

Оригинальная научная статья

УДК 598.2 (470.311)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-4-4-02>



## Форменные элементы крови сельдевых рыб (Clupeidae) в водах Центрально-Восточной Атлантики

Алексей Иванович Никитенко<sup>1</sup>, Дмитрий Владимирович Артеменков<sup>2</sup>,  
Галина Иозеповна Пронина<sup>3</sup>, Александра Викторовна Новосадова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Филиал по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ВНИИПРХ), Рыбное, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

<sup>3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алексей Иванович Никитенко;  
[Alexey\\_nikitenko90@mail.ru](mailto:Alexey_nikitenko90@mail.ru)

### Аннотация

Проведено сравнительное исследование клеточного состава периферической крови двух массовых видов сельдевых рыб Центрально-Восточной Атлантики: европейской сардины (*Sardina pilchardus*) и круглой сардинеллы (*Sardinella aurita*). Оба вида имеют высокое промысловое значение, но различаются экологическими предпочтениями: *S. pilchardus* относится к умеренно-тепловодным видам, обитающим в шельфовых зонах и совершающим сезонные миграции, тогда как *S. aurita* является более теплолюбивым видом, населяющим стабильные океанические воды. Материалом для исследований послужили пробы крови, отобранные от 18 особей в ходе научно-исследовательского рейса у побережья Марокко и Мавритании в 2017 г. Гематологический анализ выполняли по стандартным методикам на окрашенных мазках крови с последующей дифференциальной оценкой клеток. Установлены статистически значимые межвидовые различия. У сардины выявлен более активный эритропоэз, о чем свидетельствует существенно более высокая доля нормобластов ( $6.0 \pm 0.5\%$  против  $3.1 \pm 0.7\%$  у сардинеллы). Данная особенность, вероятно, представляет собой адаптацию к сезонным миграциям на шельфе, требующим эффективного кислородного обеспечения. В лейкоцитарной формуле сардинеллы зафиксировано достоверно более высокое содержание палочкоядерных ( $3.9 \pm 0.3\%$ ) и сегментоядерных нейтрофилов ( $5.1 \pm 0.4\%$ ), что может указывать на повышенную активность врожденного клеточного иммунитета, возможно, связанную с обитанием в более теплых водах с высокой микробной нагрузкой. Отсутствие эозинофилов у обоих видов свидетельствует о низком уровне паразитарной инвазии в местах их нахождения. Выявленные гематологические различия отражают экологические особенности и адаптивные стратегии изученных видов. Полученные референсные данные по клеточному составу крови формируют основу для биоиндикации физиологического состояния этих важных промысловых рыб в условиях меняющейся среды.

### Ключевые слова

Гематологические показатели, сардина *Sardina pilchardus*, сардинелла *Sardinella aurita*, периферическая кровь, Центрально-Восточная Атлантика

### Для цитирования

Никитенко А.И., Артеменков Д.В., Пронина Г.И., Новосадова А.В. Форменные элементы крови сельдевых рыб (Clupeidae) в водах Центрально-Восточной Атлантики. *Тимирязевский биологический журнал*. 2025;3(4):402. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-4-4-02>



## Formed elements of blood of clupeid fish (Clupeidae) in the waters of the Central-Eastern Atlantic

Aleksey I. Nikitenko<sup>1</sup>, Dmitriy V. Artemenkov<sup>2</sup>, Galina I. Pronina<sup>3</sup>, Aleksandra V. Novosadova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Branch for Freshwater Fisheries, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rybnoe, Moscow Region, Russia

<sup>2</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Aleksey I. Nikitenko, alexey\_nikitenko90@mail.ru

### Abstract

A comparative study was conducted on the peripheral blood cellular composition of two mass clupeid species in the Central-Eastern Atlantic: pilchard sardine (*Sardina pilchardus*) and the round sardinella (*Sardinella aurita*). Both species are of high commercial importance but differ in their ecological preferences: *S. pilchardus* is a temperate-warm-water species inhabiting shelf zones and performing seasonal migrations, while *S. aurita* is a more thermophilic species inhabiting stable oceanic waters. The research material consisted of blood samples collected from 18 individuals during a research cruise off the coasts of Morocco and Mauritania in 2017. Hematological analysis was performed using standard protocols on stained blood smears followed by differential cell assessment. Statistically significant interspecific differences were established. A more active erythropoiesis was identified in the pilchard sardine, as evidenced by a substantially higher proportion of normoblasts ( $6.0 \pm 0.5\%$  vs.  $3.1 \pm 0.7\%$  in the sardinella). This feature likely represents an adaptation to seasonal migrations on the shelf, which require efficient oxygen supply. In the leukocyte formula of the round sardinella, a significantly higher content of band neutrophils ( $3.9 \pm 0.3\%$ ) and segmented neutrophils ( $5.1 \pm 0.4\%$ ) was recorded; this may indicate enhanced innate cellular immunity, potentially associated with inhabiting warmer waters with higher microbial loads. The absence of eosinophils in both species suggests a low level of parasitic invasion in their habitats. The identified hematological differences reflect the ecological characteristics and adaptive strategies of the studied species. The obtained reference data on blood cell composition provide a basis for the bioindication of the physiological state of these key commercial fish species under changing environmental conditions.

### Keywords

Hematological parameters, pilchard sardine *Sardina pilchardus*, round sardinella *Sardinella aurita*, peripheral blood, Central-Eastern Atlantic

### For citation

Nikitenko A.I., Artemenkov D.V., Pronina G.I., Novosadova A.V. Formed elements of blood of clupeid fish (Clupeidae) in the waters of the Central-Eastern Atlantic. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(4):402. https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-4-4-02

### Введение

#### Introduction

Сельдевые рыбы (Clupeidae) играют ключевую роль в пелагических экосистемах и являются основой коммерческого промысла во многих регионах мира, включая Центрально-Восточную Атлантику (ЦВА) [1]. Популяции таких видов, как европейская сардина (*Sardina pilchardus*) и круглая сардинелла (*Sardinella aurita*), подвержены значительным колебаниям, обусловленным как климатическими факторами, так и антропогенной нагрузкой. Несмотря на принадлежность одному семейству, эти виды демонстрируют выраженные экологические различия: *S. pilchardus* тяготеет к шельфовым

водам с сезонными миграциями, в то время как *S. aurita* является более теплолюбивым и океаническим видом.

Гематологические параметры служат надежными индикаторами физиологического состояния рыб, интегрируя влияние внешней среды и отражая адаптационный потенциал вида [2, 3]. Исследование клеточного состава крови позволяет оценить интенсивность эритропоэза, связанную с кислородным обеспечением, и статус иммунной системы.

**Цель исследований:** выявление особенностей эритро- и лейкопоэза у сардины и сардинеллы из вод ЦВА для установления связи между их гематологическим профилем и экологической спецификой.

## Методика исследований

### Research method

Материал для исследований был собран в 2017 г. в районе исключительных экономических зон Марокко и Мавритании. Для анализа было отобрано 15 особей европейской сардины и 3 особи круглой сардинеллы, соответствующие половозрелым рыбам средних размерных групп.

Забор периферической крови осуществляли прижизненно из хвостовой артерии с последующим изготовлением мазков. Морфологический анализ клеток крови проводили в постоянных препаратах, окрашенных по Паппенгейму, с использованием светового микроскопа Optika DM-15 при иммерсионном увеличении. В каждом мазке проводили дифференциальный подсчет не менее 200 клеток эритроидного ряда и 100 лейкоцитов. Статистическую обработку данных производили с применением t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $p \leq 0.05$ .

## Результаты и их обсуждение

### Results and discussion

*Особенности эритропоэза.* Морфология и размеры клеток эритропоэтического ряда у рассматриваемых видов были сходными (рис. 1). Анализ эритрограммы выявил статистически значимые межвидовые различия. У европейской сардины установлена достоверно более высокая доля нормобластов ( $6.0 \pm 0.5\%$ ) по сравнению с сардинеллой ( $3.1 \pm 0.7\%$ ). Это свидетельствует о более высокой интенсивности эритропоэза у сардины. Данная физиологическая черта, по-видимому, является адаптацией к ее образу жизни, включающему в себя сезонные миграции в пределах шельфа, которые требуют повышенной эффективности кислородного транспорта в условиях меняющихся параметров окружающей среды.

У круглой сардинеллы отмечена, в свою очередь, повышенная доля базофильных эритроцитов ( $7.5 \pm 0.6\%$  против  $5.1 \pm 1.2\%$  у сардины), что может указывать на иную стратегию обеспечения кислородом в более стабильных тепловодных условиях ее обитания. Суммарная доля зрелых и полихроматофильных эритроцитов у обоих видов находилась в пределах физиологической нормы для костистых рыб, составляя  $87.5 \pm 3.8$  и  $90.0 \pm 0.6\%$  соответственно.

### Список источников

1. FAO Fisheries and Aquaculture: FishStatJ – Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj> (accessed: September 19, 2025).

*Характеристики лейкоцитарного звена.* Рассматриваемые виды рыб имеют аналогичную другим видам рыб морфологию и размеры лейкоцитов. Исследование лейкограммы показало существенные различия в профиле иммунных клеток. У сардинеллы зафиксировано значительное преобладание палочкоядерных ( $3.9 \pm 0.3\%$ ) и сегментоядерных нейтрофилов ( $5.1 \pm 0.4\%$ ) по сравнению с сардиной ( $1.5 \pm 0.3$  и  $3.0 \pm 0.6\%$  соответственно). Повышенное содержание этих фагоцитирующих клеток указывает на высокий уровень активности врожденного клеточного иммунитета. Это можно расценивать как адаптацию к обитанию в теплых водах с потенциально более высокой микробной и патогенной нагрузкой.

У сардины обнаружена более высокая доля клеток-предшественников миелоцитарного ряда – миелоцитов ( $3.5 \pm 0.5\%$  против  $2.1 \pm 0.2\%$  у сардинеллы). Наличие в периферической крови незрелых форм гранулоцитов свидетельствует о значительном резервном потенциале системы врожденного иммунитета, готовой к быстрой мобилизации, что может быть важно для вида, обитающего в более изменчивой среде шельфа.

Отсутствие в лейкограмме обоих видов эозинофилов и базофилов соответствует норме для здоровых рыб и косвенно подтверждает благоприятную санитарную обстановку в районе исследования. Доля лимфоцитов была высокой и сопоставимой у обоих видов ( $86.0 \pm 2.3$  и  $88.3 \pm 1.6\%$  соответственно), что характерно для лимфоидного типа крови костистых рыб.

## Выводы

### Conclusions

Выявленные гематологические особенности у европейской сардины и круглой сардинеллы являются отражением их экологической дивергенции и адаптации к различным условиям обитания. Более активный эритропоэз у сардины, проявляющийся в повышенном содержании нормобластов, вероятно, связан с необходимостью эффективного кислородного обеспечения при сезонных миграциях в шельфовой зоне. Повышенное содержание зрелых и незрелых нейтрофилов у сардинеллы указывает на напряженность врожденного иммунитета, что, вероятно, служит адаптацией к жизни в теплых водах с высокой микробной нагрузкой.

### References

1. FAO Fisheries and Aquaculture: FishStatJ – Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj> (accessed: September 19, 2025).

2. Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. *Гематология прудовых рыб*. Кишинев: Штиинца, 1989:156.
3. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983:184.

#### Сведения об авторах

**Никитенко Алексей Иванович**, кандидат биологических наук, руководитель группы гидробиологии Филиала по пресноводному рыбному хозяйству, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»); 141821, Россия, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное, дом 40А; alexey\_nikitenko90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8123-5810>

**Артеменков Дмитрий Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник департамента промысловых гидробионтов, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ФГБНУ «ВНИРО»; 105187, Россия, Москва, Окружной проезд, 19; dmitriy.artemenkov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9051-697X>

**Пronina Галина Иозепошна**, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и аквакультуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

**Новосадова Александра Викторовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник департамента анадромных рыб России, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ФГБНУ «ВНИРО»; 105187, Россия, Москва, Окружной проезд, 19; novosadova@vniro.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6502-9598>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 16.12.2025  
Одобрена после рецензирования 25.12.2025  
Принята к публикации 25.12.2025

2. Golovina N.A., Trombitskiy I.D. *Hematology of pond fishes*. Kishinev, Moldavian SSR: Shtiintsa, 1989:156. (In Russ.)
3. Ivanova N.T. *Atlas of fish blood cells*. Moscow, USSR: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1983:184. (In Russ.)

#### Information about the author(s)

**Aleksey I. Nikitenko**, CSc (Bio), Head of the Group of the Hydrobiology, Branch for Freshwater Fisheries, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 141821, Russian Federation, Moscow Region, Dmitrov City District, v. Rybnoye, 40A; alexey\_nikitenko90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8123-5810>

**Dmitriy V. Artemenkov**, CSc (Agr), Senior Research Associate, Department of Commercial Hydrobionts, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 105187, Russian Federation, Moscow, Okruzhnoy Proezd, 19; dmitriy.artemenkov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9051-697X>

**Galina I. Pronina**, DSc (Bio), Professor at the Department of Zoology and Aquaculture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation, 127434, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

**Aleksandra V. Novosadova**, CSc (Bio), Senior Research Associate, Department of Anadromous Fish of Russia, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 105187, Russian Federation, Moscow, Okruzhnoy Proezd, 19; novosadova@vniro.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6502-9598>

#### Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

The article was submitted to the editorial office December 16, 2025  
Approved after reviewing December 25, 2025  
Accepted for publication December 25, 2025