



Check for updates

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2026-18-3-909-920>
<https://www.zoobank.org/References/FF142D70-051C-4D62-AD54-A2D9451501A8>

УДК 597.5

Гематологические показатели кефали *Planiliza subviridis*, обитающей в средах с различной соленостью

В. Д. Чан[✉], Г. И. Пронина

Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева (РГАУ—МСХА), ул. Тимирязевская, д. 49, 127434, г. Москва, Россия

Сведения об авторах

Чан Ван Дат

E-mail: dattran1069@gmail.com

SPIN-код: 4558-6194

ORCID: 0009-0008-8212-6446

Пронина Галина Иозефовна

E-mail: gidrobiont4@yandex.ru

SPIN-код: 6162-9922

Scopus Author ID: 56613245700

ResearcherID: AAT-7345-2020

ORCID: 0000-0002-0805-6784

Права: © Авторы (2026). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Аннотация. Исследование было проведено с целью определения гематологических показателей и состава клеток периферической крови у рыбы *Planiliza subviridis* (Valenciennes, 1836) в двух естественных средах обитания — морской (32 ‰) и солоноватоводной (12,3 ‰). Все показатели крови находились в пределах нормы для рыб. Результаты показали отсутствие достоверных различий в эритрограмме двух групп рыб из разных местообитаний. Эритроциты *P. subviridis* имеют эллипсоидную форму, их средний размер составляет примерно 10,5×7,2 мкм. Доля миелобластов в лейкограмме рыб, обитающих в соленой воде, ниже, чем у солоноватоводных кефалей. При этом процент лимфоцитов достигает более высокого уровня у рыб из соленой среды (95,1 % против 90,0 %). Не было зафиксировано признаков стресса, таких как повышение доли нейтрофилов и снижение доли лимфоцитов в гематологических показателях у рыб, успешно адаптировавшихся к естественным условиям морской и солоноватоводной среды. Полученные результаты вносят вклад в базу данных о клетках крови для эвригалинных видов рыб.

Ключевые слова: кровь рыб, кефаль, Greenback mullet, *Planiliza subviridis*, гематологические показатели, соленость, среда обитания, адаптация

Hematological parameters of the greenback mullet *Planiliza subviridis* in environments with different salinities

V. D. Tran[✉], G. I. Pronina

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskay Str., 127434, Moscow, Russia

Authors

Tran V. Dat

E-mail: dattran1069@gmail.com

SPIN: 4558-6194

ORCID: 0009-0008-8212-6446

Galina I. Pronina

E-mail: gidrobiont4@yandex.ru

SPIN: 6162-9922

Scopus Author ID: 56613245700

ResearcherID: AAT-7345-2020

ORCID: 0000-0002-0805-6784

Abstract. The study was conducted to determine the hematological parameters and peripheral blood cell composition of the fish *Planiliza subviridis* (Valenciennes, 1836) in two natural habitats — marine (32 ‰) and brackish (12,3 ‰). All blood parameters fell within the normal range for fish. The results showed no significant differences in the erythrogram between the two fish groups from different habitats. Erythrocytes of *P. subviridis* are ellipsoid in shape, with an average size of approximately 10.5×7.2 μm. The proportion of myeloblasts in the leukogram of fish inhabiting saltwater was lower than that in brackish-water mullets. At the same time, the percentage of lymphocytes was higher in fish from the saltwater environment (95.1 % versus 90.0 %). No signs of stress, such as an increased proportion of neutrophils and a decreased proportion of lymphocytes, were recorded in the hematological parameters of fish that had successfully adapted to natural marine and brackish-water environments. The obtained results contribute to the database on blood cells for euryhaline fish species.

Keywords: fish blood, mullet, Greenback mullet, *P. laniliza s ubviridis*, hematological parameters, salinity, habitat, adaptation

Copyright: © The Authors (2026). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY License 4.0.

Введение

Кефалевые (сем. Mugilidae) — это группа эвригалинных видов, широко распространенных в прибрежных морских, солоноватоводных и пресноводных средах обитания по всему миру и насчитывающих около 17 родов и 72 видов (Nelson 2006; Loi et al. 2022). Они питаются в основном водорослями и органическими детритами и часто мигрируют в море, чтобы избежать потоков пресной воды в период нереста (Cardona 2015). Многие виды кефалевых являются объектами промысла и аквакультуры, имеющими экономическую ценность в странах Средиземноморья, Израиле, Тунисе, Гонконге, Тайване (Whitfield et al. 2012).

Среди них зеленоспинная кефаль — *Planiliza subviridis* (Valenciennes, 1836) — является одним из распространенных видов в солоноватоводных и прибрежных тропических водах, особенно в Индо-Тихоокеанском регионе (Durand et al. 2012). Во Вьетнаме этот вид редко рассматривается как объект аквакультуры; его в основном вылавливают из естественной среды в морских и солоноватоводных районах.

Гематологические показатели являются чувствительными биомаркерами, отражающими физиологические изменения, адаптацию и нарушения у рыб под воздействием факторов окружающей среды, а также загрязнения воды токсичными веществами (Ahmed et al. 2020; Witeska et al. 2023). Гематологические исследования помогают понять взаимосвязь между характеристиками крови, средой обитания и способностью вида адаптироваться к среде обитания (Faggio et al. 2014). На физиологические параметры рыб часто влияют физические и химические факторы водной среды (Fazio et al. 2013), причем соленость является одним из ключевых факторов. На некоторых видах кефалевых (*Mugil cephalus*, *Chelon auratus*) было показано, что высокая или низкая соленость может вызывать изменения гематологических показателей, таких как количество эритроцитов, гемоглобин, средний объем эритроцита, коли-

чество лейкоцитов, состав жирных кислот, концентрация кортизола и глюкозы (Fazio et al. 2013; Mohamadi et al. 2014; Parrino et al. 2018; Fazio et al. 2020). Однако у зеленоспинной кефали (*P. subviridis*) в основном отмечалось лишь влияние паразитов на гематологические показатели (Al-Daraji, Mhaisen 2023), тогда как исследования непосредственного воздействия различной солености, особенно в естественных условиях среды, остаются недостаточными. Данное исследование представляет результаты анализа показателей крови зеленоспинной кефали (*P. subviridis*), выловленной из мест обитания с разной соленостью, что позволяет лучше понять механизмы физиологической адаптации вида. Результаты предоставят научную основу для выбора мест аквакультуры и управления окружающей средой, а также помогут в оценке состояния здоровья рыб в условиях изменения климата и усиливающегося засоления прибрежных вод в тропических странах.

Материалы и методы

Район исследования

Исследование было проведено в августе 2025 г. в двух локациях Тонкинского залива, Вьетнам (рис. 1).

1. Остров Bach Long Vi (Хайфон, Вьетнам), координаты: 20°07'35"–20°08'36" с. ш., 107°42'20"–107°44'15" в. д. Площадь острова составляет около 2,0 км². Это самый удаленный от берега остров Вьетнама в Тонкинском заливе, находящийся примерно в 135 км от материка. Морская вода характеризуется высокой и стабильной соленостью (32–33 ‰), высокой прозрачностью (6–25 м), дном преимущественно сложено песком, камнями, коренными породами, галькой (Tran et al. 2014).

2. Район мангровых лесов национального парка Xuan Thuy (Ниньбинь, Вьетнам), расположенный к югу от устья реки Хонгха. Это солоноватоводный район, типичный для водно-болотной экосистемы приустьевой прибрежной зоны.

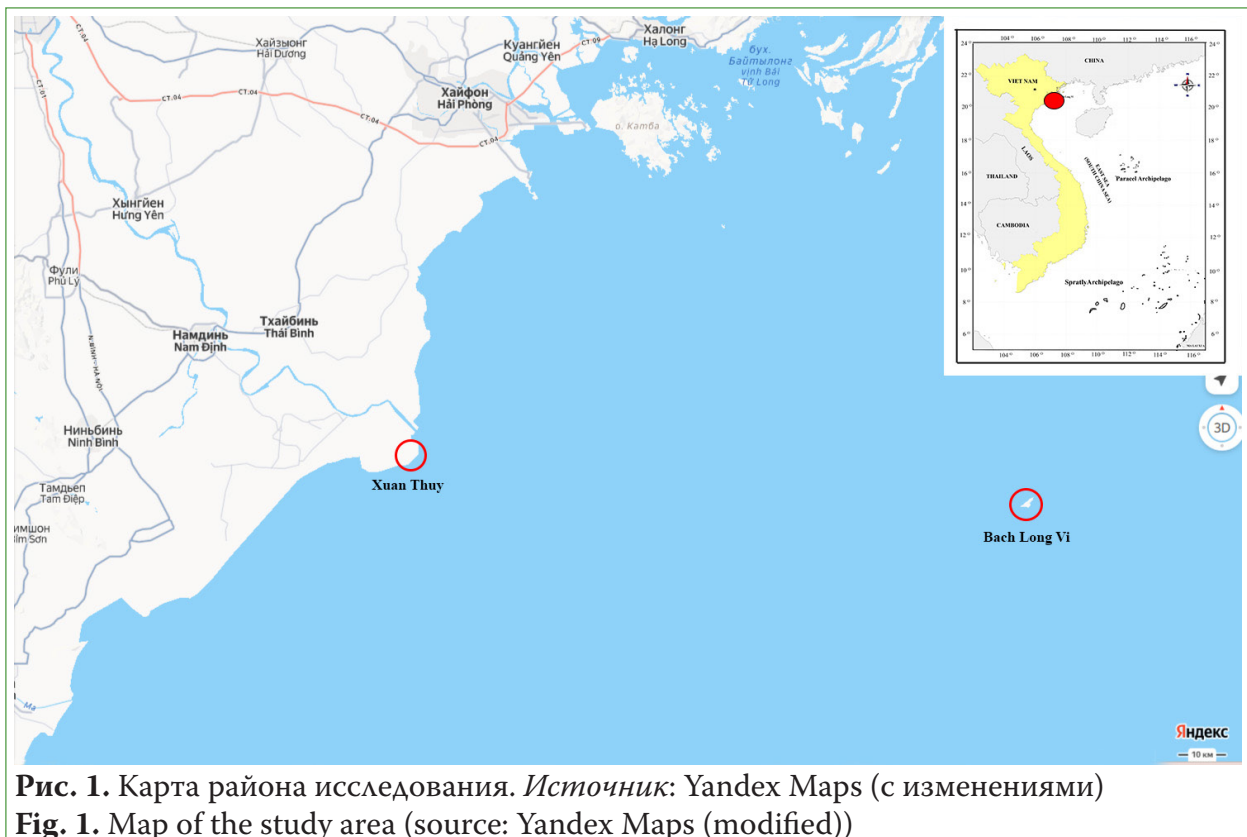


Рис. 1. Карта района исследования. *Источник:* Yandex Maps (с изменениями)
Fig. 1. Map of the study area (source: Yandex Maps (modified))

Это первое Рамсарское угодье Вьетнама и Юго-Восточной Азии площадью около 15 110 га. Данный район имеет практику аквакультуры по экстенсивной системе — водоснабжение и водоотведение осуществляются через шлюзы под воздействием приливно-отливного цикла, проводится пополнение посадочным материалом (Tue et al. 2012). Соленость здесь варьирует от 0,2 до 16,4 ‰ в зависимости от конкретного места (Ishikawa-Ishiwata et al. 2024).

В двух местах отбора проб были проведены экспресс-измерения основных параметров водной среды, таких как температура (°C), соленость (S ‰), pH, растворенный кислород (DO), с помощью портативного многофункционального прибора AZ 86031 (Китай).

Методы отбора образцов и анализа

Во время отбора проб 20 здоровых особей рыбы со средней массой тела $41,8 \pm 8,5$ г и средней общей длиной тела (TL) $15,2 \pm 1,4$ см (по 10 образцов с каждого места) были выловлены с помощью ставных сетей (длиной 30–40 м, высотой 1,2 м с поплавками, размер ячеи 2 см) совместно с

рыбаками, занимающимися промыслом рыбы (рис. 2).

Кровь отбирали у рыб сразу после вылова непосредственно на месте из хвостовой вены с помощью шприца, содержащего гепарин в качестве антикоагулянта. После завершения отбора проб крови рыб взвешивали, измеряли, фотографировали, затем фиксировали в 90° спирте для видовой идентификации.

Образцы крови после отбора наносили на чистые стерильные предметные стекла и высушивали естественным образом при комнатной температуре. Мазки крови маркировали с указанием образца и места отбора, аккуратно упаковывали в бумагу для сохранности и транспортировали в лабораторию. Затем их окрашивали по методу Паппенгейма, следуя процедуре, описанной Прониной и Корягиной (Пронина, Корягина 2017). Для идентификации и определения вида кефали мы провели измерения и анализ морфологических признаков рыбы согласно руководству Nakabo (Nakabo 2002).

Эритрограмму и лейкоцитарную формулу определяли методом дифференциального

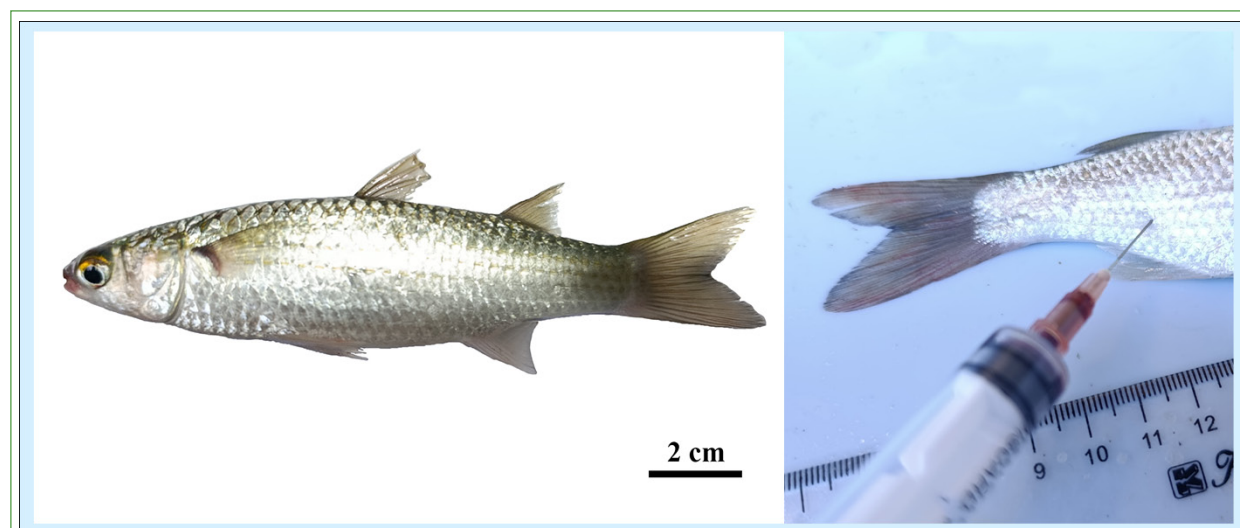


Рис. 2. Зеленоспинная кефаль (*P. subviridis*)

Fig. 2. Greenback mullet (*P. subviridis*)

подсчета клеток крови с помощью микроскопа МИКРОМЕД при увеличении 10×100 , оснащенного камерой (TourCam 9.0 MP, Китай), подключенной к компьютеру через программное обеспечение TourView. Для группы рыб с каждого места отбора было подсчитано по 200 зрелых эритроцитов, у которых измеряли длину, ширину, площадь клетки и ядра с помощью программного обеспечения ImageJ (версия 1.54g, США). Статистическая обработка данных выполнялась в Excel и программном пакете SPSS 20. Результаты представлены в виде среднего значения $\pm$ стандартная ошибка среднего ($\text{Mean} \pm \text{SEM}$). Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Показатели качества воды в двух районах исследования представлены в таблице 1.

Температура, растворенный кислород, pH были сходными в обеих точках отбора.

По показателям солености отмечены различия: район Bach Long Vi характеризуется морской средой с прозрачной водой (соленость 30,1 ‰), тогда как район Xuan Thuy отличается солоноватоводной средой и мутной водой (соленость 12,3 ‰).

Результаты показали, что эритроциты зеленоспинной кефали (*P. subviridis*) имеют эллипсоидную форму с ядром, расположенным в центре, и приобретают фиолетовый или розово-фиолетовый цвет при окрашивании по методу Паппенгейма. Размеры эритроцитов, соотношение количества эритроцитов и лейкоцитов у зеленоспинной кефали в двух средах с разной соленостью приведены в таблице 2.

Размеры эритроцитов у двух групп рыб не имели статистически значимых различий ($p > 0,05$): длина эритроцитов составляла от 10,4 до 10,5 мкм, ширина — около 7,2 мкм; площадь эритроцитов колебалась от 58,2 до 59,8 мкм². В нашем исследовании,

Таблица 1
Показатели качества воды, зарегистрированные в районах Bach Long Vi и Xuan Thuy

Table 1
Water quality parameters recorded in the Bach Long Vi and Xuan Thuy regions

Показатели	Bach Long Vi	Xuan Thuy
Соленость, ‰	30,1	12,3
Температура воды, °C	29,7	27,8
DO, мг/л	6,5	6,2
pH, ед.	7,6	7,7

Таблица 2

**Размеры, масса и гематологические показатели зеленоспинной кефали
(*P. subviridis*) в двух средах с разной соленостью**

Table 2

Body size, weight, and hematological indices of greenback mullet (*P. subviridis*) in two environments of different salinity

Показатели	Bach Long Vi (S = 32‰)	Xuan Thuy (S = 12,3‰)
<i>Размерно-весовые характеристики</i>		
Масса тела, г	44,3 ± 9,7	39,3 ± 6,7
Длина тела, см	15,5 ± 1,3	14,9 ± 1,4
<i>Размеры эритроцитов</i>		
Длина эритроцита, мкм	10,5 ± 0,7	10,4 ± 0,6
Ширина эритроцита, мкм	7,2 ± 0,5	7,2 ± 0,5
Длина ядра, мкм	4,6 ± 0,4	4,3 ± 0,4
Ширина ядра, мкм	3,1 ± 0,2	2,8 ± 0,3
Площадь эритроцита, мкм ²	59,8 ± 6,0	58,2 ± 5,3
Площадь ядра, мкм ²	11,3 ± 1,4	10,4 ± 1,6
<i>Эритрограмма, %</i>		
Гемоцитобласты, эритробласты	—	—
Базофильные нормобласты	3,3 ± 0,7	2,8 ± 0,7
Полихроматофильные нормобласты	10,8 ± 1,1	9,6 ± 1,0
Зрелые эритроциты	85,9 ± 1,3	87,6 ± 1,1
<i>Лейкоцитарная формула, %</i>		
Миелобласты	0,5 ± 0,2	1,2 ± 0,2*
Промиелоциты	0,4 ± 0,2	0,9 ± 0,3
Миелоциты	0,9 ± 0,3	1,8 ± 0,7
Метамиелоциты	0,3 ± 0,2	0,7 ± 0,4
Палочкоядерные нейтрофилы	0,5 ± 0,3	1,2 ± 0,4
Сегментоядерные нейтрофилы	0,5 ± 0,3	1,1 ± 0,3
Эозинофилы	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Базофилы	—	—
Моноциты	1,7 ± 0,7	2,9 ± 0,8
Лимфоциты	95,1 ± 1,0	90,0 ± 1,5*

Примечание: * различия достоверны ($p \leq 0,05$).

несмотря на различия в солености двух разных сред обитания, размеры эритроцитов зеленоспинной кефали (*P. subviridis*) (10,5×7,2 мкм) достоверно не изменялись в морской и солоноватоводной среде. Это также может указывать на то, что данная характеристика является особенностью вида независимо от условий окружающей среды.

Микроскопическая картина крови изучаемых рыб представлена на рисунке 3.

Показатели эритрограммы и лейкоцитарной формулы находились в пределах нормальных физиологических границ для

рыб. Отмечены различия между группами рыб в зависимости от условий обитания.

Доля зрелых эритроцитов в эритрограмме рыб была стабильно высокой в обоих местах отбора — 85,9 % и 87,6 % соответственно. Показатели полихроматофильных и базофильных нормобластов у острова Bach Long Vi были незначительно выше (10,8 % и 3,3 %) по сравнению с показателями в районе национального парка Xuan Thuy (9,6 % и 2,8 %). Присутствие незрелых эритроцитов в крови зеленоспинной кефали в обеих группах свидетельствует о гемопоэзе, обеспечивающем

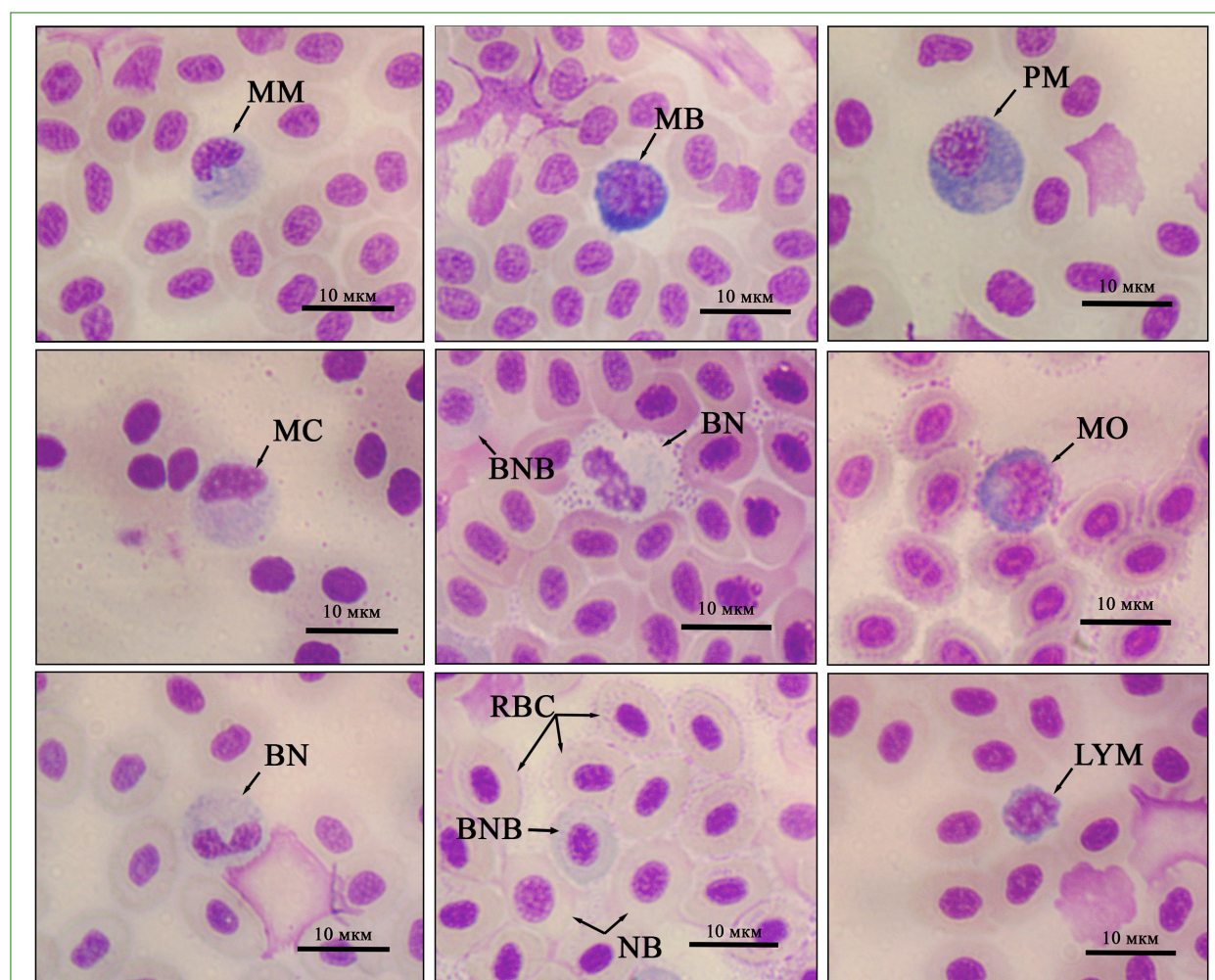


Рис. 3. Микроскопическая картина крови изучаемых рыб (увеличение 10×100): метамиелоцит (MM), миелобласт (MB), промиелоцит (PM), миелоцит (MC), палочкоядерный нейтрофил (BN), моноцит (MO), зрелый эритроцит (RBC), базофильный нормобласт (BNB), полихроматофильный нормобласт (NB), лимфоцит (LYM)

Fig. 3. Microscopic picture of the blood of the studied fish. Magnification: 10×100. Abbreviations: MM — metamyelocyte; MB — myeloblast; PM — promyelocyte; MC — myelocyte; BN — band neutrophil; MO — monocyte; RBC — mature erythrocyte; BNB — basophilic normoblast; NB — normoblast; LYM — lymphocyte

восстановление эритроцитов в процессе жизнедеятельности. У особей из района Bach Long Vi доля незрелых эритроцитов была выше, что, вероятно, связано с повышенной потребностью в транспорте кислорода в условиях высокой осмотической солености.

Высокая доля лимфоцитов в лейкограмме рыб из исследуемых районов свидетельствует о благоприятных условиях обитания, отсутствии воздействия стрессоров и стабильном функционировании иммунной системы. Однако у рыб из соленой среды процент лимфоцитов был достоверно

выше, чем из солоноватоводной: 95,1 % и 90,0 % соответственно. Относительное количество миелобластов, напротив, у рыб из соленой среды было ниже. Базофилы не были обнаружены у зеленоспинной кефали ни в одном из районов.

Согласно Martin et al. (Martin et al. 2021), форма эритроцитов сильно варьирует между разными видами рыб и несильно зависит от среды обитания или размеров тела. Leiva et al. (Leiva et al. 2026) показали, что размеры эритроцитов у видов одного семейства кефалевых (Mugilidae) различаются: *Mugil liza* (9,5×6,5 мкм),

Mugil cephalus (8,5×7,5 мкм), *Planiliza macrolepis* (9,4×8,1 мкм), *Chelon ramada* (10,6×7,9 мкм). Солдатов и др. (Солдатов и др. 2023) зафиксировали длину эритроцитов до 14,0 мкм у вида *Chelon auratus*. Очевидно, что размеры эритроцитов различаются у разных видов рыб (Megarani et al. 2020), даже в пределах одного семейства или рода.

Согласно ряду исследований, рыбы реагируют на стресс повышением доли нейтрофилов и снижением доли лимфоцитов в периферической крови при воздействии загрязнения воды, тяжелых металлов, а также при транспортировке (Davis et al. 2008; Refaey, Li 2018; Aksentijević et al. 2023). Отсутствие таких изменений в нашем исследовании, вероятно, объясняется тем, что кефаль является эвригалинным видом с высокой адаптационной способностью, выдерживающим широкий диапазон солености от 0 до 33 ‰ и колебания температуры от 0,4 до 35°C (Пряхин 2011).

Увеличение доли лимфоцитов в соленой воде сходно с результатами ряда исследований на эвригалинных видах рыб. Исследование Fatimah et al. (Fatimah et al. 2017) на угре *Anguilla bicolor* показало, что повышение солености приводит к снижению доли нейтрофилов и моноцитов и увеличению доли лимфоцитов, но не влияет на долю эозинофилов. Другое исследование на осетре (*Huso huso*) также дало сходные результаты: количество лимфоцитов увеличивалось при повышении солености с 0 до 12 ‰ (Zarejabad et al. 2010). Увеличение процента лимфоцитов, вероятно, связано с компенсацией осмотического стресса за счет кортизола. Рядом авторов выявлено, что активность Na^+/K^+ -АТФазы и содержание кортизола повышается при переходе горбуши в соленую воду (Немова и др. 2021). Имеются, однако, данные об увеличении процента нейтрофилов за счет лимфоцитов у стерляди, обитающей в морской среде, в отличие от пресноводной формы (Лепилина и др. 2006).

Более того, незначительное повышение лейкоцитарных показателей в солонова-

товодном районе (Xuan Thuy), по сравнению с морским (Bach Long Vi), можно объяснить как нормальную физиологическую реакцию кефали, обитающей в среде с большими колебаниями солености. Район исследования находится в нижнем течении реки Хонгха (пресная вода), а амплитуда приливно-отливных колебаний приводит к нестабильности солености. Кроме того, вода в этом районе содержит много взвешенных частиц, органических веществ, а плотность микроорганизмов и паразитов может быть выше, чем в открытой морской среде у острова Bach Long Vi. Поэтому повышение уровня нейтрофилов и моноцитов может быть адаптивной реакцией рыбы на паразитарную инвазию.

Исследование Al-Daraji и Mhaisen (Al-Daraji, Mhaisen 2023) зафиксировало значительное повышение количества лейкоцитов (WBC) у *P. subviridis* во всех группах рыб, пораженных эргазилезом (возбудитель *Ergasilus rostralis*), по сравнению с неинфицированными. Однако низкий уровень изменчивости гематологических показателей между морской и солоноватоводной средой в данном исследовании не следует рассматривать как признак того, что рыба не подвержена влиянию среды; скорее, это свидетельствует об эффективности ее внутренних физиологических адаптационных механизмов. Это механизм долговременной адаптации к обитанию в среде с разной соленостью, а не стресс, вызванный резким изменением солености. Согласно Ahmed et al. (Ahmed et al. 2020), одни виды рыб могут быть более чувствительны к изменениям среды, тогда как другие обладают высокой толерантностью, позволяющей им адаптироваться к этим изменениям. Отсутствие базофилов в крови рыб из ареалов с разной соленостью (Clauss et al. 2008; Megarani et al. 2020) является нормальным для здоровых животных.

Эта адаптационная способность объясняет, почему кефаль может широко распространяться в эстуарных и прибрежных зонах и даже проникать в пресные воды. В

то же время это укрепляет потенциал данного вида в аквакультуре в регионах с переменной соленостью, обеспечивая биологическую стабильность и высокую экономическую эффективность. Хотя мангровые леса и эстуарные зоны являются средами с часто изменяющимися параметрами качества воды, включая соленость (Urbina, Glover 2015), они тем не менее сохраняют высокую биологическую продуктивность, поддерживая богатство, разнообразие рыб, а также беспозвоночных (Beck et al. 2003).

Показано, что различия роста кефали, выращиваемой в пресноводных и солоноватоводных прудах, незначительны (Dankwa et al. 2006). Зафиксирован максимальный рост и наибольшая эффективность конверсии корма при солености 10 ‰ (Barman et al. 2005), что свидетельствует о роли эстуариев в оптимизации потенциала роста данного вида (Whitfield et al. 2012). Благодаря питанию зоопланктоном и донным детритом в смеси с песком и илом зеленоспинная кефаль хорошо развивается в богатой органическими веществами солоноватоводной среде (*P. subviridis*) (Harrison, Senou 1999), что способствует росту и развитию этого вида.

Заключение

Все гематологические показатели и состав клеток периферической крови у рыбы *P. subviridis* в двух естественных средах обитания — морской (32 ‰) и солоноватоводной (12,3 ‰) — находятся в пределах нормальных физиологических значений для рыб. Выявлено, что высокая соленость ассоциируется с более высоким уровнем лимфоцитов в лейкограмме рыб из районов с морской водой (95,1 %), по сравнению с солоноватоводной (90,0 %) кефалью. Это различие характеризует адаптационные возможности вида.

Благодарности

Авторы сердечно благодарят коллегу Нгуен Тай Ту и местных рыбаков за участие и помощь в сборе полевых образцов.

Acknowledgements

The authors sincerely thank Nguyen Tai Tu and local fishermen for their participation and support in collecting field samples.

Литература

- Лепилина, И. Н., Романов, А. А., Федорова, Н. Н. (2006) Некоторые гематологические показатели стерляди в речной и морской периоды жизни. *Вестник Астраханского государственного технического университета*, № 3 (32), с. 145–150.
- Немова, Н. Н., Кяйвярйнен, Е. И., Рендаков, Н. Л. и др. (2021) Содержание кортизола и активность Na^+/K^+ -АТФазы при адаптации молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) к изменению солёности среды. *Вопросы ихтиологии*, т. 61, № 5, с. 599–606. <https://doi.org/10.31857/S0042875221050131>
- Пронина, Г. И., Корягина, Н. Ю. (2017) *Методология физиолого-иммунологической оценки гидробионтов*. СПб.: Лань, 96 с.
- Пряхин, Ю. В. (2011) Азово-черноморская популяция пиленгаса. *Наука Кубани*, № 1, с. 4–16.
- Солдатов, А. А., Рычкова, В. Н., Кухарева, Т. А., Рокотова, А. Г. (2023) Клеточный состав эритроидных форм в крови и головной почке кефали-сингиля (*Chelon auratus* Risso, 1810) на протяжении годового цикла. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 109, № 7, с. 990–1001. <https://doi.org/10.31857/S0869813923070130>
- Ahmed, I., Reshi, Q. M., Fazio, F. (2020) The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: A review. *Aquaculture International*, vol. 28, no. 3, pp. 869–899. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00501-3>
- Aksentijević, K., Radalj, A., Marković, M. et al. (2023) Effects of transport and holding stress on Prussian carp (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782) leukogram pattern. *Acta Veterinaria*, vol. 73, no. 2, pp. 179–194. <https://doi.org/10.2478/acve-2023-0014>
- Al-Daraji, S., Mhaisen, F. (2023) Effect of the infection of the mugilid fish *Planiliza subviridis* with the copepod *Ergasilus rostralis*: A haematological study. *Journal of Biological Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 264–272. <https://doi.org/10.62400/jbs.v6i3.8325>

- Barman, U. K., Jana, S. N., Garg, S. K. et al. (2005) Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International*, vol. 13, no. 3, pp. 241–256. <https://doi.org/10.1007/s10499-004-2479-5>
- Beck, M. W., Heck, K. L., Jr., Able, K. W. et al. (2003) The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. *Issues in Ecology*, no. 11, pp. 1–12.
- Cardona, L. (2015) Biogeography and distribution of Mugilidae in the Mediterranean and the Black Sea, and North-East Atlantic. In: D. Crosetti, S. Blaber (eds.). *Biology, ecology and culture of grey mullets (Mugilidae)*. Boca Raton: CRC Press, pp. 126–137. <https://doi.org/10.1201/b19927-10>
- Clauss, T. M., Dove, A. D. M., Arnold, J. E. (2008) Hematologic disorders of fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 11, no. 3, pp. 445–462. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.03.007>
- Dankwa, H., Blay JNR, J., Yankson, K. (2006) Potential for culture of grey mullets (Pisces:Mugilidae) in Ghana. *Ghana Journal of Science*, vol. 44, no. 1, pp. 19–27. <https://doi.org/10.4314/gjs.v44i1.15897>
- Davis, A. K., Maney, D. L., Maerz, J. C. (2008) The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists. *Functional Ecology*, vol. 22, no. 5, pp. 760–772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>
- Durand, J.-D., Shen, K.-N., Chen, W.-J. et al. (2012) Systematics of the grey mullets (Teleostei: Mugiliformes: Mugilidae): Molecular phylogenetic evidence challenges two centuries of morphology-based taxonomy. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 64, no. 1, pp. 73–92. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.03.006>
- Faggio, C., Fedele, G., Arfuso, F. et al. (2014) Haematological and biochemical response of *Mugil cephalus* after acclimation to captivity. *Cahiers de Biologie Marine*, vol. 55, no. 1, pp. 31–36.
- Fazio, F., Marafioti, S., Arfuso, F. et al. (2013) Influence of different salinity on haematological and biochemical parameters of the widely cultured mullet, *Mugil cephalus*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, vol. 46, no. 4, pp. 211–218. <https://doi.org/10.1080/10236244.2013.817728>
- Fazio, F., Saoca, C., Acar, Ü. et al. (2020) A comparative evaluation of hematological and biochemical parameters between the Italian mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758) and the Turkish mullet *Chelon auratus* (Risso 1810). *Turkish Journal of Zoology*, vol. 44, no. 1, pp. 22–30. <https://doi.org/10.3906/zoo-1907-37>
- Fatimah, F., Rachmawati, F. N., Wibowo, E. S. (2017) Leukocyte differential of anguillid eel, *Anguilla bicolor* McClelland, exposed to varied salinities. *Scripta Biologica*, vol. 4, no. 2, pp. 79–83.
- Harrison, I. J., Senou, H. (1999) Order Mugiliformes. Mugilidae. Mulletts. In: K. E. Carpenter, V. H. Niem (eds.). *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. Rome: FAO Publ., pp. 2069–2108.
- Ishikawa-Ishiwata, Y., Luu, D. V., Kotera, A. et al. (2024) Impact of intensive aquaculture on aquatic microorganism ecosystems in Xuan Thuy National Park, Nam Dinh Province, Vietnam. *Annual Report of Pro Natura Foundation Japan*, vol. 33, pp. 144–153.
- Leiva, F. P., Molina-Venegas, R., Alter, K. et al. (2026) ErythroCite: A database on red blood cell size of fishes. *Zenodo*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18543381> (accessed 02.04.2026).
- Loi, B., Leggieri, F., Giménez Papiol, G. et al. (2022) Effects of salinity on lipids reserves, survival and growth of flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture Research*, vol. 53, no. 17, pp. 5979–5987. <https://doi.org/10.1111/are.16066>
- Martins, B. O., Franco-Belussi, L., Siqueira, M. S. et al. (2021) The evolution of red blood cell shape in fishes. *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 34, no. 3, pp. 537–548. <https://doi.org/10.1111/jeb.13757>
- Megarani, D. V., Hardian, A. B., Arifianto, D. et al. (2020) Comparative morphology and morphometry of blood cells in Zebrafish (*Danio rerio*), Common Carp (*Cyprinus carpio carpio*), and Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, vol. 59, no. 6, pp. 673–680. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-20-000013>
- Mohamadi, M., Bishkoul, G. R., Rastiannasab, A. et al. (2014) Physiological indicators of salinity stress in the grey mullet, *Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758 juveniles. *Comparative Clinical Pathology*, vol. 23, no. 5, pp. 1453–1456. <https://doi.org/10.1007/s00580-013-1804-7>
- Nakabo, T. (2002) *Fishes of Japan: With pictorial keys to species. Vols. 1–2*. Tokyo: Tokai University Press, 1749 p.
- Nelson, J. S. (2006) *Fishes of the world*. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons Publ., 601 p.
- Parrino, V., Cappello, T., Costa, G. et al. (2018) Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits. *The European Zoological Journal*, vol. 85, no. 1, pp. 193–199. <https://doi.org/10.1080/24750263.2018.1460694>

- Refaey, M. M., Li, D. (2018) Transport stress changes blood biochemistry, antioxidant defense system, and hepatic HSPs mRNA expressions of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Frontiers in Physiology*, vol. 9, article 1628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01628>
- Tran, D. T., Nguyen, V. Q., Tran, D. L. et al. (2014) Bach Long Vy national marine protected area: Potential and solutions for promoting values. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, vol. 14, no. 3A, pp. 281–291.
- Tue, N. T., Ngoc, N. T., Quy, T. D. et al. (2012) A cross-system analysis of sedimentary organic carbon in the mangrove ecosystems of Xuan Thuy National Park, Vietnam. *Journal of Sea Research*, vol. 67, no. 1, pp. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.10.006>
- Urbina, M. A., Glover, C. N. (2015) Effect of salinity on osmoregulation, metabolism and nitrogen excretion in the amphidromous fish, inanga (*Galaxias maculatus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 473, pp. 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.07.014>
- Whitfield, A. K., Panfili, J., Durand, J.-D. (2012) A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 22, no. 3, pp. 641–681. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9263-9>
- Witeska, M., Kondera, E., Bojarski, B. (2023) Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology — a review. *Animals*, vol. 13, no. 16, article 2625. <https://doi.org/10.3390/ani13162625>
- Zarejabad, A. M., Jalali, M. A., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S. (2010) Hematology of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile exposed to brackish water environment. *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 36, no. 3, pp. 655–659. <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9339-1>

References

- Ahmed, I., Reshi, Q. M., Fazio, F. (2020) The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: A review. *Aquaculture International*, vol. 28, no. 3, pp. 869–899. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00501-3> (In English)
- Aksentijević, K., Radalj, A., Marković, M. et al. (2023) Effects of transport and holding stress on Prussian carp (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782) leukogram pattern. *Acta Veterinaria*, vol. 73, no. 2, pp. 179–194. <https://doi.org/10.2478/acve-2023-0014> (In English)
- Al-Daraji, S., Mhaisen, F. (2023) Effect of the infection of the mugilid fish *Planiliza subviridis* with the copepod *Ergasilus rostralis*: A haematological study. *Journal of Biological Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 264–272. <https://doi.org/10.62400/jbs.v6i3.8325> (In English)
- Barman, U. K., Jana, S. N., Garg, S. K. et al. (2005) Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International*, vol. 13, no. 3, pp. 241–256. <https://doi.org/10.1007/s10499-004-2479-5> (In English)
- Beck, M. W., Heck, K. L., Jr., Able, K. W. et al. (2003) The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. *Issues in Ecology*, no. 11, pp. 1–12. (In English)
- Cardona, L. (2015) Biogeography and distribution of Mugilidae in the Mediterranean and the Black Sea, and North-East Atlantic. In: D. Crosetti, S. Blaber (eds.). *Biology, ecology and culture of grey mullets (Mugilidae)*. Boca Raton: CRC Press, pp. 126–137. <https://doi.org/10.1201/b19927-10> (In English)
- Clauss, T. M., Dove, A. D. M., Arnold, J. E. (2008) Hematologic disorders of fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 11, no. 3, pp. 445–462. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.03.007> (In English)
- Dankwa, H., Blay JNR, J., Yankson, K. (2006) Potential for culture of grey mullets (Pisces: Mugilidae) in Ghana. *Ghana Journal of Science*, vol. 44, no. 1, pp. 19–27. <https://doi.org/10.4314/gjs.v44i1.15897> (In English)
- Davis, A. K., Maney, D. L., Maerz, J. C. (2008) The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists. *Functional Ecology*, vol. 22, no. 5, pp. 760–772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x> (In English)
- Durand, J.-D., Shen, K.-N., Chen, W.-J. et al. (2012) Systematics of the grey mullets (Teleostei: Mugiliformes: Mugilidae): Molecular phylogenetic evidence challenges two centuries of morphology-based taxonomy. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 64, no. 1, pp. 73–92. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.03.006> (In English)
- Faggio, C., Fedele, G., Arfuso, F. et al. (2014) Haematological and biochemical response of *Mugil cephalus* after acclimation to captivity. *Cahiers de Biologie Marine*, vol. 55, no. 1, pp. 31–36. (In English)
- Fatimah, F., Rachmawati, F. N., Wibowo, E. S. (2017) Leukocyte differential of anguillid eel, *Anguilla bicolor* McClelland, exposed to varied salinities. *Scripta Biologica*, vol. 4, no. 2, pp. 79–83. (In English)

- Fazio, F., Marafioti, S., Arfuso, F. et al. (2013) Influence of different salinity on haematological and biochemical parameters of the widely cultured mullet, *Mugil cephalus*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, vol. 46, no. 4, pp. 211–218. <https://doi.org/10.1080/10236244.2013.817728> (In English)
- Fazio, F., Saoca, C., Acar, Ü. et al. (2020) A comparative evaluation of hematological and biochemical parameters between the Italian mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758) and the Turkish mullet *Chelon auratus* (Risso 1810). *Turkish Journal of Zoology*, vol. 44, no. 1, pp. 22–30. <https://doi.org/10.3906/zoo-1907-37> (In English)
- Harrison, I. J., Senou, H. (1999) Order Mugiliformes. Mugilidae. Mulletts. In: K. E. Carpenter, V. H. Niem (eds.). *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. Rome: FAO Publ., pp. 2069–2108. (In English)
- Ishikawa-Ishiwata, Y., Luu, D. V., Kotera, A. et al. (2024) Impact of intensive aquaculture on aquatic microorganism ecosystems in Xuan Thuy National Park, Nam Dinh Province, Vietnam. *Annual Report of Pro Natura Foundation Japan*, vol. 33, pp. 144–153. (In English)
- Leiva, F. P., Molina-Venegas, R., Alter, K. et al. (2026) ErythroCite: A database on red blood cell size of fishes. *Zenodo*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18543381> (accessed 02.04.2026). (In English)
- Lepilina, I. N., Romanov, A. A., Fedorova, N. N. (2006) Some hematologic indices of sterlet during the river and sea periods of life. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, no. 3 (32), pp. 145–150. (In Russian)
- Loi, B., Leggieri, F., Giménez Papiol, G. et al. (2022) Effects of salinity on lipids reserves, survival and growth of flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture Research*, vol. 53, no. 17, pp. 5979–5987. <https://doi.org/10.1111/are.16066> (In English)
- Martins, B. O., Franco-Belussi, L., Siqueira, M. S. et al. (2021) The evolution of red blood cell shape in fishes. *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 34, no. 3, pp. 537–548. <https://doi.org/10.1111/jeb.13757> (In English)
- Megarani, D. V., Hardian, A. B., Arifianto, D. et al. (2020) Comparative morphology and morphometry of blood cells in Zebrafish (*Danio rerio*), Common Carp (*Cyprinus carpio carpio*), and Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, vol. 59, no. 6, pp. 673–680. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-20-000013> (In English)
- Mohamadi, M., Bishkoul, G. R., Rastiannasab, A. et al. (2014) Physiological indicators of salinity stress in the grey mullet, *Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758 juveniles. *Comparative Clinical Pathology*, vol. 23, no. 5, pp. 1453–1456. <https://doi.org/10.1007/s00580-013-1804-7> (In English)
- Nakabo, T. (2002) *Fishes of Japan: With pictorial keys to species. Vols. 1–2*. Tokyo: Tokai University Press, 1749 p. (In English)
- Nelson, J. S. (2006) *Fishes of the world*. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons Publ., 601 p. (In English)
- Nemova, N. N., Kaivarainen, E. I., Rendakov, N. L. et al. (2021) Cortisol content and Na⁺/K⁺-ATPase activity under adaptation of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* (Salmonidae) to salinity changes. *Journal of Ichthyology*, vol. 61, no. 5, pp. 599–606. <https://doi.org/10.31857/S0042875221050131> (In Russian)
- Parrino, V., Cappello, T., Costa, G. et al. (2018) Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits. *The European Zoological Journal*, vol. 85, no. 1, pp. 193–199. <https://doi.org/10.1080/24750263.2018.1460694> (In English)
- Pronina, G. I., Koryagina, N. Yu. (2017) *Methodology for physiological and immunological assessment of aquatic organisms*. Saint Petersburg: Lan' Publ., 96 p. (In Russian)
- Pryakhin, Yu. V. (2011) Azov-Black Sea population of *Mugil so-iuy*. *Nauka Kubani*, no. 1, pp. 4–16. (In Russian)
- Refaey, M. M., Li, D. (2018) Transport stress changes blood biochemistry, antioxidant defense system, and hepatic HSPs mRNA expressions of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Frontiers in Physiology*, vol. 9, article 1628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01628> (In English)
- Soldatov, A. A., Rychkova, V. N., Kukhareva, T. A., Rokotova, A. G. (2023) Cellular composition of erythroid forms in the blood and head kidney of the golden grey mullet (*Chelon auratus* Risso, 1810) during the annual cycle. *Russian Journal of Physiology*, vol. 109, no. 7, pp. 990–1001. (In Russian)
- Tran, D. T., Nguyen, V. Q., Tran, D. L. et al. (2014) Bach Long Vy national marine protected area: Potential and solutions for promoting values. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, vol. 14, no. 3A, pp. 281–291. (In Vietnamese)
- Tue, N. T., Ngoc, N. T., Quy, T. D. et al. (2012) A cross-system analysis of sedimentary organic carbon in the mangrove ecosystems of Xuan Thuy National Park, Vietnam. *Journal of Sea Research*, vol. 67, no. 1, pp. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.10.006> (In English)

- Urbina, M. A., Glover, C. N. (2015) Effect of salinity on osmoregulation, metabolism and nitrogen excretion in the amphidromous fish, inanga (*Galaxias maculatus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 473, pp. 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.07.014> (In English)
- Whitfield, A. K., Panfili, J., Durand, J.-D. (2012) A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 22, no. 3, pp. 641–681. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9263-9> (In English)
- Witeska, M., Kondera, E., Bojarski, B. (2023) Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology — a review. *Animals*, vol. 13, no. 16, article 2625. <https://doi.org/10.3390/ani13162625> (In English)
- Zarejabad, A. M., Jalali, M. A., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S. (2010) Hematology of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile exposed to brackish water environment. *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 36, no. 3, pp. 655–659. <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9339-1> (In English)

Для цитирования: Чан, В. Д., Пронина, Г. И. (2026) Гематологические показатели кефали *Planiliza subviridis*, обитающей в средах с различной соленостью. *Амурский зоологический журнал*, т. XVIII, № 3, с. 909–920. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2026-18-3-909-920>

Получена 9 апреля 2026; прошла рецензирование 13 мая 2026; принята 21 июня 2026.

For citation: Tran, V. D., Pronina, G. I. (2026) Hematological parameters of the greenback mullet *Planiliza subviridis* in environments with different salinities. *Amurian Zoological Journal*, vol. XVIII, no. 3, pp. 909–920. www.doi.org/10.33910/2686-9519-2026-18-3-909-920

Received 9 April 2026; reviewed 13 May 2026; accepted 21 June 2026.