

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МОЛОДЫ СИГА (*COREGONUS LAVARETUS L.*), ВЫРАЩЕННОЙ
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ РЫБОВОДНОМ ЦЕХЕ АТЛАНТИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АТЛАНТИРО») В 2024 Г.



А. Ю. Глушкина, студентка
E-mail: Glushkovalesya@bk.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Е. В. Шахова, канд. биол. наук, доц.
E-mail: evgeniya.shakhova@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Е. В. Авдеева, канд. биол. наук, проф.
E-mail: elena.avdeeva@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Р. В. Трофимов, заведующий сектором
E-mail: trofimov@atlant.vniro.ru
Атлантический филиал ГНЦ РФ
ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»)

Проведено исследование морфофизиологических и гематологических показателей трехмесячной молоди сига (*Coregonus lavaretus L.*), выращенной в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) экспериментального рыбоводного цеха Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») в 2024 г., перед выпуском в Куршский залив. Также выполнен микробиологический анализ микрофлоры исследуемой молоди, воды из системы УЗВ и корма Aquarex, которым кормили рыбу в период выращивания. Во время исследования применялись методы биологического анализа, клинического анализа крови и метод микробиологического посева. Морфологические и гематологические показатели молоди сига находились в пределах референсных значений, характерных для трехмесячной молоди сига, выращенной в УЗВ. В микробиоценозе молоди, воды и корма были обнаружены условно-патогенные бактерии рода *Aeromonas*. При обнаружении обсемененности рыбы, воды и корма условно-патогенными бактериями были разработаны и применены профилактические меры для предупреждения возникновения болезни.

Ключевые слова: сиг, морфологические показатели, физиологические показатели, гематологический анализ, микробиологический анализ, искусственное воспроизводство.

ВВЕДЕНИЕ

Обыкновенный сиг занесен в международную Красную книгу как уязвимый вид. Следовательно, сохранение его популяций в природных водоемах актуально и имеет большое значение как элемент восстановления экологического равновесия и поддержание биоразнообразия природных местообитаний. В Калининградской области искусственным воспроизвед-

ством сига с целью восстановления популяции занимаются несколько предприятий, одним из которых является Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»).

Для успешного искусственного выращивания молоди сига необходимо перед выпускком в Куршский залив проводить оценку качества выпускаемой молоди по морфофизиологическим и микробиологическим характеристикам.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

К объектам исследования относились трехмесячная молодь сига, выращенная в установке замкнутого водоснабжения в количестве 63 экз., две пробы воды из бассейнов системы замкнутого водоснабжения, где выращивалась молодь, и проба корма Aquarex фирмы АО «ГК Мелком», которым кормили рыбу в период выращивания. Материал для исследования был собран 8 июля 2024 г. в экспериментальном цехе «АтлантНИРО» перед выпуском молоди в Куршский залив. Пробы после отбора были доставлены в ихтиопатологическую лабораторию для дальнейшего исследования.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – изучение морфофизиологических и микробиологических характеристик молоди сига (*Coregonus lavaretus L.*), выращенной в условиях экспериментального рыбоводного цеха Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» «АтлантНИРО» в 2024 г. для дальнейшей оценки качества выпускаемой рыбы.

Задачи исследования: 1) Изучить морфологические показатели молоди сига. 2) Изучить физиологические показатели молоди сига. 3) Исследовать микробиологический состав воды, корма, наружных покровов и органов рыб. 4) Определить наличие патогенных микроорганизмов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные методы исследования – общий биологический анализ, гематологический и микробиологический анализы, которые выполнялись по общепринятым стандартным методикам [1, 2, 3].

Общий биологический анализ проводили для определения степени наполнения желудочно-кишечного тракта, коэффициента упитанности, определение массы рыбы без внутренностей и массы внутренних органов.

Гематологические исследования проводили гемоглобинцианидным пробирочным методом, рефрактометрически, по коэффициенту преломления сыворотки и косвенным методом. Подсчет лейкоцитарной формулы производили на сухих мазках, на каждом мазке идентифицировали 200 лейкоцитов с учетом стадий их цитогенеза по классификации Н. Т. Ивановой (1983) [4].

Бактериологический посев кожи, жабр, внутренних органов рыбы, воды и корма осуществляли по общепринятым методикам на питательные среды ЭНДО и РПА [5]. Идентификация штаммов бактерий по культуральным, морфологическим и физиолого-биохимическим признакам до рода, а также установка их таксономической принадлежности проведена по краткому определителю Берджи [6, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В период выращивания молоди сига с 18 апреля по 8 июля 2024 г. значения температуры воды в бассейнах УЗВ колебались от 15,5 до 16,9 °C, а концентрация кислорода – от 6,3 до 9,2 мг/л. Они находились в границах оптимальных значений, характерных для данного вида, что говорит о благоприятных условиях выращивания объекта искусственного воспроизводства сига [8].

Исследованная молодь сига, предназначенная для выпуска в Куршский залив, имела среднюю массу тела $2,17 \pm 0,17$ г (рисунок 1). Диапазон колебаний массы тела одновозрастной молоди сига находился в пределах 1,40–4,71 г, что соответствует полученным данным

Е. В. Шаховой (2015) при исследовании морфофизиологической характеристики молоди сига, выращенной в бассейнах УЗВ в 2015 г. [8]. Полученные нами данные согласуются и с результатами выращивания молоди сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г. Д. С. Пьянова [9].

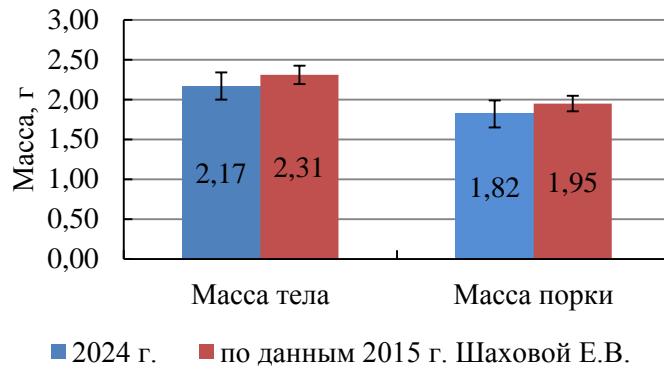


Рисунок 1 – Масса тела и порки исследованной одновозрастной молоди сига в 2024 и 2015 гг.

Средняя масса порки, зоологическая и промысловая длина тела и длина головы полученные при исследовании, тоже согласуются с данными авторов Е. В. Шаховой (2015) и Д. С. Пьянова (2022) [8, 9].

Клинический и патологоанатомический анализ молоди сига, выращенной в бассейнах системы УЗВ, показал, что на кожных покровах язв, покраснений, опухолей, некротических участков не обнаружено. Кожная слизь была прозрачной. Форма глаз не изменена, кровоизлияния отсутствуют. Жаберные лепестки были характерной окраски, их форма и структура не изменены. Плавники целые, кровоизлияний не выявлено. Внутренние органы компактные. Печень и сердце цельной структуры. Сердце бурого цвета, печень – светлопесочного.

Масса внутренних органов молоди сига, исследованной нами в 2024 г., была схожа со значениями, полученными в 2015 г. Е. В. Шаховой (2015) (рисунок 2) [8].

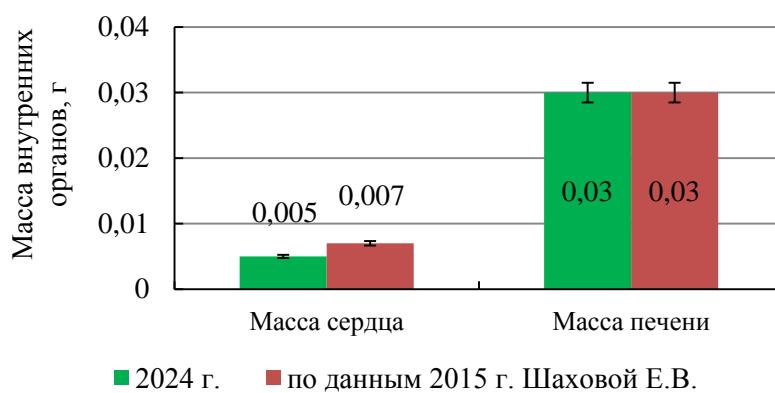


Рисунок 2 – Масса внутренних органов исследованной молоди сига в 2024 и 2015 гг.

Морфологические показатели молоди сига, выращенной в бассейнах системы УЗВ в 2024 г., находились в пределах рыбоводных значений, характерных для данного вида в возрасте трех месяцев. Это свидетельствует о том, что температурные и гидрохимические условия выращивания, технологические параметры системы УЗВ и режим кормления рыбы обеспечили оптимальные рост и развитие молоди сига.

Средний индекс сердца, исследованный нами в 2024 г., был схож со значениями, полученными в 2015 г. Е. В. Шаховой (2015) [8]. Среднее значение гепатосоматического ин-

декса находилось ближе к нижней границе диапазона нормативных значений. Среднее значение индекса печени и сердца представлено на рисунке 3.

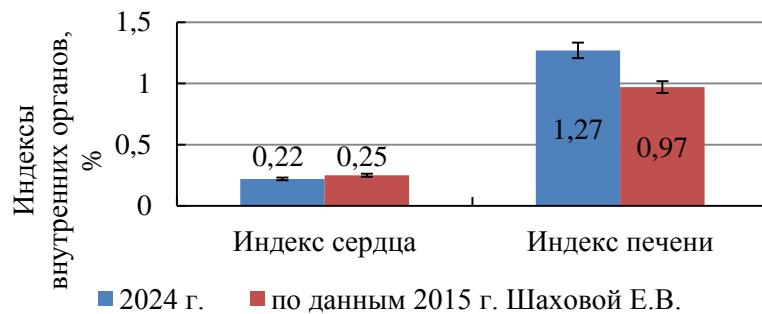


Рисунок 3 – Индексы внутренних органов исследованной одновозрастной молоди сига в 2024 и 2015 гг.

Полученные индексы внутренних органов молоди сига, выращенной в бассейнах системы УЗВ в 2024 г., находились в пределах нормативных значений, характерных для данного вида в возрасте трех месяцев, что подтверждает ранее сделанные выводы о благоприятных условиях выращивания молоди сига в системе УЗВ.

У исследованной молоди сига в 2024 г. концентрация гемоглобина была высокой (таблица 1) и соответствовала референсным значениям, характерным для трехмесячной молоди сига ($54,0\text{--}97,0 \text{ г}\cdot\text{l}^{-1}$).

Таблица 1 – Концентрационные показатели крови молоди сига, выращенной в 2024 г.

Показатель	Среднее значение	Ошибка средней	Коэффициент вариации
Концентрация эритроцитов, $\text{T}\cdot\text{l}^{-1}$	1,20	0,06	19,0
Концентрация лейкоцитов, $\text{Г}\cdot\text{l}^{-1}$	23,75	3,07	46,7
Концентрация тромбоцитов, $\text{Г}\cdot\text{l}^{-1}$	30,00	5,90	70,9
Концентрация гемоглобина, $\text{г}\cdot\text{l}^{-1}$	90,07	4,08	16,3
Содержание гемоглобина в эритроците, пг	0,96	0,05	18,3
Общий белок в сыворотке крови, $\text{г}\cdot\text{l}^{-1}$	44,63	0,98	7,9

Концентрация эритроцитов колебалась в пределах $0,78\text{--}1,61 \text{ T}\cdot\text{l}^{-1}$. У исследованной молоди сига была отмечена высокая обеспеченность зрелых эритроцитов гемоглобином, значения колебались в пределах от 0,80 до 1,37 пг. Высокие значения концентрации гемоглобина, эритроцитов и содержание гемоглобина в эритроците говорят о хороших кислородных условиях выращивания молоди сига, а также об интенсивном обмене веществ в организме рыб, влияющем на их рост и развитие.

В крови исследованной молоди показатели концентрации лейкоцитов и тромбоцитов находились в диапазоне референсных значений, характерных для молоди сига из УЗВ, выращиваемой при оптимальной температуре воды (таблица 1).

Общий белок в сыворотке крови сига был высоким в связи с тем, что молодь сига в период выращивания получала достаточное количество высококачественного белка из корма для ее роста, развития и хорошего физиологического состояния и указывает на активный метаболизм, который необходим для синтеза новых клеток и тканей, что особенно важно в период интенсивного роста.

В периферической крови молоди сига во время исследования были обнаружены десять форм лейкоцитов. Среди лимфоцитов были клетки двух видов: большие и малые. Кровь молоди сига носила лимфоидный характер. Первое место занимали лимфоциты, общее число которых колебалось в диапазоне 48,0–91,0 % (таблица 2).

Таблица 2 – Лейкоцитарная формула крови молоди сига, выращенной в 2024 г.

Показатель	Среднее значение	Ошибка средней	Коэффициент вариации
Промиелоциты нейтрофильные	3,08	0,80	93,2
Миелоциты нейтрофильные	4,36	0,83	68,9
Метамиелоциты нейтрофильные	9,64	1,56	58,2
Палочкоядерные нейтрофилы	5,00	1,00	71,9
Сегментоядерные нейтрофилы	3,21	0,88	99,3
Общее число нейтрофилов	24,86	3,37	48,9
Псевдоэозинофилы	2,22	0,41	66,7
Моноциты	1,00	0,01	0,1
Псевдогранулоциты	3,50	0,58	60,1
Большие лимфоциты	12,93	1,23	34,3
Малые лимфоциты	57,14	3,77	23,8
Общее число лимфоцитов	70,07	3,61	18,6
Индекс сдвига лейкоцитов	0,47	0,08	60,9
Индекс сдвига нейтрофилов	11,28	2,67	85,5

Процент малых лимфоцитов преобладал над процентом больших. Количество малых лимфоцитов изменялось у особей молоди сига в пределах 34,0–76,0 %, больших лимфоцитов – 6,0–23,0 %. Средние значения показателей лейкоцитарной формулы крови исследованной молоди сига представлены в таблице 2.

Второе место по численности занимали нейтрофилы. Их среднее значение составило 24,9 %. Среди нейтрофилов преобладали незрелые формы. Среди них преобладали метамиелоциты нейтрофильные, их процентное количество находилось в диапазоне 3,0–22,0 %. Общее число нейтрофилов колебалось в пределах 8,0–43,0 %, индекс сдвига нейтрофилов находился в пределах 2,6–33,0 %.

Показатель индекса сдвига лейкоцитов у молоди сига изменялся в диапазоне от 0,1 до 1,1 %. Этот показатель позволяет судить о наличии патологического процесса и защитной реакции организма рыбы. Средний процент индекса сдвига лейкоцитов у молоди сига составил $0,47 \pm 0,08$ % (таблица 2) и находился несколько выше верхней границы нормы (0,5 %), что свидетельствует об отсутствии хронических заболеваний.

Высокое содержание юных форм нейтрофилов свидетельствует о том, что организм молоди сига реагирует на стрессор, имеющий инфекционный характер. Это вызвано присутствием бактерий, с которыми активно борется организм молоди сига как с патогенами.

В подтверждение этому в микрофлоре воды было обнаружено два рода бактерий: *Bacillus* и *Aeromonas*, примерно в одинаковых количествах, *Bacillus* (55 %) и *Aeromonas* (45 %). Результаты микрофлоры воды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Микрофлора воды из бассейнов системы УЗВ

Наименование бактерий	Культуральные признаки	Морфология	Оксидазный тест	Кatalазный тест	Количество, %
<i>Bacillus</i>	округлые выпуклые блестящие светло-бежевые	Грам(+) палочки	+	-	55
<i>Aeromonas</i>	округлые плоские матовые светло-бежевые	Грам(-) палочки	+	+	45

Представители р. *Bacillus* являются сапрофитными микроорганизмами, характерными для воды; бактерии р. *Aeromonas* относятся к санитарно-показательным микроорганизмам,

чье присутствие свидетельствует о загрязнении воды, также *Aeromonas* – это условно-патогенные бактерии, которые могут спровоцировать бактериологическое заболевание аэромоноз, опасное для рыб и человека.

В микрофлоре сига было обнаружено четыре рода бактерий: *Streptococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Aeromonas* и *Micrococcus*. Результаты микрофлоры сига представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Микрофлора трехмесячной молоди сига

Наименование бактерий	Культуральные признаки	Морфология	Оксидазный тест	Кatalазный тест	Количество, %	Проба
<i>Streptococcus</i>	неправильной формы выпуклые блестящие розовые	Грам(+) кокки	+	+	3	поверхность
<i>Bacillus</i>	округлые выпуклые блестящие светло-бежевые	Грам(+) палочки	+	+	36	
<i>Campylobacter</i>	округлые выпуклые блестящие темно-розовые	Грам(-) палочки	+	-	3	жабры
<i>Bacillus</i>	округлые выпуклые блестящие светло-желтые	Грам(+) палочки	+	+	4	
<i>Bacillus</i>	округлые выпуклые блестящие темно-розовые	Грам(+) палочки	-	+	39	внутренние органы
<i>Aeromonas</i>	неправильной формы плоские матовые светло-бежевые	Грам(-) палочки	+	+	15	

На поверхности сига преобладали сапрофитные бактерии рода *Bacillus* (36 %). *Streptococcus* встречалась в незначительных количествах (3 %).

Жабры были обсеменены бактериями рода *Bacillus* (4 %) и *Campylobacter* (3 %). Они встречались в незначительном количестве.

Внутренние органы были обсеменены сапрофитными бактериями р. *Bacillus* (39 %) и условно-патогенными бактериями р. *Aeromonas* (15 %).

При микробиологическом анализе корма были обнаружены представители двух родов бактерий: р. *Micrococcus* (4 %) и санитарно-показательные бактерии р. *Aeromonas* (96 %) (таблица 5).

Скорее всего, *Aeromonas* попали в воду из корма. Количество в корме составило 96 %, в воде показатели уменьшились до 45 %. У рыб их процент уменьшился до 15 %.

Таблица 5 – Микробиоценоз корма

Наименование бактерий	Культуральные признаки	Морфология	Оксидазный тест	Катализный тест	Количество, %
<i>Micrococcus</i>	неправильной формы плоские блестящие розовые	Грам(+) кокки	-	+	4
<i>Aeromonas</i>	округлые гладкие блестящие выпуклые светло-бежевые	Грам(-) палочки и кокки	+	+	96

Для предотвращения вспышек заболеваний необходимы профилактические меры, направленные на обеззараживание корма и воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Морфологические показатели молоди сига (длина тела, масса тела и порки, масса и индексы внутренних органов), находились в пределах референсных значений, характерных для трехмесячной молоди сига, выращенной в УЗВ.

2. Высокие значения концентрационных показателей крови соответствовали референсным значениям, характерным для трехмесячной молоди сига, выращенной в УЗВ, и указывали на хорошие кислородные условия выращивания молоди, интенсивный обмен веществ в организме рыб, оптимальные условия кормления и хорошее качество корма. Процентное соотношение клеток белой крови указывало на присутствие стрессора инфекционного характера.

3. В микрофлоре воды было обнаружено два рода бактерий: *Bacillus* (55 %) и *Aeromonas* (45 %). В микрофлоре сига было обнаружено четыре рода бактерий: *Streptococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Aeromonas*. На поверхности сига преобладали сапрофитные бактерии рода *Bacillus* (36 %). Жабры были обсеменены бактериями р. *Bacillus* (4 %) и *Campylobacter* (3 %). Внутренние органы были обсеменены бактериями р. *Bacillus* (39 %) и бактериями р. *Aeromonas* (15 %). В микробиоценозе корма было обнаружено два рода бактерий: р. *Micrococcus* (4 %) и санитарно-показательные бактерии р. *Aeromonas* (96 %).

4. В пробах воды, корма и рыбы присутствовали условно-патогенные бактерии р. *Aeromonas*, которые могут спровоцировать бактериологическое заболевание аэромоноз, опасное для рыб и человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пряхин, Ю. В. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие / Ю. В. Пряхин, В. А. Шкицкий. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2008. – 251 с.
2. Рыжков, Л. П. Морфофизиологические показатели рыб: учеб. пособие для студентов эколого-биологического факультета / Л. П. Рыжков, А. В. Полина. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. – 36 с.
3. Серпунин, Г. Г. Гематологические методы исследования рыб / Г. Г. Серпунин. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. – 30 с.
4. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб / Н. Т. Иванова. – Москва: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 184 с.
5. Практикум по ихтиопатологии: учеб. пособие / Н. А. Головина, Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, О. В. Казимириченко, М. Ю. Котлярчук / под ред. Н. А. Головиной. Москва: МОРКНИГА, 2016. – 417 с.

6. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита [и др.]. – Москва: Мир, 1997. – Т. 1. – 432 с.
7. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита [и др.]. – Москва: Мир, 1997. – Т. 2. – 800 с.
8. Шахова, Е. В. Морфофизиологическая характеристика молоди европейского сига (*Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758)), выпущенной в Куршский залив Балтийского моря в 2015 году // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2016. – С. 96.
9. Пинчук, М. В. Результаты выращивания балтийского сига в целях искусственного воспроизводства в условиях Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» / М. В. Пинчук, Д. С. Пьянов, К. Б. Хайновский // X Национальная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – Т. 3. – С. 93–102.

**MORPHO-PHYSIOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF JUVENILE WHITEFISH (*COREGONUS LAVARETUS* L.), CULTIVATED
IN THE EXPERIMENTAL FISH-HATCHERY OF THE ATLANTIC BRANCH
OF THE RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY
FGBNU «VNIRO» («ATLANTNIRO») IN 2024**

A. Y. Glushkova, student
E-mail: Glushkovalesya@bk.ru
FSBEI of HE «Kalininograd State Technical University»

E. V. Shakhova, Associate Professor
E-mail: evgeniya.shakhova@klgtu.ru
FSBEI of HE «Kalininograd State Technical University»

E. V. Avdeeva, PhD in Biology, Professor
E-mail: elena.avdeeva@klgtu.ru
FSBEI of HE «Kalininograd State Technical University»

R. V. Trofimov, Head of Sector
E-mail: trofimov@atlant.vniro.ru
Atlantic Branch Federal State Scientific
Institution «Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography»
(«AtlantNIRO»)

A study of the morphophysiological and hematological parameters of three-month-old juvenile whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) reared in a recirculating aquaculture system (RAS) at the experimental fish farm of the Atlantic Branch of the Russian State Research Center of Fisheries and Oceanography (VNIRO) was conducted in 2024 prior to their release into the Curonian Lagoon. A microbiological analysis of the microflora of the studied juveniles, water from the RAS system, and Aquarex feed, fed to the fish during the rearing period, was also performed. The methods of biological analysis, clinical blood analysis, and microbiological plating were used during the study. Morphological and hematological parameters of the juvenile whitefish were within the reference ranges typical for three-month-old juvenile whitefish reared in a RAS system. Opportunistic pathogens of the genus *Aeromonas* were detected in the microbiome of the juveniles, water, and feed. When contamination of fish, water and feed with opportunistic bacteria was detected, preventive measures were developed and applied to prevent the occurrence of the disease.

Keywords: whitefish, morphological parameters, physiological parameters, hematological analysis, microbiological analysis, artificial reproduction.