

Промысловые виды  
и их биология

УДК 639.313:591.11

Гематологические показатели рыб малых рек  
государственного природного заказника «Ярославский»*Е. А. Флёрова<sup>1,2</sup>, А. А. Богданова<sup>1</sup>, А. А. Паюта<sup>1</sup>, Е. Г. Евдокимов<sup>1,2</sup>, М. И. Андреева<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса» («Ярославский НИИЖК»), пос. Михайловский, Ярославская обл.

<sup>2</sup> Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова (ФГБОУ ВО «ЯрГУ им. П.Г. Демидова»), г. Ярославль

<sup>3</sup> Национальный парк «Плещеево озеро» (ФГБНУ НП «Плещеево озеро»), г. Переславль-Залесский

E-mail: katarinum@mail.ru

Получены данные по показателям крови и кроветворных органов видов семейства карповые и окунёвые, обитающих в реках государственного природного заказника «Ярославский». Выявлено, что у исследованных видов уровень гематокрита варьировал в диапазоне 23–42%, общее количество эритроцитов — 1,29–2,20 млн/мкл, лейкоцитов — 65,9–141,2 тыс./мкл. Относительное количество лейкоцитов периферической крови варьировало в диапазоне: лимфоциты 87–90%, сегментоядерные нейтрофилы — 3–7,5%, палочкоядерные нейтрофилы — 1–4%, моноциты и эозинофилы — 1–3%. Относительное количество лимфоцитов в органах увеличивалось в ряду мезонефрос, селезёнка, печень. Количество гемоцитобластов, напротив, — уменьшалось. Относительное количество миелоцитов и метамиелоцитов в мезонефросе и селезёнке варьировало от 1 до 3%, промиелоцитов — от 2 до 4,5%. Из всех исследованных видов в печени миелоциты обнаружены лишь у берша, гемоцитобластов и промиелоцитов обнаружено не было. Вне зависимости от органа относительное количество макрофагов, плазмоцитов и эозинофилов варьировало от 0 до 3%, палочкоядерных нейтрофилов от 3 до 8,5%. Количество сегментоядерных нейтрофилов в мезонефросе и селезёнке варьировало от 3 до 11%, в печени данный показатель составил 1–3%. Диапазон полученных значений для изучаемых показателей был сопоставим с ранее полученными данными для рассматриваемых видов рыб, обитающих в условно чистых участках Рыбинского водохранилища и его притоков. Установлено, что на уровень гематокрита, общее количество лейкоцитов периферической крови, относительное количество лейкоцитов в периферической крови и мезонефросе наибольшее влияние оказывает трофический статус вида.

**Ключевые слова:** рыбы, кровь, иммунокомпетентные органы, лейкоцитарная формула, гематокрит, малые реки.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-78-89

## ВВЕДЕНИЕ

Гематологические показатели, морфологический состав и соотношение лейкоцитов в периферической крови и иммунокомпетентных органах являются одними из наиболее чувствительных маркеров общего состояния организма. Гематологические показатели объективно отражают физиологическое состояние организма и являются необходимым элементом в биологических исследованиях [Илavoва, 1993; Nazarova, Zabolkina, 2010; Лапирова, Флёрова, 2015; Фомина, 2016; Минеев, 2016]. Варьируя в узких пределах, они способны отражать различные физиологические и патологические изменения организма, в том числе в период активного антропогенного воздействия на водоёмы, что находит своё применение в медицинских и ветеринарных исследованиях [Рыжков и др., 1998; Минеев, 2016].

Особое внимание в настоящее время уделяется комплексному изучению гематологических показателей ихтиофауны рек, относящихся к природоохранным территориям, так как это позволяет установить гематоло-

гическую норму рыб, обитающих в условно чистых водотоках. Полученные данные можно использовать в качестве эталона эколого-физиологического состояния рыб для экологического мониторинга водных объектов, подвергающихся продолжительному локальному антропогенному воздействию [Elahee, Bhagwant, 2007; Минеев, 2016].

Цель работы — изучить показатели периферической крови и кроветворных органов рыб, обитающих на участках малых рек, находящихся на территории государственного природного заказника «Ярославский».

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы были отобраны у 61 экземпляра половозрелых особей (табл. 1). Отлов был осуществлён фрагментарными сетями в конце нагульного периода в низовьях рек Соть, Вопша, Касть. По гидрохимическому составу данные водоёмы принадлежат к гидрокарбонатному классу со средней и повышенной минерализацией. В водах рек содержится низкое количество нитритов, нитратов и фосфатов, присутствует некото-

Таблица 1. Биологическая характеристика исследованных видов

Вид	n	Возраст	Длина по (L <sub>1</sub> ), см	Длина (L <sub>2</sub> ), см	Масса рыбы, г	Упитанность по Фульгону	Упитанность по Кларк
Краснопёрка <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	7	3+, 4+	17,8±0,8	16,2±0,4	69±5	1,54±0,02	1,28±0,02
Густера <i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	8	от 2+ до 7+	19,6±0,5	16,9±0,4	91±7,0	1,68±0,02	1,55±0,01
Жерех <i>Aspius aspius</i> (L., 1758)	3	3+	25,9±2,5	22,5±2,1	114±9,0	1,00±0,11	0,92±0,08
Плотва <i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	8	от 3+ до 5+	18,3±0,69	16,0±0,71	61,4±2,7	1,50±0,1	1,29±0,08
Чехонь <i>Pelecus cultratus</i> (L., 1758)	4	3+, 4+	31,9±1,2	29,0±1,3	200±35	0,80±0,03	0,73±0,03
Лещ <i>Abramis brama</i> (L., 1758)	8	от 4+ до 12+	33±3,1	28,9±2,1	475±60,1	2,32±0,18	2,28±0,20
Язь <i>Leuciscus idus</i> (L., 1758)	3	7+	31,3±2,8	29,2±2,4	431±55	1,73±0,08	1,67±0,07
Окунь <i>Perca fluviatilis</i> L., 1758	14	от 2+ до 7+	19,9±1,2	18,8±1,8	74±8,2	1,41±0,09	1,29±0,01
Судак <i>Sander lucioperca</i> (L., 1758)	3	4+	32,0±4,0	30,1±3,6	267±14	0,98±0,08	0,91±0,07
Берш <i>Stizostedion volgense</i> (Gmelin, 1788)	3	4+	34,9±3,2	31,3±3,0	417±19	1,36±0,11	1,20±0,10

рое количество общего железа. Концентрация растворённого в воде кислорода в летне-осенний период колеблется в диапазоне 8,78–11,64 мг/л, Ph — 7,5–8 [Рохмистров, 2004; Флёрова и др., 2018].

Точки отбора располагались на территории государственного природного заказника «Ярославский», который относится к особо охраняемой природной зоне и является единственным заказником федерального значения в бассейне Верхней Волги (рис. 1). Следует отметить, что точки отбора проб находились вблизи мест впадения рек в Костромские разливы Горьковского водохранилища. Так как рассматриваемые виды являются мигрирующими, то можно утверждать о наличии единой популяции с единым генофондом в исследуемых реках, поэтому было принято решение объединить полученные данные по гематологическим

показателям от особей, пойманных в разных реках.

Забор крови проводили из хвостовой вены непосредственно после вылова рыб. Цельную кровь собирали в пробирки, содержащие раствор антикоагулянта. Гематологический анализ осуществляли индивидуально у каждой особи по следующим показателям: подсчёт количества эритроцитов и лейкоцитов, определение содержания гематокрита, подсчёт лейкоцитарной формулы.

Количество лейкоцитов и эритроцитов подсчитывали стандартным методом в камере Горяева под микроскопом МИКМЕД-6. Гематокрит определяли стандартным методом с использованием пипеток Панченкова в 100 мкл цельной крови [Кондрахин, 2004]. Состав и соотношение лейкоцитов определяли на мазках крови и мазках-отпечатках кровя-

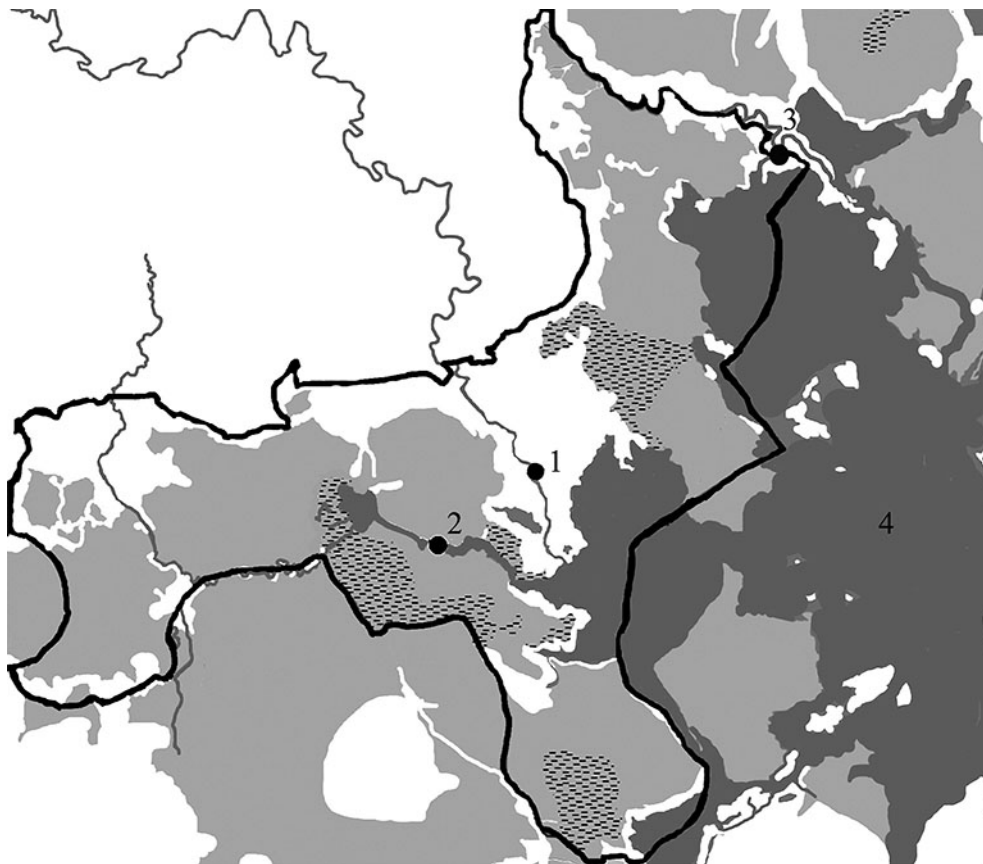


Рис. 1. Карта мест отбора проб:

1 — река Кость, 2 — река Вопша, 3 — река Соть, 4 — Горьковское водохранилище. Черной линией обозначены границы Государственного природного заказника «Ярославский»

ворных органов (почка, селезёнка, печень), которые фиксировали этиловым спиртом и окрашивали азур-эозином по Романовско-му-Гимза. Под микроскопом МИКМЕД-6 на каждой мазке крови и мазке-отпечатке органа подсчитывали 200 клеток, выделяя гематоцитобласты, лимфоциты, плазмоциты, моноциты/макрофаги, промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы.

Результаты в таблицах представлены в виде средних и стандартных ошибок ( $\bar{x} \pm SE$ ). Анализ данных проводили с помощью программы STATISTICA 10.0. Для определения наличия отличий между видами применяли непараметрический однофакторный дисперсионный анализ — критерий Краскела-Уоллиса, так как распределение отличалось от нормального. Для определения отличий между видами использовали множественные апостериорные сравнения с помощью множественных сравнения средних рангов для всех групп. Расстояния между различными видами получили, используя расчёт евклидова расстояния. Для построения дендрограмм использовали метод взвешенных попарных сравнений среднего. Для дискриминативного анализа и подтверждения корректности дендрограммы применяли метод *k-means clustering*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В целом, рассматриваемые гематологические показатели периферической крови внутри одного вида имели узкий диапазон

варьирования. В обследованных популяциях карповых и окунёвых выявлено, что уровень гематокрита, общее количество эритроцитов и лейкоцитов в периферической крови окуня, судака и берша достоверно превышали данные показатели для карповых рыб. Исключение составил лещ, общее количество эритроцитов в крови которого было наибольшим (табл. 2).

Кровь всех исследованных видов имела лимфоидный профиль. Отмечено, что большую долю среди агранулоцитов занимали лимфоциты, незрелых гранулоцитов обнаружено не было. Доля лимфоцитов в крови исследованных видов варьировала от 81 до 89%. Наиболее высокие показатели относительного количества лимфоцитов наблюдали у жереха, плотвы и судака, самые низкие показатели отмечены у леща. Для крови карповых отмечен больший диапазон значений относительного количества лимфоцитов (81–90%) по сравнению с окунёвыми (86–89%) (табл. 3).

Доля моноцитов в периферической крови исследованных видов варьировала незначительно, для карповых данный показатель составил 1,0–2,9%, для окунёвых — 1,8–2,6%. Среди карповых наиболее высокие показатели относительного количества моноцитов наблюдали в крови плотвы, наиболее низкие отмечены у жереха. Доли моноцитов в крови речного окуня и судака имели одинаковое значение, тогда как в крови берша относительное количество этого типа клеток было больше на 0,8% (табл. 3).

Таблица 2. Показатели крови рыб в исследуемых водоёмах

Виды	Количество эритроцитов, млн/мкл	Гематокрит, %	Количество лейкоцитов, тыс./мкл
Краснопёрка	1,55±0,07	27,70±2,05	90,20±0,28 <sup>a</sup>
Густера	1,29±0,06 <sup>a</sup>	25,30±2,25 <sup>a, b</sup>	70,20±1,45 <sup>b, c, d</sup>
Жерех	1,32±0,07 <sup>b</sup>	23,91±1,11 <sup>c, d, e</sup>	77,69±1,29 <sup>e, f</sup>
Плотва	1,45±0,06	25,6±1,43 <sup>f, g</sup>	79,65±0,06 <sup>g</sup>
Лещ	2,20±0,51	32,7±1,41	65,9±1,70 <sup>a, h, i, j</sup>
Язь	1,38±0,22	27,45±0,68	82,60±2,52
Окунь	1,64±0,09	38,30±2,02 <sup>c</sup>	120,7±2,32 <sup>b, e, h</sup>
Судак	1,88±0,08 <sup>a, b</sup>	42,01±3,09 <sup>a, d, f</sup>	141,2±8,90 <sup>c, f, g, i</sup>
Берш	1,76±0,04	39,83±1,07 <sup>b, e, g</sup>	98,60±2,3 <sup>d, j</sup>

Примечание: одинаковые индексы в столбце указывают на статистически достоверные различия между показателями,  $p < 0,05$ .

**Таблица 3.** Лейкоцитарная формула крови рыб, %

Тип лейкоцитов	Краснопёрка	Густера	Жерех	Плотва	Чехонь	Лещ	Язь	Окунь	Берш	Судак
Лимфоциты	88,7±1,22	87,0±2,45	90,0±1,5	90,0±1,96	81,0±2,01	85,0±3,20	88,5±0,38	88,0±2,56	86,3±1,02	89,0±0,5
Моноциты	1,30±0,45	1,80±0,75	1,00±0,5	2,90±0,48	1,50±0,43	2,50±0,75	2,40±0,50	1,80±0,20	2,60±0,92	1,80±0,30
ПЯН	1,30±0,60	2,30±0,35	1,60±0,60	2,30±0,78	4,20±0,83 <sup>a</sup>	2,30±0,65	2,90±0,11 <sup>a,b</sup>	1,70±0,38	3,40±0,8 <sup>b</sup>	2,60±0,38
СЯН	7,50±0,41	7,50±1,20	5,40±0,95	3,50±0,8	5,03±0,50	7,00±2,85	3,00±0,48	4,50±1,54	5,20±0,80	4,60±0,98
эозинофилы	1,20±0,15	1,40±0,50	1,90±0,10	2,50±0,5	2,00±0,50	3,30±1,20	2,90±0,98	1,80±0,21	2,50±1,5	1,80±0,26

*Примечание:* здесь и далее в таблицах ПЯН — палочкоядерные нейтрофилы, СЯН — сегментоядерные нейтрофилы. Одинаковые индексы в строках указывают на статистически достоверные различия между показателями,  $p < 0,05$ .

Гранулоциты периферической крови были представлены зрелыми палочкоядерными и сегментоядерными формами. Незрелых форм гранулоцитов обнаружено не было. В крови как карповых, так и окунёвых рыб преобладали сегментоядерные нейтрофилы (табл. 3). Для исследованных видов зрелые формы нейтрофилов в наибольшем количестве присутствовали в крови леща, чехони и густеры. Наименьшее относительное количества этих типов клеток обнаружено в крови плотвы и язя за счёт меньшей доли сегментоядерных нейтрофилов по сравнению с исследованными видами. Зрелые формы эозинофилов вне зависимости от систематического положения вида колебались незначительно и составили в среднем 2%. Лейкограмма краснопёрки отличалась более низким уровнем доли этого типа клеток, в лейкограмме леща — напротив обнаружено превышение доли эозинофилов на 1,3% от среднего значения данного показате-

ля для исследованных видов. Для остальных видов данный показатель изменялся незначительно.

Результаты исследования по изучению соотношения лейкоцитов в иммунокомпетентных органах показали, что преобладающей формой лейкоцитов в почках, селезёнке и печени исследуемых видов, составляли лимфоциты. Доля этих клеток у всех исследованных видов возрастала в ряду мезонефрос — селезёнка — печень (табл. 4–6).

В мезонефросе карповых относительное число лимфоцитов варьировало от 64 до 73%, наибольшая относительная доля лимфоцитов обнаружена в почках краснопёрки, наименьшая — в почках леща. У окунёвых данный показатель варьировал в более узком диапазоне и составил от 69 до 71%. В селезёнке карповых относительное количество лимфоцитов варьировало от 70 до 80%. Доля лимфоцитов окунёвых была несколько выше и составила 75–82%. В печени карпо-

**Таблица 4.** Соотношение лейкоцитов в почках рыб, %

Тип лейкоцитов	Краснопёрка	Густера	Жерех	Плотва	Чехонь	Лещ	Язь	Окунь	Берш	Судак
Гемоцитобласты	7,00±0,86	9,00±2,45	7,50±1,23	8,00±1,63	7,50±0,67	10,50±0,41	9,50±0,39	8,30±1,28	9,70±0,69	8,50±1,29
Промиелоциты	2,28±0,41	4,50±0,21	4,50±0,36	3,92±0,31	3,50±0,72	2,60±0,38	2,50±0,48	3,50±0,74	4,30±0,35	4,00±0,76
Миелоциты	2,72±1,22	2,00±0,20	1,50±0,29	2,50±0,52	1,50±0,53	1,20±0,61	2,00±0,34	2,02±0,36	2,00±0,39	2,90±0,16
Метамиелоциты	1,00±0,25 <sup>a</sup>	1,75±0,25	2,10±0,82	1,00±0,23 <sup>b</sup>	2,10±0,39	1,85±0,23	3,32±0,25 <sup>a,b</sup>	1,54±0,20	2,00±0,73	2,00±0,28
Плазмоциты	1,00±0,48	1,17±0,38	2,09±0,23 <sup>a</sup>	1,50±0,52	1,00±0,57	0 <sup>a,b</sup>	2,68±0,75 <sup>b</sup>	1,70±0,42	1,60±0,59	1,30±0,31
ПЯН	3,57±0,41	4,99±0,66	4,51±0,53	3,80±0,25	4,00±0,71	6,35±0,68 <sup>a,b</sup>	3,00±0,40 <sup>a</sup>	3,20±0,34 <sup>b</sup>	4,75±0,18	3,70±0,49
СЯН	4,50±0,81 <sup>a</sup>	7,00±0,16 <sup>b</sup>	7,00±0,27 <sup>c</sup>	6,10±0,48	6,75±0,28	9,50±0,75 <sup>a,d,e,f</sup>	4,00±0,38 <sup>d</sup>	4,00±0,80 <sup>e</sup>	6,50±0,25	3,50±0,52 <sup>b,c,f</sup>
Эозинофилы	1,43±0,59	2,09±0,49	2,10±0,68	2,00±0,18	2,20±0,35	1,60±0,17	2,03±0,29	2,00±0,47	1,95±0,43	2,00±0,53
Макрофаги	3,00±0,62	2,00±0,64	2,30±0,71	1,80±1,18	2,45±0,53	1,90±0,34	3,47±0,35	2,00±0,78	1,70±0,34	1,90±0,43
Лимфоциты	73,5±1,68	65,5±2,86	66,1±2,14	71,0±1,82	69,0±2,89	64,5±1,22	68,0±1,45	71,5±3,18	69,5±2,50	70,2±2,15

**Таблица 5.** Соотношение лейкоцитов в селезёнке рыб, %

Тип лейкоцитов	Красно-пёрка	Густера	Жерех	Плотва	Чехонь	Лещ	Язь	Окунь	Берш	Судак
Гемоцитобласты	2,43±0,84	3,00±1,22	4,83±1,32	2,60±0,42	3,78±0,58	3,00±0,82	3,00±1,63	3,20±0,29	5,50±0,38	3,50±0,79
Промиелоциты	2,30±0,42	1,93±0,41	2,50±0,32	1,90±0,20	1,90±0,30	1,90±0,24	2,10±0,48	2,00±0,33	3,10±0,57	2,00±0,61
Миелоциты	1,00±0,32	1,75±0,65	2,87±0,19 <sup>a</sup>	1,20±0,50 <sup>c</sup>	0 <sup>a,b,c</sup>	2,00±0,58	1,00±0,15	1,00±0,09	2,10±0,32 <sup>b</sup>	1,50±0,19
Метамиелоциты	2,00±0,22 <sup>a</sup>	1,08±0,37	1,09±0,25	1,90±0,48	0 <sup>a</sup>	1,20±0,41	1,30±0,24	1,10±0,13	1,60±0,62	0,70±0,21
Плазмоциты	0,70±0,39	1,54±0,17	0,50±0,12	1,80±0,54	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	1,70±0,61	1,00±0,29	2,10±0,27 <sup>a,b</sup>	0,80±0,42
ПЯН	3,57±0,45	3,01±0,23 <sup>a</sup>	3,45±0,29	3,50±0,41	2,57±0,37 <sup>b</sup>	8,54±0,51 <sup>a,b,c</sup>	4,40±0,77	3,40±0,19	3,20±0,14	2,80±0,18 <sup>c</sup>
СЯН	5,50±0,38	3,74±0,42 <sup>a</sup>	3,71±0,27 <sup>b</sup>	3,70±0,39 <sup>c</sup>	4,90±0,22	10,90±0,49 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5,50±0,82	4,50±0,18	3,70±0,72 <sup>d</sup>	2,60±0,24 <sup>e</sup>
Эозинофилы	0,90±0,34	1,93±0,35	1,85±0,54	1,68±0,27	1,65±0,45	1,55±0,71	2,00±0,56	2,10±0,27	1,93±0,22	2,00±0,34
Макрофаги	1,10±0,52	1,57±0,29	1,73±0,33	2,00±0,61	2,20±0,19	2,00±0,48	1,57±0,45	1,90±0,43	2,00±0,48	2,10±0,29
Лимфоциты	80,5±0,61	80,5±2,50	77,5±2,26	81,0±2,21	83,0±3,28	70,4±3,22	79,0±0,71	79,6±1,56	74,8±2,05	82,0±2,79

**Таблица 6.** Соотношение лейкоцитов в печени рыб, %

Тип лейкоцитов	Красно-пёрка	Густера	Жерех	Плотва	Чехонь	Лещ	Язь	Окунь	Берш	Судак
Миелоциты	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63±0,31	0
Метамиелоциты	0	0	1,00±0,32	0,90±0,22	0	0	0	0	1,00±0,15	1,00±0,30
Плазмоциты	0,38±0,09	0 <sup>a,b,c</sup>	2,00±0,35 <sup>a</sup>	1,10±0,46	1,90±0,57 <sup>b</sup>	0,68±0,24	0,57±0,21	1,15±0,12	1,23±0,21 <sup>c</sup>	1,00±0,25
ПЯН	1,00±0,16 <sup>a,b</sup>	3,00±0,24 <sup>a,c</sup>	2,90±0,44 <sup>b,d</sup>	2,50±0,38	1,60±0,11	2,50±0,45	0,75±0,19 <sup>c,d,e</sup>	2,60±0,38 <sup>e</sup>	2,50±0,25	2,10±0,20
СЯН	2,12±0,61	2,59±0,62	2,10±0,35	3,00±0,55	1,65±0,29	3,00±0,60	1,25±0,41	3,00±0,30	3,00±0,20	2,50±0,25
Эозинофилы	1,70±0,42	2,17±0,13 <sup>a</sup>	1,70±0,25	1,30±0,42	0 <sup>a,b</sup>	2,53±0,17 <sup>b</sup>	2,00±0,49	2,00±0,35	2,00±0,38	1,50±0,42
Макрофаги	1,80±0,31	1,84±0,30 <sup>a</sup>	2,10±0,50 <sup>b</sup>	2,00±0,15 <sup>c</sup>	0 <sup>a,b,c,d,e</sup>	1,70±0,43	2,6±0,58 <sup>d</sup>	1,00±0,15	1,98±0,19 <sup>e</sup>	1,70±0,34
Лимфоциты	92,7±1,22	89,9±2,25	88,8±2,38	89,2±3,68	94,8±3,64	89,6±2,18	92,1±2,77	90,5±2,85	87,6±1,83	90,0±2,28

вых доля лимфоцитов варьировала от 89 до 95%. Доля лимфоцитов в печени окунёвых была несколько ниже по сравнению с карповыми и составила 88–90%.

Среди агранулоцитов в иммунокомпетентных органах всех исследованных видов присутствовали единичные зрелые макрофаги и плазмоциты. Относительное количество макрофагов в мезонефросе составило 2–3%, в селезёнке — 1–2%, в печени — 1–3%. В печени чехони данный тип клеток не обнаружен. В мезонефросе исследованных видов доля плазмоцитов составила 1–3%. В почках леща данный тип клеток не обнаружен. В селезёнке доля плазмоцитов варьировала от 1 до 2%. В селезёнке чехони и леща данный тип клеток не обнаружен. В печени относительное количество плазмоцитов составило 0,4–2%. В печени густеры данный тип клеток не обнаружен (табл. 3–6).

Зрелые нейтрофилы в иммунокомпетентных органах исследованных видов были

представлены по большей части сегментоядерными формами.

В мезонефросе карповых относительное количество зрелых форм нейтрофилов варьировало от 8 до 16%. Доля этих типов клеток в почках окунёвых составила 7–11%. Наибольшая доля нейтрофилов выявлена в мезонефросе леща. Наименьшая — в почках судака (табл. 3–6). В селезёнке карповых относительное количество зрелых нейтрофилов варьировало от 7 до 19%. Доля окунёвых — 5–8%. Наибольшее относительное количество зрелых форм нейтрофилов обнаружено в селезёнке леща. Наименьшее — в селезёнке судака. В печени всех исследованных видов доля нейтрофилов оказалась незначительной и варьировала в узком диапазоне (1–3%).

Среди зрелых гранулоцитов в иммунокомпетентных органах всех исследованных видов присутствовали единичные зрелые эозинофилы. Относительное количество

эозинофилов в мезонефросе и селезёнке составило 1–2%, в печени 1–2,5%. В печени чехони данный тип клеток не обнаружен (табл. 3–6).

Среди незрелых форм лейкоцитов в иммунокомпетентных органах выявлены гемоцитобласты, промиелоциты, миелоциты и метамиелоциты.

Установлено, что доля гемоцитобластов всех исследованных видов уменьшается в ряду мезонефрос, селезёнка и печень. Относительное количество этих клеток в почках составило 7–10,5%, в селезёнке 2,0–5,5%. В печени гемоцитобластов не обнаружено. Среди созревающих типов гранулоцитов самой многочисленной долей являются промиелоциты. Доля их в кроветворных органах окунеобразных и карпообразных рыб составила в мезонефросе 2,0–4,5%, в селезёнке 2–3%. В печени данного типа клеток не обнаружено (табл. 3–6).

Доля миелоцитов и метамиелоцитов в мезонефросе и селезёнке варьировала от 1 до 3%. Из всех исследованных видов миелоциты обнаружены лишь в печени берша, метамиелоциты — в печени жереха, плотвы, берша и судака. В среднем их доля составила 1%.

По результатам проведения кластерного анализа на основе данных, полученных при комплексном изучении морфологических и гематологических показателей крови и иммунокомпетентных органов рыб выявлено, что уровень гематокрита, общее коли-

чество лейкоцитов периферической крови, относительное количество лейкоцитов в периферической крови и мезонефросе внесли статистически достоверный вклад в кластеризацию исследуемых видов (рис. 2).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Такие показатели как уровень гематокрита, общее количество лейкоцитов и эритроцитов, а также лейкоцитарная формула крови и иммунокомпетентных органов являются очень переменными и зависят как от сезона, возраста гидробионтов, так и от температурного, светового, кислородного, гидрологического и пищевого режимов. Кроме того, значения данных показателей зависят не только от паратипических факторов среды, но и определяются генетическим потенциалом вида [Рыжков и др., 1998; Zabotkina, 2005; Гилева и др., 2013; Заботкина и др., 2015; Фомина, 2016]. При изучении естественных популяций рыб выявление достоверных различий по многим показателям затруднено из-за высокой неоднородности особей, являющейся причиной большого размаха вариации, поэтому не удалось выявить закономерностей по изучаемым показателям, связанных с систематическим статусом вида. Отмечено, что диапазон полученных значений изучаемых показателей был сопоставим с ранее полученными данными для рассматриваемых видов рыб, обитающих в условно чистых участках Рыбинского водохранилища и его притоков

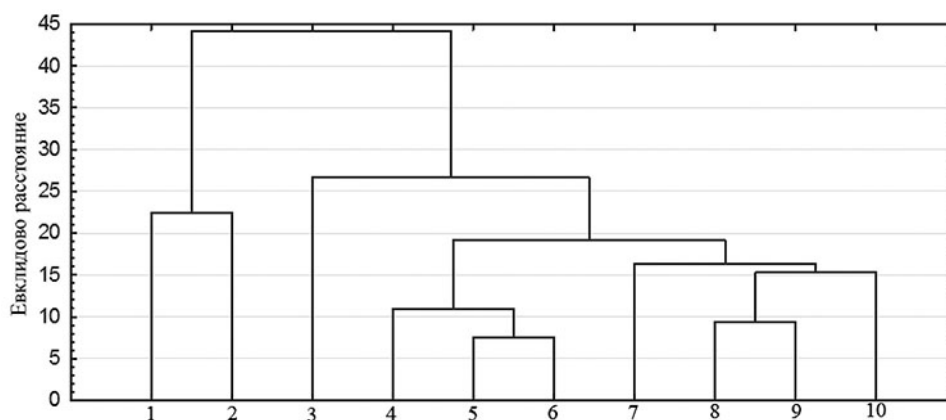


Рис. 2. Дендрограмма кластеризации видов рыб по гематологическим и морфологическим показателям: 1 — обыкновенный судак, 2 — речной окунь, 3 — берш, 4 — краснопёрка, 5 — язь, 6 — плотва, 7 — чехонь, 8 — обыкновенный жерех, 9 — густера, 10 — лещ

[Nazarova, Zabolotkina, 2010; Лапирова, Флёрова, 2015; Заботкина и др., 2015; Lapirova et al., 2017].

При анализе полученных данных необходимо учитывать не только систематическое положение, но и тип питания половозрелых особей.

По типу питания исследованные виды условно можно разделить на группы: первая группа — ихтиофаги (речной окунь, обыкновенный судак, берш); вторая группа — смешанный тип питания, преимущественно растительноядные (краснопёрка), третья группа — эврифаги (плотва, язь), четвертая группа — смешанный тип питания — хищный образ жизни, планктофаги (чехонь, обыкновенный жерех), пятая группа — бентофаги (лещ, густера) [Житенева и др., 1984; Столбун, 2006; Gerasimov, Stolbunov, 2007].

Кластерный анализ показал, что все представители семейства окунёвых, которые являются ихтиофагами, на дендрограмме наиболее близко расположены друг к другу, при этом облигатные хищники — обыкновенный судак и речной окунь сгруппированы в одном кластере. Во втором кластере сгруппированы краснопёрка, плотва и язь. Следует отметить, что морфологические и гематологические показатели растительноядного вида краснопёрки имеют наибольшее евклидово расстояние по сравнению с эврифагами плотвой и язём. В третьем кластере сгруппированы как бентофаги, так и виды, предпочитающие хищный образ жизни с присутствием в рационе планктонных организмов. Однако, виды, имеющие одинаковый тип питания в данном кластере находятся наиболее близко друг к другу (рис. 2).

Ранее было показано, что в периферической крови хищных рыб — обитателей Рыбинского водохранилища, зрелые эритроциты имеют более округлую форму и несколько меньшую ёмкость по сравнению с данным типом клеток в крови мирных рыб. Меньшая ёмкость в таком случае компенсируется более высоким содержанием эритроцитов в кровеносном русле. В крови у хищных рыб вне зависимости от их типа поведения (активный или засадный) наблюдали более высокий показатель доли зрелых эритроцитов. Сделан

вывод о том, что у хищных видов рыб, а также оксифильных рыб кровь носит более выраженный лимфоидный характер [Заботкина и др., 2015]. От насыщения среды кислородом и способности рыб переносить гипоксию зависит соотношение лейкоцитов в головном и туловищном отделах почек пресноводных и морских рыб [Nazarova, Zabolotkina, 2010].

Согласно классификации Г.В. Никольского по потребности рыб к насыщенности воды кислородом [Никольский, 1963] сходные по чувствительности кислороду исследуемые виды на дендрограмме попадают в разные группы, тогда как более сходное распределение по группам наблюдается по типу питания. Известно, что компоненты пищи, а также уровень кормления влияют как на гематологические показатели, так и на факторы клеточного и гуморального иммунитета. Формирование механизмов естественной резистентности гидробионтов происходит на ранних стадиях онтогенеза [Tang et al., 2009; Soleimani et al., 2015]. Ключевую роль в развитии и функционировании естественной резистентности играют микрофлора пищеварительного тракта, которая напрямую зависит от типа питания рыб [Banerjee, Ray, 2017]. В настоящем исследовании установлено, что на уровень гематокрита, характеризующего объём клеток красной и белой крови, общее количество лейкоцитов периферической крови, относительное количество лейкоцитов в периферической крови и мезонефрозе, большее влияние оказывает трофический статус вида. По-видимому, адаптация рыб к кислородному режиму водоёмов при достаточно высоком и однородном уровне насыщения воды кислородом оказывается менее важным фактором, от которого зависят параметры неспецифической защиты организма. Что косвенно подтверждается данными об обитании исследованных видов в условиях высоких концентраций растворённого в воде кислорода в летне-осенний период рек Соть, Вопша, Касть [Флёрова и др., 2018].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённых исследований впервые были получены данные по гематологическим показателям крови и соотношению



лейкоцитов в кроветворных органах видов семейств карповых и окунёвых, обитающих в реках государственного природного заказника «Ярославский». Диапазон полученных значений для изучаемых показателей был сопоставим с ранее полученными данными для рассматриваемых видов рыб, обитающих в условно чистых участках Рыбинского водохранилища и его притоков. Установлено, что на уровень гематокрита, общее количество лейкоцитов периферической крови, относительное количество лейкоцитов в периферической крови и мезонефросе большее влияние оказывает трофический статус вида.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Герасимов Ю. В., Столбунов И. А. 2007. Влияние условий среды разной обогащенности в раннем онтогенезе на пищевое и оборонительное поведение молоди леща *Abramis brama* (Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 47. № 2. С. 253–261.
- Гилева Т. А., Зиновьев Е. А., Костицына Н. В. 2013. Сезонная динамика гематологических показателей молоди окуня верхней части Воткинского водохранилища // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». № 4. С. 171–174.
- Житенева Т. С., Иванова М. Н., Половкова С. Н. 1984. Особенности питания рыб в водоёмах с зарегулированным стоком // Биологические ресурсы водохранилищ. М.: Наука. С. 132–160.
- Заботкина Е. А. 2005. Сравнительно-морфологическая характеристика селезенки окуня *Perca fluviatilis* из озер с различным уровнем pH воды // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. Т. 41. № 1.
- Заботкина Е. А., Лапирова Т. Б., Середняков В. Е., Нестерова Т. А. 2015. Экологическая пластичность гематологических показателей пресноводных костистых рыб // Труды ИБВВ им. И. Д. Папанина РАН. Вып. 72 (75). С. 16–30.
- Кондрахин И. П. 2004. Методы ветеринарной и клинической лабораторной диагностики. М.: КолосС. 520 с.
- Лапирова Т. Б., Флёрова Е. А. 2015. Физиолого-биохимическая характеристика крови леща (*Abramis brama*, L.) Рыбинского водохранилища // Вестник Мичуринского ГАУ. № 2. С. 83–89.
- Лапирова Т. Б., Флёрова Е. А., Юрченко В. В., Морозов А. А. 2017. Защитные системы иммунокомпетентных органов рыб разных экологических и систематических групп // Вопросы ихтиологии. Т. 57. № 3. С. 338–346.
- Минеев А. К. 2016. Гематопатологии у рыб Куйбышевского водохранилища // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 18. № 5. С. 51–59.
- Назарова Е. А., Заботкина Е. А. 2010. Особенности лейкоцитарного состава почек пресноводных и морских костистых рыб // Биология внутренних вод. Т. 3. № 2. С. 92–97.
- Никольский Г. В. 1974. Экология рыб. М.: Высшая школа. 357 с.
- Рохмистров В. Л. 2004. Малые реки Ярославского Поволжья. Ярославль: Изд-во ВВО РЭА. 54 с.
- Рыжков Л. П., Полина А. В., Громова Ю. В., Аленичев С. В. 1998. Физиолого-биохимические особенности рыб водоёмов с различным антропогенным воздействием // Проблемы экологической токсикологии. Петрозаводск. С. 152–157.
- Столбунов И. А. 2006. Трофические характеристики молоди плотвы (*Rutilus rutilus* L.) в различных экологических условиях // Биология внутренних вод. № 3. С. 73–77.
- Флёрова Е. А., Малин М. И., Ключников А. С., Паюта А. А., Богданова А. А., Андреева М. И. 2019. Видовое разнообразие и биологическая характеристика рыб малых рек государственного природного заказника «Ярославский» в постнерестовый и нагульный периоды 2018 года // Труды ИБВВ РАН. Вып. 87(90). С. 12–30.
- Фомина А. С. 2016. Клеточный состав головного отдела почки байкальского омуля (*Coregonus migratorius*) в период нагула и нерестовой миграции // Вестник АПК Верхневолжья. № 3 (35). С. 72–74.
- Banerjee G., Ray A. K. 2017. Bacterial symbiosis in the fish gut and its role in health and metabolism // Symbiosis. № 72. P. 1–11.
- Elahee K. B., Bhagwant S. 2007. Hematological and gill histopathological parameters of three tropical fish species from a polluted lagoon on the west coast of Mauritius // Ecotoxicology and Environmental Safety. V. 68. № 3. P. 361–371.
- Hlavova V. 1993. Reference values of the haematological indices in grayling (*Thymallus thymallus* Linnaeus) // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology. V. 105. № 3. P. 525–532.
- Soleimani N., Hoseinifar S. H., Merrifield D. L., Barati M., Abadi Z. H. 2012. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus* fry) // Fish & Shellfish Immunology. V. 32. № 2. P. 316–321.
- Tang L., Wang G. X., Jiang J., Feng L., Yang L., Li S. H., Kuang S. Y., Zhou X. Q. 2009. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile Jian carp (*Ciprinus carpio* var. Jian) // Aquaculture Nutrition. V. 15. № 5. P. 477–483.

Поступила в редакцию 30.09.2019 г.  
Принята после рецензии 16.03.2020 г.

## Commercial species and their biology

### Hematological indicators of fish of small rivers of the State Nature Reserve «Yaroslavsky»

*E.A. Flerova<sup>1,2</sup>, A.A. Bogdanova<sup>1</sup>, A.A. Payuta<sup>1</sup>, E.G. Evdokimov<sup>1,2</sup>, M.I. Andreeva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Yaroslavl Scientific Research Institute of Livestock breeding and Forage production — Branch of FSBSI «Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology», («FWRC FPA»), Mikhajlovskij, Yaroslavl reg., Russia

<sup>2</sup> P.G. Demidov Yaroslavl State University (FSBEI HE «DYSU»), Yaroslavl, Russia

<sup>3</sup> National Park «Lake Pleshcheyevo», Pereslavl-Zalessky, Russia

Data on blood and blood-forming organs of species of the cyprinidae and perch family species living in the rivers of the Yaroslavsky State Nature Reserve were obtained. It was revealed that the hematocrit level in the studied species varied in the range of 23–42%, the total number of erythrocytes was 1.29–2.20 m /  $\mu$ kl, and the number of leukocytes was 65.9–141.2 thousand/  $\mu$ kl. The relative number of peripheral blood leukocytes varied in the range: lymphocytes 87–90%, segmented neutrophils — 3–7.5%, stab neutrophils — 1–4%, monocytes and eosinophils — 1–3%. The relative number of lymphocytes in the organs increased in the series mesonephros, spleen, and liver. The number of hemocytoblasts, on the contrary, decreased. The relative number of myelocytes and metamyelocytes in mesonephros and spleen varied from 1 to 3%, promyelocytes — from 2 to 4.5%. Of all the species studied in the liver, myelocytes were found only in the bersh; no hemocytoblasts and promyelocytes were found. Regardless of the organ, the relative number of macrophages, plasmocytes and eosinophils varied from 0 to 3%, stab neutrophils from 3 to 8.5%. The number of segmented neutrophils in the mesonephros and spleen varied from 3 to 11%, in the liver this indicator was 1–3%. The range of obtained values for the studied indicators was comparable with the previously obtained data for the considered fish species living in relatively clean sections of the Rybinsk Reservoir and its tributaries. It was established that the trophic status of the species exerts the greatest influence on the hematocrit level, the total number of peripheral blood leukocytes, and the relative number of leukocytes in peripheral blood and mesonephros.

**Keywords:** fish, blood, immunocompetent organs, leukocyte formula, hematocrit, small rivers.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-78-89

#### REFERENCES

- Gerasimov Yu.V., Stolbunov I.A.* 2007. Vliyanie usloviy sredi' raznoj obogashennosti v rannem ontogeneze na pishhevoe i oboronitel' noe povedenie molodi leshha *Abramis brama* (Cyprinidae) [Effect of environmental information richness during early development of bream (*Abramis brama*; Cyprinidae) upon feeding and defensive behavior of its yearlings] // *Voprosy' ixtiologii*. T. 47. № 2.S. 253–261.
- Gileva T.A. Zinov'ev E.A., Kostitsyna N.V.* 2013. Sezonnaya dinamika gematologicheskikh pokazatelej molodi okunya verkhnej chasti Votkinskogo vodokhranilishcha [Seasonal dynamics of hematological parameters of juvenile perch of the upper part of the Votkinsk reservoir] // *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle»*. № 4. S.171–174.
- Zhiteneva T.S., Ivanova M.N., Polovkova S.N.* 1984. Osobennosti pitaniya ryb v vodoemakh s zaregulirovannym stokom [Features of fish feeding in reservoirs with regulated flow] // *Biologicheskie resursy vodokhranilishch*. M.: Nauka. S.132–160.
- Zabotkina E.A.* 2005. Sravnitel'no-morfologicheskaya karakteristika selezenki okunya Perca fluviatilis iz

- ozer s razlichny'm urovnem PH vody` [Comparative-morphological characteristics of spleen of the perch *Perca fluviatilis* L. from lakes with different water pH level] // Zhurnal e`volucionnoj bioximii i fiziologii. T.41. № 1.
- Zabotkina E.A., Lapirova T.B., Serednyakov V.E., Nesterova T.A. 2015. Ekologicheskaya plastichnost` gematologicheskikh pokazatelej presnovodnykh kostistykh ryb [Ecological plasticity of hematological parameters of freshwater bony fish] // Trudy IBVV. im. I.D. Papanina RAN. Vyp. 72(75). S.16–30.
- Kondrakhin I.P. 2004. Metody veterinarnoj i klinicheskoy laboratornoj diagnostiki [Methods of veterinary and clinical laboratory diagnostics]. M.: KolosS. 520 s.
- Lapirova T.B., Flerova E.A. 2015. Fiziologo-biokhimicheskaya kharakteristika krovi leshcha (*Abramis brama*, L.) Rybinskogo vodokhranilishcha [Physiological and biochemical characteristics of blood bream (*Abramis brama*, L.) Rybinsk reservoir] // Vestnik Michurinskogo GAU. № 2. S. 83–89.
- Lapirova T.B., Flerova E.A., Yurchenko V.V., Morozov A.A. 2017. Zashhitny`e sistemy` immunokompetentny`x organov ry`b razny`x e`kologicheskix i sistemicheskix grupp [Protective systems of immunocompetent organs in fishes from different ecological and systematic groups] // Voprosy` ixtiologii. T. 57. № 3. S. 338–346.
- Mineev A.K. 2016. Gematopatologii u ryb Kujbyshevskogo vodokhranilishcha [Hematopathology in fish of the Kuibyshev reservoir] // Izvestiya Samarskogo NTs. RAN. T. 18. № 5. S. 51–59.
- Nikol'skij G.V. 1974. Ehkologiya ryb. [Fish ecology] M.: Vysshaya shkola. 357 s.
- Nazarova E.A., Zabotkina E.A. 2010. Osobennosti lejkocitarnogo sostava pochek presnovodny`x i morskix kostisty`x ry`b [Specific features the composition of leucocytes in the kidneys of some specific of freshwater and marine bony fishes] // Biologiya vnutrennix vod. T.3. № 2. S. 92–97.
- Rokhmistrov V.L. 2004. Malye reki Yaroslavskego Povolzh'ya. [Small rivers of the Yaroslavl Volga region] Yaroslavl: Izd. VVO REHA. 54 s.
- Ryzhkov L.P., Polina A.V., Gromova Yu.V., Alenichev S.V. 1998. Fiziologo-biokhimicheskie osobennosti ryb vodoemov s razlichnym antropogennym vozdeystviem [Physiological and biochemical features of fish reservoirs with different anthropogenic impact] // Problemy ehkologicheskoy toksikologii. Petrozavodsk. S. 152–157.
- Stolbunov I.A. 2006. Troficheskie kharakteristiki molodi plotvy (*Rutilus rutilus* L.) v razlichnykh ehkologicheskikh usloviyakh [Trophical Characteristics of the Juvenile Roach (*Rutilus rutilus* L.) under Different Ecological Conditions] // Biologiya vnutrennix vod. № 3. C. 73–77.
- Flerova E.A., Malin M.I., Klyuchnikov A.S., Payuta A.A., Bogdanova A.A., Andreeva M.I. 2019. Vidovoe raznoobrazie i biologicheskaya kharakteristika ryb malykh rek gosudarstvennogo prirodnoho zakaznika «Yaroslavskij» v postnerestovyy i nagul'nyj periody 2018 goda [Species diversity and biological characteristics of fish of small rivers of the state nature reserve «Yaroslavsky» in the post-spawning and feeding periods of 2018] // Trudy IBVV RAN. Vyp. 87(90). S. 12–30.
- Fomina A.S. 2016. Kletochnyj sostav golovnogo otdela pochki bajkal'skogo omulya (*Coregonus migratorius*) v period nagula i nerestovoy migratsii [Cellular composition of the head of the division of the kidney of Baikal omul (*Coregonus migratorius*) in the period of feeding and spawning migration] // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. № 3 (35). S. 72–74.
- Banerjee G., Ray A.K. 2017. Bacterial symbiosis in the fish gut and its role in health and metabolism // Symbiosis. № 72. P. 1–11.
- Elahee K.B., Bhagwant S. 2007. Hematological and gill histopathological parameters of three tropical fish species from a polluted lagoon on the west coast of Mauritius // Ecotoxicology and Environmental Safety. V. 68. № 3. P. 361–371.
- Hlavova V. 1993. Reference values of the haematological indices in grayling (*Thymallus thymallus* linnaeus) // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology. V. 105. № 3. R. 525–532.
- Soleimani N., Hoseinifar S.H., Merrifield D.L., Barati M., Abadi Z.H. 2012. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry // Fish & Shellfish Immunology. V. 32. № 2. P. 316–321.
- Tang L., Wang G.X., Jiang J., Feng L., Yang L., Li S.H., Kuang S.Y., Zhou X.Q. 2009. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile Jian carp (*carpio* var. Jian) // Aquaculture Nutrition. V.15. № 5. P. 477–483.

TABLE CAPTIONS

**Table 1.** Biological characteristics of the species

**Table 2.** Hematological blood parameters of fish in the studied reservoirs

**Table 3.** Leukocyte blood count of fish,%

**Table 4.** The ratio of leukocytes in the kidneys of fish,%

**Table 5.** The ratio of leukocytes in the spleen of fish,%

**Table 6.** The ratio of leukocytes in the liver of fish,%

FIGURE CAPTIONS

**Fig. 1.** Map of sampling sites Note: — sampling points. 1 — Kast river, 2 — Vopsha river, 3 — Sot river, 4 — Gorky reservoir. The black line marks the borders of the Yaroslavsky State Nature Reserve.

**Fig. 2.** Dendrogram of the clustering of fish species by hematological and morphological indicators. 1 — zander, 2 — European perch, 3 — Volga zander, 4 — common rudd, 5 — ide, 6 — roach, 7 — sabrefish, 8 — common asp, 9 — white bream, 10 — common bream.