

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОДОБАВОК И НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА В КОРМЛЕНИИ КАРПА

В настоящее время практикуется использование кормов с применением различного рода биодобавок. В данной работе изучено влияние высокодисперсных порошков железа, ферментного препарата Ровабио XL, пробиотического препарата Бифидобактерин бифидум (*Bifidobacterium bifidum*) на рост, развитие и гематологические показатели карпа при совместном их использовании. Объектом исследований являлись карпы ($n = 50$), возраст (0+), с навеской 10–15 г, выращенные в условиях садкового хозяйства ООО «Озерное» г. Оренбург. Наночастицы Fe получены в Институте энергетических проблем химической физики РАН (Москва) и синтезировались методом высокотемпературной конденсации на установке Миген по технологии М.Я. Гена и А.В. Миллера. Размер наночастиц 100 ± 2 нм. В ходе исследований установлено, что совместное использование наночастиц и пробиотика Бифидобактерин бифидум повышает интенсивность роста на 28 % относительно контроля. Гематологические показатели крови во всех опытных группах находились в пределах физиологической нормы. При анализе показателей крови подопытных групп, была зафиксирована схожая картина изменений концентраций гемоглобина и эритроцитов: на второй неделе эксперимента наблюдалось снижение уровня гемоглобина и количества эритроцитов относительно контроля в I опытной группе на 7 % и 29 %, во II – на 16 % и 19 %, в III – на 5 % и 34 %, соответственно. На четвертой неделе уже констатировали увеличение уровня гемоглобина и количества эритроцитов во I и III опытных группах: в I – на 4 % и 86 %, в III – на 14 % и 59 %, соответственно. На шестой неделе зафиксировано незначительное снижение уровня гемоглобина относительно контроля в I – на 0,7 %, во II – на 6,3 %, в III – на 2,7 %, и достоверное снижение количества эритроцитов в I – на 38 %, во II – на 34 %, в III – на 25 %. Изменение числа лейкоцитов имело аналогичную картину изменений количества эритроцитов и концентрации гемоглобина. Так, на второй неделе эксперимента наблюдали снижение лейкоцитов по сравнению с контролем в I – на 13 %, во II – на 13 %, в III – на 12 %; на четвертой недели констатировали увеличение числа лейкоцитов в I и во II группах – на 49 %, в III – на 12 %. Зафиксировано постоянство белкового состава плазмы крови и отсутствие воспалительных процессов в организме, о чем свидетельствуют показатели скорости оседания эритроцитов (2–5 мм/ч).

Ключевые слова: ферменты, пробиотики, кормление рыб, наночастицы, железо.

Важной задачей совершенствования биотехники выращивания рыб является оптимизация их кормления.

Исследования показывают, что помимо баланса основных питательных веществ в корме для выращивания рыб, особое значение имеют биологически активные добавки, к числу которых относят пробиотики и ферментные препараты.

За последние годы установлено, что пробиотики играют важную роль в защите организма от различных болезней, регулируют равновесие кишечной микрофлоры и продуцируют различные пищеварительные ферменты [1]–[3].

Ферменты (энзимы) – специфические белки, выполняющие в живом организме роль биологических катализаторов [4], [5]. Каталитическая активность ферментов во многом зависит от присутствия микроэлементов, в частности железа.

И в настоящее время наиболее перспективно использование микроэлементов в форме высокодисперсных порошков металлов (наночастиц). Экспериментально установлено, элементы в наноформе по сравнению с традиционно используемыми минеральными солями облада-

ют более высокой биологической активностью и низкой токсичностью, и оказывают ростостимулирующее действие [6]–[11].

Достижения последних лет в области кормления животных позволили существенно увеличить ассортимент используемых биодобавок, положительно влияющих на скорость роста, конверсию кормов и резистентность организма [12]–[14]. Так, исследования на теплокровных животных показали, что совместное введение ферментного препарата и наночастиц цинка в рацион приводит к повышению перевариваемости питательных веществ [15]. Экспериментальные работы в рыбоводстве по данной тематике единичны [16].

Данные аспекты совместного использования биодобавок определяют актуальность поставленной нами цели исследований: оценить совместное использование биодобавок и наночастиц металла в кормлении карпа.

Материалы и методы

Исследования выполнены в условиях аквариумного стенда кафедры «Биотехнология жи-

вотного сырья и аквакультура» Оренбургского государственного университета.

Объектом исследований являлись карпы ($n = 50$), возраст (0+), с навеской 10–15 г, выращенные в условиях садкового хозяйства ООО «Озерное» г. Оренбург.

Выращивание рыб проводили в аквариумах объемом 300 литров, при температуре воды $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Кормление подопытной рыбы осуществлялось вручную 6–8 раз в сутки. Расчет массы задаваемого корма производили с учетом рекомендаций на основе поедаемости корма.

Основными компонентами комбикорма являлись: мука рыбная (20 %), мука мясокостная (6 %), шрот подсолнечный (25 %), шрот соевый (35 %), масло растительное (5 %), мука пшеничная (8%), премикс ПМ-2 (1 %).

Производство комбикорма включало смешивание компонентов методом ступенчатого смешивания и экструдирования при температуре $60\text{--}80^\circ\text{C}$ [17].

В ходе эксперимента после подготовительного периода группы были переведены на рационы: рыбе контрольной группе скармливали основной рацион (ОР), в I опытной группе к ОР добавляли наночастицы Fe (30 мг/кг корма); во II опытной группе к ОР добавляли наночастицы Fe (30 мг/кг корма) + ферментный препарат Ровабио XL (6,75 г/кг корма); в III группе к ОР добавляли наночастицы Fe (30 мг/кг корма) + пробиотический препарат Бифидобактерин бифидум (*Bifidobacterium bifidum*) – 14 доз, КОЕ – 107.

Наночастицы железа получены в Институте энергетических проблем химической физики РАН (Москва) и синтезировались методом высокотемпературной конденсации на установке Миген по технологии М.Я. Гена и А.В. Миллера [18]. Размер наночастиц 100 ± 2 нм.

Контроль над интенсивностью роста подопытной рыбы осуществлялся путем еженедельного определения линейно-массовых показателей. Проводилось наблюдение за поведением рыб.

Упитанность рассчитывалась по формуле Фультона [19]:

$$Q = \frac{W}{l^3} \times 100, \quad (1)$$

где Q – коэффициент упитанности;

W – масса тела рыбы с внутренностями;

l – промысловая длина рыбы.

Отбор крови рыб проводился согласно методическим указаниям [19]. Показатели крови изучались в независимой аккредитованной испытательном центре ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства РАСХН» г. Орен-

бург (аттестат аккредитации И.Ц. № РОСС RU 0001 21ПФ59).

Статистическую обработку результатов проводили с применением общепринятых методик [20] при помощи стандартных программ.

Результаты исследований

Включение в рацион подопытного карпа наночастиц железа совместно с биодобавками повлияло на рост и развитие рыбы (табл. 1).

В ходе эксперимента наилучшие показатели по динамике живой массы были получены в III опытной группе – в рацион которого добавляли наночастицы Fe и пробиотический препарат Бифидобактерин бифидум. Так, масса рыб III группы к середине опыта превышала контроль на 18 % ($P < 0,01$), а концу опыта на 28 % ($P < 0,001$).

Общая динамика роста рыб опытных групп относительно контрольной группы продемонстрирована на рисунке 1.

Коэффициент упитанности для карповых рыб выше 3,0 говорит о хорошем росте и физиологическом состоянии рыб.

Анализ показателей крови позволяет охарактеризовать устойчивость рыб к действию стрессовых факторов и адаптации организма к новым условиям кормления, так как кровь является одной из интегральных систем, которая позволяет проследить изменения на различных уровнях функционирования организмов.

При анализе показателей крови подопытных групп (табл. 2), была зафиксирована схожая картина изменений концентраций гемоглобина и эритроцитов.

На второй неделе эксперимента наблюдалось снижение уровня гемоглобина и количества эритроцитов относительно контроля в I опытной группе на 7 % ($P < 0,05$) и 29 % ($P < 0,001$), во II – на 16 % ($P < 0,001$) и 19 % ($P < 0,001$), в III – на 5 % и 34 % ($P < 0,001$), соответственно. На четвертой неделе уже констатировали увеличение уровня гемоглобина и количества эритроцитов во I и III опытных группах: в I – на 4 % и 86 % ($P < 0,001$), в III – на 14 % ($P < 0,001$) и 59 % ($P < 0,001$), соответственно.

На шестой неделе зафиксировано незначительное снижение уровня гемоглобина относительно контроля в I – на 0,7 %, во II – на 6,3 %, в III – на 2,7 %, и достоверное ($P < 0,001$) снижение количества эритроцитов в I – на 38 %, во II – на 34 %, в III – на 25 %.

На восьмой неделе уровень гемоглобина во всех группах находился в одном диапазоне (133–138 г/л) и достоверных различий между

ними не зафиксировано. Число эритроцитов к концу эксперимента был ниже контроля во всех опытных группах в I – на 25 % ($P < 0,001$), во II – на 18 % ($P < 0,001$), в III – на 20 % ($P < 0,001$).

Схожую картину изменения концентрации гемоглобина и эритроцитов может объяснить тем, что основная функция эритроцитов – это транспорт газов, которая осуществляется благодаря наличию дыхательного пигмента – гемоглобина.

Показатель концентрации гемоглобина у подопытного карпа в течении всего периода исследования удовлетворял физиологической норме ($78,1 \pm 4,5$) для карповых рыб, что является благоприятным признаком физиологического состояния рыб – хорошее протекании процессов гемопоэза.

Лейкоциты, как клетки белой крови рыб, выполняют разнообразные физиологические и иммунологические функции. Они участвуют в регенерации поврежденных тканей, разрушении чужеродных тел, синтезе белка и антител, инкапсуляции паразитов и т. д.

Уровень лейкоцитов в течении всего периода эксперимента во всех группах удовлетворял физиологической норме ($37,5 \pm 5,2$ 109 г/л) и его изменение имело аналогичную картину изменений числа эритроцитов и концентрации гемоглобина в первые шесть недель эксперимента.

Так, на второй неделе эксперимента наблюдали снижение лейкоцитов по сравнению с контролем в I – на 13 % ($P < 0,001$), во II – на 13 % ($P < 0,001$), в III – на 12 % ($P < 0,001$); на четвертой недели констатировали увеличение числа лейкоцитов в I и во II группах – на 49 % ($P < 0,001$), в III – на 12 % ($P < 0,001$); на шестой неделе зафиксировано снижение числа лейкоцитов в I и во II группах – на 4 %, и увеличение по сравнению с контролем в III группе на 6 %, но эти различия не достоверны. На восьмой неделе достоверное увеличение числа лейкоцитов было только в I опытной группе – на 16 % ($P < 0,001$).

О хорошем физиологическом состоянии рыб также указывает высокое содержание общего белка ($29,0–37,3$ г/л) в крови опытных групп – это свидетельствует об улучшении бе-

Таблица 1. Рыбоводно-биологические показатели выращивания подопытного карпа

Показатели	Группа			
	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Масса рыб в начале эксперимента, г	22,3 ± 0,5	22,5 ± 0,6	22,3 ± 0,5	22,5 ± 0,5
Масса рыб в конце эксперимента, г	36,6 ± 1,1	38,7 ± 0,5*	38,5 ± 1,3*	46,8 ± 1,2**
Абсолютный прирост, г	14,3	16,2	16,2	24,3
Коэффициент упитанности по Фультону в начале эксперимента	3,2	3,3	3,2	3,3
Коэффициент упитанности по Фультону в конце эксперимента	5,1	5,2	5,2	5,5
Период выращивания, сут	56	56	56	56

Примечание: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$: Сравниваемые пары групп: I-II, I-III, I-IV

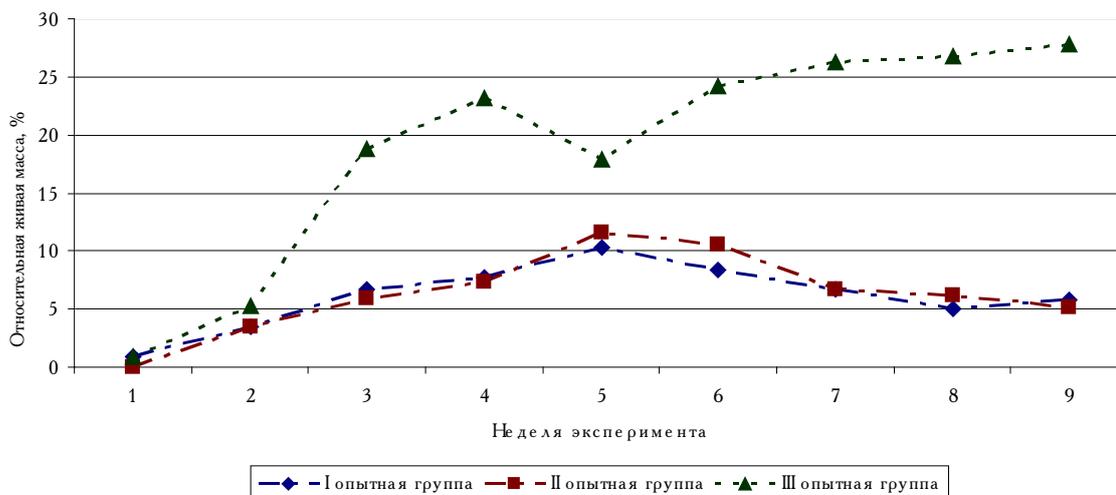


Рисунок 1. Динамика роста рыб опытных групп относительно контроля

Таблица 2. Показатели крови подопытного карпа

Период опыта, неделя	Группа			
	Контроль	I	II	III
Гемоглобин, г/л				
Начало опыта	147 ± 5,1	150 ± 6,0	149 ± 4,5	148 ± 4,0
2	132 ± 3,5	123 ± 3,6*	111 ± 5,0***	126 ± 3,5
4	122 ± 3,6	127 ± 2,5	121 ± 3,1	139 ± 3,0***
6	144 ± 3,8	143 ± 3,5	135 ± 4,4	140 ± 3,5
8	137 ± 3,7	135 ± 3,3	133 ± 4,2	138 ± 3,2
Общий белок, г/л				
Начало опыта	36,3 ± 1,2	36,0 ± 1,0	35,7 ± 1,5	34,7 ± 2,1
2	25,3 ± 1,5	34,3 ± 1,4***	29,0 ± 2,0*	30,3 ± 1,5*
4	26,4 ± 2,1	30,7 ± 1,5*	36,7 ± 1,6***	32,0 ± 1,0**
6	23,3 ± 1,5	37,3 ± 2,3***	35,3 ± 2,1***	32,7 ± 1,5***
8	25,7 ± 1,3	35,0 ± 2,0***	35,7 ± 1,2***	29,0 ± 2,6
Величина гематокритного числа, л/л				
Начало опыта	19,7 ± 0,8	19,7 ± 0,6	19,9 ± 0,7	20,3 ± 0,5
2	20,1 ± 0,5	15,5 ± 0,8	15,6 ± 0,6	14,5 ± 0,7*
4	11,0 ± 0,7	17,1 ± 0,3***	13,2 ± 0,5*	14,8 ± 0,9*
6	16,8 ± 0,4	11,4 ± 0,7***	12,1 ± 0,6***	12,8 ± 0,3***
8	17,0 ± 0,5	12,8 ± 0,4***	13,0 ± 0,4***	13,3 ± 0,5***
Эритроциты, 1012/л				
Начало опыта	1,08 ± 0,03	1,05 ± 0,05	1,04 ± 0,04	1,05 ± 0,03
2	1,22 ± 0,02	0,87 ± 0,04***	0,99 ± 0,05***	0,81 ± 0,06***
4	0,59 ± 0,06	1,10 ± 0,05***	0,75 ± 0,07*	0,94 ± 0,05***
6	1,23 ± 0,20	0,76 ± 0,11*	0,81 ± 0,03*	0,92 ± 0,06
8	1,08 ± 0,04	0,81 ± 0,05***	0,89 ± 0,04***	0,86 ± 0,04***
Лейкоциты, 109/л				
Начало опыта	219,4 ± 1,0	218,7 ± 0,9	219,1 ± 0,8	218,4 ± 0,9
2	193,5 ± 0,8	168,7 ± 0,8***	169,2 ± 0,6***	169,9 ± 1,8***
4	112,0 ± 1,9	166,7 ± 1,4***	167,3 ± 2,2***	197,8 ± 0,6***
6	187,3 ± 1,1	179,5 ± 1,3***	179,4 ± 0,6***	198,6 ± 1,5***
8	149,0 ± 1,5	173,5 ± 0,9***	149,5 ± 1,1	152,1 ± 1,1
Ширина распределения эритроцитов по объему, %				
Начало опыта	17 ± 1,5	16 ± 1,4	16 ± 1,7	18 ± 1,0
2	15 ± 1,0	22 ± 1,5**	19 ± 1,5*	18 ± 2,1
4	37 ± 2,5	25 ± 1,6***	28 ± 1,6**	24 ± 1,5***
6	21 ± 1,5	24 ± 2,0	25 ± 1,4	22 ± 1,3
8	22 ± 2,0	25 ± 2,1	28 ± 1,5	26 ± 2,0

Примечание: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001: Сравниваемые пары групп: I-II, I-III, I-IV

локсинтетической функции печени, получавших корма с добавками [21].

Скорость оседания эритроцитов у сеголеток карпа была в пределах физиологической нормы и колебалась от 2 до 5 мм/ч. Что свидетельствует о постоянстве белкового состава плазмы крови и отсутствии воспалительных процессов в организме, а также о хорошем физиологическом состоянии рыб [19].

Таким образом, из полученных результатов следует, что использование наночастиц железа совместно с биодобавками, а именно с про-

биотическим препаратом Бифидобактерин бифидум и ферментным препаратом Ровабио XL, положительно влияет на рост и развитие рыб. А наилучшие показатели по динамике роста карпа зафиксированы при добавлении наночастиц Fe и пробиотического препарата Бифидобактерин бифидум, выше контроля на 28 %.

Для оценки физиологического состояния рыб были использованы гематологические показатели крови, анализ которых показал, что все показатели были в пределах физиологической нормы и отклонений не зафиксировано.

14.04.2015

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ № 14-36-00023

Список литературы:

1. Руденко, Р.А. Использование пробиотиков в стартовых комбикормах для карповых рыб / Р.А. Руденко, Т.Г. Руденко, Н.Н. Тищенко // Известия вузов. Пищевая технология. – 2009. – №1. – С.23-25.
2. Котова, Е.А. Пробиотики в аквакультуре / Е.А. Котова, Н.А. Пышманцева, Д.В. Осепчук, А.А. Пышманцева, Л.Н. Тхакушинова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2012. – Т.3. – №1-1. – С.100-103.
3. Пышманцева, А.А. Применение пробиотиков в осетровом рыбоводстве / А.А. Пышманцева, Н.А. Юрина, С.И. Кононенко, Е.А. Максим // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2014. – Т.2. – №3. – С.225-229.
4. Барабаш, А.А. Влияние ферментного препарата на элементный статус карпа при различном содержании протеина в рационе / А.А. Барабаш, Е.П. Мирошникова, А.Н. Жарков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2. – С. 4-6.
5. Кцоева, И.И. Химический состав мышц радужной форели при использовании в кормах биологически активных добавок / И.И. Кцоева, Р.Б. Темираев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т.51. – №4. – С.150-153.
6. Мирошникова, Е.П. Обмен химических элементов в организме карпа при использовании наночастиц кобальта и железа в корме / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Н.Н. Глушенко, С.П. Василевская // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 6. – С. 170-175.
7. Аринжанов, А.Е. Использование экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов в кормлении рыб / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова, А.М. Мирошников, А.В. Кудашева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 10. – С. 138-142.
8. Аринжанов, А.Е. Воздействие наночастиц комплекса металлов на организм карпа / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (40). – С.113-116.
9. Мирошникова, Е.П. Изменение гематологических показателей параметров карпа под влиянием наночастиц металлов / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №5. – С.55-57.
10. Аринжанов, А.Е. Влияние наночастиц на гематологические показатели крови карпа / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – Т. 5. – № 83. – С.92-97.
11. Мирошникова, Е.П. Влияние наночастиц различной дозировки на продуктивность карпа и обмен химических элементов / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №5. – С.30-32.
12. Китаев, И.А. Выращивание Ленского осетра в промышленных условиях с применением кормовой добавки «Абиопептид» / И.А. Китаев, Ю.А. Гусева, А.А. Васильев, С.С. Мухаметшин // Аграрный научный журнал. – 2014. – №12. – С.10-12.
13. Грищенко, П.А. Влияние аспаргинатов на продуктивность карпа при выращивании в садках / П.А. Грищенко, А.А. Васильев, Г.А. Хандожко, Ю.А. Гусева, А.А. Карасев // Зоотехния. – 2010. – №12. – С.13-14.
14. Акчурина, И.В. Альтернатива гормональным препаратам для усиления интенсивности роста рыбы / И.В. Акчурина, И.В. Поддубная, А.А. Васильев, О.Е. Вилутис, П.С. Тарасов // Аграрный научный журнал. – 2013. – №10. – С.3-4.
15. Нестеров, Д.В. Эффективность ферментосодержащих комбикормов в сочетании различными формами цинка в рационах жвачных / Д.В. Нестеров, О.Ю. Сипайлова, В.В. Ваншин, С.А. Мирошников // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – Т.4. – №78. – С. 74-78.
16. Дорофеева, Т.А. Изменение показателей эритроцитов и гемоглобина радужной форели при использовании ферментного комплекса ВЮ-FEED-WHEAT и антиоксидантной смеси ОКСИ-НИЛ-DRY / Т.А. Дорофеева, Т.И. Агаева, А.А. Уртаева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т.51. – №1. – С.63-67.
17. Патент РФ 2517228. Способ производства корма для рыб. Аринжанов А.Е., Мирошникова Е.П., Сизова Е.А., Киякова Ю.В., Родионова Г.Б., Глушенко Н.Н. Заявлено 27.12.2012. Опубликовано 27.05.2014.
18. Авторское свидетельство СССР №814432. Ген М.Я., Миллер А.В. Бюллетень изобретений. 1981. – №11. – С.25.
19. Пряхин, Ю.В. Методы рыбохозяйственных исследований / Ю.В. Пряхин, В.А. Шкицкий. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2006. – 214 с.
20. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа. – 1990. 352 с.
21. Сорокина, Н.В. Влияние комбикорма с тыквенным жмыхом на рост и физиологическое состояние стерляди / Н.В. Сорокина, А.Р. Лозовский // Естественные науки. – 2010. – №4. – С.74-80.

Сведения об авторах:

Аринжанов Азамат Ерсайнович, преподаватель кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук
e-mail: arin.azamat@mail.ru

Мирошникова Елена Петровна, старший научный сотрудник лаборатории агроэкологии техногенных наноматериалов Всероссийского научно-исследовательского института мясного скотоводства, профессор кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук, профессор, e-mail: elenaakva@rambler.ru

Киякова Юлия Владимировна, старший преподаватель кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук
e-mail: fish-ka06@mail.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13