

УДК 639.3:577.27

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГО-ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
РАЗЛИЧНЫХ КРОССОВ КАРПА (*Cyprinus carpio* L.)**¹Пронина Г.И., ²Микряков Д.В., ²Силкина Н.И.¹*ВНИИ ирригационного рыбоводства, 142460 пос. Воровского Московской области, Российская Федерация;* ²*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, 152742 Борок Ярославской обл., Российская Федерация*

Проведено сравнительное исследование двухлеток различных кроссов карпа по иммунобиохимическим показателям сыворотки крови, печени и почек. Для исследования использовали 40 особей из рыбоводных хозяйств второй («Кирия» Чувашской республики) и пятой («Ергенинский» и «Флора» Волгоградской области) рыбоводных зон. Кросс «Петровский» – гибрид чувашской чешуйчатой и анишской зеркальной пород. Кросс «Зеркальный» – результат скрещивания самцов Молдавской зеркальной линии и самок Волжского рамчатого карпа. Кросс «Ергенинский» получен путем рецiproкного скрещивания Чешуйчатой местной и Молдавской зеркальной форм. Определены референтные значения показателей уровня циркулирующих иммунных комплексов, содержания малонового диальдегида и антиокислительной активности у разных по происхождению групп карпа. Показано, что кроссы «Ергенинский» (зеркальная группа) и «Петровский» отличаются наиболее стабильным иммунобиохимическим статусом во всех исследованных тканях. Это указывает на наиболее высокую устойчивость этих групп к возможному заражению инфекционными и инвазионными заболеваниями и нарушению условий выращивания.

Ключевые слова: карп, кроссы, иммунный гомеостаз, перекисное окисление липидов, антиокислительная активность

Проблемы биологии продуктивных животных, 2015, 1: 41-46

Введение

Кроссами в рыбоводстве принято называть межпородные и межлинейные гибриды. Высокая продуктивность, получаемая при неродственном скрещивании, обусловлена эффектом гетерозиса, степень проявления которого может быть различной.

Для получения высокопродуктивных кроссов необходимо выявление наиболее эффективных комбинаций промышленного скрещивания. В животноводстве работа по получению кроссов налажена очень хорошо. Она основана на двух-, трех- и четырех-линейном кроссировании. Получение товарных кроссов в рыбоводстве – путь повышения эффективности промышленного разведения рыб и селекционной работы.

Генетическими проблемами гибридизации рыб с целью повышения их хозяйственной ценности и жизнеспособности занимались многие исследователи (Андрияшева, 1971; Алексеевко, 1981; Кирпичников, 1987; Маслова и др., 1996; Bakos, 1976; Bialowas at al., 1997 и др.). Однако физиологические, в т.ч. иммунные особенности полученных кроссов, влияющие на устойчивость к заболеваниям и неблагоприятным условиям выращивания, остаются малоизученными.

Целью данного исследования было проведение сравнительной оценки кроссов (гибридов) карпа *Cyprinus carpio* L. разного происхождения по иммуно-биохимическим показателям.

Материал и методы

В качестве объектов исследования использовали двухлетков различных кроссов (40 особей) из рыбоводных хозяйств 2-й («Кирия» Чувашской республики) и 5-й («Ергенинский» и «Флора» Волгоградской области) рыбоводных зон. Кросс «Петровский» (селекционное достижение, патент № 4805 от 22.06.2009 г.) – гибрид чувашской чешуйчатой и анишской зеркальной пород. Кросс «Зеркальный» – результат скрещивания самцов Молдавской зеркальной линии и самок Волжского рамчатого карпа. Кросс «Ергенинский» получен путем реципрокного скрещивания Чешуйчатой местной и Молдавской зеркальной форм.

Все исследуемые рыбы содержались в рыбоводных прудах. Гидрохимический режим прудов соответствовал нормативам каждой рыбоводной зоны. Иммуно-биохимическое состояние организма исследуемых рыб оценивали в пробах сыворотки крови, печени и туловищной почки. Отбор проб проводили осенью после облова нагульных и выростных прудов. Пробы замораживали в морозильной камере (при температуре минус 15-20°C) и транспортировали в специальных термоконтейнерах со льдом в лабораторию для исследования.

В отобранных пробах исследовали содержание неспецифических иммунных комплексов (ИК), продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантов. Содержание ИК определяли методом селективной преципитации с 7% полиэтиленгликолем спектрофотометрически при длине волны 280 нм по Гриневич и Алферову (1981).

Об интенсивности ПОЛ в тканях судили по накоплению малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов перекисного окисления. Концентрацию МДА определяли по количеству продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой и дающих с ней окрашенный комплекс. Интенсивность окрашивания оценивали спектрофотометрически по изменению максимума поглощения при 532 нм (Андреева и др., 1988). Расчет содержания продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, проводили с учетом коэффициента молярной экстинкции МДА ($1.56 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) и выражали в наномолях на 1 г ткани.

Уровень антиоксидантной защиты (АЗ) оценивали по кинетике окисления субстрата восстановленной формы 2,6-дихлорфенолиндофенола кислородом воздуха по методике (Семенов, Ярош, 1985), адаптированной нами для рыб. Сущность метода заключается в том, что чем выше скорость окисления субстрата в присутствии биологического материала, тем ниже содержание антиоксидантов в тканях. Гомогенат получали путем растирания навески ткани (г) с физиологическим раствором в соотношении 1:1, центрифугировали при 3000 g в течение 15 минут и надосадочную жидкость использовали для фотометрического измерения количества окисленного 2,6-дихлорфенолиндофенола кислородом при длине волны 510 нм с последующим расчётом константы скорости реакции (K , мин^{-1}) (Семенов, Ярош, 1985). Степень ингибирования окисления субстрата K_{OC} определяли относительно контроля по формуле: $K_{OC} = (K_{кон} - K_{оп})/C$, где $K_{кон}$ и $K_{оп}$ – константы скорости окисления субстрата соответственно в контроле и в опыте; C – концентрация биологического материала, мл супернатанта / л анализируемой реакционной смеси.

Результаты и обсуждение

Анализ содержания циркулирующих ИК показал, что их уровень варьирует у разных кроссов и зависит от вида исследуемой ткани (табл. 1).

Минимальное содержание ИК в сыворотке крови отмечено у особей кросса «Ергенинский» зеркальная группа, а максимальное – у кросса «Зеркальный», в печени и почках у че-

шуйчатой группы кросса «Ергенинский». Уровень ИК у разных видов рыб может варьировать в зависимости от возраста, сезона года, физиологического состояния (Микряков и др., 2001). Известно, что ИК состоят из антигена, антител и связанных с ними компонентов системы комплемента. Данные комплексы выполняют важную роль в процессах регуляции иммунных реакций, элиминации ксенобиотиков из организма и поддержании иммунофизиологического гомеостаза. Избыточное содержание ИК наблюдается при насыщении организма чужеродными компонентами, в том числе инфекционными и токсическими агентами, и обусловлено снижением клиринговой функции фагоцитов (Микряков, 1991; Логинов и др., 1999; Ройт и др., 2000; Микряков и др., 2001). Более низкие величины содержания ИК у кросса «Ергенинский» зеркальной группы рыб отражают более интенсивную клиринговую функцию фагоцитарной системы по нейтрализации и элиминации иммунных комплексов из крови. Эффективная работа фагоцитарной системы, как известно, препятствует возникновению и развитию неконтролируемых патологических процессов в организме рыб. Стабильное функционирование иммуно-физиологических механизмов гомеостаза сдерживает супрессию функций гуморальных факторов иммунитета.

Биохимические и иммунологические показатели кроссов карпа

Показатели	Кроссы/ группы				
	«Петровский» /чешуйчатая (n=7) ^a	Петровский / зеркальная (n=7) ^b	«Ергенинский» /чешуйчатая (n=8) ^b	«Ергенинский»/ зеркальная (n=8) ^г	«Зеркаль- ный» (n=10) ^д
Масса тела, г	1348±61	1366±71	863±78	1040±94	1559±69
Длина тела, см	36,9±0,9	37,0±0,4	33,0±1,0	33,1±1,1	37,2±0,
Сыворотка крови					
МДА, нмоль/г	5,02±0,03	4,70±0,03 ^a	4,71±0,04 ^a	4,35±0,06 ^{абв}	6,31±0,01 ^{абвг}
КОС, л/(мл·мин)	2,80±0,04	2,85±0,03	2,85±0,02	2,15±0,02 ^{абв}	2,82±0,01 ^г
ИК, усл. ед.	19,06±0,05	18,59±0,03 ^a	18,53±0,03 ^a	14,39±0,52 ^{абв}	20,82±0,02 ^{абвг}
Печень					
МДА, нмоль/г	3,48±0,04	3,42±0,02	6,47±0,07 ^{аб}	4,93±0,22 ^{абв}	3,23±0,04 ^{абвг}
КОС, л/(мл·мин)	2,01±0,02	2,02±0,03	3,19±0,03 ^{аб}	2,17±0,03 ^{абв}	1,84±0,02 ^{абвг}
ИК, усл. ед.	13,78±0,06	13,53±0,06 ^a	16,60±0,09 ^{аб}	12,88±0,06 ^{абв}	13,52±0,19 ^{бг}
Почки					
МДА, нмоль/г	5,11±0,02	5,00±0,02 ^a	7,57±0,08 ^б	5,08±0,04 ^б	5,27±0,02 ^{абвг}
КОС, л/(мл·мин)	2,81±0,02	2,67±0,02 ^a	3,58±0,06 ^{аб}	2,43±0,07 ^{абв}	3,01±0,04 ^{абвг}
ИК, усл. ед.	15,02±0,04	14,94±0,13	17,60±0,11 ^{аб}	14,50±0,03 ^{абв}	15,19±0,12 ^{абвг}

Примечания: МДА – малоновый диальдегид; КОС – показатель ингибирования окисления, ИК – неспецифические иммунные комплексы; ^{абвг} – разница значений с разными буквами статистически значима по *t*-критерию, *P*<0,05.

Изучение состояния прооксидантно-антиоксидантного баланса у разных кроссов не выявило дисрегуляции и дестабилизации липидного обмена в исследуемых тканях (табл. 1). Различия между показателями МДА и КОС зависели от вида ткани. Уровень МДА в сыворотке крови у двухлеток кросса «Зеркальный» был наибольшим по сравнению с остальными одновозрастными кроссами. В паренхиматозных органах (печени и почках) повышенный уровень МДА отмечается у двухлеток кросса «Ергенинский» (особенно у чешуйчатой группы), по сравнению с кроссами «Зеркальный» и «Петровский». Величина КОС у двухлеток также зависела от вида исследуемой ткани. Минимальный уровень КОС зафиксирован в сыворотке крови и почках у кросса «Ергенинский» зеркальной группы, в печени – у кросса «Зеркальный». Полученные данные свидетельствуют о том, что наблюдаемые окислительно-восстановительные процессы обусловлены структурно-функциональными особенностями исследуемых тканей и органов и они, вероятно, зависят от количества клеток, интенсивно образующих активные формы кислорода (супероксидный и гидроксильный радикалы, синглетный кислород, пероксиды и др.). В почках, – органе с высоким содержанием гранулоцитов, которые превосходят все другие типы лейкоцитов по способности нарабатывать активные

формы кислорода, процессы ПОЛ происходят более интенсивно, чем в периферической крови и в печени, для которой характерно низкое относительное содержание миелобластов, нейтрофилов и промиелоцитов. Аналогичная закономерность установлена нами ранее у леща (Силкина и др., 2010).

Известно, что избыток активных форм кислорода становится причиной активации ПОЛ клеточных мембран, разрушения нуклеиновых кислот, белков, повреждения ДНК, митохондрий, клеточных мембран, перекисидации липидов и инактивации структур АЗ (Winston, 1991; Барабой и др., 1992; Fiho, 1996; Грубинко и др., 2001; Меньшикова и др., 2008; Силкина и др., 2010; Микряков и др., 2011, Rudneva, Kuzminova, 2011). Неконтролируемому нарастанию продуктов перекисидации липидов при воздействии стресс-факторов препятствует многоуровневая система АЗ, состоящая из антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, глутатион-S-трансфераза) и низкомолекулярных антиоксидантных соединений (восстановленный β -токоферол, фенольная форма коэнзима Q₁₀, β -каротин, аскорбиновая кислота и др.) (Winston, 1991; Меньшикова и др., 2008).

Антиоксидантной системе принадлежит важная роль в реализации адаптивных компенсаторных реакций в организме, поскольку компоненты этой системы участвуют в регуляции процессов метаболизма (Winston, 1991). Известно, что в организме существует баланс окислительно-восстановительных процессов, а изменение соотношения между ПОЛ и активностью АЗ тканей считается одним из чувствительных индикаторов, отражающих влияние неблагоприятных стресс-факторов на метаболические процессы и состояние здоровья рыб. Важный механизм регуляции метаболических процессов в любом организме – динамическое равновесие окислительно-восстановительного баланса, обеспечиваемое прооксидант-антиоксидантной системой (Барабой и др., 1992). При оптимальных условиях соотношение активности этих систем поддерживается на стационарном минимальном уровне (Winston, 1991; Fiho, 1996; Меньшикова и др., 2008). При воздействии негативных стресс-факторов возникает состояние окислительного стресса, которое связано с избыточной генерацией активных форм кислорода и снижением активности ферментных и неферментных звеньев антиоксидантной системы. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высоком уровне липопероксидантных и антиокислительных процессов, происходящих в организме рыб.

Таким образом, анализ полученных данных выявил определённые закономерности при оценке физиолого-биохимического статуса у двухлетков карпа. Кросс «Ергенинский» (зеркальная группа) отличается наиболее стабильным иммунобиохимическим статусом во всех исследованных тканях, кросс «Петровский» также обладает оптимальным сочетанием показателей сыворотки крови и паренхиматозных органов, что позволяет считать эти группы наиболее устойчивыми к возможному заражению инфекционными и инвазионными заболеваниями и нарушению условий выращивания. Полученные данные могут служить основой для осуществления мониторинга состояния здоровья рыб при индустриальных способах выращивания, получения жизнестойких особей и увеличения рыбопродуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко А.А. Некоторые эколого-физиологические особенности украинских рамчаторопшинских помесных карпов и их исходных форм // Рыбное хозяйство.– 1981.– Вып. 32.– С. 3-8.
2. Андреева Л.И., Кожемякин Н.А., Кишкун А.А. Модификация методов определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело.– 1988.– № 11.– С. 41-43.
3. Андрияшева М.А. Проявление гетерозиса у рыб и его использование в рыбоводстве // Известия ГосНИОРХ.– 1971. – Т. 75. – С. 100-113.
4. Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. – СПб.: Наука, 1992. – 148 с.
5. Гриневич Ю.А., Алферов А.Н. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лабораторное дело. – 1981. – № 8. – С. 493-496.
6. Грубинко В.В., Леус Ю.В., Арсан О.М. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у

- рыб (обзор) // Гидробиологический журнал. – 2001. – Т. 37. – № 1. – С. 64-78.
7. Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. – Л.: Наука, 1987. – 520 с.
 8. Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н. Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология. – Новосибирск: изд. РАСХН, 1999. – 144 с.
 9. Маслова Н.И., Загорянский К.Ю., Петрушин А.Б. Зависимость гетерозисного эффекта от методов разведения племенных групп карпов // Вестник РАСХН. – 1996. – № 4. – С. 64-66.
 10. Меньшикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс: Патологические состояния и заболевания. – Новосибирск: АРТА, 2008. – 284 с.
 11. Микряков В.Р. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб. – Рыбинск: ИБВВ РАН, 1991. – 154 с.
 12. Микряков В.Р., Силкина Н.И., Микряков Д.В. Влияние антропогенного загрязнения на иммунологические и биохимические механизмы поддержания гомеостаза у рыб Черного моря // Биология моря. – 2011. – Т. 37. – № 2. – С. 142-148.
 13. Попов А.В., Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Балабанова Л.В., Силкина Н.И., Латерова Т.Б. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. – М.: Наука, 2001. – 126 с.
 14. Ройт А., Бростофф Дж., Мейл Д. Иммунология. – М.: Мир, 2000. – 592 с.
 15. Семенов В.Л., Ярош А.М. Метод определения антиокислительной активности биологического материала. // Украинский биохимический журнал. – 1985. – Т. 57. – № 3. – С. 50-52.
 16. Силкина Н.И., Микряков В.Р., Микряков Д.В. Особенности липидного обмена леща *Abramis brama*, обитающего в реках Южного Урала // Экология. – 2010. – № 6. – С. 472-474.
 17. Bakos, I., Crossbreeding Hungarian races of common carp to develop more productive hybrids // In: Advances in Aquaculture (T.V.R. Pillay, W.A. Dill, Eds.). – Farnham: Fishing News Books, 1979. – 633 p.
 18. Bialowas H., Irnazarow I., Pruszynski T., Gaj C. The effect of geterosis in inter-line crossing of common carp // Arch. Rybactwa Pol. – 1997. – Vol. 5. – No. 1. – P. 13-20.
 19. Fiho W.D. Fish antioxidant defences – A comparative approach // Braz. J. Med. Biol. Res. – 1996. – Vol. 29. – № 12. – P. 1735-1742.
 20. Rudneva I.I., Kuzminova N.S. Effect of chronic pollution on hepatic antioxidant system of Black Sea fish species // Int. J. Sci. Nature. – 2011. – Vol. 2. – No. 2. – P. 279-286.
 21. Winston G.W. Oxidants and antioxidants in aquatic animals // Compar. Biochem. Physiol. – 1991. – Vol. 100. – No.1-2. – P. 173-176.

REFERENCES

1. Alekseenko A.A. *Rybnoe khozyaistvo - Fish Industry*. 1981, 32: 3-8.
2. Andreeva L.I., Kozhemyakin N.A., Kishkun A.A. *Laboratornoe delo - Laboratory Practice*. 1988, 11: 41-43.
3. Andriyasheva M.A. *Izvestiya GosNIORKh – Herald of State Research Institute for Fish Industry*. 1971, 75: 100-113.
4. Bakos, I., Crossbreeding Hungarian races of common carp to develop more productive hybrids. In: *Advances in Aquaculture (T.V.R. Pillay, W.A. Dill, Eds.)*. Farnham: Fishing News Books, 1979, 633 p.
5. Varaboi V.A., Brekhman I.I., Golotin V.G., Кудряшов Ю.Б. *Perekisnoe okislenie i stress (Peroxide oxidation and stress)*. St. Petersburg: Nauka Publ., 1992, 148 p.
6. Bialowas H., Irnazarow I., Pruszynski T., Gaj C. The effect of geterosis in inter-line crossing of common carp. *Arch. Rybactwa Pol.* 1997, 5(1): 13-20.
7. Fiho W.D. Fish antioxidant defences – A comparative approach. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 1996, 29(12): 1735-1742.
8. Grinevich Yu.A., Alferov A.N. *Laboratornoe delo - Laboratory Practice*. 1981, 8: 493-496.
9. Grubinko V.V., Leus. Yu.V, Arsan O.M. *Gidrobiologicheskii zhurnal – Journal of Hydrobiology*. 2001, 37(1): 64-78.
10. Kirpichnikov V.S. *Genetika i selektsiya ryb (Genetics and selection of fishes)*. St. Petersburg: Nauka Publ., 1987, 520 p.
11. Loginov S.I., Smirnov P.N., Trunov A.N. *Immunnye komplekсы u zhivotnykh i cheloveka: norma i patologiya (Immune complexes in human and animals in normal state and pathology)*. Novosibirsk: Russian Academy of Agricultural Sciences Publ., 1999, 144 p.
12. Maslova N.I., Zagoryanskii K.Yu. Petrushin A.B. *Vestnik RASKHN - Bull. Russ. Acad. Agr. Sci.* 1996, 4: 64-66.

13. Men'shikova E.B., Lankin V.Z., Zenkov N.K., Bondar' I.A., Krugovykh N.F., Trufakin V.A. *Okislitel'nyi stress: Patologicheskie sostoya-niya i zabolevaniya* (Oxidative stress: pathological states and diseases). Novosibirsk: ARTA Publ., 2008, 284 p.
14. Mikryakov V.R. *Zakonomernosti formirovaniya priobretennogo immuniteta u ryb* (Special regularities of acquired immunity in fishes). Rybinsk: Institute for Inland Water Biology Publ., 1991, 154 p.
15. Mikryakov V.R., Silkina N.I., Mikryakov D.V. *Biologiya morya – Marine Biology*. 2011, 37(2): 142-148.
16. Popov A.V., Mikryakov V. R., Balabanova L.V., Zobotkina E.A., Balabanova L.V., Silkina N. I., Laterova T.B. *Reaktsiya immunnoi sistemy ryb na zagryaznenie vody toksikantami i zakislenie sredy* (Reaction of fish immune system on pollution of water by toxicants and acidification of media). Moscow: Nauka Publ., 2001, 126 p.
17. Roit A., Brostoff Dzh., Meil D. *Immunologiya* (Immunology). Moscow: Mir Publ., 2000, 592 p.
18. Rudneva I.I., Kuzminova N.S. Effect of chronic pollution on hepatic antioxidant system of Black Sea fish species. *Int. J. Sci. Nature*. 2011, 2(2): 279-286.
19. Semenov V.L., Yarosh A.M. *Ukrainskii biokhimichnii zhurnal - Ukrain Biochemical Journal*. 1985, 57(3): 50-52 (in Ukrain).
20. Silkina N.I., Mikryakov V.R., Mikryakov D.V. *Ekologiya – Ecology*. 2010, 6: 472-474.
21. Winston G.W. Oxidants and antioxidants in aquatic animals. *Compar. Biochem. Physiol.* 1991, 100(1-2): 173-176.

**Comparative assessment of physiological and immunological indicators
in different crosses of the carp (*Cyprinus carpio* L.)**

¹Pronina G.I., ²Mikryakov D.V., ²Silkina N.I.

¹*Institute of Irrigational Fish Breeding, pos. Vorovskogo Moscow oblast,
Russian Federation;* ²*Papanin Institute for Biology of Inland Waters,
Borok Yaroslavl oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. Comparative study was carried out on immunobiochemical indicators of serum of blood, liver and kidneys in two-year-olds carps of different crosses. In the trial, there were used 40 individuals from fish-breeding farms of the 2nd (Kir, Chuvash Republic) and the 5th (Ergeninsky and Flora, Volgograd oblast) fish-breeding zones. Cross Petrovsky (selection achievement, the patent No. 4805, 2009) is hybrid of Chuvash scaly and anishsky mirror breeds. Cross Mirror is a result of crossing males of Moldavian mirror line and females of Volga ramchaty carp. Cross Ergeninsky is received by reciprocal crossing Scaly local and Moldavian mirror forms. Reference values were tabulated on circulating immune complexes, malonate dialdehyde and parameters of anti-oxidant capacity in carp of different origin. The obtained data show that crosses Ergeninsky (mirror group) and Petrovsky are characterized by the most stable immunobiochemical status in all studied tissues which indicates the highest resistance of these groups to possible infections, invasive diseases and to deviations in cultivation conditions.

Keywords: carp, crosses, immune homeostasis, peroxide oxidation of lipids, anti-oxidizing activity

Problemy biologii produktivnykh zhyvotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2015, 2: 41-46

Поступило в редакцию: 27.01.2015

Получено после доработки: 16.03.2015

Пронина Галина Иозеповна, д.б.н., в.н.с., т. 8 (903) 1736247; gidrobiont4@yandex.ru;
Микряков Даниил Вениаминович, к.б.н., зав. лаб., т. 8(485)4724681, daniil@ibiw.yaroslavl.ru;
Силкина Нина Иосифовна, к.б.н., с.н.с., т. 8 (485) 47-24-681, sni@ibiw.yaroslavl.ru