

Научная статья
УДК:597.551.2 + 59.009: 591.111.1
DOI: 10.18101/2542-0623-2024-2-72-77

**СОСТАВ КРОВИ СИБИРСКОЙ ПЛОТВЫ (*Rutilus rutilus*, L., 1758)
(CYPRINIDAE) ЧИВЫРКУЙСКОГО ЗАЛИВА ОЗ. БАЙКАЛ**

О. Е. Мазур

© **Мазур Ольга Евгеньевна**
кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
olmaz33@yandex.ru

Аннотация. Представлены новые данные по исследованию состава периферической крови сибирской плотвы (*Rutilus rutilus* L., 1758) Чивыркуйского залива оз. Байкал (2019–2020 гг.). Дифференцировка клеточных элементов крови у плотвы происходила по линии эритропоэтического, агрануло- (лимфоциты) и гранулоцитопоэтического (нейтрофилы) рядов. Эритроциты были доминантной группой форменных элементов крови у плотвы, уровень гемоглобина свидетельствовал о хорошей оксигенации крови. Среди лейкоцитов наиболее многочисленными клетками — лимфоцитами, за ними следовали нейтрофилы на разных стадиях пролиферации и дифференцировки. Цитоморфологический анализ крови рыб показал отсутствие структурных клеточных аномалий, что является прогностическим признаком нормального гемопоэза. Исследование эритроцитарного и лейкоцитарного состава позволяет сделать вывод о благополучном иммунном статусе и хороших адаптационных возможностях местной популяции и отражает благоприятную экологическую обстановку этого биоценоза в летний период в исследуемые годы.

Ключевые слова: сибирская плотва, эритроциты, лейкоциты, иммунитет, озеро Байкал.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке и в рамках задания Правительства РФ (Госрегистрация № 121030900141-8).

Для цитирования

Мазур О. Е. Состав крови сибирской плотвы (*Rutilus rutilus*, L., 1758) (Cyprinidae) Чивыркуйского залива оз. Байкал // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2024. № 2(28). С. 72–77. DOI: 10.18101/2542-0623-2024-2-72-77

Чивыркуйский залив оз. Байкал является южной оконечностью Северного Байкала и отдален от акватории Среднего Байкала полуостровом Святой Нос. Залив входит в состав Забайкальского национального парка и в момент исследования испытывал умеренную рекреационную нагрузку [Государственный доклад... 2020]. Залив является крупнейшим рыбохозяйственным водоемом в Республике Бурятия, включен в Баргузинский промысловый район. Доминантным видом рыб семейства карповых (Cyprinidae) в ихтиофауне оз. Байкал является сибирская плотва (*Rutilus rutilus* (L., 1758)). Плотва — это типичный представитель прибрежно-соровой зоны водоема, по типу питания эврифаг, в рацион которого

входят как зоопланктон и зообентос, так и водная растительность [Рыбы... 2007]. Плотва — по промысловому значению важный вид в Байкальском регионе.

Одной из важнейших задач современной рыбодобывающей промышленности является профилактика продовольственных потерь и повышение продуктивности водоемов. Рыба как продукт промысла естественных рыбных запасов является источником полноценного белка, жиров и эссенциальных микроэлементов в питании населения. Задачи адекватного санитарно-эпидемиологического контроля и обеспечения мероприятий полноценного экологического мониторинга в рыболовстве требуют полноценного научного и экспертного сопровождения. Для мониторинга состояния здоровья промысловых рыб необходимо учитывать их физиологическое состояние. Многочисленными исследованиями показано, что рыбы высокочувствительны к содержанию в воде химических, токсических агентов и изменениям окружающей среды, отвечают на их присутствие морфологическими и функциональными трансформациями [Ahmed, Reshi, Fazio, 2020; Suvorova, German, Mikryakov, 2023]. Реактивность иммунной и кроветворной систем рыб в ответ даже на небольшие отклонения в условиях среды, при которых еще не имеет место быть патология, обуславливает выбор этих параметров для изучения и позволяет установить их норму и степень отклонения от нее.

В данной работе представлены новые данные по некоторым характеристикам крови сибирской плотвы как показатели состояния физиологического статуса ее популяции в Чивыркуйском заливе оз. Байкал.

Материал и методы

Исследования проводились в первой половине августа 2019–2020 гг. в Чивыркуйском заливе оз. Байкал. Выборка рыб сформирована из неводных уловов и представлена особями в возрасте 3+...6+, длиной 150–250 мм и массой 100–350 г, II стадии зрелости гонад, при соотношении самцов и самок 1:1. В отобранных пробах исключены экземпляры, пораженные патогенными паразитами, вызывающие существенные иммунофизиологические реакции [Мазур, Пронин, 2006]. Биологические характеристики рыб определяли по общепринятым методикам [Правдин, 1966]. Кровь отбирали из гемального сосуда после каудоэктомии. Общее число эритроцитов, лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, видовой состав клеток определяли согласно Сборнику... [1999]. Число незрелых эритроцитов устанавливалось на 1000 зрелых клеток. Определяли лейкоцитарные индексы: соотношение лимфоцитов и нейтрофилов (Л/Н), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), индекс обилия лейкоцитов (ИОЛ), в условных единицах (у. е.). Результаты исследований статистически обрабатывали с помощью пакета программ Statistica 6.0. В таблице представлены средние значения и их стандартные ошибки.

Результаты и обсуждение

Изучение параметров физиологического гомеостаза гидробионтов имеет большое значение для оценки адаптационных возможностей вида и в целом популяции в условиях изменяющейся среды обитания. Важный полифункциональный механизм адаптации, участвующий в гомеостазе, — система крови. Дифференцировка клеточных элементов крови у плотвы происходит, как у всех костистых рыб, по

линии эритропоэтического, агрануло- (лимфоциты) и гранулоцитопоэтического (нейтрофилы) рядов [Nabi, Ahmed, Wani, 2022; Zhu, Su, 2022]. Эритроциты были доминантной группой форменных элементов крови у плотвы, главной специализацией которых является синтез и перенос гемоглобина — дыхательного пигмента, связывающего кислород. Состав красной крови у плотвы был представлен зрелыми и в незначительном количестве незрелыми эритроцитами (табл.), что указывало на низкую пролиферативную активность клеток эритроидного ряда в сложившихся благоприятных экологических условиях водоема. У плотвы наблюдалась высокая концентрация гемоглобина — не менее 80 г/л, что свидетельствовало о достаточно хорошей оксигенации в организме рыб. Цитоморфологический анализ крови рыб показал отсутствие структурных клеточных аномалий, что также является прогностическим признаком нормального гемопоэза.

Выбор лейкоцитарных параметров крови для оценки степени иммунодефицитных состояний позволяет выявлять даже начальные (еще обратимые) изменения в состоянии организма. Лейкоциты — это важнейшие иммунные элементы, которые в ответ на антигенный или токсический стимул поступают в кровоток и становятся частью единого пула рециркулирующих иммунцитов. Лейкоцитарный состав крови плотвы представлен в таблице. Лимфоциты были доминирующей группой клеток среди лейкоцитов, встречались в основном в виде зрелых форм, а молодые и созревающие клетки единичны. Среди всех лимфоцитов крови плотвы процентное содержание морфологически малых клеток, являющихся ключевыми эффекторными компонентами иммунной системы, достигало 64,9. Гранулоцитарная реакция крови характеризовалась низким числом функционально незрелых малодифференцируемых нейтрофилов — миелоцитов (0–3%). Параллельно отмечена более высокая доля клеток созревающего пула (метамиелоцитов (0–9%) и палочкоядерных клеток (1–7%)) и зрелых функционально активных микрофагов — сегментоядерных нейтрофилов (1–9%). Зрелые нейтрофилы, наделенные эффекторными функциями фагоцитоза и элиминации чужеродных элементов и обладающие способностью продуцировать иммунорегуляторные цитокины и хемокины, являются важнейшими компонентами врожденного иммунитета [Zou, Secombes, 2016; Makesh et al., 2022]. Следует отметить отсутствие в крови эозинофилов, базофилов и моноцитов, являющиеся иммунореактивными компонентами и участниками аллергических процессов [Makesh et al., 2022]. Цитоморфологический анализ лейкоцитов у исследуемых особей выявил единичные аномалии (вакуолизация цитоплазмы), что свидетельствовало о нормально протекающих внутриклеточных ферментативных и обменных процессах.

Параметры индивидуальных различий в ИОЛ, характеризующие интенсивность лейкопоэза, изменялись у плотвы в пределах 3.0–5.2 у. е., что указывало на однородность популяции плотвы по иммунному статусу. Лейкоцитарные индексы (ЛИИ, Л/Н) свидетельствовали о хороших иммунореактивных способностях исследуемых особей и об отсутствии эндогенной интоксикации организма (табл.).

Сопоставление полученных результатов с данными по плотве из антропогенно-трансформированных водоемов Бурятии показало существенное отличие по уровню большинства изученных параметров. Особи плотвы Чивыркуйского залива отличались от таковых рыб оз. Гусиное (в зоне сброса теплых вод ГРЭС)

более низкими значениями процента лейкоцитов, нейтрофилов, малодифференцируемых лейкоцитов, отсутствием эозинофилов и бластных клеток, более высоким числом лимфоцитов, в том числе функционально зрелых их форм [Мазур, 2017]. Сравнение данных анализа лимфоцитарного звена иммунитета плотвы зал. Чивыркуйский и оз. Котокельское (в условиях гаффской болезни и после нее) показало более высокий уровень иммунитета у плотвы залива [Мазур, Бурдуковская, Толочко, 2023]. Таким образом, исследование эритроцитарного и лейкоцитарного состава крови плотвы Чивыркуйского залива оз. Байкал позволяет сделать вывод о благополучном физиологическом состоянии и хороших адаптационных возможностях местной популяции и отражает благоприятную экологическую обстановку этого биоценоза в летний период в исследуемые годы.

Таблица

Клеточный состав периферической кровисибирской плотвы (*Rutilus rutilus*)
Чивыркуйского залива оз. Байкал

Показатель	
Гемоглобин, г/л	85.8 ± 1.26
Эритроциты, млн/мкл	1.3 ± 0.02
Незрелые эритроциты, %	6.2 ± 0.71
Лейкоциты, тыс./мкл.	6.9 ± 0.37
Лимфоциты, %	89.5 ± 1.22
Общее число нейтрофилов, %	9.6 ± 0.39
Миелоциты нейтрофильные, %	0.5 ± 0.29
Метамиелоциты нейтрофильные, %	3.0 ± 0.29
Палочкоядерные нейтрофилы, %	3.1 ± 0.4
Сегментоядерные нейтрофилы, %	3 ± 0.61
Вакуолизованные клетки	0.4 ± 0.12
ИОЛ, у. е.	4.3 ± 0.23
Индекс Л/Н	11.4 ± 1.5
Индекс Л/ИИ	0.1 ± 0.01
Количество рыб	14

Литература

1. О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2020 год : государственный доклад. Иркутск : Изд-во Сибирского филиала ФГУНПП «Росгеолфонд», 2020. 348 с. Текст : непосредственный.
2. Мазур О. Е. Оценка иммунного статуса сибирской плотвы в зоне влияния теплых вод ГРЭС (Восточная Сибирь) // Экология водоемов-охладителей энергетических станций : материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13–16 сентября 2017 г., г. Чита). Чита, 2017. Текст : непосредственный.
3. Мазур О. Е., Бурдуковская Т. Г., Толочко Л. В. Влияние экологической катастрофы в озере Котокельское (бассейн озера Байкал) на эритропоэтический и иммунный

потенциал сибирской плотвы // Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний : материалы II Всероссийской конференции с международным участием (3–7 июля 2023, Улан-Удэ — Байкальск). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2023. С. 70–71. Текст : непосредственный.

4. Мазур О. Е., Пронин Н. М. Показатели крови иммунной системы *Rutilus rutilus lacustris* (Cypriniformes: Cyprinidae) при инвазии плероцеркоидами *Ligulaintestinalis* (Pseudophyllidea: Ligulidae) // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46, № 3. С. 393–397. Текст : непосредственный.

5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 375 с. Текст : непосредственный.

6. Рыбы озера Байкал и его бассейна / Н. М. Пронин [и др.]. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2007. 284 с. Текст : непосредственный.

7. Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб / под общей редакцией Н. А. Яременко. Москва : Агро-Вестник, 1999. Ч. 2. 236 с. Текст : непосредственный.

8. Ahmed I., Reshi Q. M., Fazio F. The Influence of the Endogenous and Exogenous Factors on Hematological Parameters in Different Fish Species: A Review. *Aquacult. Int.* 2020; 28: 869–899.

9. Makesh M., Bedekar K. M., Rajendran K. V. Overview of Fish Immune System. *Fish Immune System and Vaccines*. Eds M. Makesh, K. V. Rajendran. Singapore, Springer, 2022, pp. 1–16. DOI: 10.1007/978-981-19-1268-9_1

10. Nabi N., Ahmed I., Wani G. B. Hematological and Serum Biochemical Reference Intervals of Rainbow Trout, *Oncorhynchus Mykiss* Cultured in Himalayan Aquaculture: Morphology, Morphometrics and Quantification of Peripheral Blood Cells. *Saudi J. Biol. Sci.* 2022; 29(4): 2942–2957.

11. Suvorova T. A., German A. V., Mikryakov D. V. A Comparative Study of the Leukocyte Formula of the Peripheral Blood, Head Kidney and Spleen of the Bream *Abramis brama* (Cyprinidae) in the Middle Volga Reservoirs. *J. Ichthyol.* 2023; 63, 382–386. DOI: 10.1134/S0032945223010149

12. Zhu W., Su J. Immune Functions of Phagocytic Blood Cells in Teleost. *Reviews in Aquaculture*. 2022; 14(2): 521–1087.

13. Zou J., Secombes C. J. The Function of Fish Cytokines. *Biology*. 2016; 5(2): 1.

14. Makesh M., Bedekar K. M., Rajendran K. V. Overview of Fish Immune System. *Fish Immune System and Vaccines* / Eds M. Makesh, K. V. Rajendran. Singapore, Springer, 2022, pp. 1–16.

Статья поступила в редакцию 17.08.2024; одобрена после рецензирования 02.09.2024; принята к публикации 05.09.2024.

BLOOD COMPOSITION OF SIBERIAN ROACH (*RUTILUS RUTILUS*, L., 1758) (CYPRINIDAE) INHABITING CHIVYRKUISKY BAY OF LAKE BAIKAL

O. E. Mazur

Olga E. Mazur

Cand. Sci. (Biol.),

Institute for General and Experimental Biology SB RAS

6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude, 670047, Russia

olmaz33@yandex.ru

Abstract. The article presents new data on the peripheral blood composition of Siberian roach (*Rutilus rutilus* (L., 1758)) inhabiting Chivyrkuisky Bay of Lake Baikal (2019–2020). We have differentiated cellular elements of the blood in roach along the line of erythropoietic, agranulo- (lymphocytes) and granulocytopoietic (neutrophils) series. Erythrocytes are the dominant group of blood cell count in the blood of roach, the hemoglobin level indicates good blood oxygenation. The most numerous cells among leukocytes are lymphocytes, followed by neutrophils at different stages of proliferation and differentiation. Cytomorphological analysis of fish blood has shown the absence of structural cellular abnormalities, which is a prognostic of normal hematopoiesis. The study of the erythrocyte and leukocyte composition allows us to draw a conclusion about the favorable immune status and good adaptive capabilities of the local population, and reflects the favorable environmental situation of this biocenosis in the summer period in the years under study.

Keywords: Siberian roach, erythrocytes, leukocytes, immunity, Lake Baikal.

Acknowledgments

The study was supported by the Government of the Russian Federation (State registration no. 121030900141-8).

For citation

Mazur O. E. Blood Composition of Siberian Roach (*Rutilus rutilus*, L., 1758) (Cyprinidae) Inhabiting Chivyrkuisky Bay of Lake Baikal. *Nature of Inner Asia*. 2024; 2(28): 72–77 (In Russ.). DOI: 10.18101/2542-0623-2024-2-72-77

The article was submitted 17.08.2024; approved after reviewing 02.09.2024; accepted for publication 05.09.2024.