

УДК 597.2

ОБОСНОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* L., 1758

В. В. Шумак^{1*}, А. Ю. Волкова²

¹ Полесский государственный университет (ул. Днепровской флотилии, 23, Пинск, Брестская обл., Республика Беларусь, 225710), *vshumak@yandex.ru

² Петрозаводский государственный университет (пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910)

Для внедрения цифровых технологий в ихтиологию и аквакультуру необходимо разработать основы подготовки соответствующей информации. В качестве одного из подходов предлагается использование особенностей формы тела рыбы для обеспечения материалом процесса программирования. В работе оценивалась возможность использования морфометрической информации для обоснования цифровой модели конкретного вида рыбы – плотвы *Rutilus rutilus* L., 1758. Сбор и обработка материала проведены с использованием традиционных методик ихтиологических исследований. Определена сумма отношений таких параметров, как длина от вершины рыла до вертикали, соединяющей основание брюшного и начало спинного плавника, ширина, высота и обхват тела плотвы, к длине ее тела от вершины рыла до конца чешуйного покрова. Эта сумма может быть принята как основа для цифровизации вида – своеобразный «морфологический паспорт» плотвы при учете пяти проводимых измерений и четырех отношений. Для обоснования использования обезличенной формы представления данных, соответствующих всем видам рыб, зафиксировали по отдельному виду, на примере плотвы, некую исковую «единицу» – длину тела от вершины рыла до конца чешуйного покрова. Получено уникальное сочетание четырех значений отношений по пяти измерениям, которое может быть принято в качестве основы для идентификации плотвы как отдельного биологического вида.

Ключевые слова: плотва *Rutilus rutilus* L., 1758; ширина; высота; длина тела; форма тела

Для цитирования: Шумак В. В., Волкова А. Ю. Обоснование цифровой модели плотвы *Rutilus rutilus* L., 1758 // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 5. С. 83–89. doi: 10.17076/eb2113

V. V. Shumak^{1*}, A. Yu. Volkova². SUBSTANTIATION OF THE DIGITAL MODEL OF THE ROACH *Rutilus rutilus* L., 1758

¹Polesky State University (23 Dneprovskoy Flotilii St., 225710 Pinsk, Republic of Belarus), *vshumak@yandex.ru

²Petrozavodsk State University (33 Lenin Ave., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia)

For digital technologies to be implemented in ichthyology and aquaculture, it is necessary to develop the fundamentals for preparing relevant input. We propose using the fish body shape characteristics to provide material for the programming process. The aim is a preliminary study of the methodological approaches to searching and applying information to substantiate a digital model of a specific fish species – the roach *Rutilus rutilus* L., 1758. Collection and processing of the material were carried out using traditional methods of ichthyological research. The sum of the ratios of the body length from the top of the snout to the vertical running from the base of the pelvic fin to the beginning of the dorsal fin, width, height, and girth to the body length from the top of the snout to the end of the scales is determined. It can be accepted as the basis for digitalization of the species – a “morphological passport” of the roach, taking into account the five measurements and four ratios. It represents the normal development of roach in the Dnieper-Bug Canal in the Pinsk District of the Brest Region, Republic of Belarus. To justify the use of an impersonal form of data presentation, applicable to all fish species, we recorded for a given species, viz. roach, a certain desired “unit” – body length from the top of the snout to the end of the scale cover. The result is a unique combination of four values of the ratios based on five measurements, which can be accepted as the basis for identifying roach as a distinct biological species.

Keywords: roach *Rutilus rutilus* L., 1758; width; height; body length; body shape

For citation: Shumak V. V., Volkova A. Yu. Substantiation of the digital model of the roach *Rutilus rutilus* L., 1758. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 5. P. 83–89. doi: 10.17076/eb2113

Введение

Основные морфологические показатели, собираемые по отдельным видам рыб, часто применяются в решении поставленных в исследованиях задач. Периодические исследования биометрических показателей различных видов рыб проводятся с самыми разными целями: в селекционной работе с объектами разведения и культивирования [Молчанова и др., 2017; Хабжиков и др., 2018; Голубев, 2020], для изучения морфометрических особенностей рыб и их связи с рыбохозяйственными показателями и условиями содержания [Лютиков и др., 2023], а также для обоснования геометрических характеристик сетного полотна для орудий промыслового лова [Кириллова, 2023]. На современном этапе развития экономики именно эффективность промыслового лова в естественных водоемах [Гашников и др., 2022] и переработка морепродуктов нацелены на изучение морфологических параметров рыбы как перерабатываемого сырья [Самойлова, Агеев, 2019]. Но уже осуществляются варианты создания систем распознавания гидробионтов и измерения их штучной массы в процессе культивирования с применением нейронных сетей [Алексеев, Квятковская, 2022; Савинов, Ивашко, 2023].

Научное обоснование математического алгоритма модели позволит по-новому понять необходимость введения в действие методов, которые отразят результаты исследования в необычной интерпретации. Моделирование в ихтиологии и аквакультуре позволит развивать, расширять, обобщать и модифицировать уже существующие методы исследования. Выбор существенных черт оригинала зависит от целей построения модели, от уровня и объема знаний о структуре и функционировании оригинала, от технических возможностей построения модели и, наконец, от характеристик личности исследователя, создающего модель [Меншуткин, 2010].

Использование математического аппарата позволит в доступной форме описывать относительно стабильную ситуацию в динамическом развитии при использовании баз данных по конкретному виду рыбы. Реализация естественных законов, по которым развивается организм в течение всего онтогенеза и обеспечивается возможность реализации его потенциала в условиях конкретного водоема или водотока, закладывается в основу математического алгоритма моделируемого процесса.

Цель данной работы – оценка возможности использования морфометрической информации

для обоснования цифровой модели конкретного вида рыбы – плотвы *Rutilus rutilus* L., 1758. Для обоснования необходимого набора данных при разработке своеобразного «морфологического паспорта» плотвы решали задачу подготовки методического подхода представления в обезличенной форме информации, свойственной всем видам рыбы. Результаты данного методического подхода позволят получить «морфологический паспорт» по конкретному виду рыбы, по конкретному водоему или водотоку, разработать «морфологический паспорт» по ценному производителю или по всему маточному стаду отдельного вида рыбы. А также создадут информационную основу для оценки существующих технологий аквакультуры и помогут в разработке новых.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований использовали плотву Днепровско-Бугского канала из уловов за период 2022–2023 гг. Предметом исследований являлись чешуя, индивидуальная масса одного экземпляра и морфометрические особенности плотвы в возрасте от сеголетков до пятигодовиков в количестве 30 экземпляров в каждой возрастной группе.

При сборе и обработке материала применялись общепринятые методики ихтиологических исследований [Правдин, 1966; Плотников и др., 2018]. Статистическая обработка проводилась по П. Ф. Рокицкому [1973]. Выборка особей для

исследований формировалась методом случайного бесповторного отбора. Определялись среднее арифметическое значений и их средняя ошибка в каждой возрастной группе.

Измерения морфометрических параметров плотвы проводились электронным штангенциркулем с точностью 0,1 мм (Master Hand, Китай). Определение индивидуальной массы одного экземпляра плотвы с точностью до 0,01 г осуществлялось с помощью весов Scout Pro SPS402F (Ohaus, США).

Основное внимание было направлено на определение возраста и сбор морфометрических данных. Для этого разработали схему проведения необходимых измерений по самому высокому и широкому месту тела рыбы (рис.).

При выделении морфологических показателей в качестве материала для создания модели использовали определенный их набор для получения пяти значений, необходимых для идентификации конкретного вида рыбы [Шумак, 2024]. В селекционно-племенной работе тщательно отслеживают показатели, характеризующие телосложение рыб, для чего определяют:

- массу рыбы M (г);
- длину тела l (от вершины рыла до конца чешуйного покрова, а при отсутствии чешуи – до основания лучей хвостового плавника или развилки);
- наибольшую ширину тела A ;
- наибольшую высоту тела B ;
- наибольший обхват тела O .

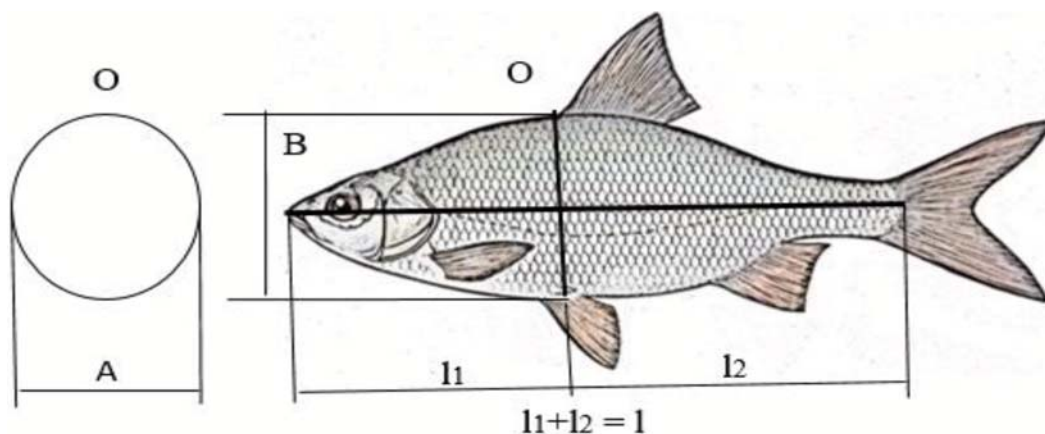


Схема измерений плотвы *Rutilus rutilus* L., 1758:

A – наибольшая ширина тела, B – наибольшая высота тела, O – наибольший обхват тела, l – длина тела от вершины рыла до конца чешуйного покрова, l_1 – длина тела от вершины рыла до вертикали, проходящей от основания брюшного плавника

Measurement diagram of the roach *Rutilus rutilus* L., 1758:

A – the greatest width of the body, B – the greatest height of the body, O – the greatest girth of the body, l – body length from the top of the snout to the end of the scale fin, l_1 – body length from the top of the snout to the vertical from the base of the ventral fin to the beginning of the dorsal fin

Дополнительно к этим показателям собрали данные по длине тела l_1 – расстоянию от вершины рыла до вертикали, проходящей от основания брюшного плавника до начала спинного плавника (самой высокой точки тела рыбы).

Далее разработали универсальный методический подход – представили в виде формулы (1) сумму отношений, позволяющих определить особей именно одного вида в значении единого целого через систему показателей, свойственных плотве:

$$(l_1/l) + (A/l) + (B/l) + (O/l) = X. \quad (1)$$

Значение X принимали как 100 % с целью выражения единого целого в отношении отдельного вида. Для каждой возрастной группы получили сумму показателей из (1), которые имели в знаменателе одно и то же значение общей длины плотвы от вершины рыла до конца чешуйного покрова:

$$(l_1 + A + B + O) / l = 100 \%. \quad (2)$$

Провели исследования морфометрических показателей плотвы с обязательным учетом всех методических требований [Рыжков, Полина, 2012; Решетников, Попова, 2015].

Последовательное изучение возрастных групп позволило представить поступательное развитие метрических характеристик плотвы. Динамическое накопление исследуемых показателей до определенной степени их стабилизации позволило оценить зафиксированные изменения в форме тела с возрастом и провести их унификацию для дальнейшего представления в математической модели, отражающей индивидуальные особенности отдельного вида рыбы.

Результаты и обсуждение

Собранные первичные данные обработаны и представлены в табл. 1 для последующего изучения.

Изучены отношения всех измеренных параметров к длине тела плотвы от вершины рыла до конца чешуйного покрова, по данным средних значений в каждой возрастной группе (табл. 2).

Таблица 1. Морфометрические показатели плотвы, 2022–2023 гг.

Table 1. Morphometric indicators of the roach, 2022–2023

Возраст Age	M , Средняя штучная масса, г Average piece weight, g	l , Длина, см Length, cm	l_1 , Длина, см Length, cm	A , Ширина, см Width, cm	B , Высота, см Height, cm	O , Обхват, см Girth, cm
0+	5,42 ± 0,26	7,03 ± 0,28	3,46 ± 0,12	0,78 ± 0,20	1,77 ± 0,14	3,81 ± 0,31
1	5,61 ± 0,19	7,11 ± 0,17	3,51 ± 0,16	0,81 ± 0,06	1,81 ± 0,10	3,92 ± 0,47
1+	18,12 ± 0,14	9,91 ± 0,19	4,82 ± 0,18	1,22 ± 0,40	2,91 ± 0,12	6,42 ± 0,19
2	21,03 ± 0,28	10,82 ± 0,11	5,09 ± 0,55	1,31 ± 0,32	3,12 ± 0,24	6,81 ± 0,17
2+	34,92 ± 0,37	11,72 ± 0,26	5,69 ± 0,37	1,55 ± 0,36	3,61 ± 0,25	7,82 ± 0,31
3	40,41 ± 0,39	12,61 ± 0,76	6,21 ± 0,19	1,72 ± 0,37	4,02 ± 0,38	8,81 ± 0,72
3+	55,87 ± 0,79	13,11 ± 0,92	6,45 ± 0,26	1,84 ± 0,19	4,21 ± 0,56	9,33 ± 0,34
4	64,62 ± 0,64	15,26 ± 0,63	7,48 ± 0,18	1,35 ± 0,21	4,74 ± 0,28	10,57 ± 0,43
4+	74,13 ± 0,96	16,43 ± 0,72	8,02 ± 0,36	2,01 ± 0,12	4,95 ± 0,61	11,21 ± 0,52
5	83,57 ± 0,58	17,62 ± 0,43	8,62 ± 0,44	2,27 ± 0,21	5,12 ± 0,34	12,02 ± 0,23

Таблица 2. Морфометрические показатели плотвы, приведенные к длине ее тела, 2022–2023 гг.

Table 2. Morphometric indicators of the roach given by the length of its body, 2022–2023

Возраст Age	l , Длина, см Length, cm	l_1 , Длина, см Length, cm	l_1/l	A , Ширина, см Width, cm	A/l	B , Высота, см Height, cm	B/l	O , Обхват, см Girth, cm	O/l
0+	7,03 ± 0,28	3,46 ± 0,12	0,493	0,78 ± 0,20	0,111	1,77 ± 0,14	0,253	3,81 ± 0,31	0,544
1	7,11 ± 0,17	3,51 ± 0,16	0,494	0,81 ± 0,06	0,114	1,81 ± 0,10	0,255	3,92 ± 0,47	0,551
1+	9,91 ± 0,19	4,82 ± 0,18	0,486	1,22 ± 0,40	0,123	2,91 ± 0,12	0,293	6,42 ± 0,19	0,648
2	10,82 ± 0,11	5,09 ± 0,55	0,498	1,31 ± 0,32	0,127	3,12 ± 0,24	0,304	6,81 ± 0,17	0,666
2+	11,72 ± 0,26	5,69 ± 0,37	0,485	1,55 ± 0,36	0,132	3,61 ± 0,25	0,308	7,82 ± 0,31	0,667
3	12,61 ± 0,76	6,21 ± 0,19	0,492	1,72 ± 0,37	0,135	4,02 ± 0,38	0,319	8,81 ± 0,72	0,698
3+	13,11 ± 0,92	6,45 ± 0,26	0,492	1,84 ± 0,19	0,140	4,21 ± 0,56	0,321	9,33 ± 0,34	0,712
4	15,26 ± 0,63	7,48 ± 0,18	0,490	1,35 ± 0,21	0,126	4,74 ± 0,28	0,311	10,57 ± 0,43	0,693
4+	16,43 ± 0,72	8,02 ± 0,36	0,488	2,01 ± 0,12	0,122	4,95 ± 0,61	0,301	11,21 ± 0,52	0,682
5	17,62 ± 0,43	8,62 ± 0,44	0,498	2,27 ± 0,21	0,131	5,12 ± 0,34	0,296	12,02 ± 0,23	0,694

По формуле (2) рассчитали значения суммы отношений морфометрических показателей по данным табл. 2 как для сеголетков плотвы, так и для особей других возрастных групп с целью обеспечения системного подхода, объединяя их в одно целое по индивидуальному видовому определению.

Так, для сеголетка плотвы рассчитали в полученных значениях:

$$0,493 + 0,111 + 0,253 + 0,544 = 1,401.$$

Решали следующую пропорцию: $(I_1/l) = 0,493$ – это x ; $1,401$ – это 100% . Следовательно, $(0,493 \times 100) / 1,401 = 35,168\%$.

Соответственно, остальные отношения также определены:

$$(A/l) = 0,111, \text{ или } 7,951\%;$$

$$(B/l) = 0,253, \text{ или } 18,043\%;$$

$$(O/l) = 0,544, \text{ или } 38,838\%.$$

При использовании формулы (2) представили данные по рассчитанным отношениям в процентах для сеголетка плотвы, которые были получены по средним значениям из табл. 2:

$$35,168\% + 7,951\% + 18,043\% + 38,838\% = 100\%.$$

Таким образом, через систему отношений морфометрических показателей и их сумму получили определенный набор показателей, соответствующий видовому определению сеголетка плотвы и всех других возрастных групп особей плотвы как одного целого в виде формулы (2) (табл. 3).

В результате проведенных расчетов получили значения суммы отношений для каждой возрастной группы плотвы, что позволило их унифицировать как значения, свойственные и легко определяемые у всех других видов рыбы. Обезличенная сущность четырех показателей, представленных в выражении именно в единицах длины, позволила унифицировать методический подход для обоснования основы

цифровизации в ихтиологии и аквакультуре. За приведенную ко всем отношениям единицу приняли длину тела плотвы от вершины рыла до конца чешуйного покрова, которая была использована в знаменателе как основа четырех вычисленных отношений по каждой возрастной группе.

Таким образом, сумма значений отношений дает обезличенную форму представления данных по отдельному виду рыбы, которую можно назвать «морфологическим паспортом», отражающим особенности изученных особей всех возрастных групп плотвы по мере ее развития и созревания в условиях Днепровско-Бугского канала на территории Пинского района Республики Беларусь.

Отмечено снижение процентных значений (табл. 3) отношения I_1/l – от 35% у сеголетков плотвы до $\sim 30\%$ у особей старших возрастных групп. При этом отношение O/l повышало свое значение с 38% у сеголетков до почти 43% в более старших возрастных группах.

Заключение

Для обоснования необходимого набора данных по конкретному виду рыбы приняли обезличенную форму их представления на примере плотвы. За искомую подлежащую исследованию единицу взята длина тела рыбы от вершины рыла до конца чешуйного покрова.

Вычисленные значения суммы отношений длины от вершины рыла до вертикали, соединяющей основание брюшного и начало спинного плавника, а также ширины, высоты и обхвата тела плотвы к длине ее тела от вершины рыла до конца чешуйного покрова начинались с $1,401$ у сеголетков и возрастали до $1,665$ у четырехлеток плотвы. Таким образом, получено уникальное сочетание четырех значений изученных

Таблица 3. Морфометрические показатели плотвы, отражающие данные как единое целое, 2022–2023 гг.

Table 3. Morphometric indicators of the roach, reflecting data as a whole, 2022–2023

Возраст Age	I_1/l	$I_1/l, \%$	A/l	$A/l, \%$	B/l	$B/l, \%$	O/l	$O/l, \%$	Всего In total	Всего, % In total, %
0+	0,493	35,168	0,111	7,951	0,253	18,043	0,544	38,838	1,401	100
1	0,494	34,960	0,114	8,068	0,255	18,028	0,551	38,944	1,414	100
1+	0,486	31,380	0,123	7,943	0,293	18,880	0,648	41,797	1,549	100
2	0,498	31,246	0,127	7,980	0,304	19,030	0,666	41,743	1,595	100
2+	0,485	30,477	0,132	8,302	0,308	19,336	0,667	41,885	1,593	100
3	0,492	29,923	0,135	8,205	0,319	19,402	0,698	42,471	1,644	100
3+	0,492	29,547	0,140	8,429	0,321	19,285	0,712	42,739	1,665	100
4	0,490	30,259	0,126	7,807	0,311	19,174	0,693	42,759	1,620	100
4+	0,488	30,622	0,122	7,675	0,301	18,900	0,682	42,803	1,594	100
5	0,498	30,753	0,131	8,098	0,296	18,266	0,694	42,882	1,618	100

отношений, которое может быть принято как «морфологический паспорт» плотвы.

Анализ морфометрических показателей рыб выявил снижение процентных значений I_1/I с 35 % у сеголетков плотвы до ~30 % у особей плотвы старших возрастных групп и увеличение значений O/I с 38 % у сеголетков до почти 43 % в более старших возрастных группах. То есть с возрастом происходило перераспределение значений на обхват тела рыбы при относительном снижении значений длины до самой высокой точки тела рыбы.

Сбор и обработка материала по другим видам рыб Днепровско-Бугского канала продолжается.

Литература

Алексеев П. П., Квятковская И. Ю. Применение нейронных сетей в системе распознавания промысловых гидробионтов в условиях повышенной флуктуации // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 2. С. 76–86. doi: 10/24143/2072-9502-2022-2-76-86

Гашников М. П., Шашуловский В. А., Шibaев С. В. Промыслово-биологическая характеристика леща (*Abramis brama* L.) в Волгоградском водохранилище // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 21–31. doi: 10.46845/1997-3071-2022-67-21-31

Голубев Д. С. Особенности морфометрических и гематологических показателей среднего и крупного товарного карпа гибридной породы // Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2020. № 2(107). С. 38–42.

Кириллова Е. А. Воспроизводство, биометрические характеристики горбуши и влияние промысла на динамику ее подходов в южной части северо-восточного побережья о-ва Сахалин в 2021 г. // Труды ВНИРО. 2023. Т. 193. С. 40–55.

Лютиков А. А., Шумилина А. К., Королев А. В. Влияние зимовки на морфофизиологические и химические показатели судака *Sander lucioperca* // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. 98–107. doi: 10.24143/2073-5529-2023-4-98-107

Меншуткин В. В. Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). Петрозаводск-СПб.: КарНЦ РАН, 2010. 416 с.

Молчанова К. А., Хрусталева Е. И., Курапова Т. М. Морфофизиологическая характеристика радужной форели, выращиваемой в УЗВ // Рыбное хозяйство. 2017. № 5. С. 89–92.

Плотников Г. В., Пескова Т. Ю., Шкуте А., Пупиня А., Пупиньш М. Основы ихтиологии: Сборник классических методов ихтиологических исследований для использования в аквакультуре / Даугавпилсский университет. Даугавпилс: Saule, 2018. 253 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Наука, 1966. 376 с.

Решетников Ю. С., Попова О. А. О методиках полевых ихтиологических исследований и точности

полученных результатов // Труды ВНИРО. 2015. Т. 156. С. 114–131.

Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1973. 412 с.

Рыжков Л. П., Полина А. В. Морфофизиологические показатели рыб: учебное пособие для студентов эколого-биологического факультета. Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. 36 с.

Савинов Е. Д., Ивашко Е. Е. Аналитический обзор технологий бесконтактного «взвешивания» рыбы // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. 98–107. doi: 10.24143/2073-5529-2024-1-84-94

Самойлова Н. В., Агеев О. В. Математическое моделирование контуров тела промысловых рыб при лазерном измерении морфометрических параметров сырьев // Известия КГТУ. 2019. № 52. С. 87–108.

Хабжиков А. Б., Казанчев С. Ч., Исмаилов А. А. Экологическое значение индекса обхвата в селекции карпа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 2(160). С. 124–129.

Шумак В. В. Модель объема тела обыкновенного окуня *Perca fluviatilis* L., 1758 // Водные биоресурсы и среда обитания. 2024. Т. 7, № 3. С. 62–71. doi: 10/47921/2619-1024-2024-7-3-62-71

References

Alekseev P. P., Kvyatkovskaya I. Yu. The use of neural networks in the recognition system of commercial aquatic organisms in conditions of increased fluctuation. *Vestnik AGTU. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2022;2:76–86. (In Russ.). doi: 10.24143/2072-9502-2022-2-76-86

Gashnikov M. P., Shashulovskiy V. A., Shibaev S. V. Commercial-biological characteristics of bream (*Abramis brama* L.) in the Volgograd reservoir. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;67:21–31. (In Russ.). doi: 10.46845/1997-3071-2022-67-21-31

Golubev D. S. Features of morphometric and hematological parameters of medium and large commercial hybrid carp. *Vestnik Vitsebskaga dzyarzhaynaga universitehta = Bulletin of Vitebsk State University*. 2020;2(107):38–42. (In Russ.)

Khabzhikov A. B., Kazanchev S. Ch., Ismailov A. A. The ecological value of the girth index in carp breeding. *Vestnik Altaiskogo gos. agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2018;2(160): 124–129. (In Russ.)

Kirillova E. A. Reproduction, biometric patterns of pink salmon and effect of commercial fishery on the runs of the species on the south of the north-eastern coast of Sakhalin Island in 2021. *Trudy VNIRO = Proceedings of VNIRO (All-Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. 2023;193:40–55. (In Russ.)

Lutikov A. A., Shumilina A. K., Korolev A. V. The effect of wintering on morphophysiological and chemical parameters of the walleye *Sander lucioperca*. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe khozyaistvo = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2023;4:98–107. (In Russ.). doi: 10.24143/2073-5529-2023-4-98-107

Menshutkin V. V. The art of modeling (ecology, physiology, evolution): Petrozavodsk-St. Petersburg: KarRC RAS; 2010. 416 p. (In Russ.)

Molchanova K. A., Khrustalev E. I., Kurapova T. M. Morphological and physiological characteristics of rainbow trout bred in recirculating aquaculture systems. *Rybnoe khozyaistvo = Fisheries*. 2017;5:89–92. (In Russ.)

Plotnikov G. K., Peskova T. Yu., Shkute A., Pupinya A., Pupin'sh M. Fundamentals of ichthyology. A collection of classical ichthyological research methods to use in aquaculture. Daugapils: Saule; 2018. 253 p. (In Russ.)

Pravdin I. F. A guide to fish studies. Moscow: Nauka; 1966. 376 p. (In Russ.)

Reshetnikov Yu. S., Popova O. A. On the methods of field ichthyological research and the accuracy of the results obtained. *Trudy VNIRO = Proceedings of VNIRO (All-Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. 2015;156:114–131. (In Russ.)

Rokitsky P. F. Biological statistics. Minsk: Vysshaya shkola; 1973. 412 p. (In Russ.)

Ryzhkov L. P., Polina A. V. Morpho-physiological indicators of fish: a textbook for students of the Faculty of Ecology and Biology. Petrozavodsk: PetrGU; 2012. P. 36. (In Russ.)

Samoilova N. V., Ageev A. V. Mathematical modeling of commercial fish body contours during laser measurement of raw material morphometric parameters. *Izvestia KGTU = Proceedings of Kaliningrad State Technical University*. 2019;52:87–108. (In Russ.)

Savinov E. D., Ivashko E. E. Analytical review of contactless fish weighing technologies. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe khozyaistvo = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2023;4:98–107. (In Russ.). doi: 10.24143/2073-5529-2024-1-84-94

Shumak V. V. Model of the body volume of the common perch *Perca fluviatilis* L., 1758. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya = Aquatic Bioresources & Environment*. 2024;7(3):62–71. (In Russ.). doi: 10/47921/2619-1024-2024-7-3-62-71

Поступила в редакцию / received: 26.05.2025; принята к публикации / accepted: 16.01.2026.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шумак Виктор Викторович

д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры
аквакультуры и дизайна экосреды

e-mail: vshumak@yandex.ru

Волкова Анна Юрьевна

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой
зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства

e-mail: golubewat@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Shumak, Viktor

Dr. Sci. (Agr.), Associate Professor, Full Professor

Volkova, Anna

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Head of Department