

УДК 597.554.3:612.017(282.2)

## НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА ЛЕЩА *Aramis brama* ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

© 2025 г. Т. А. Суворова<sup>a,\*</sup>, Д. В. Микряков<sup>a</sup>, Г. И. Пронина<sup>b</sup>,  
А. С. Мамонова<sup>c</sup>, С. В. Кузьмичева<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,  
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

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

<sup>c</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства –  
филиал Федерального исследовательского центра животноводства  
им. Л.К. Эрнста, пос. им. Воровского, Ногинский р-н, Московская обл., Россия

\*e-mail: tanya@ibi.ru

Поступила в редакцию 07.03.2024 г.

После доработки 20.05.2024 г.

Принята к публикации 24.05.2024 г.

Проведено исследование некоторых параметров неспецифического гуморального и клеточного иммунитета у половозрелых особей леща, обитающего в водохранилищах Средней Волги (Куйбышевское, Чебоксарское и Горьковское). Изучен уровень антимикробных свойств и С-реактивного белка сыворотки крови, неспецифических иммунных комплексов в сыворотке крови и тканях почки, селезенки и печени, определена доля иммунодефицитных особей и фагоцитарная активность нейтрофилов. Наиболее высокие показатели бактериостатической активности сыворотки, среднего цитохимического коэффициента нейтрофилов и положительный уровень С-реактивного белка периферической крови у большинства исследованных особей отмечены в Куйбышевском и Чебоксарском водохранилищах. Содержание неспецифических иммунных комплексов у лещей Чебоксарского водохранилища превышало таковое у рыб из других водоемов. В Горьковском водохранилище не были зафиксированы иммунодефицитные особи. Выявленные различия, вероятно, связаны с воздействием на организм лещей различных патогенных факторов.

**Ключевые слова:** лещ *Aramis brama*, неспецифический иммунитет, сыворотка крови, бактерицидная активность, неспецифические иммунные комплексы, С-реактивный белок, фагоцитарная активность нейтрофилов, Куйбышевское, Чебоксарское и Горьковское водохранилища

**DOI:** 10.31857/S0320965225010207, **EDN:** CDKQRR

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение физиологических параметров организма водных животных – важный аспект при проведении комплексных экологических исследований водоемов. Полученные данные позволяют оценить не только здоровье особи, но и судить о состоянии окружающей среды. Водная среда обитания лабильна и часто подвергается воздействию различных экологических факторов. На происходящие перемены гидробионты отвечают изменениями в функционировании внутренних систем организма. Одними из первых реагируют клетки, ткани и органы кроветворной и иммунной систем. О функциональных изменениях в их

работе можно судить по различным гематологическим и иммунологическим показателям, в том числе показателям врожденной иммунной защиты (Romano et al., 2017; Ihut et al., 2018; Shahjahan et al., 2018; Zhao et al., 2018; Ahmed et al., 2020).

Куйбышевское, Чебоксарское и Горьковское водохранилища представляют собой расположенные один за другим участки зарегулированного русла р. Волги и относятся к ее среднему бассейну. Общая протяженность водохранилищ ~1280 км (от 58°03' с.ш., 38°50' в.д. до 53°31' с.ш., 49°25' в.д.), они занимают внутрикаскадное положение, относятся к очень крупным неглубоким проточным водоемам (площадь зеркала 1591, 1270 и 6150 км<sup>2</sup>, объем 8.70, 12.60 и 57.30 км<sup>3</sup>, средняя глубина 5.5, 4.7, 9.3 м, коэффициент условного водообмена 6.1, 20.9 и 4.2 год<sup>-1</sup> соответственно). Горьковское водохранилище и левый берег Чебоксарского расположены в подзоне южной тайги в условиях

**Сокращения:** БАСК – бактериостатическая активность сыворотки крови, ИМД – иммунодефицитные, НИК – неспецифический иммунный комплекс, СРБ – С-реактивный белок, СЦК – средний цитохимический коэффициент, ФА – фагоцитарная активность.

избыточной увлажненности, правый берег Чебоксарского и верхняя часть Куйбышевского водохранилища — в подзоне смешанных хвойных и широколиственных лесов, основная акватория последнего — в лесостепной зоне. Водохранилища различаются по географическим координатам, средней глубине, среднегодовой температуре воды, гидрологическим и гидрохимическим характеристикам, разнообразию флоры и фауны и другим показателям (Волга..., 1978; Авакян и др., 1987). Один из наиболее многочисленных видов рыб семейства карповых (*Cyprinidae*) в водохранилищах Волго-Каспийского бассейна — лещ *Abramis brama* (L.), имеющий большое промысловое значение (Герасимов и др., 2018). По типу питания лещ — типичный бентофаг с широким спектром питания: для молоди большое значение имеет зоопланктон, крупные особи могут поедать молодь рыб, но основным видом пищи служат донные беспозвоночные — личинки насекомых, моллюски, черви, ракообразные и др. (Атлас..., 2002). Высокая численность вида, важное место в экосистеме водоемов, длительный жизненный цикл и отсутствие протяженных миграций позволяют использовать его в качестве биоиндикатора при осуществлении программ мониторинга экосистем и оценки экологического состояния водоемов.

Бассейн Средней Волги представляет интерес как регион с меняющимися условиями водосборной территории при смене природных зон и характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на экосистемы водохранилищ. Проведенное ранее исследование (Суворова и др., 2023) позволило получить количественные показатели неспецифического иммунитета лещей Саратовского водохранилища, расположенного ниже по течению. Высокие показатели бактериостатической активности сыворотки крови и отсутствие ИМД особей указывают на значительный уровень иммунной защиты (Суворова и др., 2023). Однако у >75% отловленных лещей зафиксирована положительная реакция на содержание С-реактивного белка, что свидетельствует о наличии воспалительных процессов в организме рыб.

Цель работы — исследовать ряд показателей неспецифического иммунитета леща Куйбышевского, Чебоксарского и Горьковского водохранилищ и дать их сравнительный анализ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отлов рыбы проводили в сентябре 2019 г. с борта научно-исследовательского судна “Академик Топчиев” в ходе комплексной гидробиологической экспедиции по водохранилищам р. Волги. Донным тралом на стандартных станциях траления в Куйбышевском, Чебоксарском

**Таблица 1.** Гидрологическая характеристика исследованных водохранилищ Средней Волги

Показатель	К	Ч	Г
<i>T</i>	15.9–16.5	12.4–14.4	10.8–13.5
<i>V</i>	0.3–6.5	4.5–4.6	1.5–5.0
<i>h</i>	18–29	6.5–17	8–19

Примечание. *T* — температура воды, °C; *V* — скорость течения, км/ч; *h* — глубина, м; К — Куйбышевское, Ч — Чебоксарское, Г — Горьковское водохранилища.

и Горьковском водохранилищах было выловлено 43 экз. половозрелых особей леща средней длиной  $34.7 \pm 0.9$  см и массой  $807.1 \pm 66.8$  г. Участки, на которых проводили отлов, отличались по глубине и температуре воды, а сами водоемы среднего участка Волги по скорости течения (табл. 1).

У рыб отбирали кровь из хвостовой вены в сухую стерильную пробирку. Пробирку с кровью оставляли в штативе на 1 ч при комнатной температуре, затем выдерживали 1 сут в холодильнике при 4°C для свертывания крови и ретракции сгустка. Далее сыворотку забирали шприцем с тонкой иглой и переносили в пробирку Эппendorфа. В сыворотке крови изучали БАСК, долю ИМД особей, содержание НИК, уровень СРБ. Во время отбора крови одновременно готовили мазки для определения ФА нейтрофилов. Мазки фиксировали в 5%-ном растворе сульфосалициловой кислоты в течение 60–90 с, промывали дистиллированной водой и высушивали. Затем окрашивали 0.1%-ным раствором бромфенолового синего в боратном буфере в течение 1–2 мин, трижды промывали 0.05 М раствором боратного буфера по 1–3 мин. На следующем этапе докрашивали ядра 1%-ным раствором сафранина в течение 30–60 с. Далее промывали проточной водой и высушивали на воздухе. После вскрытия у лещей отбирали ткани иммунокомpetентных органов (почки, селезенки и печени), которые помещали в сухие стерильные пробирки. Пробы сыворотки крови и органов замораживали в морозильной камере при температуре минус 18–20°C. В лабораторных условиях непосредственно перед анализом пробы размораживали при комнатной температуре. Для дальнейших исследований из тканей почки, селезенки и печени готовили гомогенат с физиологическим раствором в соотношении 1 : 6. Далее в гомогенатах определяли содержание НИК во всех органах каждой особи.

БАСК оценивали нефелометрическим методом в модификации В.Р. Микрякова (1991). Данный показатель определяли по влиянию разведенной в 5 раз рыбопептонным бульоном сыворотки крови на рост и развитие 1 млрд тест-микробов вида *Aeromonas hydrophila*. Выбор *A. hidrophila* обусловлен тем, что этот вид

относится к условно-патогенным и широко распространенным в природе микроорганизмам, а также является одним из этиологических факторов краснухи – аэромонадной инфекции пресноводных и морских костищих рыб (Schäperclaus, 1979). Тест-культура была получена из лаборатории ихтиопатологии Филиала по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (“ВНИИПРХ”). Скорость роста бактерий в рыбо-пептонном бульоне в присутствии сыворотки (опыт) и без нее (контроль) определяли после 5–6-часовой инкубации при температуре 26°C. Оценивали изменения оптической плотности бульона до и после инкубации бактерий в опыте по сравнению с таковой в контроле. При нулевом уровне БАСК особей относили к ИМД.

Уровень СРБ определяли визуально по реакции агглютинации латекс-реагента с сывороткой крови, используя набор реагентов СРБ-Ольвекс. Исследования и оценку реакции проводили согласно инструкции по применению набора: положительная (>6 мг/л), слабоположительная (6 мг/л) и отрицательная (<6 мг/л).

Содержание НИК определяли нефелометрически при длине волны 450 нм методом селективной преципитации с 4%-ным полиэтиленгликолем молекулярной массой 6000 (Гриневич, Алферов, 1981).

ФА нейтрофилов определяли по содержанию неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови цитохимическим методом с бромфеноловым синим (Шубич, 1974), адаптированным для гидробионтов. Микроскопическое исследование мазков проводили с помощью цифрового микроскопа Optika DM-15 при увеличении ( $\times 600$ ), просматривая по 100 клеток в каждом мазке. По степени ФА исследуемые клетки делили на четыре группы (0–3 балла): 0 – гранулы катионного белка отсутствуют, 1 – единичные гранулы, 2 – гранулы занимают ~1/4 цитоплазмы, 3 – гранулы занимают >1/4 цитоплазмы. СЦК рассчитывали по формуле:

$$\text{СЦК} = (0 \times H_0 + 1 \times H_1 + 2 \times H_2 + 3 \times H_3)/100,$$

где  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  – число нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла соответственно.

Для статистической обработки результатов исследования использовали пакет программ Statistica v. 6.0 с применением *t*-теста Стьюдента. Различия считали значимыми при  $p \leq 0.05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ полученных результатов показал, что лещи, отловленные в разных водоемах, достоверно различались по многим исследованным

показателям неспецифического гуморального и клеточного иммунитета (табл. 2, 3).

Максимальные значения БАСК отмечены в Чебоксарском водохранилище (>90%), минимальные – в Горьковском, где не зафиксированы ИМД особи. Среди лещей из Куйбышевского и Чебоксарского водохранилищ, имеющих более высокие средние показатели БАСК, обнаружен низкий процент ИМД особей (11 и 5% соответственно). Также у большинства рыб (78 и 53% соответственно) в указанных водохранилищах отмечен положительный уровень СРБ. В Горьковском водохранилище этот показатель и уровень СЦК у лещей данного водоема был намного меньше, чем в водохранилищах, расположенных ниже по течению.

Наиболее высокие значения НИК зафиксированы в исследуемых тканях и органах лещей из Чебоксарского водохранилища. В сыворотке крови, печени и селезенке отмечены достоверные различия между показателями рыб Чебоксарского и Горьковского водохранилищ.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Иммунитет (от лат. *Immunitas* – освобождение от чего-либо) – состояние невосприимчивости организма к воздействию болезнетворных агентов, продуктов их жизнедеятельности, а также генетически чужеродных веществ, обладающих антигенными свойствами. Различают врожденный (неспецифический) и приобретенный (специфический) иммунитет. Приобретенный иммунитет высокоспецифичен в отношении каждого конкретного возбудителя. Врожденные факторы защиты в организме выполняют функции нейтрализации и лизиса чужеродных тел.

Сыворотка крови рыб выполняет широкий спектр защитных функций, направленных на поддержание постоянства внутренней среды при нарушении гомеостаза. Интегрированным выражением противомикробных свойств гуморального звена неспецифического иммунитета служит БАСК. Этот показатель отражает функционирование всего комплекса механизмов естественного иммунитета (системы комплемента, пропердина, иммуноглобулинов, лизоцима, протеасом, СРБ, бактериолизинов и т.д.) (Микряков, 1991; Ройт и др., 2000; Van Muiswinkel, Vervoorn-Van der Wal, 2006; Койко и др., 2008; Van der Marel, 2012 и др.). Проведенные ранее исследования закономерностей изменения БАСК у разных по экологии видов рыб показали связь антимикробной функции сыворотки крови с физиолого-биохимическим состоянием организма, интенсивностью заражения паразитами и уровнем антропогенного загрязнения водоема (Микряков, 1984; Силкина, 1988; Микряков и др., 2001; 2011; Микряков,

**Таблица 2.** Иммунологические показатели сыворотки крови

Вдхр.	<i>n</i>	БАСК, %	ИМД, %	СРБ, мг/л	СЦК
Куйбышевское (1)	9	69.33 ± 9.00	11	>6 (78%)	2.22 ± 0.08
Чебоксарское (2)	20	92.30 ± 5.07 <sup>1</sup>	5	>6 (53%)	2.09 ± 0.06
Горьковское (3)	14	53.42 ± 9.63 <sup>2</sup>	0	>6 (36%)	1.78 ± 0.06 <sup>1,2</sup>

Примечание. *n* – число рыб, экз.; % – процентное содержание лещей с положительной реакцией на СРБ. Здесь и в табл. 3, 1, 2, 3 – значимые различия показателей между группами рыб из соответствующего водохранилища.

**Таблица 3.** Содержание неспецифических иммунных комплексов, у.е.

Вдхр.	Сыворотка	Печень	Почки	Селезенка
Куйбышевское (1)	6.74 ± 2.36	6.33 ± 1.45	3.14 ± 0.87	5.88 ± 1.40
Чебоксарское (2)	11.29 ± 1.01	15.22 ± 2.27 <sup>1</sup>	5.66 ± 1.49	10.09 ± 1.44
Горьковское (3)	6.67 ± 1.162	6.12 ± 1.70 <sup>2</sup>	2.60 ± 1.25	4.30 ± 1.19 <sup>2</sup>

Микряков, 2015 и др.). Значительный уровень БАСК (>50%) у большинства лещей из исследуемых водоемов показывает высокую функциональную активность иммунной защиты.

Однако между рыбами из исследуемых водоемов обнаружены достоверные различия по показателям содержания СРБ в сыворотке и неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови. СРБ – белок острой фазы, компонент гуморального врожденного иммунитета, наиболее чувствительный лабораторный маркер инфекционных процессов, воспаления и тканевого повреждения. Он способствует распознанию микроорганизмов и их поглощению фагоцитами (Bottazzi et al., 2010; Lee et al., 2017), а также обеспечивает связь между врожденной и адаптивной иммунной системами (Назаров, 2010). В сыворотке здорового организма СРБ отсутствует, но его уровень быстро и многократно увеличивается при инфекционных и паразитарных заболеваниях. Об уровне неспецифического клеточного иммунитета и ФА судят по количеству неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов. Известно, что нейтрофильный гранулоцит одним из первых реагирует на развитие воспалительного процесса в организме, участвуя в фагоцитозе (Van Muiswinkel, Vervoort-Van der Wal, 2006; Havixbeck, Barreda, 2015; Hodgkinson et al., 2015). Зафиксированное у лещей из Куйбышевского и Чебоксарского водохранилищ наличие ИМД особей, более высокий уровень СРБ и показателя ФА нейтрофилов указывает на наличие воспалительных процессов и повышенную лизосомальную активность. Такие изменения в организме рыб могут быть следствием антигенного воздействия. Возможно, это связано с более высокими показателями заражения моногенеями сем. Diplozoidae лещей данных водоемов (Кузьмичева и др., 2022). Представители этого семейства относятся к наиболее распространенным в

водоемах бассейна р. Волги жаберным эктопаразитам, которые питаются кровью хозяина. У лещей из Саратовского водохранилища, с аналогичным уровнем заражения диплозонами (Кузьмичева и др., 2022), также зафиксирована положительная реакция (>6 у 75%) на содержание С-реактивного белка (Суворова и др., 2023).

Наличие патогенов в организме леща из Чебоксарского водохранилища подтверждает содержание НИК. Эти комплексы состоят из антигена, антител и связанных с ними компонентов системы комплемента. Они играют важную роль в процессах регуляции иммунных реакций, элиминации антигенов из организма и поддержания иммунофизиологического гомеостаза. На макрофагах, нейтрофилах и эритроцитах экспрессирован рецептор CR1, который через компоненты комплемента C4b и C3b связывает растворимые НИК и доставляет их к макрофагам селезенки и печени. При нарушении работы данного механизма происходит избыточное образование НИК, что приводит к развитию патологии и супрессии клиринговой функции клеток фагоцитарной системы (Ройт и др., 2000; Койко и др., 2008). Более высокие показатели НИК в сыворотке крови и тканях иммунокомпетентных органов лещей Чебоксарского водохранилища указывают на активную работу иммунной системы по нейтрализации чужеродного антигена.

При сравнении с аналогичными показателями лещей из расположенного ниже по течению Саратовского водохранилища обнаружены сходства и различия. У особей из Саратовского водохранилища средние показатели БАСК и НИК в иммунокомпетентных органах ниже, чем у особей из Куйбышевского и Горьковского водохранилищ. Следует отметить схожий с лещами из Куйбышевского водохранилища высокий процент СРБ, а также аналогичное с Горьковским водохранилищем отсутствие ИМД особей и уровень СЦК.

Более высокие значения БАСК и содержания НИК у рыб из Чебоксарского водохранилища, вероятно, связаны не только с уровнем заражения диплозонами, но и влиянием других патогенов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило установить количественные показатели неспецифического гуморального и клеточного иммунитета лещей водохранилищ Средней Волги. Рыбы, выловленные в разных водоемах, отличались по уровню БАСК, содержанию НИК, проценту ИМД и положительно реагирующих на содержание СРБ особей и количеству неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов. Обнаруженные различия между особями из исследуемых водоемов, вероятно, связаны с различным уровнем воздействия патогенов на организм лещей. Полученные данные можно использовать для мониторинга состояния здоровья рыб.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБВВ РАН № 124032500015-7.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авакян А.Б., Салтанкини В.П., Шарапов В.А.* 1987. Водохранилища. М.: Мысль.
- Атлас пресноводных рыб России. 2002. М.: Наука. Т. 1. Волга и ее жизнь. 1978. Л.: Наука.
- Герасимов Ю.В., Малин М.И., Соломатин Ю.И. и др.* 2018. Распределение и структура рыбного населения в водохранилищах Волжского каскада в 1980-е и 2010-е гг. // Тр. ИБВВ РАН. Вып. 82 (85). С. 82. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-1-0014>
- Гриневич Ю.А., Алферов А.Н.* 1981. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лаб. дело. № 8. С. 493.
- Койко Р., Саншайн Д., Бенджамини Э.* 2008. Иммунология. М.: Издат. центр “Академия”.
- Кузьмичева С.В., Микряков Д.В., Балабанова Л.В.* 2022. Уровень заражения моногенеями лещей, обитающих в водохранилищах Волги // Рыбоводство и рыб. хоз-во. № 2(193). С. 138. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2202-05>
- Микряков В.Р.* 1984. Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ АН СССР. 37 с.
- Микряков В.Р.* 1991. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод РАН.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А. и др.* 2001. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука.
- Микряков В.Р., Силкина Н.И., Микряков Д.В.* 2011. Влияние антропогенного загрязнения на иммунологические и биохимические механизмы поддержания гомеостаза у рыб Черного моря // Биол. моря. Т. 37. № 2. С. 142.
- Микряков В.Р., Микряков Д.В.* 2015. Иммунологическая индикация здоровья рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 55. № 1. С. 119.
- Назаров П.Г.* 2010. Пентраксины в реакциях врожденного и приобретенного иммунитета, организации матрикса, фертильности // Мед. академ. журн. Т. 10. № 4. С. 107. <https://doi.org/10.17816/MAJ104107-124>
- Ройт А., Бростофф Дж., Мейл Д.* 2000. Иммунология. М.: Мир. (*Roitt I., Brostoff J., Male D.* 1998. Immunology. M: Mir.)
- Силкина Н.И.* 1988. Сезонная динамика липидов сыворотки крови и ее связь с иммунологической реактивностью: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ АН СССР. 17 с.
- Суворова Т.А., Микряков Д.В., Пронина Г.И. и др.* 2023. Некоторые показатели неспецифического иммунитета леща Саратовского водохранилища // Тр. Ин-та биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. Вып. 104(107). С. 60. <https://doi.org/10.47021/0320-3557-2024-60-67>
- Шубич М.Г.* 1974. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего // Цитология. Т. 16. № 10. С. 1321.
- 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 // Aquacult. Int. V. 28. P. 869. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00501-3>
- Bottazzi B., Doni A., Garlanda C., Mantovani A.* 2010. An integrated view of humoral innate immunity: pentraxins as a paradigm // Ann. Rev. Immun. V. 28. P. 157.
- Havixbeck J.J., Barreda D.R.* 2015. Neutrophil development, migration, and function in teleost fish // Biology. V. 4. № 4. P. 715. <https://doi.org/10.3390/biology4040715>
- Hodgkinson J.W., Grayfer L., Belosevic M.* 2015. Biology of bony fish macrophages // Ibid. V. 4. № 4. P. 881. <https://doi.org/10.3390/biology4040881>
- Ihut A., Raducu C., Lațiu C. et al.* 2018. The influence of season variation on hematological parameters and oxidative stress for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Bull. UASVM Anim. Sci. Biotech. V. 75. № 1. P. 11. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:003517>
- Lee P.T., Bird S., Zou J., Martin S.A.M.* 2017. Phylogeny and expression analysis of C-reactive protein (CRP) and serum amyloid-P (SAP) like genes reveal two distinct groups in fish // Fish & Shellfish Immunol. V. 65. P. 42.
- Romano N., Scapigliati G., Abelli L.* 2017. Water oxygen content affects distribution of T and B lymphocytes in lymphoid tissues of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) // Fishes. V. 2. № 3. P. 16. <https://doi.org/10.3390/fishes2030016>
- Schäperclaus W.* 1979. Fischkrankheiten. V. 1, 2. Berlin: Akademie-Verlag.

- Shahjahan M.D., Helaluddin M.D., Bain V., Haque M.M.* 2018. Increased water temperature altered hematobiochemical parameters and structure of peripheral erythrocytes in striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* // Fish Physiol. Biochem. V. 44. P. 1309.  
<https://doi.org/10.1007/s10695-018-0522-0>
- Van der Marel M.C.* 2012. Carp mucus and its role in mucosal defense: PhD Thesis, Wageningen University. The Netherlands.
- Van Muiswinkel W., Vervoorn-Van Der Wal B.* 2006. The immune system of fish // Fish Diseases Disorders. V. 1. P. 678.
- Zhao H., Panase P., Zhang Z. et al.* 2018. Hematological and plasm biochemical values for *Rhinogobio ventralis* in the Yangtze River, China // Comp. Clin. Path. V. 27. P. 741.  
<https://doi.org/10.1007/s00580-018-2660-2>

## Some Indicators of Nonspecific Immunity of Bream *Abramis brama* in Reservoirs of the Middle Volga

**T. A. Suvorova<sup>1,\*</sup>, D. V. Mikryakov<sup>1</sup>, G. I. Pronina<sup>2</sup>, A. S. Mamonova<sup>3</sup>, S. V. Kuzmicheva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,  
 Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

<sup>2</sup>*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Russian Research Institute of Integrated Fish Breeding – Branch of the Federal Science Center  
 for Animal Husbandry named after academy Member L.K. Ernst,  
 pos. Vorovskogo, Moscow oblast, Noginsky raion, Russia*

\*e-mail: tanya@ibiw.ru

The study of some parameters of non-specific humoral and cellular immunity was carried out in sexually mature bream individuals living in the reservoirs of the Middle Volga (Kuibyshev, Cheboksary and Gorky). The level of antimicrobial properties and C-reactive protein of blood serum, non-specific immune complexes in blood serum and tissues of kidney, spleen and liver were studied, the share of immunodeficient individuals and phagocytic activity of neutrophils was determined. The highest indices of bacteriostatic activity of serum, average cytochemical coefficient of neutrophils and positive level of C-reactive protein of peripheral blood in the majority of investigated individuals were noted in Kuibyshev and Cheboksary reservoirs. The content of non-specific immune complexes in bream of the Cheboksary reservoir exceeded similar data of fish from other reservoirs. No immunodeficient individuals were recorded in the Gorky Reservoir. The revealed differences are probably related to the impact of different pathogenic factors on the organism of bream.

**Keywords:** bream *Abramis brama*, non-specific immunity, blood serum, bactericidal activity, non-specific immune complexes, C-reactive protein, phagocytic activity of neutrophils, Kuibyshev, Cheboksary and Gorky reservoirs