
КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 597.554.3-12:577.125:612.11

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГРУПП КАРПА В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДОВОГО ЦИКЛА

© 2021 г. Д. В. Микряков*, @, Г. И. Пронина**, Т. А. Суворова*,
А. С. Соколова*, В. Р. Микряков*, А. Б. Петрушин***

*ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская область, 152742 Россия

**Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва 127550 Россия

***ВНИИ интегрированного рыбководства – филиал ФГБНУ “Федеральный исследовательский центр
животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста”, ул. Сергеева, д. 24, пос. Воровского, Богородский ГО,
Московская обл., 142460 Россия

@E-mail: daniil@ibiw.ru

Поступила в редакцию 03.07.2020 г.

После доработки 17.11.2020 г.

Принята к публикации 17.11.2020 г.

Проведено сравнительное исследование некоторых параметров неспецифического иммунитета у ангелинской краснухостойчивой породы, чешуйчатой и зеркальной групп карпа в преднерестовый и конце нагульного периодов. Изучен уровень антимикробных свойств С-реактивного белка, неспецифических иммунных комплексов в сыворотке крови и фагоцитарной активности нейтрофилов. Исследование показало межпородные и межсезонные различия некоторых показателей. Сделан вывод, что более высокий уровень бактериостатической активности сыворотки крови у краснухостойчивой породы, по сравнению с другими группами карпа, обеспечивает низкий процент иммунодефицитных особей и устойчивость к возбудителям инфекционных заболеваний.

DOI: 10.31857/S1026347021040107

Годовой цикл рыб состоит из ряда периодов: преднерестового, нереста, посленерестового, нагульного, зимовальной миграции, зимовки, нерестовой миграции, преднерестового нагула (Никольский, 1974). Ранее на примере плотвы *Rutilus rutilus*, леща *Abramis brama*, речного окуня *Perca fluviatilis* и синца *Abramis ballerus* было показано, что устойчивость рыб к бактериальной инфекции в разные периоды года отличается. В нерестовый и посленерестовый периоды (май, июнь) отмечена минимальная устойчивость к возбудителям аэромоноза рыб, а максимальная – в конце нагула (Schaperclaus, 1979; Микряков, 1984).

В нерестовый период в организме рыб происходят значительные изменения, требующие огромных энергетических затрат за счет активации катаболических и снижения анаболических процессов. В обменные процессы включаются структурные фракции липидов (фосфолипидов), уровень содержания холестерина – нарастает, альбумина, гликогена, α -глобулина – падает. В этот период процессы диссимилиации преобладают над ассимиляцией. Одновременно в нерестовый и посленерестовый периоды нарастает доля особей с

низким уровнем иммунореактивности. В нагульный период в организме рыб происходят противоположные процессы, связанные с восстановлением израсходованных во время зимовки и нереста ресурсов пластических и энергетических веществ и с повышением функциональной активности иммунной системы (Шатуновский, 1980; Микряков, 1984; Lloret *et al.*, 2014).

При выращивании в рыбоводных хозяйствах у карпов *Cyprinus carpio* в течение годового цикла также изменяется уровень иммунореактивности (Лысанов, Микряков 1990). Снижение неспецифического иммунитета способствует созданию условий для вспышки эпизоотий инфекционных болезней. Весенний период считается наиболее опасным. Рыбы испытывают стресс в результате отлова, транспортировки и изменения условий содержания в процессе их пересадки из зимовалов в нагульные пруды. Воздействие стресс-факторов приводит к снижению выживаемости, иммунореактивности и неспецифической защиты к возбудителям различных инфекционных и инвазионных заболеваний (Wendelaar Bonga, 1997; Van

Muiswinkel, Vervoorn-Van Der Wal, 2006; Uren Webster *et al.*, 2018).

Одним из наиболее распространенных заболеваний рыб, наносящих большой экономический ущерб, в РФ считается краснуха. Это полиэтиологическое заболевание рыб, в основном семейства карповых, возбудителями которого являются вирус весенней виремии, аэромонады, псевдомонады (Kirpichnikov *et al.*, 1993; Головина и др., 2003). Для решения задачи по снижению значительного ущерба рыбоводству в России с помощью селекции на иммунную устойчивость выведена ангелинская порода карпа, обладающая устойчивостью к возбудителям краснухи (Илясов, 2002). Исследование показателей неспецифического иммунитета у краснухостойчивых карпов позволит понять механизмы, обеспечивающие невосприимчивость рыб к инфекционным заболеваниям. Ранее авторами были показаны различия некоторых иммунобиохимических показателей между краснухостойчивыми и восприимчивыми к заболеванию породами карпа (Микряков и др., 2019а, 2019б; Суворова и др., 2019). Установлено, что особи краснухостойчивой породы отличаются от карпов других селекционных групп долей содержания различных форм лейкоцитов, интенсивностью лейкопоза, уровнем белка, глюкозы, общих липидов, окислительных процессов и антиоксидантной защиты. Однако этих данных недостаточно для понимания особенностей функционирования различных систем организма, в том числе отвечающих за иммунный ответ и устойчивость к инфекционным заболеваниям, у особей ангелинской породы.

Цель работы — сравнительное исследование показателей неспецифического иммунитета рыб краснухостойчивой породы с карпами, восприимчивыми к возбудителям краснухи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали карпов в возрасте 2+...3+ в мае и сентябре 2018 г. во время пересадки рыб из зимовалов в нагульные пруды, и наоборот. Материал отбирали у особей ангелинской чешуйчатой краснухостойчивой породы, содержащихся на экспериментальной прудовой базе “Сунога” ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН Ярославской обл. Для сравнения использовали восприимчивых к возбудителям краснухи чешуйчатых и зеркальных карпов из рыбоводного хозяйства “Кирия” Чувашской республики.

У рыб проводили отбор крови из хвостовой вены для исследования бактериостатической активности сыворотки крови (БАСК), доли иммунодефицитных (ИМД) особей, содержания неспецифических иммунных комплексов (ИК), уровня С-реактивного белка (СРБ) и фагоцитарной активности (ФА)

нейтрофилов. Для определения ФА делали мазки, которые фиксировали в 5%-ном растворе сульфосалициловой кислоты в течение 60–90 с, промывали дистиллированной водой, высушивали, затем окрашивали 0.1%-ным раствором бромфенолового синего в боратном буфере в течение 1–2 мин. После чего трижды промывали 0.05 М раствором боратного буфера 1–3 мин. На следующем этапе докрашивали ядра 1%-ным раствором сафранина в течение 30–60 с. Для получения сыворотки кровь рыб собирали в сухую стерильную пробирку. Пробирку с кровью оставляли в штативе на 1 ч при комнатной температуре, а потом выдерживали 1 сут в холодильнике при 4°C для свертывания крови и ретракции сгустка. После этого сыворотку забирали шприцем с тонкой иглой и переносили в пробирку эппендорф. Пробы замораживали в морозильной камере при температуре –18...–20°C и транспортировали в специальных термоконтейнерах. В лаборатории непосредственно перед анализом пробы размораживали при комнатной температуре.

БАСК оценивали нефелометрическим методом согласно модификации Микрякова (1984). В зависимости от уровня БАСК выявляли долю ИМД особей, сыворотка крови которых не угнетала развитие тест-микробов. Уровень СРБ определяли визуально по реакции агглютинации латекс-реагента с сывороткой крови, используя набор реагентов СРБ-Ольвекс. Содержание ИК устанавливали спектрофотометрически при длине волны 450 нм методом селективной преципитации с 4%-ным полиэтиленгликолем мол. массой 6000 как рекомендовано ранее (Гриневич, Алферов, 1981). Спектрофотометрические исследования проводили с помощью фотоэлектрического фотометра КФК-3 “Загорского оптико-механического завода”. ФА определяли по содержанию неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови цитохимическим методом с бромфеноловым синим (Шубич, 1974), адаптированным для гидробионтов. Микроскопическое исследование мазков производили под цифровым микроскопом Optika DM-15 с увеличением (×600), просматривая по 100 клеток в каждой мазке. По степени фагоцитарной активности исследуемые клетки делили на 4 группы (0–3 балла): 0 — гранулы катионного белка отсутствуют, 1 — единичные гранулы, 2 — гранулы занимают ~1/4 цитоплазмы, 3 — гранулы занимают более 1/4 цитоплазмы. Средний цитохимический коэффициент (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 — соответственно число нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла;

$$H_0 + H_1 + H_2 + H_3 = 100.$$

Таблица 1. Показатели неспецифического иммунитета карпов

Показатели	Ангелинская порода	Чешуйчатые карпы	Зеркальные карпы
Количество рыб	$\frac{5}{6}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{8}$
Масса тела, г	$\frac{284.40 \pm 12.37}{863.00 \pm 34.41}$	$\frac{241.77 \pm 22.41}{2022.37 \pm 69.70}$	$\frac{270.20 \pm 22.94}{2033.75 \pm 71.05}$
Длина тела, см	$\frac{22.74 \pm 0.19}{32.35 \pm 0.51}$	$\frac{22.09 \pm 0.75}{42.66 \pm 0.54}$	$\frac{23.04 \pm 0.61}{40.41 \pm 0.40}$
Бактериостатическая активность сыворотки крови, %	$\frac{23.22 \pm 6.54}{53.93 \pm 5.26^*}$	$\frac{7.10 \pm 6.34^a}{58.77 \pm 15.01^*}$	$\frac{5.16 \pm 2.18^a}{45.40 \pm 14.40^*}$
Иммунодефицитные особи, %	$\frac{20}{0}$	$\frac{70}{25}$	$\frac{60}{25}$
Иммунные комплексы, усл. ед.	$\frac{1.82 \pm 0.70}{1.50 \pm 0.54}$	$\frac{1.25 \pm 0.46}{1.00 \pm 0.27}$	$\frac{0.94 \pm 0.21}{1.21 \pm 0.37}$
С-реактивный белок, мг/л	$\frac{6}{>6}$	$\frac{>6}{6}$	$\frac{>6}{>6}$
Средний цитохимический коэффициент лизосомального катионного белка в нейтрофилах крови, ед.	$\frac{1.78 \pm 0.10}{1.60 \pm 0.06}$	$\frac{1.88 \pm 0.04}{1.84 \pm 0.04}$	$\frac{1.83 \pm 0.03}{1.67 \pm 0.04^*}$

Примечание. Над чертой — весенние показатели, под чертой — осенние показатели; * — значимые различия между весенними и осенними показателями; ^a — значимые различия между ангелинской породой и другими группами (чешуйчатые и зеркальные) карпов, при $p \leq 0.05$.

Статистическую обработку результатов проводили по стандартным алгоритмам, реализованным в пакете программ Statistica V6.0, с использованием t -теста. Различия считали значимыми при $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ показал, что особи краснухостойчивой породы и других селекционных групп карпов *Cyprinus carpio* имели межсезонные и межпородные отличия по исследуемым показателям (таблица 1).

Известно, что БАСК — интегральный показатель функционального состояния врожденных факторов гуморального иммунитета: систем комплемента, лизоцима, иммуноглобулинов, противомикробных пептидов, лектинов, преципитинов, β -лизина, пропердина, дефензина и др. (Микряков, 1984; Ройт и др. 2000; Van Muiswinkel, Vervoorn-Van der Wal, 2006; Койхо и др., 2008; Van der Marel, 2012; Campoverde *et al.*, 2017 и др.). Величина БАСК была в разы выше у карпов, отловленных осенью по сравнению с весной, при этом у краснухостойчивых межсезонные различия были не такие значительные, как у чешуйчатых и зеркальных. Как было указано выше, такие различия связаны с уровнем функционального со-

стояния иммунной системы организма рыб в различные периоды годового цикла. Аналогичное изменение уровня БАСК зафиксировано у разных по экологии видов рыб: налима *Lota lota*, синца *Abramis ballerus*, плотвы *Rutilus rutilus*, леща *Abramis brama* (Микряков, Силкин, 1978; Микряков, 1984).

Сравнение уровня между различными селекционными группами показало, что весенние показатели БАСК у особей краснухостойчивой породы были выше в 3.3 раза, чем у чешуйчатых и в 4.5 раза, чем у зеркальных карпов. С низким уровнем БАСК связан высокий процент ИМД особей среди чешуйчатых и зеркальных карпов. У ангелинской породы процент таких особей был низкий даже в весенний период, что указывает на более высокий уровень функционального состояния неспецифического гуморального иммунитета.

Исследование содержания ИК показало незначительные отличия среди исследуемых групп рыб. Более высокие показатели зафиксированы весной (за исключением зеркальных карпов). Известно, что ИК — комплексы антиген-антитело и связанные с ними компоненты комплемента, образующиеся в результате взаимодействия с низкомолекулярными чужеродными соединениями (гаптенами, растворимыми антигенами и аутоан-

тигенами). Они играют важную роль в процессах регуляции иммунных реакций, элиминации ксенобиотиков из организма и поддержании иммунологического и биохимического гомеостаза. При насыщении организма чужеродными телами, происходит избыточное образование ИК вследствие супрессии клиринговой функции клеток фагоцитарной системы (Логинов и др., 1999; Койхо и др., 2008). Отсутствие значимых межвидовых и межсезонных отличий уровня ИК в сыворотке крови указывает на хорошее содержание карпов и отсутствие инфекционных агентов. Межсезонные изменения, вероятно, связаны с интенсивностью накопления и утилизацией ИК организмом рыб.

Исследование уровня СРБ — белка острой фазы, наиболее чувствительного лабораторного маркера инфекции, воспаления и тканевого повреждения, показало межсезонные отличия у ангелинских и чешуйчатых карпов. Слабоположительный уровень СРБ (6 мг/л) зафиксирован у карпов краснухостойчивой породы весной и у чешуйчатых карпов — осенью. В остальных пробах отмечен положительный результат (более 6 мг/л). СРБ — один из ключевых компонентов гуморального врожденного иммунитета, обеспечивает связь между врожденной и адаптивной иммунной системами (Назаров, 2010), способный распознавать микробы и способствовать их поглощению фагоцитами (Bottazzi *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2017). СРБ очень чувствительный элемент крови, быстрее других реагирующий на повреждения тканей. В сыворотке здорового организма СРБ отсутствует, но его уровень быстро и многократно увеличивается при инфекционных и паразитарных заболеваниях. Низкое содержание СРБ в организме краснухостойчивой породы карпов весной, вероятно, связано с высоким уровнем БАСК.

Фагоциты способны убивать патогены, используя различные механизмы, которые могут быть в широком смысле классифицированы как кислород-зависимые или кислород-независимые. Исследования показали, что у рыб фагоцитарной активностью обладают моноциты/макрофаги и гранулоциты (нейтрофилы и, в некоторых случаях, эозинофилы). Гранулоциты (особенно нейтрофилы) — мобильные, фагоцитарные клетки, которые производят активные формы кислорода, но их бактерицидная активность ниже по сравнению с макрофагами (Hoar *et al.*, 1996). Результаты лизосомально-катионного теста показали, что потенциальная фагоцитарная активность нейтрофилов крови рыб находилась в пределах физиологической нормы для карпа данной возрастной категории. Однако осенью отмечено значимое снижение СЦК катионного белка у зеркальной группы карпа. Такое снижение в осенний период свидетельствует о расходовании высокотоксичного лизосомального катионного белка в процессе неспецифической кле-

точной иммунной защиты (фагоцитоза) у рыб во время нагульного периода. Подобные результаты получены нами ранее (Pronina *et al.*, 2019) и свидетельствуют о хорошем иммунном статусе рыб в этот период года.

Исследование иммунологических показателей у карпов *Cyprinus carpio* краснухостойчивой породы позволило получить новые данные об уровне неспецифического иммунитета в весенний и осенний периоды годового цикла. Анализ полученных данных показал межсезонные и межпородные различия исследуемых показателей. Наиболее значимые отличия зафиксированы в уровне БАСК и количестве ИМД особей в весенний период. Высокий уровень функционального состояния неспецифического гуморального иммунитета, в частности бактериостатических свойств сыворотки крови, вероятно, обеспечивает невосприимчивость карпов ангелинской породы к возбудителям краснухи. Полученные данные могут быть использованы в качестве маркеров при проведении селекционно-племенной работы по повышению устойчивости рыб к инфекционным заболеваниям.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-016-0019618) и частично в рамках государственного задания (тема АААА-А18-118012690123-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. Под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. М.: Мир, 2003. 448 с.
- Гриневич Ю.А., Алферов А.Н. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лаб. дело. 1981. № 8. С. 493–496.
- Илясов Ю.И. Селекция рыб на повышение устойчивости к заболеваниям // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. М.: Изд-во ВНИРО, 2002. Вып. 78. С. 125–134.
- Койхо Р., Саниайн Д., Бенджамини Э. Иммунология: учебное пособие. М.: Академия, 2008. 368 с.
- Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н. Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология. Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд. ИЭВС и ДВ, 1999. 144 с.
- Лысанов А.В., Микряков В.Р. Особенности сезонной динамики общего белка и бактериоагглютининов у карпа (*Cyprinus carpio* L.) в условиях тепловодного хозяйства // Биология внутренних вод: Информационный бюллетень. 1990. № 86. С. 49–51.
- Микряков В.Р. Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ИЭМиЭЖ АН СССР, 1984. 37 с.
- Микряков В.Р., Силкин Н.Ф. Сезонная динамика антимикробных свойств сыворотки крови у различных по экологии видов рыб // Биология внутренних

- вод: Информационный бюллетень. 1978. № 39. С. 63–68.
- Микряков Д.В., Пронина Г.И., Суворова Т.А., Соколова А.С., Петрушин А.Б., Кузьмичёва С.В. Содержание иммунных комплексов, общих липидов и окислительные процессы в иммунокомпетентных органах краснухостойчивой породы карпа в конце нагульного периода // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019 а. № 8. С. 49–55.
- Микряков Д.В., Ревякин А.О., Пронина Г.И., Соколова А.С., Микряков В.Р., Петрушин А.Б. Биохимические показатели сыворотки крови краснухостойчивой породы карпа после зимовки // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2019 б. Вып. 87(90). С. 56–61.
- Назаров П.Г. Пентраксины в реакциях врожденного и приобретённого иммунитета, организации матрикса, фертильности // Медицинский академический журн. 2010. Т. 10. № 4. С. 107–124.
- Никольский Г.В. Экология рыб. М. Высшая школа, 1974. 367 с.
- Ройт А., Бростовф Дж., Мейл Д. Иммунология. М.: Мир, 2000. 592 с.
- Суворова Т.А., Пронина Г.И., Микряков Д.В., Петрушин А.Б. Состав лейкоцитов периферической крови и иммунокомпетентных органов краснухостойчивой породы карпа в конце нагульного периода // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. № 3(43). С. 25–29.
- Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 238 с.
- Шубич М.Г. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего // Цитология. 1974. № 10. С. 1321–1322.
- Bottazzi B., Doni A., Garlanda C., Mantovani A. An integrated view of humoral innate immunity: pentraxins as a paradigm // Ann. Rev. Immun. 2010. V. 28. P. 157–183.
- Campoverde C., Milne D.J., Estévez A., Duncan N., Secombes C.J., Andree K.B. Ontogeny and modulation after PAMPs stimulation of β -defensin, hepcidin, and piscidin antimicrobial peptides in meagre (*Argyrosomus regius*) // Fish Shellfish Immun. 2017. V. 69. P. 200–210.
- Hoar W.S., Randall D.J., Iwama G., Nakanishi T. The Fish Immune System: Organism, Pathogen, and Environment. Fish Physiology (V. 15). San Diego, California. Academic Press, Inc., 1996. 378 p.
- Kirpichnikov V.S., Ilyasov Ju.I., Shart L.A., Vikhman A.A., Ganchenko M.V., Ostashevsky A.L., Simonov V.M., Tikhonov G.F., Tjurin V.V. Selection of Krasnodar common carp (*Cyprinus carpio* L.) for resistance to dropsy: principal results and prospects // Aquaculture. 1993. V. 111. P. 7–20.
- Lee P.T., Bird S., Zou J. Martin S.A.M. Phylogeny and expression analysis of C-reactive protein (CRP) and serum amyloid-P (SAP) like genes reveal two distinct groups in fish. Fish & Shellfish Immunology. 2017. V. 65. P. 42–51.
- Lloret J., Shulman G., Love R.M. Condition and health indicators of exploited marine fishes. Wiley Blackwell, 2014. P. 247.
- Pronina G.I., Petrushin A.B., Shishanova E.I., Rozumnaya L.A. Physiological and immunologic peculiarities of the “Surskiy malokostnyi” immune resistant carp cross // Journal of Aquatic science. 2019. V. 10(2): 83–87.
- Schaperclaus W. Fischkrankheiten. Berlin: Academic-Verlag, 1979. V. 1. 510 p.
- Uren Webster T.M., Rodriguez-Barreto D., Martin S.A.M., van Oosterhout C., Orozco-terWengel P., Cable J., Hamilton A., Garcia de Leaniz C., Consuegra S. Contrasting effects of acute and chronic stress on the transcriptome, epigenome, and immune response of Atlantic salmon // Epigenetics. 2018 V. 13. № 12. P. 1191–1207.
- Van der Marel M.C. Carp mucus and its role in mucosal defense: PhD Thesis, Wageningen University. The Netherlands. 2012. 189 p.
- Van Muiswinkel W., Vervoorn-Van Der Wal B. The immune system of fish // Fish Diseases and Disorders. 2006. V. 1. P. 678–701.
- Wendelaar Bonga S.E. The stress response in fish // Physiol. Rev. 1997. V. 77. № 3. P. 591–625.

Some Indicators of Nonspecific Immunity of Various Breeding Groups of Carp in Different Periods of the Annual Cycle

D. V. Mikryakov^{1, #}, G. I. Pronina², T. A. Suvorova¹, A. S. Sokolova¹,
V. R. Mikryakov¹, and A. B. Petrushin³

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Yaroslavl region, 152742 Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, st. Timiryazevsky 49, Moscow, 127550 Russia

³All-Russian Research Institute of Irrigation Fisheries, st. Sergeeva 24, pos. Vorovskogo, Borogodsky GO, Moscow region, 142460 Russia

[#]e-mail: daniil@ibiw.ru

A comparative study of some parameters of nonspecific immunity in the Angelina rubella-resistant breed, the scaly and mirror groups of carp in the pre-spawning and late feeding periods was carried out. The level of antimicrobial properties of C-reactive protein, nonspecific immune complexes in blood serum and phagocytic activity of neutrophils were studied. The study showed inter-breed and inter-seasonal differences in some indicators. It is concluded that the higher level of bacteriostatic activity of blood serum in the rubella-resistant breed, compared with other groups of carp, provides a low percentage of immunodeficient individuals and resistance to pathogens of infectious diseases.