

Аринжанов А.Е.<sup>1</sup>, Мирошникова Е.П.<sup>1</sup>,  
Киякова Ю.В.<sup>1</sup>, Мирошников А.М.<sup>2</sup>, Кудашева А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный университет

<sup>2</sup>ВНИИМС Россельхозакадемии

E-mail: arin.azamat@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОРМОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В КОРМЛЕНИИ РЫБ

**В ходе исследований определена биологическая ценность экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов, выявлены достоверные изменения концентраций в теле карпа макроэлементов и эссенциальных микроэлементов.**

**Ключевые слова:** кормление рыб, наночастицы, макроэлементы, микроэлементы.

Химические элементы являются необходимым условием жизни рыбы. Микроэлементы сильно влияют на степень переваримости корма, рост, дыхание и выживаемость рыб. Недостаток минеральных веществ угнетает аппетит, вызывает конвульсии, искривление позвоночника, анемию. У карпа признаки минеральной недостаточности проявляются в том числе в снижении скорости роста и истончении жаберных крышек [1, 2].

При нарушении условий хранения кормов или их ингредиентов, особенно содержащих значительное количество жира, происходит его окисление, в результате чего увеличивается количество свободных жирных кислот и образование перекисей, которые являются токсичными. Перекиси свободных жирных кислот вступают в реакцию с протеинами, снижая их биологическую ценность, и разрушают витамины и микроэлементы [3].

В свете данной проблемы большой интерес вызывают препараты микроэлементов нового поколения – наноформы металлов.

За последние годы было установлено, что наночастицы эссенциальных элементов обладают высокой биологической активностью, усиливают обмен веществ и способствуют повышению естественной резистентности организма, повышению темпов роста и экстерьерных признаков [4].

Данный аспект определяет актуальность поставленной нами цели исследований: определить биологическую ценность наночастиц металлов для основного объекта интенсивного рыбоводства – карпа.

### Материалы и методы

Исследования выполнены в условиях экспериментально-биологической клиники (вива-

рия) Оренбургского государственного университета.

Объектом исследований являлись карпы, возраст (0+), с навеской 10–15 г, выращенные в условиях ООО «Ирикларьба».

Использованные комбикорма являлись производными от РГМ-8В.

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 комбикорма РГМ-8В с микроэлементами железа и кобальта различной химической формы методом ступенчатого смешивания и экструдирования. Экструдирование производилось при влажности смеси 25–30% и при температуре 60–80 °С, после экструдирования продукт высушивался при температуре 20–30 °С до влажности 12–15%.

Проведенные исследования по водостойкости гранул показали, что разрушение гранул комбикормов, характеризующееся отделением небольшого количества мелких частиц с поверхности гранул, начинается через 25–30 минут при температуре воды в среднем 20 °С.

После подготовительного периода группы были переведены на рационы: I – ОР (РГМ-8В); II – ОР + Co (CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,08 мг/кг корма) и Fe (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 30 мг/кг корма); III – ОР + микрочастицы Fe (6–9 мкм; 30 мг/кг корма); IV – ОР + Fe (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 30 мг/кг корма); V – ОР + Co (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,08 мг/кг корма); VI – ОР + наночастицы Fe, Co (100 ± 2 нм; 30 мг/кг корма) (табл. 1).

Наночастицы комплекса кобальта и железа синтезировались методом высокотемпературной конденсации на установке Миген. Раз-

мер частиц  $100 \pm 2$  нм. Размер микрочастиц железа составлял 6–9 мкм.

Исследования были проведены в условиях аквариумного стенда, состоящего из 6 аквариумов (объем аквариума 300 л), оборудованных системой фильтрации и насыщения воды кислородом при температуре воды  $28 \pm 1$  °С. Кормление подопытной рыбы осуществлялось вручную 6–8 раз в сутки. Расчет массы задаваемого корма производили с учетом рекомендаций на основе поедаемости корма.

Условия содержания и кормления рыб регламентировались рыбоводно-биологическими нормативами, рекомендованными ВНИИПР-Хом (1986).

Контроль над интенсивностью роста подопытной рыбы осуществлялся путем еженедельного определения линейно-массовых показателей. Проводилось наблюдение за поведением рыб [5].

В процессе исследований определяли содержание в тканях рыб и используемых комбикормов химических элементов, для чего после убоя готовили гомогенаты тканей тела рыб с последующим исследованием образцов в лаборатории АНО «Центра биотической медицины», г. Москва (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05). Определение элементного состава оцениваемых биосубстратов производили методами атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборах Optima 2000 DV и Elan 9000 (Perkin Elmer, США).

Основные данные, полученные в опыте, были подвергнуты статической обработке по Г.Ф. Лакину [6].

### Результаты исследований

При экструдировании влажность смеси, степень ее нагревания и создаваемое давление выше, чем при гранулировании. Если в гранулированных кормах частицы смеси плотно спрессованы, то экструдированные имеют пористую внутреннюю текстуру, которая возникает в момент выхода готового корма из экструдера вследствие молниеносного выделения из его структуры пара (эффект микровзрыва). В результате изменения давления и температуры происходят денатурация белка, декстринизация крахмала в обрабатываемом материале, а также его полная стерилизация.

Таблица 1. Схема эксперимента

Группа	Период опыта	
	подготовительный (7 сут)	учетный (42 сут)
I (контроль)	Основной рацион (ОР)	ОР
II		ОР + соли Co и Fe
III		ОР + микрочастицы Fe
IV		ОР + соли Fe
V		ОР + соли Co
VI		ОР + наночастицы (Fe, Co)

В процессе производства кормов путем экструдирования можно контролировать плотность гранул, получая не только плавающие и тонущие, но и медленно тонущие корма, что увеличивает эффективность их потребления рыбами. Получить такие корма путем гранулирования весьма проблематично.

Исследование действия кормов на рост и развитие рыбы с использованием аквариумного стенда является объективным, так как точные результаты по поедаемости кормов в обычных условиях невозможны из-за всеядности карпа.

В ходе исследований отклонений от нормы по внешним признакам обнаружено не было. Для всех рыб была свойственна характерная окраска. Чешуя цельная, блестящая, с перламутровым оттенком. Глаза блестящие, не запавшие в орбиту. Плавники цельные. Тело плотное, эластичное.

Динамика изменений живой массы тела карпов представлена на рисунке 1. Различия в кормлении подопытной рыбы отразились на интенсивности ее роста. Наилучшие показатели по динамике живой массы за весь период эксперимента были получены во II и VI группах. Живая масса в этих опытных группах к концу исследований увеличилась на 47,4 и 50,4% соответственно. В остальных группах живая масса увеличилась менее интенсивно: в I группе на 42,1%, в III – 43,4%, в IV – 40,8% и в V – 39,2%.

Анализ полученных данных показывает, что присутствие наночастиц железа и кобальта в рационе сопряжено с увеличением живой массы по сравнению с контролем. Влияние нанопорошков металлов на увеличение живой массы подопытного карпа можно объяснить способностью данных препаратов катализировать

многие биохимические процессы в организме, что в конечном счете усиливает переваримость и усвоение питательных веществ рациона, повышает активность окислительно-восстановительных реакций и обмена веществ в целом.

Включение в рацион карпа микроэлементов железа и кобальта в различной форме оказало неоднозначное влияние на обмен отдельных макроэлементов (табл. 2), эссенциальных (табл. 3) и условно эссенциальных микроэлементов (табл. 4).

Нами было констатируется, что во II группе, в рацион которой вводили железо и кобальт в виде солей, наблюдалось повышение содержания элементов: кальция на 12,4% ( $P < 0,05$ ), ка-

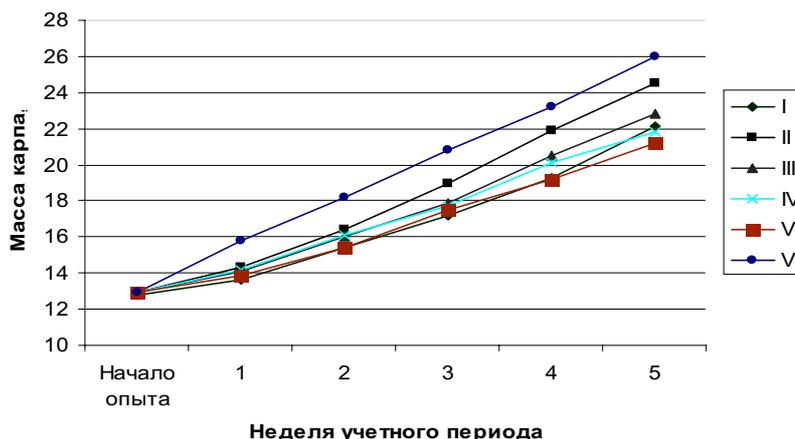


Рисунок 1. Динамика живой массы подопытных карпов

лия на 4,8%, натрия на 5,4%, фосфора на 22,4% ( $P < 0,01$ ) по сравнению с контрольной группой.

В VI группе, в рацион которой вводили наночастицы железа и кобальта, наблюдалось по-

Таблица 2. Содержание макроэлементов в теле рыбы, мкг/гол.

Группа	Элемент				
	Ca	K	Mg	Na	P
I	89226±9783	32160±3723	5819±656	13243±1476	53999±5999
II	100264±9944 <sup>A</sup>	33785±5410	5615±828	13996±1931	69586±9233 <sup>B</sup>
III	80792±10065	31108±6426	4603±938	12342±2476	48272±9669
IV	81736±12381	33028±3637	5196±632	13414±1808	45492±6045 <sup>A</sup>
V	74441±11856 <sup>A</sup>	32598±4263	4938±683 <sup>A</sup>	13176±1956	43712±6414 <sup>A</sup>
VI	112161±10166 <sup>A</sup>	38516±4895 <sup>A</sup>	6696±908	16008±2259 <sup>A</sup>	81608±11850 <sup>B</sup>

Таблица 3. Содержание эссенциальных микроэлементов в теле рыбы, мкг/гол

Группа	Элемент							
	Cr	Cu	Co	Fe	I	Mn	Se	Zn
I	24,5±2,87	9,36±1,063	0,35±0,038	152,9±17,29	2,25±0,259	20,8±2,28	2,77±0,316	577,5±63,8
II	28,8±4,58	11,6±1,679 <sup>A</sup>	0,37±0,047	198,9±28,13 <sup>A</sup>	1,44±0,271 <sup>B</sup>	17,9±2,29	2,77±0,426	596,8±79,2
III	21,4±4,51	9,33±1,893	0,20±0,039	152,1±30,78	2,29±0,470	14,5±2,88	2,74±0,558	455,0±90,9
IV	23,3±2,37	9,41±1,129	0,29±0,042 <sup>A</sup>	151,9±18,62	3,19±0,399 <sup>B</sup>	15,9±2,37 <sup>B</sup>	2,79±0,331	525,1±73,6
V	31,2±4,21 <sup>A</sup>	10,9±1,546	0,28±0,045 <sup>A</sup>	141,2±19,53	2,67±0,366 <sup>A</sup>	16,5±2,61 <sup>A</sup>	2,74±0,375	504,6±76,7
VI	25,9±3,13	11,7±1,573 <sup>A</sup>	0,39±0,059	235,6±32,82 <sup>B</sup>	2,19±0,268	18,1±2,68	3,12±0,407	734,9±107,1 <sup>A</sup>

Таблица 4. Содержание условно эссенциальных микроэлементов в теле рыбы, мкг/гол

Группа	Элемент					
	As	B	Li	Ni	Si	V
I	1,24±0,141	4,34±0,487	0,21±0,023	5,66±0,621	78,3±9,31	1,63±0,180
II	1,34±0,199	4,26±0,615	0,22±0,030	3,99±1,529 <sup>B</sup>	102,6±16,5 <sup>A</sup>	1,34±0,183 <sup>A</sup>
III	1,48±0,299	4,44±0,893	0,13±0,027	3,48±0,694	82,2±17,2	1,18±0,237
IV	1,32±0,162	4,05±0,511	0,14±0,017 <sup>B</sup>	3,97±0,583 <sup>B</sup>	82,1±8,13	1,40±0,193
V	1,29±0,182	4,29±0,619	0,14±0,019 <sup>B</sup>	4,09±0,644 <sup>B</sup>	81,0±9,89	1,46±0,222
VI	1,89±0,260 <sup>B</sup>	4,23±0,567	0,24±0,034	5,08±0,752	119,2±15,1 <sup>B</sup>	1,45±0,205

Примечание к табл. 2–4: <sup>A</sup> $P < 0,05$ ; <sup>B</sup> $P < 0,01$ ; <sup>B</sup> $P < 0,001$ : Сравнимые пары групп: I–II, I–IV, I–V, I–VI.

вышение содержания макроэлементов: кальция на 25,8% ( $P < 0,05$ ), калия на 16,5% ( $P < 0,05$ ), магния на 13,1%, натрия на 17,3% ( $P < 0,05$ ), фосфора на 33,8% ( $P < 0,001$ ).

Данные элементы существенно необходимы для метаболизма [7]. Причиной целого ряда заболеваний рыб являются недостаточное или избыточное поступление с кормами этих микроэлементов. Многие из потребляемых минеральных веществ рыбы могут адсорбировать из воды непосредственно через жабры и кожу. При содержании в мягкой, бедной минеральными веществами воде рыбы должны получать необходимые микроэлементы с кормом.

Увеличение содержания кальция и фосфора неудивительно, так как железо может способствовать усвоению кальция, а кальций в обмене тесно связан с фосфором. Обмен этих элементов идет параллельно.

Включение в рацион карпа микроэлементов железа и кобальта в форме солей и наночастиц оказало наиболее положительное влияние на обмен отдельных эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов.

Во II группе, в рацион которой вводили железо и кобальт в виде солей, наблюдалось повышение содержания элементов: хрома на 14,7%, меди на 19% ( $P < 0,05$ ), кобальта на 5,4%, железа на 23,2% ( $P < 0,01$ ) и цинка на 3,3%, алюминия на 7,7%, лития на 4,5% и кремния на 23,7%

В VI группе, в рацион которой вводили наночастицы железа и кобальта, наблюдалось повышение содержания элементов: хрома на 5,5%, меди на 20,2% ( $P < 0,05$ ), кобальта на 10,3%, железа на 35,1% ( $P < 0,001$ ), селена на 9,7%, цинка на 21,4% ( $P < 0,05$ ), алюминия на 13,6%, лития на 12,5% и кремния на 34,3% ( $P < 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой.

Повышение содержания железа, меди и цинка можно объяснить активным участием этих элементов в процессах кровотворения

и тканевого дыхания. Медь и железо играют роль катализаторов в процессе превращения неорганического железа в составную часть гемоглобина [8].

Аддитивный эффект, полученный в результате взаимодействия кобальта и железа, существенно влияет на баланс этих металлов в органах и тканях рыб. Кобальт, взаимодействуя с железом, вызывает синергетический эффект, способствуя включению атома железа в молекулу гемоглобина, усиливая ионизацию и резорбцию железа, ускоряя созревание эритроцитов [9, 10, 11].

Можно сделать предположение, что увеличение содержания железа во II и VI группах является следствием исключения кобальта из пластического обмена, что ведет к депонированию и комплексообразованию железа.

Металлы в форме наночастиц имеют наряду с высокими бактерицидными свойствами существенно меньшую токсичность и не накапливаются в организме, так как усваиваются им в качестве микроэлементов в процессе метаболизма [12, 13].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют что, экструдированные корма обладают рядом преимуществ. Поедаемость корма достигает 90–100%. Экструдированные корма более водостойкие и длительное время сохраняют свою форму и структуру. Исследования показывают перспективность использования наночастиц железа и кобальта в кормлении рыб. При анализе метаболизма этих элементов было установлено, что Co и Fe в наноформе оказывают наиболее положительный эффект на увеличение эссенциальных, условно эссенциальных микроэлементов и макроэлементов в теле рыб, а также оказывают позитивное влияние на рост подопытной рыбы.

26.09.2012

#### **Список литературы:**

1. Мирошникова, Е.П. Биологические особенности и качество продукции кур и карпа при использовании различных энзимсодержащих рационов: автореф. дисс. ... док. биол. наук. – Волгоград, 2006. – 46 с.
2. Алиджанова, И.Э. Влияние стрессорных факторов различной природы на накопление химических элементов в теле лабораторных животных / И.Э. Алиджанова, С.В. Нотова, Е.В. Кияева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №12 (118). – С. 18–21.
3. Складов, В.Я. Биологические основы рационального использования кормов в аквакультуре / В.Я. Складов, Н.А. Студенцова. – М.: ФГНУ «Росинфомагротех», 2001. – 55 с.
4. Коваленко, Л.В. Фармакологические свойства ультрадисперсного железа низкотемпературного водородного восстановления / Л.В. Коваленко, Г.В. Павлов, Г.Э. Фолманис // Докл. РАН. – 1998. – Т. 360, №4. – С. 571–573.
5. Пряхин, Ю.В. Методы рыбохозяйственных исследований / Ю.В. Пряхин, В.А. Шкицкий. – Краснодар: Кубанский гос.ун-т, 2006. – 214 с.

6. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
7. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
8. Anke, M.K. Transfer of macro, trace and ultratrace elements in the food chain / M.K. Anke // Elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2<sup>nd</sup> ed. Eds.: Merian E., Anke M.K. Ihnat M., Stoeppler. – Wiley-VCH Verlag GmbH, 2004. – P. 101–126.
9. Головина, Н.А. Ихтиопатология / Н.А. Головина и др. – М.: Мир, 2007. – 448 с.
10. Дерябин, Д.Г. Биологическая активность ионов, нано- и микрочастиц Си и Fe в тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции / Д.Г. Дерябин, Е.С. Алешина, Т.Д. Дерябина, Л.В. Ефремова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2011. – №6. – С. 31–36.
11. Барабаш, А.А. Особенности межэлементных взаимодействий в организме животных при различной нутриевой обеспеченности / А.А. Барабаш, Е.П. Мирошникова, А.И. Гречушкин, О.Ю. Сипайлова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – №12. – С. 72–75.
12. Богословская, О.А. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико-химическими характеристиками в организм животных / О.А. Богословская и др. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №2. – С. 124–127.
13. Бикмухаметов, М.М. Перспективное значение и развитие нанопродукции // Вестник мясного скотоводства. – 2009. – Т. 3, №62. – С. 31–34.

Сведения об авторах:

**Аринжанов Азамат Ерсайнович**, аспирант Оренбургского государственного университета  
e-mail: arin.azamat@mail.ru

**Мирошникова Елена Петровна**, профессор кафедры технологии переработки молока и мяса  
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук, профессор  
e-mail: elenaakva@rambler.ru

**Килякова Юлия Владимировна**, кандидат биологических наук, преподаватель кафедры технологии  
переработки молока и мяса Оренбургского государственного университета  
e-mail: fish-ka06@mail.ru

460018, пр-т Победы, 13, ауд. 2129, тел. (3532) 372466

**Мирошников Александр Михайлович**, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного  
скотоводства и производства говядины ГНУ Всероссийский НИИ мясного скотоводства,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Кудашева Александра Васильевна**, старший научный сотрудник отдела Научно-технической  
информации ГНУ Всероссийский НИИ мясного скотоводства ВАСХН,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8 (3532) 774641, e-mail: sergey\_OIRV@mail.ru

**UDC 59:615.9**

**Arinzhonov A.E., Miroshnikova E.P., Kilyakova Yu.V., Miroshnikov A.M., Kudasheva A.V.**

Orenburg state university, e-mail: arin.azamat@mail.ru

**THE USE OF EXTRUDED FEEDS WITH THE ADDITION OF METAL NANOPARTICLES IN FISH FEEDING**

In the course of the research assessed the biological value of extruded feeds with the addition of metal nanoparticles, revealed significant changes concentrations in the body of the carp of microelements and essential trace elements.

Key words: fish feeding, nanoparticles, macrocells, microcells.

**Bibliography:**

1. Miroshnikova, E.P. Biological characteristics and product quality of chickens and carp using different enzimsoderzhaschih diets: avtoref. diss. ... doc. biol. nauk. – Volgograd, 2006. – 46 p.
2. Alidzhanova, I.E. The influence of stress factors of different nature on the accumulation of chemical elements in the body of laboratory animals / I.E. Alidzhanova, S.V. Notova, E.V. Kiyaeva // Vestnik Orenburg state university. – 2010. – №12 (118). – P. 18–21.
3. Sklyarov, V.Ya. The biological basis for the rational use of feed in aquaculture / V.Ya. Sklyarov, N.A. Studentsova. – Moscow: Federal State «Rosinfomagroteh», 2001 – 55 p.
4. Kovalenko, L.V. Pharmacological properties of ultrafine iron low-temperature hydrogen reduction / L.V. Kovalenko, G.V. Pavlov, G.E. Folmanis // Dokl. RAN. – 1998. – T. 360, №4. – P. 571–573.
5. Pryakhin, Yu.V. Fisheries Research Methods / Yu.V. Pryakhin, V.A. Shkitsky. – Krasnodar: Kuban gos. un-t, 2006. – 214 p.
6. Lakin, G.F. Biometrics / G.F. Lakin. – Moscow: Wischay shcola, 1990. – 352 p.
7. Skalny, A.V. Bioelements in medicine / A.V. Skalny, I.A. Rudakov. – М.: Izdatelscii dom «ОНИКС 21 век» Мир, 2004. – 272 p.
8. Anke, M.K. Transfer of macro, trace and ultratrace elements in the food chain / M.K. Anke // Elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2<sup>nd</sup> ed. Eds.: Merian E., Anke M.K. Ihnat M., Stoeppler. – Wiley-VCH Verlag GmbH, 2004. – P. 101–126.
9. Golovina, N.A. Ichthyopathology / N.A. Golovina and others. – М.: Verlag, 2007. – 448 p.
10. Derjabin, D.G. Biological activity of ions, nano- and Cu and Fe microparticles in the test of inhibition bacterial Bioluminescence / D.G. Deryabin, E.S. Alyoshin, T.D. Derjabin, L.V. Efremova // Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry. – 2011. – №6. – P. 31–36.
11. Barabash, A.A. Features of inter-element interactions in animals at different security nutrievoy / A.A. Barabash, E.P. Miroshnikova, A.I. Grechushkin, O.J. Sipaylova // Vestnik Orenburg State University. – 2008. – №12. – P. 72–75.
12. Bogoslovskaya, O.A. The study of security administration of copper nanoparticles with different physico-chemical characteristics to animals / O.A. Bogoslovskaya and others // Vestnik Orenburg State University. – 2009. – №2.
13. Bikmuhametov, M.M. Long-term significance and development of nano // Bulletin of beef cattle. – 2009. – V. 3, №62. – P. 31–34.