

Оригинальная статья

УДК 639.215.44

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-192-204>

ГИДРОХИМИЯ ЛИМНИЧЕСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПЛОТВЫ – *Rutilus rutilus* (CYPRINIDAE, ACTINOPTERYGII)

А. И. Никитенко¹, Д. В. Артеменков^{2✉}, А. В. Здрок¹, Д. В. Горячев¹,
Ю. И. Соломатин³, М. И. Базаров³, М. Ю. Кудинов¹, М. С. Желтова⁴

¹ Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ)

Россия, 141821, Московская область, Дмитровский г.о., пос. Рыбное, д. 40А

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ВНИРО)

Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19

³ Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанова РАН

Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109

⁴ Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева

Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Поступила в редакцию 20.05.2025 г., после доработки 24.12.2025 г., принята 21.01.2026 г., опубликована 30.07.2026 г.

Аннотация. Показаны особенности гидрохимических условий в Ивановском, Шушпанском, Челнавском, Матырском, Старооскольском, Белгородском водохранилищах и биологического состояния обыкновенной плотвы по данным, собранным с мая по октябрь в 2010 – 2022 гг. В исследовании отмечается, что кратковременные превышения предельных концентраций нормативных значений не критичны для роста плотвы по O_2 , pH, нитратам, аммиаку, общему железу и фосфатам. Так, характеристика органических загрязнений (БПК₅) превышала норму в 4 раза в Белгородском водохранилище. Оптимальная ситуация для жизнедеятельности *Rutilus rutilus* наблюдается в Шушпанском водохранилище, где самцы достигают наибольших размеров 25.1±0.6 см и 224.0±17.1 г, самки – 23.6±0.6 см и 226.8±11.6 г (по общей средней длине тела без разделения по возрастам). Обыкновенная плотва способна выдерживать недолговременные превышения БПК₅, так рост был на уровне средних показателей почти во всех лимнических водоёмах при БПК₅ от 1.5±0.2 до 3.4±0.7 мгО₂/дм³. Превышение БПК₅ в 4 раза, вероятно, затормозило увеличение длины и массы самцов и самок в 1.4 раза в среднем.

Ключевые слова: *Rutilus rutilus*, экология, рост, масса, размеры

✉ Для корреспонденции. Департамент промысловых гидробионтов Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.

ORCID и e-mail адреса: Никитенко Алексей Иванович: <https://orcid.org/0000-0001-8123-5810>, nikitenko@vniiprh.vniro.ru; Артеменков Дмитрий Владимирович: <https://orcid.org/0000-0002-9051-697X>, dmitriy.artemenkov@gmail.com; Здрок Андрей Васильевич: <https://orcid.org/0000-0001-5746-7136>, zdrok@vniiprh.vniro.ru; Горячев Дмитрий Владимирович: <https://orcid.org/0000-0002-9750-2546>, goryachev@vniiprh.vniro.ru; Соломатин Юрий Иванович: <https://orcid.org/0000-0002-3445-6108>, solomatin1988@gmail.com; Базаров Михаил Иванович: <https://orcid.org/0000-0002-6340-4411>, bazarov@ibiw.ru; Кудинов Михаил Юрьевич: <https://orcid.org/0000-0001-1667-2157>, m.kudinov@vniiprh.vniro.ru; Желтова Марина Сергеевна: <https://orcid.org/0009-0001-1667-2157>, marina.kalerina@gmail.com

© Никитенко А. И., Артеменков Д. В., Здрок А. В., Горячев Д. В., Соломатин Ю. И., Базаров М. И., Кудинов М. Ю., Желтова М. С., 2026

ГИДРОХИМИЯ ЛИМНИЧЕСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Соблюдение этических норм. Протоколы с использованием животных были одобрены Комиссией по биоэтике ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (Протокол № 75 от 10.01.2026 г.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Никитенко А. И., Артеменков Д. В., Здрок А. В., Горячев Д. В., Соломатин Ю. И., Базаров М. И., Кудинов М. Ю., Желтова М. С. Гидрохимия лимнических водных объектов и биологические особенности обыкновенной плотвы – *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Actinopterygii) // Поволжский экологический журнал. 2026. № 2. С. 192 – 204. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-192-204>

ВВЕДЕНИЕ

Род *Rutilus* включает 10 видов (Froese, Pauly, 2024), из которых наиболее широко распространенной в пресных и солоноватых водоемах является обыкновенная плотва *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758 (Kottelat, Freyhof, 2007). Вид *R. rutilus* распространен в восточном полушарии во многих речных и озерных водоемах Европы и восточной Азии от 9° з.д. до 142° в.д. и от 36° до 77° с.ш., акклиматизирован в Испании и Италии, также есть в прибрежных водах Черного, Азовского и Каспийского морей (Berg, 1949; Kottelat, Freyhof, 2007). Более ограниченное распространение в солоноватых водах и бассейнах отмеченных морей имеют четыре вида: вобла *R. caspicus*, вырезуб *R. frisii*, тарань *R. heckelii* и кутум *R. kutum* (Berg, 1949; Abdurahmanov, 1962; Reshetnikov et al., 2003). В большей части в пресных водоемах Европы встречаются остальные пять видов: *R. virgo*, *R. stoumboudae*, жемчужная плотва *R. meidingeri*, альпийская плотва *R. pigus*, северо-итальянская плотва *R. aula*, которая отмечается также в солоноватых водах Средиземного моря (Kottelat, Freyhof, 2007; Bianco, Ketmaier, 2014).

Рыбы рода *Rutilus* давно привлекают внимание специалистов, которыми исследованы особенности морфологии, пищевого поведения, репродуктивной биологии и т.д. (Berg, 1949; Abdurahmanov, 1962; Kazanchev, 1981; Troitskiy, Tsunikova, 1988; Reshetnikov et al., 2003; Kottelat, Freyhof, 2007; Teletchea et al., 2009; Bianco, Ketmaier, 2014). Однако приводимые в литературе сведения об особенностях роста плотвы в экологически различных лимнических водных объектах остаются неполными (Berg, 1949). Лимнические водные объекты (озера, водохранилища, пруды) обладают низким уровнем водообмена, в отличие от лотических водных объектов (реки, ручьи). Вследствие чего возникает более высокая вероятность накопления загрязнений в лимнических водоёмах, в отличие от лотических водотоков. В свою очередь, накопления загрязнений способны приводить к высоким концентрациям химических соединений и оказывать токсическое действие на рыбу (Zhigin, 2002). Поэтому предельные значения длины и возраста у *R. rutilus*, скорее всего, будут различны в пределах ареала ввиду отмеченных особенностей условий лимнических водных объектов, а также их температурного режима (Martyshev, 1973).

Особенности экосистем водных объектов могут помочь исследовать возможности адаптации вида. Кроме того, особенности роста различных популяций вида необходимы для оценки предельных объемов выпуска и осуществления компенса-

ционных мероприятий ввиду техногенной жизнедеятельности человека (Convention..., 1992; Federal Law..., 2004).

Цель работы – определение биологических особенностей обыкновенной плотвы *R. rutilus*, возникших в процессе адаптации к условиям обитания в географически и экологически различных лимнических водных объектах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в период исследовательских работ Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ) и Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН с мая по октябрь в 2010 – 2022 гг. в географически различных лимнических водных объектах: Иваньковском, Шушпанском, Челнавском, Матырском, Старооскольском и Белгородском водохранилищах (Reservoirs, 2024). Данные водоемы обладают схожими условиями обитания рыб, которые определяются низкими скоростями течения и отсутствием их постоянного вектора. Тем не менее, имеются морфометрические и гидрологические особенности водохранилищ. Поэтому в качестве гидрохимических исследований воды выбраны следующие показатели: водородный показатель (рН) ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97, нитрит-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.3-95, нитрат-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.4-95, азот аммонийный ПНД Ф 14.1:2:3.1-95, растворенный кислород ПНД Ф 14.1:2:3.101-97, БПК₅ ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97, железо общее ПНД Ф 14.1:2:4.50-96, фосфат-ионы ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 (Rukovodstvo po khimicheskomu analizu... , 2009, 2012). Для гидрохимической характеристики качества воды использован интегральный показатель индекса загрязнения воды (ИЗВ). Класс качества воды определяли по результатам расчета индекса загрязнения воды (Guseva et al., 2000). Пробы во всех водных объектах были собраны в один период по стандартной методике, что позволяет провести сравнение между ними.

Сравнительный анализ осуществляли по нормативам для объектов рыбохозяйственного значения ПДК согласно установленным приказом Росрыболовства от 26.05.2025 г. № 296 (Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения).

Методика проведения исследований подробно описана в инструкциях (Chugunova, 1959; Pravdin, 1966; Kushnarenko, Lugarev, 1983). При проведении научно-исследовательских работ применяли сеть длиной от 30 до 75 м с шагом ячеи от 25 до 70 мм. Всего за период наблюдений на отмеченных водоёмах выполнено и учтено 314 шт. сетепостановок, в том числе из Иваньковского водохранилища – 48; из Шушпанского водохранилища – 26; из Челнавского водохранилища – 24; из Матырского водохранилища – 92; из Старооскольского водохранилища – 22 и из Белгородского водохранилища – 102 шт. Видовую идентификацию рыб в уловах осуществляли по Атласу пресноводных рыб России (Reshetnikov et al., 2003).

Объектами настоящего исследования послужили самки и самцы обыкновенной плотвы *R. rutilus* промысловой длиной от 7 до 38 см. Длину тела (*SL*, см) рыб измеряли линейкой с точностью до 0.1 см, а вес устанавливали на электронных весах CAS (CAS, Южная Корея) с точностью до 1 г. Возраст *R. rutilus* определен

подсчетом годовых колец на чешуе (Pravdin, 1966), а также проведен полный биологический анализ. Всего за период исследования были проанализированы 1825 экз. *R. rutilus*.

Статистическая обработка первичных данных включала расчет средней арифметической, стандартной ошибки (*SE*) и размаха варьирования (*min – max*). Для сравнения гидрохимических показателей водоёмов и особенностей биологии обыкновенной плотвы в популяциях Ивановского, Шушпанского, Челнавского, Матырского, Старооскольского и Белгородского водохранилищ использовали метод парных сравнений на основе *t*-критерия Стьюдента. Критерий χ^2 применяли для анализа полового состава.

Статистическую обработку данных выполняли в пакете программы Statistica 12 (TIBCO Software, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрохимические условия обитания обыкновенной плотвы. За период исследований качество воды (ИЗВ) в Ивановском, Шушпанском, Челнавском, Матырском, Старооскольском и Белгородском водохранилищах составило от 0.9 до 1.7 ед. (табл. 1). Наиболее «чистая» вода (2-й класс) представлена в Старооскольском, Челнавском и Шушпанском водохранилищах, где индекс загрязнения составил 0.9 в каждом из водоёмов. «Умеренно загрязненная» вода (3-й класс) отмечена в Матырском и Ивановском соответственно, индекс загрязнения составил 1.1 и 1.2. Наиболее загрязненная вода, но тем не менее ещё соответствующая 3-му классу, находится в Белгородском водохранилище (1.72). Качество воды в исследованных лимнических водоёмах изменяется от чистого до умеренно загрязненного. В целом, условия среды обитания благоприятны для жизнедеятельности *R. rutilus*. Тем не менее, имеются некоторые гидрохимические показатели, превышающие предельно допустимые концентрации, которые, на наш взгляд, могут оказывать существенное влияние на биологическое состояние обыкновенной плотвы.

Несмотря на высокий индекс загрязнения воды, в Белгородском водохранилище содержание растворенного кислорода составляет 7.9 ± 0.3 мг/дм³, что значительно выше рыбохозяйственной предельно допустимой концентрации (не менее 6 мг/дм³). Мало того, содержание растворенного кислорода в Белгородском водохранилище статистически не различается со Старооскольским, Челнавским и Шушпанским водохранилищами (при $p \leq 0.05$). Значимо большее содержание растворенного кислорода отмечено в Ивановском и Матырском водохранилищах (соответственно 9.1 ± 0.3 и 8.7 ± 0.4) относительно Белгородского водоёма.

Концентрация водородных ионов (рН) в воде всех водохранилищ находится в пределах от 7.9 ± 0.4 (Старооскольское водохранилище) до 8.2 ± 0.3 (Челнавское и Шушпанское водохранилища), что сообщает о допустимых значениях для жизнедеятельности рыб (6.5 – 8.5). Хотя на некоторых плёсах исследованных водоёмов рН достигала 8.7 – 9.0. При низких значениях рН (<4.5) наступает депрессия иммунной системы, а при высоких значениях (>9.0) – разрушается жаберный и кожный эпителий, что, в свою очередь, усиливает токсическое действие других ядов

Таблица 1. Среднегодовые гидрохимические показатели водохранилищ бассейнов рек Дон и Волга в период научно-исследовательских работ с 2010 по 2022 г.

Table 1. Average annual hydrochemical indicators for reservoirs in the Don and Volga river basins during the period of survey, 2010–2022

Показатель / Indicator	Водохранилище / Reservoir						Среднее по лимническим водным объектам / Average for limnic water bodies	Рыбохозяйственные ПДК / Fisheries MRCs
	Иваньковское / Ivanikovskoye	Шушпанское / Shushpanskoye	Челнавское / Chelnavskoye	Матрыкское / Matrytskoye	Старооскольское / Starooskolskoye	Белгородское / Belgorodskoye		
pH, ед. / pH	8.2±0.02 8.1–8.4	8.2±0.3 7.6–8.7	8.2±0.3 7.5–9.0	8.2±0.1 7.1–8.8	7.9±0.4 7.1–8.6	8.1±0.5 7.1–8.9	8.2±0.06 7.1–9.0	6.5–8.5
Нитрит-ион, мг/дм³ / Nitrite ion, mg/dm³	0.024±0.005 0.004–0.093	0.030±0.006 0.02–0.04	0.103±0.051 0.03–0.35	0.049±0.006 0.02–0.08	0.045±0.009 0.03–0.06	0.037±0.009 0.02–0.05	0.044±0.007 0.004–0.35	0.08
Нитрат-ион, мг/дм³ / Nitrate ion, mg/dm³	0.22±0.02 0.04–0.36	0.51±0.02 0.46–0.54	0.76±0.078 0.55–1.02	1.25±0.30 0.26–5.04	0.98±0.073 0.85–1.1	0.63±0.09 0.5–1.9	0.68±0.11 0.04–5.04	40
Аммоний-ион, мг/дм³ / Ammonium ion, mg/dm³	0.23±0.03 0.09–0.59	0.58±0.03 0.53–0.64	0.30±0.02 0.22–0.60	0.34±0.03 0.12–0.62	0.31±0.01 0.30–0.57	0.41±0.06 0.3–0.5	0.31±0.02 0.09–0.64	0.4
O₂, мг/дм³ / O₂, mg/dm³	9.1±0.3 7.2–10.8	8.2±0.5 7.3–9.1	8.6±0.5 6.9–9.9	8.7±0.4 6.9–11.8	8.2±0.2 7.8–8.5	7.9±0.3 7.4–8.3	8.7±0.16 6.9–11.8	Не менее 4–6 / At least 4–6
БПК₅, мгO₂/дм³ / BOD₅, mgO₂/dm³	2.5±0.2 1.5–4.2	1.5±0.2 1.3–1.8	3.3±0.4 2.4–4.7	3.4±0.7 0.92–11.7	1.9±0.4 1.2–2.5	9.5±0.4 5.0–13.8	3.2±0.4 0.9–13.8	2.1
Железо общее, мг/дм³ / Total iron, mg/dm³	0.54±0.03 0.38–0.77	0.08±0.01 0.06–0.10	0.34±0.14 0.1–0.95	0.19±0.03 0.05–0.51	0.12±0.06 0.06–0.25	0.17±0.04 0.12–0.24	0.34±0.03 0.05–0.95	0.1
Фосфат-ион, мг/дм³ / Phosphate ion, mg/dm³	0.04±0.002 0.024–0.057	0.17±0.003 0.17–0.18	0.13±0.03 0.05–0.25	0.35±0.06 0.05–0.85	0.33±0.23 0.18–1.0	0.63±0.09 0.4–0.9	0.22±0.03 0.024–0.85	0.2 по Р / 0.2 by P
ИЗВ (интегральная загрязненность воды) / ТОС (total organic carbon)	1.2	0.9	0.9	1.1	0.9	1.72	1.2 ± 0.04 0.9–1.7	–

Примечание. Над чертой – средние значение и стандартная ошибка (SE); под чертой – минимальное и максимальное значение (min–max).

Note. Mean value and standard error (SE) are above the line; the minimum and maximum values (min–max) are below the line.

(Alabaster, Lloyd, 1984; Mikryakov, Silkina, 1986; Scott, Wilson, 2007; Linløkken et al., 2011; Hüpeden et al., 2016). Также следует отметить, что оптимальный диапазон для нитрифицирующих бактерий нарушен. Вследствие чего продукт первой стадии нитрификации, а именно окисление аммонийного азота в нитриты, находится в концентрациях выше допустимого значения (0.02 мг/дм^3) во всех водохранилищах, достигая от 0.024 ± 0.005 до $0.103 \pm 0.051 \text{ мг/дм}^3$. При этом содержание аммонийных соединений превышает допустимое значение в Шушпанском ($0.58 \pm 0.03 \text{ мг/дм}^3$) и Белгородском водохранилищах ($0.41 \pm 0.06 \text{ мг/дм}^3$), а в некоторых плёсах Матырского и Ивановского водохранилищ суммарная концентрация аммиака достигала 0.62 и 0.59 мг/дм^3 соответственно.

В целом в исследованных водоёмах pH находится в допустимых значениях для жизнедеятельности *R. rutilus* (от 7.9 ± 0.4 до 8.2 ± 0.3). Но данное обстоятельство не является оптимальным для нитрифицирующих бактерий, у которых оптимальный диапазон pH $7.1 - 7.8$ (Spotte, 1983). Также необходимо отметить, что токсичность аммиака увеличивается с повышением pH (Knätsche, 1986). Данные факты соответствуют повышенным концентрациям нитритов во всех исследованных водохранилищах. На повышенный фон окислительных процессов аммонификации органических загрязнений указывает БПК₅, которое превышает норму в 4 раза в Белгородском водохранилище ($9.5 \pm 0.4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

Уровень органического загрязнения по показателю биологического потребления кислорода (БПК₅) в Шушпанском водохранилище не высок ($1.5 \pm 0.2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) и существенно ниже предельной концентрации (не более $2.1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$). Обратная ситуация в Белгородском водохранилище, где показатель БПК₅ выше нормы в 4.3 раза ($9.5 \pm 0.4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$). Повышенный уровень органического загрязнения также отмечается в Матырском ($3.4 \pm 0.7 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), Челнавском ($3.3 \pm 0.4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) и Ивановском водохранилищах ($2.5 \pm 0.2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

Другие повышенные концентрации химических соединений также могут воздействовать на рост плотвы либо непосредственно, либо через микроорганизмы водоёма на качество воды и тем самым на жизнедеятельность и рост рыбы. Среднее по исследованным лимническим водным объектам содержание общего железа составило $0.34 \pm 0.03 \text{ мг/дм}^3$, а содержание фосфатов – $0.22 \pm 0.03 \text{ мг/дм}^3$. Наиболее высокое содержание железа в Челнавском ($0.34 \pm 0.14 \text{ мг/дм}^3$) и Ивановском водохранилищах ($0.54 \pm 0.03 \text{ мг/дм}^3$), а фосфатов – в Белгородском ($0.63 \pm 0.09 \text{ мг/дм}^3$) и Матырском водохранилищах ($0.39 \pm 0.06 \text{ мг/дм}^3$).

Половая и размерная структура обыкновенной плотвы. В среднем по исследованным лимническим водоёмам с 2010 по 2022 г. соотношение полов в уловах *R. rutilus* смещено в сторону самок и составляет $1.00 : 0.23$. Отличие от $1 : 1$ статистически значимо ($p < 0.05$). При этом соотношение полов в Ивановском ещё выше в сторону самок и достигает $1.00 : 0.10$. Доля самцов в Матырском и Челнавском водохранилищах выше, чем в среднем по исследованным лимническим водоёмам, и достигает от 0.38 до 0.55 соответственно относительно 1.00 у самок.

В уловах в исследованных лимнических водоёмах наблюдались самки SL $10 - 38$ (общая средняя 20.28 ± 0.13) см, самцы – $8 - 32$ (общая средняя 19.18 ± 0.26) см (табл. 2). Обнаружена достоверность различия распределения длины в зависимости

Таблица 2. Показатели длины тела (см) самцов и самок обыкновенной плотвы *R. rutilus* в период исследований с 2010 по 2022 г.
Table 2. Body length (cm) measurements of male and female roach *R. rutilus* during the study period, 2010–2022

Возраст, лет / Age, years	Водохранилище																Среднее по лимническим водным объектам / Average for limnic water bodies	
	Иваньковское / Ivanovskoye		Шушпанское / Shushpanskye		Чепанское / Chepanskye		Матвеевское / Matveyevskoye		Старооскольское / Starooskolskoye		Белгородское / Belgorodskoye		Самцы / Males	Самки / Females				
1+	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females	Самцы / Males	Самки / Females		
2+	–	–	–	–	14,5	–	11,0	15,2±0,7	14,5±0,8	13,4±0,4	11,4±0,4	10,8±1,0	13,4±0,7	13,4±0,6	–	–		
3+	–	–	–	–	–	–	–	14,1±0,7	13,1±0,7	13,1±0,4	11,1±0,2	10,1±0,2	11,1±0,2	10,1±0,2	11,1±0,2	10,1±0,2		
4+	–	–	–	–	–	–	–	17,2±0,3	19,5±0,3	18,9±0,6	14,7±0,4	14,8±0,3	16,7±0,3	17,2±0,2	17,2±0,2	17,2±0,2		
5+	–	–	–	–	–	–	–	12,20	15,23	14,26	11,19	11,20	11,23	11,26	11,26	11,26		
6+	18,7±1,7	18,0±0,3	28±1,2	24,6±0,7	–	–	22,7±0,4	23,3±0,2	24,3±1,9	22,4±0,6	14,3±0,1	17,6±1,3	23,2±0,7	22,4±0,3	22,4±0,3	22,4±0,3		
7+	18,9±0,4	19,3±0,2	24,3±2	20,29	–	–	18,25	18,31	20,28	18,26	14,14	14,24	14,32	14,31	14,31	14,31		
8+	21,0±0,5	20,3±0,2	–	–	–	–	26,1±0,2	25,9±0,6	–	28,0	–	–	20,9±1,2	22,1±0,5	22,1±0,5	22,1±0,5		
9+	22,6±0,7	22,3±0,3	–	–	–	–	18,24	–	–	–	–	–	18,27	16,38	16,38	16,38		
10+	23,3±0,4	24,5±1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,9±0,4	20,3±0,2	20,3±0,2	20,3±0,2		
11+	20,27	19,30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,25	16,25	16,25	16,25		
12+	–	28,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,27	23,1±1,0	23,1±1,0	23,1±1,0		
Средняя длина по возрастам, см / Ave- rage length by age, cm	20,7±0,4	20,5±0,2	25,1±0,6	23,6±0,6	18,8±0,6	15,24	19,6±0,3	19,7±0,5	21,4±0,2	20,3±0,3	21,1±0,3	14,2±0,3	15,2±0,3	10,3±0,1	20,3±0,1	20,3±0,1		
Средняя масса по возрастам, г / Ave- rage weight by age, g	183,9±13,3	191,3±6,3	224,0±17,1	226,8±11,6	125,2±5,3	44,2±6,2	172,3±12,5	204,5±5,3	103,5±4,1	132,7±3,9	58,4±3,7	67,2±4,9	133,5±5,2	168,5±3,2	14,712	14,712		
Количество особей в биоанализе, экз. / Number of specimens in bioanalysis, exp.	49	290	50	79	31	92	134	483	117	188	117	195	498	1327	–	–		

от пола ($t = 3.78$ при $p \leq 0.001$). Для обоих полов основу уловов (28 – 37%) во все годы составляли особи длиной 20 – 22 см. В размерах в каждой популяции плотвы в отмеченных водоёмах сохраняется тенденция более крупных самок относительно самцов по общей средней длине тела (без разделения по возрастам) (в Белгородском, Старооскольском и Матырском водохранилищах). Статистически одинаковых размеров по общей средней длине тела самки и самцы представлены в Челнавском и Ивановском водохранилищах. Аналогично в Шушпанском водохранилище самцы и самки достигают статистически одинаковых размеров ($t = 5.73$ при $p \leq 0.091$), но размеры самцов 25.12 ± 0.64 см и самок 23.60 ± 0.62 см существенно больше таковых в других исследованных водоёмах ($p \leq 0.05$).

Наименьшие длины у самцов и самок отмечены в Белгородском водохранилище 14.23 ± 0.29 и 15.18 ± 0.27 см соответственно (общие средние показатели длины тела без разделения по возрастам). Интересно отметить, что географически в ближайшем (в 105.6 км севернее) Старооскольском водоёме самцы и самки достигают значительно больших размеров – 20.26 ± 0.32 и 21.13 ± 0.30 см, которые статистически не различаются с наиболее северным (в 585.2 км севернее) Ивановским водохранилищем. Что нельзя сказать о массе, которая существенно больше у самцов и самок в Ивановском относительно Старооскольского водохранилища ($t = 5.79$ при $p \leq 0.001$ и $t = 7.91$ при $p \leq 0.001$ соответственно).

Повышенная концентрация метаболитов снижает скорость роста рыб (Konstantinov et al., 1987; Parfenova, 1991). Следовательно, оптимальное БПК₅ (1.5 ± 0.2 мгО₂/дм³) для жизнедеятельности *R. rutilus* в Шушпанском водохранилище, вероятно, поэтому наблюдается достижение наибольших размеров у самцов 25.1 ± 0.6 см и 224.0 ± 17.1 г, у самок – 23.6 ± 0.6 см и 226.8 ± 11.6 г. В то же время Шушпанское водохранилище расположено на 327.8 км к северу от Белгородского, и особенностью популяции *R. rutilus* должно стать существенное увеличение общей продолжительности жизни (Mina, Klevezal, 1976). Но такое наблюдается лишь у самцов и самок *R. rutilus* в Ивановском водохранилище ($t = 17.23$ при $p \leq 0.001$ и $t = 27.32$ при $p < 0.001$ соответственно), которое севернее Белгородского на 690.8 км. Вероятно, состав уловов отражает неполную возрастную структуру популяции, которая может быть следствием избирательности орудий лова, особенностей распределения рыб разного возраста в акватории или иных факторов, не связанных напрямую со смертностью.

Наиболее близкое к Белгородскому водоёму расположено севернее на 105.7 км – Старооскольское водохранилище, в котором также наблюдаются благоприятные условия (1.9 ± 0.4 мгО₂/дм³) для жизнедеятельности *R. rutilus*. Здесь средние размеры самцов выше на 30% по длине и 44% по массе, самок – на 28 и 49% соответственно, чем в Белгородском водоёме. Вероятно, основной причиной ухудшения роста плотвы в Белгородском водохранилище является хронически высокий уровень БПК₅, который создает потенциальную угрозу дефицита растворенного кислорода. Согласно данным литературы (Alabaster, Lloyd, 1984; Steffens, 1985), именно кислородная недостаточность, вызываемая окислением большого количества органических веществ (что и отражает высокое БПК₅), напрямую угнетает аппетит и снижает скорость роста рыб. Установлено, что со снижением

насыщения воды кислородом до критического уровня скорость роста рыб способна снижаться от 1.2 до 2.1 раза (Konstantinov, 1988).

Масса самцов по всем исследованным водоёмам находится в пределах 6 – 496 (133.5±5.2) г, самок – 14 – 712 (168.5±3.1) г. Обнаружена достоверность различия массы в зависимости от пола ($t = 5.72$ при $p \leq 0.001$). Самки тяжелее самцов отмечаются в Старооскольском, Матырском и Челнавском водохранилищах ($p \leq 0.05$). Статистически схожая масса у самок и самцов в Белгородском, Шушпанском и Ивановском водохранилищах. Стоит обратить внимание на то, что наибольшая масса у самок (226.8±11.6 г) и самцов (224.0±17.1 г) в Шушпанском водохранилище, которые, аналогично достигаемым размерам, существенно больше таковых в других водоёмах ($p \leq 0.05$).

Определение возраста самок и самцов позволило вычислить средний возраст соответственно 4.7±0.1 и 4.0±0.1 лет по всем исследованным лимническим водоёмам. Следует отметить наличие достоверности различий распределения возраста в зависимости от пола ($t = 7.21$ при $p \leq 0.001$). В Матырском и Ивановском водохранилищах самки и самцы достигают статистически одинакового возраста ($t = 0.74$ при $p \leq 0.457$ и $t = 0.18$ при $p > 0.05$ соответственно).

Рост самцов и самок. Возраст плотвы в исследованных лимнических водоёмах изменялся от 1+ до 9+ у самцов и от 2+ до 12+ – у самок (см. табл. 2). Для обоих полов основу уловов (75 – 84%) во все годы составляли особи от 3+ до 5+ лет. Плотва этого возраста достигает наименьших размеров в Белгородском водохранилище, у самцов размеры от 13.6±0.4 до 14.7±0.4 см, а у самок – от 14.6±0.4 до 17.6±1.3 см.

Интересно отметить, что до возраста 3+ самцы и самки достигают одинаковых размеров и статистически не различаются, но начиная с возраста 4+ самки значительно больше самцов в Белгородском водохранилище ($t = 3.12$ при $p \leq 0.002$). Так, например, в Старооскольском водохранилище достигаемые размеры у самок и самцов одинаковы до возраста 4+ лет, но с возраста 5+ лет самцы становятся крупнее самок ($t = 3.26$ при $p \leq 0.001$). В тот же период в Шушпанском водохранилище показатели длины и массы у самцов значительно больше, чем у самок в возрасте от 3+ до 5+ лет ($p \leq 0.05$).

Иная ситуация в Ивановском водохранилище, где основу уловов обоих полов (82 – 84%) составляли особи возраста от 6+ до 8+ лет. Так, самки Ивановского водоёма достигают к 5+ годам 18.01±0.33 см, такие же длины наблюдаются у самок Шушпанского, Челнавского, Матырского и Старооскольского водохранилищ к 3 годам жизненного цикла. Следует отметить, что рост самок и самцов от 5+ до 9+ лет одинаков и достигаемые размеры по возрастам статистически не различаются ($p \leq 0.05$).

Плотва в Ивановском водохранилище имеет такую же продолжительность жизни, как и особи в Рыбинском водохранилище, в котором зарегистрированы поимки в возрасте 12+ лет (Komova, Izyumov, 2012; Fishes of the Rybinsk Reservoir..., 2015). Самцы и самки в 5+ лет достигают от 16.0 до 17.6 см, что сравнимо с ростом плотвы в Ивановском водоёме. В водоёмах Карелии отмечается

плотва в 5+ лет длиной 15.0 см в Онежском озере и 15.2 см – в Ладожском озере (Gulyayeva, Pokrovskiy, 1984; Dyatlov, 2002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биологические особенности обыкновенной плотвы *R. rutilus* в Ивановском, Шушпанском, Челнавском, Матырском, Старооскольском и Белгородском водохранилищах, вероятно, возникли в том числе в результате адаптации к условиям обитания в географически и экологически различных лимнических водных объектах. В Ивановском водохранилище увеличивается продолжительность жизни *R. rutilus* до 12+ лет у самок, но при этом рост происходит медленнее, чем в более южных водоёмах. Статистический анализ не выявил достоверных различий по длине и массе тела между самцами и самками, несмотря на наблюдаемую тенденцию к более крупным размерам самок в средних значениях.

На наш взгляд, помимо географического расположения водоёмов, вероятно, существенное влияние на биологические особенности *R. rutilus* оказывают гидрохимические показатели условий обитания. Хотя не исключается возможное влияние других биологических параметров: кормность водоема, биотическое окружение и характер промыслового и любительского вылова. Тем не менее, по нашим данным, ряд гидрохимических показателей находились ниже предельных концентраций нормативных значений: O_2 от 6.9 до 11.8 (8.7 ± 0.2) мг/дм³; pH от 7.1 до 9.0 (8.2 ± 0.1); нитраты от 0.04 до 5.04 (0.68 ± 0.11) мг/дм³; аммиак от 0.09 до 0.64 (0.31 ± 0.02) мг/дм³; железо общее от 0.05 до 0.95 (0.34 ± 0.03) мг/дм³; фосфаты от 0.02 до 0.85 (0.22 ± 0.03) мг/дм³. Эпизодически наблюдались кратковременные превышения, что в целом допустимо для жизнедеятельности *R. rutilus*. Рост *R. rutilus* слабо зависит от нитритов – их вариация в пределах 0.004 – 0.350 (0.044 ± 0.007) мг/дм³ не приводит к критическим изменениям.

Наибольший эффект на рост размеров и массы *R. rutilus* оказывает биологическое потребление кислорода. Обыкновенная плотва способна выдерживать недолговременные БПК₅ от 0.9 до 11.7 мг O_2 /дм³. Рост *R. rutilus* не хуже средних показателей по всем лимническим водоёмам при БПК₅ от 1.5 ± 0.2 до 3.4 ± 0.7 мг O_2 /дм³. Превышение БПК₅ в 4 раза до 9.5 ± 0.4 мг O_2 /дм³ затормозило рост самцов и самок в 1.4 раза в среднем. Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторов о влиянии гидрохимических факторов на рост рыб, где установлено, что метаболиты и органические загрязнения оказывают существенное влияние на скорость роста и развития рыб. Данный факт, на примере плотвы, также необходимо учитывать при оценке состояния популяций и планировании рыбохозяйственных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Abdurahmanov Y. A. *Fishes of Fresh Waters of Azerbaijan*. Baku, Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR Publ., 1962. 407 p. (in Russian).
- Alabaster J. S., Lloyd R. *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984. 344 p. (in Russian).
- Berg L.S. *Pisces of Fresh Waters of the USSR and Neighbouring Countries*. Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1949, vol. 2. 469 p. (in Russian).

- Bianco P. G., Ketmaier V. A revision of the *Rutilus* complex from Mediterranean Europe with description of a new genus, *Sarmarutilus*, and a new species, *Rutilus stoumboudae* (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 2014, vol. 3481, no. 3, pp. 379–402. <https://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3841.3.4>
- Chugunova N. I. *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb* [Manual on the Study of Age and Growth of Fish]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1959. 164 p. (in Russian).
- Convention on Biological Diversity (Rio de Janeiro, June 5, 1992). *GARANT.ru*. Moscow, 1992. Available at: <https://base.garant.ru/2107744/> (accessed February 22, 2024) (in Russian).
- Dyatlov M. A. *Fishes of Lake Ladoga (Distribution, Morphometry, Ecology, Industrial Use)*. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences Publ., 2002. 281 p. (in Russian).
- Federal Law No. 166-FZ of December 20, 2004, “On Fisheries and the Conservation of Aquatic Biological Resources”. *KonsultantPhyus*. Moscow, 2024. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50799/ (accessed February 20, 2024).
- Froese R., Pauly D. *Rutilus Rafinesque*, 1820. *FishBase*, 2024. Available at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=154332> (accessed March 23, 2024).
- Gerasimov Yu. V., ed. *Fishes of the Rybinsk Reservoir: Population Dynamics and Ecology*. Yaroslavl, Filigran, 2015. 418 p. (in Russian).
- Gulyayeva A. M., Pokrovskiy V. V. Current composition of ichthyofauna and commercial fish catches in Lake Onega. *Proceedings of GosNIORH*, 1984, no. 216, pp. 4–10 (in Russian).
- Guseva T. V., Molchanova Y. P., Zaika E. A., Vinichenko V. N., Averochnik E. M. *Gidrokhimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchei sredy: spravochnye materialy* [Hydrochemical Indicators of Environmental Status: Reference Materials]. Moscow, Social and Environmental Union Publ., 2000. 148 p. (in Russian).
- Hüpeden J., Wegen S., Off S., Lücker S., Bedarf Y., Daims H., Kühn C., Spieck E. Relative abundance of *Nitrotoga* spp. in a biofilter of a cold-freshwater aquaculture plant appears to be stimulated by slightly acidic pH. *Applied and Environmental Microbiology*, 2016, vol. 82, iss. 6, pp. 1838–1845. <https://doi.org/10.1128/AEM.03163-15>
- Kazanchev E. N. *Ryby Kaspiiskogo morya (opredelit')* [Fishes of the Caspian Sea (identify)]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981. 168 p. (in Russian).
- Knänsche R. Closed circulation systems for fish farming. *Fisheries*, 1986, no. 3, pp. 43–45 (in Russian).
- Komova N. I., Izyumov Y. G. Growth of roach *Rutilus rutilus* (L.) from Volga stretch in the Rybinsk reservoir. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2012, no. 2, pp. 70–74 (in Russian).
- Konstantinov A. S. Growth of young fish in constant and variable oxygen conditions. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 1988, no. 4, pp. 3–7 (in Russian).
- Konstantinov A. S., Parfenova V. N., Kenzhin B. A. Influence of specific exo-metabolites on the chemical composition of the body and energy of young carp. *Journal of Ichthyology*, 1987, vol. 27, no. 3, pp. 493–499 (in Russian).
- Kottelat M., Freyhof J. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol, Berlin, Kottelat and Freyhof Publ., 2007. 646 p.
- Kushnarenko A. I., Lugarev E. S. Estimation of fish abundance from catches by passive implements. *Journal of Ichthyology*, 1983, vol. 23, no. 6, pp. 921–926 (in Russian).
- Linløkken A. N., Østbye K., Heibo E., Vøllestad L. A. The interactions of abiotic and biotic factors influencing perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* populations in small acidified boreal lakes. *Journal of Fish Biology*, 2011, vol. 79, iss. 2, pp. 431–448. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03040.x>
- Martyshev F. G. *Prudovoe rybovodstvo* [Pond Fish Farming]. Moscow, Vysshaya shkola, 1973. 427 p. (in Russian).

Mikryakov V. R., Silkina N. I. Reaction of the carp immune system at low water pH. *Prevention and Diagnosis of Infectious Diseases of Fish: All-Union Meeting of the 5th All-Union Symposium on Infectious Diseases of Fish*. Moscow, Nauka, 1986, pp. 66–67 (in Russian).

Mina G. A., Klevezal G. A. *Rost zhivotnykh* [Animal Growth]. Moscow, Nauka, 1976. 292 p. (in Russian).

Parfenova V. M. Influence of species-specific exometabolites on growth and bio-chemical composition of young carp. In: *Problems of Chemical Communication of Animals*. Moscow, Severtsov Institute of Evolutionary Morphology and Ecology of Animals of Academy of Sciences of the USSR Publ., 1991, pp. 304–311 (in Russian).

Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide to the Study of Fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1966. 376 p. (in Russian).

Reservoirs. *Federal Agency for Water Resource*. Moscow, 2024. Available at: <https://voda.gov.ru/reservoirs/> (accessed February 22, 2024).

Reshetnikov Yu. S., Popova O. A., Sokolov L. I., Tsepkin E. A., Sideleva V. G., Dorofeeva E. A., Cheresniv I. A., Mosalkova K. I., Dgebuadze Yu. Yu., Ruban G. I., Korolev V. V. *Atlas of Russian Freshwater Fishes: In 2 vol*. Moscow, Nauka, 2003, vol. 1. 378 p. (in Russian).

Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi. Pod red. L. V. Boevoi [Boeva L. V., ed. Guide to the Chemical Analysis of Inland Surface Waters]. Rostov-on-Don, Novocherkassk, NOC, 2009, pt. 1. 1032 p. (in Russian).

Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi. Pod red. L. V. Boevoi [Boeva L. V., ed. Guide to the Chemical Analysis of Inland Surface Waters]. Rostov-on-Don, Southern Federal University Press, 2012, pt. 2. 720 p. (in Russian).

Scott D. M., Wilson R. W. Three species of fishes from an eutrophic, seasonally alkaline lake are not more tolerant to acute exposure to high pH in the laboratory. *Journal of Fish Biology*, 2007, vol. 70, iss. 2, pp. 551–566. <https://doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01329.x>

Spotte S. *Water Management in Closed Systems*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983. 192 p. (in Russian).

Steffens W. *Moderne Fischwirtschaft – Grundlagen und Praxis*. Moscow, Agropromizdat, 1985. 386 S. in Russian).

Teletchea F., Fostier A., Kamler E. Gardeur J.-N., Bail P.-Y. L., Jalabert B., Fontaine P. Comparative analysis of reproductive traits in 65 freshwater fish species: Application to the domestication of new fish species. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2009, vol. 19, pp. 403–430. <https://doi:10.1007/s11160-008-9102-1>

Troitskiy S. K., Tsunikova E. P. *Ryby basseinov Nizhnego Dona i Kubani* [Fish of the Lower Don and Kuban Basins]. Rostov-on-Don, Rostovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1988. 112 p. (in Russian).

Zhigin A. V. *Ways and Methods of Intensification of Aquaculture Objects Cultivation in Installations With Closed Water Use*. Diss. Dr. Sci. (Biol.). Moscow, 2002. 331 p. (in Russian).

Hydrochemistry of limnic reservoirs and biological characteristics of common roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Actinopterygii)

A. I. Nikitenko¹, D. V. Artemenkov^{2✉}, A. V. Zdrok¹, D. V. Goryachev¹,
Yu. I. Solomatin³, M. I. Bazarov³, M. Yu. Kudinov¹, M. S. Zheltova⁴

¹ Freshwater Fisheries Branch VNIRO

40A Rybnoye village, Dmitrovsky district, Moscow region 141821, Russia

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

19 Okruzhnoy proezd, Moscow 105187, Russia

³ Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences

109 Borok, Nekouzsky district, Yaroslavl region 152742, Russia

⁴ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

49 Timiryazevskaya St., Moscow 127434, Russia

Received: May 20, 2025 / revised: December 24, 2025 / accepted: January 21, 2026 / published: July 30, 2026

Abstract: Peculiarities of the hydrochemical conditions in the Ivankovskoye, Shushpanskoye, Chelnavskoye, Matyrskoye, Starooskolskoye, Belgorodskoye reservoirs and the biological status of common roach according to our data collected from May to October, 2010–2022, are shown. The study notes that short-term excesses of the limit concentrations of the regulatory values (O₂, pH, nitrates, ammonia, total iron and phosphates) are not critical for roach growth. E.g., the organic pollution (BOD₅) characteristic in the Belgorod reservoir exceeded the norm 4 times. The optimum situation for roach life activity was observed in the Shushpanskoye reservoir, where males reach the largest size of 25.1±0.6 cm and 224.0±17.1 g, females – 23.6±0.6 cm and 226.8±11.6 g, respectively. Common roach is able to tolerate short-term excesses of BOD₅, so roach growth was similar to the average in almost all limnic reservoirs when BOD₅ changed from 1.5±0.2 to 3.4±0.7 mgO₂/dm³. Exceeding BOD₅ by a factor of 4 inhibited the size and weight growth of males and females by a factor of 1.4 on average.

Keywords: *Rutilus rutilus*, ecology, growth, mass, size

Ethics approval and consent to participate: Protocols involving animals were approved by the Bioethics Committee of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Protocol No. 75 dated January 10, 2026).

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Nikitenko A. I., Artemenkov D. V., Zdrok A. V., Goryachev D. V., Solomatin Yu. I., Bazarov M. I., Kudinov M. Yu., Zheltova M. S. Hydrochemistry of limnic reservoirs and biological characteristics of common roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Actinopterygii). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2026, no. 2, pp. 192–204 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-192-204>

✉ *Corresponding author:* Department of Commercial Hydrobionts, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Alexey I. Nikitenko: <https://orcid.org/0000-0001-8123-5810>, nikitenko@vniiprh.vniro.ru; Dmitry V. Artemenkov: <https://orcid.org/0000-0002-9051-697X>, dmitriy.artemenkov@gmail.com; Andrey V. Zdrok: <https://orcid.org/0000-0001-5746-7136>, zdrok@vniiprh.vniro.ru; Dmitry V. Goryachev: <https://orcid.org/0000-0002-9750-2546>, goryachev@vniiprh.vniro.ru; Yuri I. Solomatin: <https://orcid.org/0000-0002-3445-6108>, solomatin1988@gmail.com; Mikhail I. Bazarov: <https://orcid.org/0000-0002-6340-4411>, bazarov@ibiw.ru; Mikhail Yu. Kudinov: <https://orcid.org/0000-0001-1667-2157>, m.kudinov@vniiprh.vniro.ru; Marina S. Zheltova: <https://orcid.org/0009-0001-1667-2157>, marina.kalerina@gmail.com