными и надежными биомаркерами являются сердце, печень и селезенка.

Заключение

Выявленные морфофизиологические показатели объектов садкового выращивания – индикаторов здоровья рыб позволили определить пределы их нормативных значений. Это весьма важно для принятия своевременных мер по исключению негативных явлений при выращивании рыбопродукции.

Исследования показали, что патологические отклонения от нормативного уровня ряда диагностических признаков для радужной форели при садковом выращивании следующие: индекс сердца рыбы выше 0,3% ее массы – ожирение органа; печени выше 2,5% – изменение структуры и окраски; селезенки выше 0,35% – изменение формы и консистенции органа, наличие на ней наложений и рубцов. Содержание внутривисцерального жира выше 3,5% массы форели является тормозящим фактором дальнейшего роста рыбы.

Приведенные материалы исследований рекомендуются к использованию для определения качества выращиваемой рыбы в садковых условиях, адекватности водной среды и технологии выращивания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания базовой части в сфере научной деятельности, проект № 138 (ГБТ 130-15), а также Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг.

Библиографический список

1. Блинков Б.В., Мищенко А.В. Сравнительная характеристика морфофизиологических индикаторов внутренних органов стерляди, выращенной в условиях установки замкнутого водоснабжения с производителями из нерестового стада Нижней Волги // Интенсификация аквакультуры на современном этапе развития: науч.-практич. конф. с междунар. участием (Махачкала, 1–4 окт. 2013). Махачкала, 2013. С. 26–28.

2. Габолаева А.Р., Кцоева И.И., Цалиев Б.З. Возрастная гистоморфология сердца терской кумжи, содержащейся в бетонных каналах с артезианской водой // Известия Горского государственного аграрного университета. 2010. Т. 47. № 2. С. 105–107.

3. Дадикян М.Г. Об обеспеченности кормом и коэффициенте упитанности как ее критерии // Вопросы ихтиологии. 1967. Т. 7. Вып. 2. С. 338–347.

4. Золотова А.В., Панов В.П., Есавкин Ю.И., Просекова Е.А. Рост и анатомо-гистологическая характеристика осевой мускулатуры африканского сома *Clarias gariepinus* (Burchell) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. Вып 5. С. 81–93.

5. Иванов А.А. Физиология рыб. М.: Мир, 2003. 284 с.

6. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. 104 с.

7. Кобетаева Н.К. Расчет индекса неблагоприятного состояния (ИНС) для рыбного населения реки Ишим // Аграрный вестник Урала. 2011. № 2. С. 62–64.

8. Курицын А.Е., Ефремов С.А., Макарова Т.А. Анализ развития аквакультуры в Республике Карелия // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2015. № 2. С. 83–87.

9. Мурза И.Г., Христофоров О.Л. Об унификации расчета коэффициента упитанности у лососевых рыб // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: мат. XXVIII Междунар. конф. (5–8 октября 2009 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 376–380.

10. Панов В.П., Есавкин Ю.И., Золотова А.В. Гистоструктура тканей двух форм форели, выращенных в условиях тепловодного хозяйства // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2009. № 4. С. 40–44.

11. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 376 с.

12. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 300 с.

13. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю. Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: метод. указания. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 20 с.

14. Рыжков Л.П., Онищенко И.Н., Онищенко Н.А., Шустов Ю.А. Особенности распределения аборигенных озерных рыб в зоне влияния форелевой фермы // Уч. зап. ПетрГУ. 2014. №2 (139). С. 23–29.

15. Хабжожков А.Б., Казанчев С.Ч., Алоев А.Х. Биологические варианты (*varietas*) форели и их рыбоводно-биологическая характеристика // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–8. С. 1677–1681.

16. Barnham C., Baxter A. Condition Factor, K, for Salmonid Fish. State of Victoria, Department of Primary Industries, 2003. P. 1–3.

17. Josephson D.C., Robinson J.M., Lepak J.M., Kraft C.E. Rainbow trout performance in food-limited environments implications for future assessment and management // Journal of Freshwater Ecology. 2012. Vol. 27. P. 159–170.

18. Kopp R., Mares J., Lang S. et al. Assessment of ranges plasma indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under conditions of intensive aquaculture // Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. 2011. Vol. 6. P. 181–188.

19. Kumar V., Makkar H.P.S., Becker K. Nutritional, physiological and haematological responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed detoxified *Jatropha curcas* kernel meal // Aquaculture Nutrition. 2011. Vol. 17. Issue 4. P. 451–467.

20. Monfared A.L., Salati A.P. Histomorphometric and biochemical studies on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to sublethal concentrations of phenol // Toxicol Ind Health. 2013. DOI: 10.1177/0748233712451765.

21. Soler-Vila A., Coughlan S., Guiry M.D. The red alga, *Porphyra dioica*, as a fish-feed ingredient for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* effects on growth, feed efficiency, and carcass composition // J. Appl. Phycol. 2009. Vol. 21. P. 617–624.

MORPHOPHYSIOLOGICAL FEATURES
OF RAINBOW TROUT (*ONCORYNCHUS MYKISS* WALBAUM)
AND WHITEFISH (*COREGONUS MUKSUN* (PALLAS))
GROWN IN FISH POND FARMING

A.E. KURITSYN, S.A. EFREMOV, T.A. MAKAROVA

(Petrozavodsk State University)

The paper offers the results of qualitative assessment of rainbow trout and whitefish healthy in exterior, which are grown in fish ponds. This study was performed to evaluate the morphological indexes of rainbow trout and whitefish grown in fish ponds. The authors have revealed length-weight morphometrical characteristics of rainbow trout of three age groups. Weight (mean±SD) of trout 0+, 1+, 2+ years appeared to be 45,7±5,4; 252,0±9,8; 778,0±23,3 grams, respectively. For whitefish, lower length-weight indicators have been determined, as well as lower growing rate in fish ponds. The Fulton condition factor of rainbow trout have increased alongside with growing

from 1,23 to 1,31, and for whitefish, it has constituted 0,93. Hepatosomatic (HIS) index, cardio, gill, spleen, mesenteric fat indexes, morphometrics and condition factor for different age fishes have also been provided. It has been proved that morphological indexes of rainbow trout are higher in the senior-age group, and hepatosomatic index on the average has not exceeded 1,5% form the fish weight, and mesenteric fat content has been increasing with the age up to 3,5%. Main morphological characteristics decrease with age due to the growth of allometric organs. The authors have also determined the adverse index for the conditions of fish growing based on the presence of the pathology of internals and compared the obtained indexes with wild fish indicators of the Onega Lake. Basing on the measurements of indexes the authors have calculated normal conditions for pond growing of rainbow trout: cardio index of less than 0,3% may mean adipose heart; HSI index of less than 2,5% is manifested with changed structure and colouring; spleen index of less than 0,35% – changes in shape and consistency, the presence of overlays and scars. The authors recommend using the data obtained to determine the quality of fish farming products.

Key words: rainbow trout, whitefish, morphological indexes, aquaculture, fish length and mass, fish pond farming.

References

1. Blinkov B. V., Mishchenko A. V. Sravnitel'naya kharakteristika morfofiziologicheskikh indikatorov vnutrennikh organov sterlyadi, vyrashchennoy v usloviyakh ustanovki zamknutogo vodosnabzheniya s proizvoditelyami iz nerestogo stada Nizhney Volgi [Comparative characteristics of morphophysiological indicators of the internals of sterlet grown in conditions of artificially closed water supply and the use of producers from the spawning herd of the Lower Volga] // Intensifikatsiya akvakul'tury na sovremennom etape razvitiya: nauch.-praktich. konf. s mezhdunar. uchastiyem (Makhachkala, 1–4 oct. 2013) Makhachkala, 2013. P. 26–28.
2. Gabolayeva A.R., Ktsoyeva I.I., Tsaliyev B.Z. Vozrastnaya gistomorfologiya serdtsa terskoy kumzhi, sodержashcheysya v betonnykh kanalakh s artezianskoy vodoy [The age histomorphology of the heart of the Terek trout kept in concrete canals with artesian water] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. Vol. 47. No. 2. P. 105–107.
3. Dadikyan M.G. Ob obespechennosti kormom i koeffitsiyente upitannosti kak yeyo kriterii [On food supply and the fatness coefficient as its criteria] // Voprosy ikhtiologii. 1967. Vol. 7. Issue 2. P. 338–347.
4. Zolotova A.V., Panov V.P., Yesavkin Yu.I., Prosekova Ye.A. Rost i anatomogistologicheskaya kharakteristika osevoy muskulatury afrikanskogo soma *Clarias gariepinus* (Burchell) [Growth and anatomical-and-histological characteristics of the axial musculature of the African soma *Clarias gariepinus* (Burchell)] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2015. Issue 5. P. 81–93.
5. Ivanov A.A. Fiziologiya ryb [The Physiology of Fish]. M.: Mir, 2003. 284 p.
6. Ivanter E.V., Korosov A.V. Elementarnaya biometriya: ucheb. posobiye [Elementary biometrics: tutorial]. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2010. 104 p.
7. Kobetayeva N.K. Raschet indeksa neblagopoluchnogo sostoyaniya (INS) dlya rybnogo naseleniya reki Ishim [Calculation of the unfavorable state index (USI) for the fish population of the Ishim river] // Agrarniy vestnik Urala. 2011. No. 2. P. 62–64.
8. Kuritsyn A.Ye., Yefremov S.A., Makarova T.A. Analiz razvitiya akvakul'tury v Respublike Kareliya [Analysis of the aquaculture development in the Republic of Karelia] // Rybovodstvo i rybnoye khozyaystv. 2015. No. 2. P. 83–87.

9. Murza I.G., Khristoforov O.L. Ob unifikatsii rascheta koeffitsiyenta upitannosti u lososevykh ryb [On the unification of the calculation of the fatness factor in salmonids] // Biologicheskkiye resursy Belogo morya i vnutrennikh vodoyemov Yevropeyskogo Severa: mat. XXVIII Mezhdunar. konf. (5–8 Oct. 2009). Petrozavodsk: KarNTS RAN, 2009. P. 376–380.

10. Panov V.P., Yesavkin Yu.I., Zolotova A.V. Gistostruktura tkaney dvukh form foreli, vyrashchennykh v usloviyakh teplovodnogo khozyaystva [The tissue histostucture of two forms of trout grown in warm water conditions] // Rybprom: tekhnologii i oborudovaniye dlya pererabotki vodnykh bioresursov. 2009. No. 4. P. 40–44.

11. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the fish study]. M.: Pishchevaya prom-st', 1966. 376 p.

12. Reshetnikov Yu.S. Ekologiya i sistematika sigovykh ryb [Ecology and taxonomy of whitefish]. M.: Nauka, 1980. 300 p.

13. Ryzhkov L. P., Kuchko T. Yu. Primeneniye metoda morfofiziologicheskikh indikatorov dlya otsenki kachestvennogo sostava ryb: metod. ukazaniya [Application of the method of morphophysiological indicators for assessing the qualitative fish composition: methodological guidelines]. Petrozavodsk : Izd-vo PetrGU, 1997. 20 p.

14. Ryzhkov L.P., Onishchenko I.N., Onishchenko N.A., Shustov Yu.A. Osobennosti raspredeleniya aborigennykh ozernykh ryb v zone vliyaniya forelevoy fermy [Peculiarities of the distribution of aboriginal lacustrine fishes in the zone of a trout farm influence] // Uch. zap. PetrGU. 2014. No. 2 (139). P. 23–29.

15. Khabzhokov A.B., Kazanchev S.Ch., Aloyev A.Kh. Biologicheskkiye variyetety (*varietas*) foreli i ikh rybovodno-biologicheskaya kharakteristika [Biological varieties (*varietas*) of trout and their fish-biological characteristics] // Fundamental'nyye issledovaniya. 2014. No. 12–8. P. 1677–1681.

16. Barnham C., Baxter A. Condition Factor, K, for Salmonid Fish. State of Victoria, Department of Primary Industries, 2003. P. 1–3.

17. Josephson D.C., Robinson J.M., Lepak J.M., Kraft C.E. Rainbow trout performance in food-limited environments implications for future assessment and management // Journal of Freshwater Ecology. 2012. Vol. 27. P. 159–170.

18. Kopp R., Mares J., Lang S. et al. Assessment of ranges plasma indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under conditions of intensive aquaculture // Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. 2011. Vol. 6. P. 181–188.

19. Kumar V., Makkar H.P.S., Becker K. Nutritional, physiological and haematological responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed detoxified *Jatropha curcas* kernel meal // Aquaculture Nutrition. 2011. Vol. 17. Issue 4. P. 451–467.

20. Monfared A.L., Salati A.P. Histomorphometric and biochemical studies on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to sublethal concentrations of phenol // Toxicol Ind Health. 2013. DOI: 10.1177/0748233712451765.

21. Soler-Vila A., Coughlan S., Guiry M.D. The red alga, *Porphyra dioica*, as a fish-feed ingredient for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* effects on growth, feed efficiency, and carcass composition // J. Appl. Phycol. 2009. Vol. 21. P. 617–624.

Курицын Антон Евгеньевич – к. б. н., руковод. инновационно-технологического центра садкового рыбоводства Петрозаводского государственного университета (185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33; e-mail: kuricin@petsru.ru).

Ефремов Сергей Александрович – асп. кафедры зоологии и экологии Петрозаводского государственного университета (185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33; e-mail: efremov_sergeu@bk.ru).

Макарова Татьяна Алексеевна – асп. кафедры зоотехнии, рыбоводства и товароведения Петрозаводского государственного университета (185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33; e-mail: zedoro@rambler.ru).

Anton Ye. Kuritsyn – PhD (Bio), Director of Innovation Centre of Aquaculture, Petrozavodsk State University (185910, Petrozavodsk, Lenina aven., 33; e-mail: kuricin@petsu.ru).

Sergei A. Efremov – Postgraduate student of Department of Zoology and Ecology, Petrozavodsk State University (185910, Petrozavodsk, Lenina aven., 33; e-mail: efremov_sergeu@bk.ru).

Tatiana A. Makarova – Postgraduate student of Department of Animal Husbandry, Fishery and Merchandising, Petrozavodsk State University (185910, Petrozavodsk, Lenina aven., 33; e-mail: zedoro@rambler.ru).