

Промысловые виды и их биология

УДК: 597.553.4:615.017:597–12

**Некоторые показатели гуморального и клеточного иммунитета
молоди сома обыкновенного, переболевшего ихтиофтириозом**Д.В. Микряков¹, Г.И. Пронина², Т.А. Суворова¹, А.Б. Петрушин²

¹ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ФГБУН «ИБВВ им. И.Д. Папанина»), п. Борок

² Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства (ФГБНУ «ВНИИР»), п. им. Воровского, Московская обл.

E-mail: daniil@ibiw.yaroslavl.ru

Проведено исследование иммунологических показателей молоди сома обыкновенного *Silurus glanis*, переболевшего ихтиофтириозом. Весной 2 группы годовиков по 100 больных особей рассадили в разные выростные пруды. Перед посадкой одну группу выдержали в течение часа в ванне с лечебным раствором: на 20 л воды 60 г поваренной соли + 60 мг фуразолидона + 100 мг/л метиленового синего. Другую группу не обрабатывали. Осенью после облова прудов у сомов обеих групп признаков заболевания не обнаружилось. У рыб из каждого пруда исследовали некоторые показатели гуморального и клеточного иммунитета. У группы сомов, которых выдерживали в лечебном растворе, были выше показатели бактериостатической активности сыворотки крови и доля зрелых сегментоядерных нейтрофилов в лейкограмме; ниже — доля иммунодефицитных особей и процент бластных форм клеток миелоидного ряда (миелоцитов). Не зафиксировано различий фагоцитарной активности нейтрофилов между рыбами из разных прудов. Полученные данные указывают на положительный эффект применения лечебного раствора для восстановления функционального состояния гуморального иммунитета.

Ключевые слова: сом обыкновенный *Silurus glanis*, ихтиофтириоз, гуморальный иммунитет, лейкоцитарная формула, фагоцитарная активность нейтрофилов.

ВВЕДЕНИЕ

Обыкновенный или европейский сом (*Silurus glanis* L., 1758) — крупная пресноводная бесчешуйчатая рыба семейства сомовых (Siluridae), ценный промысловый вид. Обитает в реках и озёрах Европейской части России, ведёт малоподвижный придонный образ жизни. Сом — крупный хищник, в зависимо-

сти от кормовой базы, предпочитает в рационе живую рыбу, других пресноводных животных и моллюсков [Атлас ..., 2002]. В настоящее время практикуются выращивание и domesticация сома обыкновенного в условиях рыбодных хозяйств в составе поликультуры рыб с целью наиболее полного и эффективного использования кормовой базы водоёма и повы-

шения рыбопродуктивности. Этот вид обладает рядом свойств, позволяющих выращивать его совместно с карпом и растительноядными рыбами [Станковская, 2005; Петрушин и др., 2012].

Поликультура рассматривается как метод профилактики заболеваний рыб, а обыкновенный сом как биологический мелиоратор, уничтожающий больную рыбу [Канаев, 1985; Корочкин, 1993]. Однако сомы, как и другие виды рыб, выращиваемых в условиях аквакультуры, подвержены заражению возбудителями некоторых инвазионных заболеваний, в том числе ихтиофтириоза. Это опасное, широко распространенное заболевание большинства видов рыб, обитающих в естественных водоёмах и выращиваемых в рыбоводных хозяйствах. Возбудитель — ресничная инфузория *Ichthyophthirius multifiliis* (Fouquet, 1876) локализуется под эпителием покровов тела и жабр рыб, образуя небольшие белые бугорки, содержащие трофонты, по которым идентифицируют заболевание. Для профилактики и лечения используются ванны из морской воды, смеси горькой и поваренной соли и др. Малахитовый зелёный, бриллиантовый зелёный, ярко-зелёный и фиолетовый «К» также оказывают губительное действие на паразита [Вербицкая, 1972; Бауэр и др., 1981; Звягина, Шелиханова, 1989]. Сведений о влиянии возбудителя ихтиофтириоза на внутренние системы организма рыб, в том числе иммунную систему, в литературе не много. У больных рыб фиксируют нарушение физиологических и биохимических процессов, развитие дистрофии во внутренних органах, лимфопению и нейтрофилез [Сборник..., 1998; Грищенко и др., 1999; Казарникова, Шестаковская, 2005].

Цель работы — изучение последствий влияния инвазии ихтиофтириоза на состояние неспецифического иммунитета и лейкоцитарный состав молоди сома обыкновенного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2016 г. В мае при разгрузке зимовального пруда у годовиков сома обыкновенного зафиксировали высокий уровень интенсивности инвазии ихтиофтириоза. Перед посадкой в выростной пруд одну

группу (I) больных рыб (100 экземпляров) 1 час выдерживали в лечебном растворе: на 20 л воды 60 г NaCl + 60 мг фуразолидона + 100 мг/л метиленового синего до интенсивной окраски. В аналогичный пруд посадили такую же по численности группу (II) рыб без обработки в растворе. Осенью у обеих групп сомов из разных прудов клинических признаков заболевания ихтиофтириозом отмечено не было. Из каждого пруда было отобрано по 10 рыб для исследования бактериостатической активности сыворотки крови (БАСК), доли иммунодефицитных (ИМД) особей, лейкоцитарного состава и фагоцитарной активности (ФА) нейтрофилов.

У исследуемых рыб проводили отбор крови из хвостовой вены. Для получения сыворотки кровь рыб набирали в сухую стерильную пробирку. Пробирку с кровью оставляли в штативе на 1 ч при комнатной температуре. За это время процесс свертывания крови завершается и происходит ретракция сгустка. После этого сыворотку забирали шприцем с тонкой иглой, переносили в пробирку Эппендорфа. Пробы сыворотки замораживали в морозильной камере при температуре 18–20 °С и транспортировали в специальных термоконтейнерах. В лаборатории непосредственно перед анализом пробы размораживали при комнатной температуре.

БАСК оценивали нефелометрическим методом в модификации В.Р. Микрякова (1991). Данный показатель определяли по влиянию разведённой в 5 раз сыворотки на рост и развитие 50 млн тест-микробов вида *Aeromonas hydrophila*. Интенсивность роста бактерий в присутствии сыворотки (опыт) и без неё (контроль) определяли после 5–6-часовой инкубации при температуре 26 °С. Скорость роста тест-микробов оценивали по изменению оптической плотности до и после инкубации бактерий в опыте по сравнению с контролем. В зависимости от уровня БАСК выявляли долю ИМД особей, сыворотка крови которых не угнетала развитие тест-микробов.

Для исследования состава лейкоцитов делали мазок крови, который сушили и фиксировали в 96%-ном этаноле 30 мин. Подсохшие мазки окрашивали по Паппенгейму. Препараты просматривали под световым микроскопом,

анализируя в каждом мазке 200 клеток белой крови. Лейкоциты идентифицировали и считали относительное количество лимфоцитов, моноцитов, сегментно- и палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов, базофилов и бластных форм клеток (миелобластов, промиелоцитов, миелоцитов и метамиелоцитов), согласно классификации Ивановой (1983).

ФА определяли по содержанию неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови цитохимическим методом [Шубич, 1974], адаптированным для гидробионтов [Пронина, 2014]. Средний цитохимический коэффициент (СЦК) рассчитывали по формуле: $СЦК = (0 \times H_0 + 1 \times H_1 + 2 \times H_2 + 3 \times H_3) / 100$, где H_0, H_1, H_2, H_3 — количество нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла, соответственно.

Статистическую обработку результатов исследования проводили по стандартным алгоритмам, реализованным в пакете программ Statistica V6.0, с использованием t-теста. Различия считали значимыми при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Переболевшие рыбы из разных прудов практически не отличались друг от друга по массе и длине тела, а сравнительный анализ показал различия по некоторым исследуемым показателям (табл.). Уровень БАСК у сомов, обработанных лечебным раствором, был выше, а содержание ИМД особей ниже, чем у рыб без обработки. Однако по содержанию неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов обе группы рыб практически не отличались. Исследование лейкоцитарного состава показало более высокое содержание миелоцитов и эозинофилов и низкое — лимфоцитов, моноцитов и нейтрофилов у II группы сомов, чем у I группы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что БАСК является интегральным показателем функционального состояния врождённых факторов гуморального иммунитета: систем комплемента, лизоцима, пропердина, иммуноглобулинов, противомикробных

Таблица. Показатели сома обыкновенного

| Показатели | Переболевшие ихтиофтириозом | |
|--|-----------------------------|-------------------|
| | с обработкой (I) | без обработки(II) |
| Масса тела, кг | 0,40±0,03 | 0,41±0,02 |
| Длина тела, см | 35,0±0,8 | 35,6±0,6 |
| Показатели неспецифического иммунитета | | |
| БАСК, % | 20 | 0 |
| ИМД особи, % | 60 | 100 |
| СЦК | 1,72±0,07 | 1,81±0,06 |
| Состав лейкоцитов, % | | |
| Миелобласты | 0,1±0,1 | 0,3±0,2 |
| Промиелоциты | 2,2±0,5 | 3,3±0,4 |
| Миелоциты | 5,0±0,9 | 11,4±1,6* |
| Метамиелоциты | 4,1±0,6 | 3,7±0,6 |
| Палочкоядерные нейтрофилы | 1,7±0,6 | 1,2±0,8 |
| Сегментоядерные нейтрофилы | 1,6±0,6 | 0,1±0,1* |
| Эозинофилы | 0,1±0,1 | 1,4±0,6 |
| Базофилы | 0,1±0,1 | 0,1±0,1 |
| Моноциты | 4,3±0,8 | 3,4±0,9 |
| Лимфоциты | 80,8±2,0 | 75,1±2,7 |

* Достоверные различия.

пептидов, лектинов, преципитинов, β -лизина 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.], а степень её проявления зависит от функционального состояния организма, характера влияния на рыб неблагоприятных факторов, в том числе возбудителей инфекционных и инвазионных заболеваний. Проведённые 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 темпами гибели организма на разных этапах онтогенеза [Микряков, 1984; Силкина, 1988; Микряков, Микряков, 2015 и др.]. Снижение уровня БАСК сопровождается появлением в популяциях рыб ИМД особей с низким адаптационным потенциалом и жизнестойкостью. Низкие показатели БАСК и высокая доля ИМД особей у переболевших ихтиофтириозом рыб обусловлены негативным воздействием возбудителя заболевания на механизмы врожденного иммунитета. Уровень БАСК и меньший процент ИМД особей у I группы сомов указывают на положительный эффект примененного лечебного раствора.

Незначительные отличия уровня СЦК у сомов обеих групп показали отсутствие связи между нахождением в организме рыб возбудителя ихтиофтириоза и фагоцитарной активностью нейтрофилов. Это подтверждается аналогичными данными исследуемого показателя у здоровых представителей вида [Иванов и др., 2017].

Исследование лейкограмм показало, что белая кровь сома обыкновенного имеет лимфоидный характер, т. е. среди лейкоцитов доминируют лимфоциты, которые у позвоночных считаются центральной фигурой иммунной системы. По характеру выполняемых функций, содержанию мембранных иммуноглобулиновых рецепторов, продолжительности жизни и гистогенезу лимфоциты гетерогенны и подразделяются на две основные субпопуляции: Т- и В-лимфоциты. Т-лимфоциты осуществляют функции распознавания чужеродных тел, разрушения антигена, формирования специфического иммунитета и адаптации рыб

к паразитам и токсическим факторам. Популяция В-лимфоцитов выполняет функцию синтеза антител, образования предшественников антителообразующих клеток и формирования клеток памяти [Купер, 1980; Микряков, 1991; Ройт и др., 2000; Микряков и др., 2001; Хаитов и др., 2002; Галактионов, 2005; Van Muiswinkel, Vervoorn-Van Der Wal, 2006].

В мазках крови, кроме лимфоцитов, выявлены моноциты, нейтрофилы, эозинофилы и базофилы. Относительное содержание этих клеток не велико. Они участвуют в фагоцитозе микроорганизмов, синтезе медиаторов иммунного ответа, неспецифических факторов иммунитета [Manning, Nakanishi, 1996; Галактионов, 2005; Navixbeck, Barreda, 2015; Katzenback, 2015].

Также в лейкоцитарной формуле зафиксированы юные незрелые или бластные, формы клеток. Нормальная доля их содержания в лейкограмме пресноводных видов составляет до 10% и зависит от видовых и экологических особенностей рыб [Иванова, 1983; Головина, Тромбицкий, 1989].

Лейкоцитарный состав у II группы сомов свидетельствует о том, что эти особи выздоровели позже, чем рыбы I группы. На это указывает более низкое содержание сегментоядерных нейтрофилов и высокое незрелых клеток гранулоцитарного ряда. Вероятно, в результате защитной реакции (фагоцитоз) иммунной системы на вторжение возбудителя инвазии происходит снижение доли зрелых сегментоядерных нейтрофилов. Повышение уровня бластных клеток указывает на активизацию организмом миелопоэза для восполнения содержания гранулоцитов. Аналогичные направления изменения в лейкограмме зафиксированы у сеголеток большеротого буффало (*Ictiobus cyprinellus Valenciennes, 1844*) и карпа (*Carpinus carpio L., 1758*), поражённых ихтиофтириозом и выздоравливающих после инвазии [Головина, Тромбицкий, 1989], а также у карпа после иммунизации бактериальным антигеном [Балабанова и др., 2003]. Также стоит отметить, что организм рыб реагирует на возбудителей инфекционных и инвазионных заболеваний изменением процентного содержания лимфоцитов, нейтрофилов и бластных форм клеток [Головина, Тромбицкий, 1989; Микряков и др., 2008, 2009].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало отличия некоторых показателей клеточного и гуморального иммунитета между исследованными группами сома обыкновенного, переболевшего ихтиофтириозом. У особей, которых перед посадкой в нагульный пруд выдерживали в лечебном растворе, выше показатели БАСК, доля зрелых сегментоядерных нейтрофилов в лейкограмме; ниже количество ИМД особей и процент бластных форм клеток миелоидного ряда (миелоцитов). Обнаруженные отличия указывают на то, что применение лечебного раствора способствовало более быстрому выздоровлению и восстановлению функционального состояния гуморального иммунитета.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № АА-АА-А18-118012690123-4).

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас пресноводных рыб России*. 2002. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука. Т. 2. 253 с.
- Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б., Микряков В.Р. 2003. Влияние карбофоса и иммунизации бактериальным антигеном на некоторые показатели иммунной системы карпа *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 43. № 2. С. 262–271.
- Бауэр О.Н., Мусселиус В.А.; Стрелков Ю.А. 1981. Болезни прудовых рыб. 2-е изд. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 320 с.
- Вербицкая И.Н. 1972. Основные болезни прудовых рыб. М.: Колос. 72 с.
- Галактионов В.Г. 2005. Эволюционная иммунология. М.: ИКЦ «Академкнига». 408 с.
- Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. 1989. Гематология прудовых рыб. Кишинев: Штиинца. 156 с.
- Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш., Васильков Г.В. 1999. Болезни рыб и основы рыбоводства. М.: Колос. 456 с.
- Звягина В.В., Шелиханова Р.М. 1989. К вопросу определения интенсивности инвазии возбудителя ихтиофтириоза при санитарно-гельминтологической экспертизе // Научные основы при гельминтозах и некоторых арбовирусных инфекциях. Омск. С. 292–298.
- Иванов А.А., Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. 2017. Гематология пойкилотермных гидробионтов. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 266 с.
- Иванова Н.Т. 1983. Атлас клеток крови рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность 184 с.
- Канаев А.И. 1985. Ветеринарная санитария в рыбоводстве. М.: Агропромиздат. 280 с.
- Казарникова А.В., Шестаковская Е.В. 2005. Заболевания осетровых рыб при искусственном воспроизводстве и товарном выращивании. Препр. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 58 с.
- Корочкин Е.Ф. 1993. Особенности питания и поведения сома // Рыбное хозяйство. № 1. С. 31–33.
- Койко Р., Саншайн Д., Бенджамини Э. 2008. Иммунология. М.: Изд. центр «Академия». 368 с. (Coico R., Sunshine G., Benjamini E. 2003. Immunology. A Short Course. John Wiley & Sons, Inc.).
- Купер Э. 1980. Сравнительная иммунология. М.: Мир. 424 с. (Cooper E.L. Comparative Immunology. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 338 pp. 1976).
- Микряков В.Р. 1984. Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 37 с.
- Микряков В.Р. 1991. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб. Рыбинск: ИБВВ РАН. 154 с.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б., Попов А.В., Силкина Н.И. 2001. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука. 126 с.
- Микряков Д.В., Микряков В.Р., Балабанова Л.В. 2008. Характер изменения состава лейкоцитов при стрессиндуцируемом синдроме язвенной болезни рыб (на примере карпа *Cyprinus carpio*) // Вопросы рыбоводства. Т. 9. № 4(36). С. 936–946.
- Микряков Д.В., Балабанова Л.В., Терещенко В.Г., Микряков В.Р. 2009. Влияние инвазии плероцеркоида *Ligula intestinalis* на состояние лимфомиелоидной ткани и на клеточное звено иммунной системы леща *Abramis brama* (L.) // «Проблемы ихтиопатологии в начале XXI века». Сборник науч. трудов. СПб: ГосНИОРХ. Вып. 338. С. 120–124.
- Микряков В.Р., Микряков Д.В. 2015. Иммунологическая индикация здоровья рыб // Вопросы ихтиологии. Т. 55. № 1. С. 119–123.
- Петрушин А.Б., Маслова Н.И., Власов В.А., Лабенец А.В., Петрушин В.А., Смолин В.В., Пронина Г.И., Дьяконов А.Н. 2012. Сборник методик по разведению и выращиванию обыкновенного (*Silurus glanis* L.) и клариевого (*Clarias gariepinus*) сомов. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 80 с.
- Пронина Г.И. 2014. О возможностях повышения иммунной устойчивости гидробионтов в аквакультуре

- // Известия Оренбургского ГАУ. № 3. С. 180–183.
- Ройт А., Бростофф Дж., Мейл Д. 2000. Иммунология. Пер. с англ. М.: Мир. 592 с. (Roitt I., Brostoff J., Male D. Immunology. 5th ed. L.: Mosby International Ltd., 1998. 423 p.).
- Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. М.: Отдел маркетинга АМБ-агро. Ч. 1. 310 с.
- Силкина Н.И. 1988. Сезонная динамика липидов сыворотки крови и её связь с иммунологической реактивностью: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 25 с.
- Станковская Т.П. 2005. Экологические основы рыбоводства. Н. Новгород: НГСХА. 170 с.
- Хаитов Р.М., Игнатьева Г.А., Сидорович И.Г. 2002. Иммунология / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина. 536 с.
- Шубич М.Г. 1974. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего // Цитология. № 10. СПб: С. 1321–1322.
- Manning M.J., Nakanishi T. 1996. The specific immune system: cellular defenses. London. Academic Press. P. 160–206.
- Havixbeck J. J., Barreda D.R. 2015. Neutrophil Development, Migration, and Function in Teleost Fish // Biology (Basel). Nov 6; 4(4):715–34. doi: 10.3390/biology4040715. Review.
- Katzenback B.A. 2015. Antimicrobial peptides as mediators of innate immunity in teleosts // Biology. 4(4). 607–639.
- Van der Marel M.C. 2012. Carp mucus and its role in mucosal defense: PhD Thesis, Wageningen University. The Netherlands. 189 p.
- Van Muiswinkel W., Vervoorn-Van Der Wal B. 2006. The immune system of fish // Fish Diseases and Disorders. Vol. 1. P. 678–701.

Поступила в редакцию 10.10.2018 г.
Принята после рецензии 02.11.2018 г.

Commercial species and their biology

Some indicators of humoral and cellular immunity of young catfish, who had ichthyophthiriasisD.V. Mikryakov¹, G.I. Pronina², T.A. Suvorova¹, A.B. Petrushin²¹ I.D. Papanin' Institute for Biology of Inland Waters RAS (FSBIS «IBIW RAS»), Borok² Russian Scientific Research Institute of Irrigation Fish-breeding (FSBSI «VNIIR»), p. n. Vorovskogo, Moscow reg.

The study of the immunological parameters of juvenile catfish *Silurus glanis*, who had ichthyophthiriasis. In the spring, 2 groups of yearlings of 100 sick individuals were seated in different nursery ponds. Before planting, one group was kept for an hour in a bath with a healing solution: 60 g of sodium chloride + 60 mg of furazolidone + 100 mg / l of methylene blue for 20 liters of water. No other group was treated. In the autumn, after fishing for ponds, catfish from both groups of signs of disease were not detected. Some indices of humoral and cellular immunity were studied in fish from each pond. The group of catfish, which was kept in the treatment solution, had higher indicators of the bacteriostatic activity of the blood serum and the proportion of mature segmented neutrophils in the leukogram; the proportion of immunodeficient individuals and the percentage of blast forms of myeloid cells (myelocytes) are lower. There were no differences in the phagocytic activity of neutrophils between fish from different ponds. The data obtained indicate a positive effect of applying a therapeutic solution to restore the functional state of humoral immunity.

Keywords: catfish *Silurus glanis*, ichthyophthiriasis, humoral immunity, leukocyte formula, phagocytic activity of neutrophils.

REFERENCES

- Atlas presnovodnyh ryb Rossii* [Atlas of Freshwater Fishes of Russia], 2002. / Pod red. Yu.S. Reshetnikova. M.: Nauka. T. 2. 253 s.
- Balabanova L.V., Zobotkina E.A., Lapirova T.B., Mikryakov V.R. 2003. Vliyanie karbofosa i immunizacii bakterial'nym antigenom na nekotorye pokazateli immunnoj sistemy karpa *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) [The Effect of Malathion and Immunization with a bacterial Antigen on some Indicators of the Immune System of Carp *Cyprinus carpio* (Cyprinidae)] // *Voprosy ihtologii*. T. 43. № 2. S. 262–271.
- Bauehr O.N., Musselius V.A.; Strelkov Yu. A. 1981. *Bolezni prudovyh ryb* [Diseases of Pond Fish]. 2-e izd. M.: Legkaya i pishhevaya promyshlennost'. 320 s.
- Verbickaya I.N. 1972. *Osnovnye bolezni prudovyh ryb* [The main Diseases of Pond Fish]. M.: Kolos. 72 s.
- Galaktionov V.G. 2005. *Ehvolucionnaya immunologiya* [Evolutionary Immunology: The Manual]. M.: Akademkniga. 408 s.
- Golovina N.A., Trombickij I.D. 1989. *Gematologiya prudovyh ryb* [Hematology of Pond Fish]. Kishinev: Shtiinca. 156 s.
- Grishchenko L.I., Akbaev M. Sh., Vasil'kov G. V. 1999. *Bolezni ryb i osnovy rybovodstva* [Diseases of Fish and the Basis of Fish Farming]. M.: Kolos. 456 s.
- Zvyagina V.V., Shelihanova P.M. 1989. *K voprosu opredeleniya intensivnosti invazii vzbuditelya ihtioftirioza pri sanitarno-gel'mintologicheskoy ehkspertize* [To the Question of Determining the Intensity of Infestation of the Causative Agent of Ichthyophthiriasis in Sanitary-helminthological Examination] // *Nauchnye osnovy pri gel'mintozah i nekotoryh arbovirusnyh infekciyah*. Omsk. S. 292–298.
- Ivanov A.A., Pronina G.I., Koryagina N. Yu. 2017. *Gematologiya pojkilotermyh gidrobiontov* [Hematology of Poikilothermic Hydrobionts]. M.: Izdvo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva. 266 s.
- Ivanova N.T. 1983. *Atlas kletok krovi ryb* [The Atlas of Blood Cells of Fish]. M.: Legkaya i pishhevaya promyshlennost'. 184 s.

- Kanaev A.I. 1985. Veterinarnaya sanitariya v rybovodstve [Veterinary Sanitation in Fish Farming]. M.: Agropromizdat. 280 s.
- Kazarnikova A.V., Shestakovskaya E.V. 2005. Zabolevaniya osetrovyyh ryb pri iskusstvennom vosproizvodstve i tovarnom vyrashchivaniy [Diseases of Sturgeons in artificial Reproduction and commercial Cultivation]. Prepr. Apatity: Izd. KNTC RAN. 58 s.
- Korochkin E.F. 1993. Osobennosti pitaniya i povedeniya soma [Feeding Habits and Catfish Behavior] // Rybnoe hozyajstvo. № 1. S. 31–33.
- Kojko R., Sanshajin D., Bendzhamini Eh. 2008. Immunologiya [Immunology]. M.: Izd. tsentr "Akademiya". 368 s.
- Kuper Eh. 1980. Sravnitel'naya immunologiya [Comparative Immunology]. M.: Mir. 424 s.
- Mikryakov V.R. 1984. Zakonomernosti funkcionirovaniya immunoj sistemy presnovodnyh ryb [Patterns of the Functioning of the Immune System of Freshwater Fish]: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M. 37 s.
- Mikryakov V.R. 1991. Zakonomernosti formirovaniya priobretennogo immuniteta u ryb [Patterns of Formation of Acquired Immunity in Fish]. Rybinsk: IBVV RAN. 154 s.
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V., Zabotkina E.A., Lapirova T.B., Popov A.V., Silkina N.I. 2001. Reakciya immunoj sistemy ryb na zagryaznenie vody toksikantami i zakislenie sredy [Reaction of Fishes Immune System to Water Acidification and Pollution by Toxicants]. M.: Nauka. 126 s.
- Mikryakov D.V., Mikryakov V.R., Balabanova L.V. 2008. Charakter izmeneniya sostava lejkocitov pri stressinduciruemom sindrome yazvennoj bolezni ryb (na primere karpa *Cyprinus carpio*) [The Nature of Changes in the Composition of Leukocytes in stress-induced Syndrome of Peptic Ulcer of Fish (on the Example of Carp *Cyprinus carpio*)] // Voprosy rybolovstva. T. 9. № 4(36). S. 936–946.
- Mikryakov D.V., Balabanova L.V., Tereshchenko V.G., Mikryakov V.R. 2009. Vliyanie invazii plerocerkoida *Ligula intestinalis* na sostoyanie limfomieloidnoj tkani i na kletocnoe zveno immunoj sistemy leshcha *Abramis brama* (L.) [Influence of Invasion of Plerocercoid *Ligula intestinalis* on the State of Lymphoma Myeloid Tissue and on the Cellular Element of the Immune System of Bream *Abramis brama* (L.)] // «Problemy ihtiopatologii v nachale XXI veka». Sbornik nauch. Trudov. SPb. GosNIORH. Vyp. 338. S. 120–124.
- Mikryakov V. R., Mikryakov D. V. 2015. Immunologicheskaya indikaciya zdorov'ya ryb [Immunological Indication of Fish Health] // Voprosy ihtiologii. T. 55. № 1. S. 119–123.
- Petrushin A. B., Maslova N. I., Vlasov V. A., Labenec A. V., Petrushin V. A., Smolin V. V., Pronina G. I., D'yakonov A. N. 2012. Sbornik metodik po razvedeniyu i vyrashchivaniyu obyknovennogo (*Silurus glanis* L.) i klarievogo (*Clarias gariepinus*) somov [Collection of Methods for Breeding and Growing Common (*Silurus glanis* L.) and Clarias (*Clarias gariepinus*) Catfishes]. M.: Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. 80 s.
- Pronina G.I. 2014. O vozmozhnostyah povysheniya immunoj ustojchivosti gidrobiontov v akvakul'ture [About the possibilities of increasing the immune stability of aquatic organisms in aquaculture] // Izvestiya Orenburgskogo GAU, № 3. S. 180–183.
- Rojt A., Brostoff Dzh., Mejl D. 2000. Immunologiya [Immunology]. M.: Mir. 592 s.
- Sbornik instrukcij po bor'be s boleznyami ryb [Collection of Instructions to Combat Fish Diseases]. 1998. M.: Otdel marketinga AMB-agro. Ch. 1. 310 s.
- Silkina N.I. 1988. Sezonnaya dinamika lipidov syvorotki krovi i eyo svyaz' s immunologicheskoy reaktivnost'yu [Seasonal Dynamics of Serum Lipids and its Relation to Immunological Reactivity]: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M. 25 s.
- Stankovskaya T.P. 2005. Ekhkologicheskie osnovy rybovodstva [Ecological Basis of Fish Farming]. N. Novgorod: NGSKHA. 170 s.
- Haitov R.M., Ignat'eva G. A., Sidorovich I.G. 2002. Immunologiya [Immunology]. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Medicina. 536 s.
- Shubich M.G. 1974. Vyyavlenie kationnogo belka v citoplazme lejkocitov s pomoshch'yu bromfenolovogo sinego [Detection of Cationic Protein in the Cytoplasm of Leukocytes Using Bromophenol Blue] // Citologiya. № 10. SPb: S. 1321–1322.
- Manning M.J., Nakanishi T. 1996. The specific immune system: cellular defenses. London. Academic Press. P. 160–206.
- Havixbeck J. J., Barreda D.R. 2015. Neutrophil Development, Migration, and Function in Teleost Fish // Biology (Basel). Nov 6; 4(4):715–34. doi: 10.3390/biology4040715. Review.
- Katzenback B.A. 2015. Antimicrobial peptides as mediators of innate immunity in teleosts // Biology. 4(4). 607–639.
- Van der Marel M.C. 2012. Carp mucus and its role in mucosal defense: PhD Thesis, Wageningen University. The Netherlands. 189 p.
- Van Muiswinkel W., Vervoorn-Van Der Wal B. 2006. The immune system of fish // Fish Diseases and Disorders. Vol. 1. P. 678–701.

TABLE CAPTIONS

Table. Indicators of catfish