

# ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ РАЗЛИЧНОЙ ДОЗИРОВКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРПА И ОБМЕН ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.П. МИРОШНИКОВА, доктор биологических наук, профессор

А.Е. АРИНЖАНОВ, преподаватель

Ю.В. КИЛЯКОВА, кандидат биологических наук, преподаватель

Оренбургский государственный университет

E-mail: arin.azamat@mail.ru

**Резюме.** Исследования проводили в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета с целью изучения продуктивности и особенностей обмена химических элементов в организме карпа при использовании в кормлении наночастиц сплава железа и кобальта ( $d=100\pm 2$  нм) в различной дозировке (20, 30 и 40 мг/кг корма). Используемые наночастицы синтезированы в Институте энергетических проблем химической физики РАН (Москва) методом высокотемпературной конденсации на установке Миген по технологии М.Я. Гена и А.В. Миллера. Для эксперимента было отобрано 200 карпов, возраст (0+) с навеской 10...15 г, из числа которых методом аналогов сформировали четыре группы ( $n=50$ ). Наилучшие показатели по динамике роста были отмечены в группе, получавшие наночастицы в дозе 30 мг/кг корма, где к концу эксперимента зафиксировано увеличение живой массы, по сравнению с контролем, на 10%. При добавлении в рацион 20 и 30 мг/кг наночастиц отмечено повышение содержание отдельных элементов в теле рыбы, по сравнению с контролем: калия – на 12,7 и 19,5%, магния – на 8,4 и 8,4%, натрия – на 9,6 и 2,4%, фосфора – на 2,5 и 3,0%, железа – на 11,0 и 16,1% соответственно. Кроме того, в теле рыбы III группы на 31,5% увеличилась концентрация кобальта. Оптимальная доза включения в рацион карпа наночастиц сплава железа и кобальта – 30 мг/кг. При ее использовании повышается интенсивность роста и биодоступность жизненно необходимых элементов: фосфора – на 0,7%, магния – на 0,9%, калия – на 8,6%, натрия – на 1,0%, железа – на 1,3% и кобальта – на 7,5%.

**Ключевые слова:** наночастицы, железо, кобальт, кормление, микроэлементы, упитанность, карп.

Результатом исследований по разработке и апробации все более совершенных кормовых добавок – источников макро- и микроэлементов в рационах животных – стало появление новых препаратов эссенциальных элементов, в том числе и в форме наночастиц [1, 2].

Элементы в форме наночастиц обладают уникальными характеристиками, в числе которых малая токсичность, каталитические свойства, высокая реакционно-способность и др. [3, 4].

Однако, наряду со значительным багажом знаний по использованию наночастиц металлов в кормлении млекопитающих и птиц, исследования в рыбоводстве по данной тематике единичны [5].

Причем результаты оценки наночастиц металлов в кормлении рыб продемонстрировали высокую эффективность, в сравнении с традиционно используемыми солями этих же элементов [6...10].

Цель исследований – изучить продуктивность и особенности обмена химических элементов в организме карпа при использовании в кормлении наночастиц сплава железа и кобальта в различной дозировке.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводили в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета.

Для эксперимента были отобраны 200 карпов, возраст (0+), с навеской 10...15 г, из числа которых методом

аналогов сформировали четыре группы ( $n = 50$ ). Рыбе I группы давали основной рацион (ОР), в корм II, III и IV групп к ОР добавляли наночастицы сплава железа и кобальта в дозах 20, 30 и 40 мг/кг корма соответственно. Продолжительность подготовительного периода 7 сут., учетного – 12 нед.

В ходе исследований использовали рецепты комбикормов, производные от РГМ-8В, рекомендованного МСХ РФ для тепловодных садковых хозяйств [11].

Производство корма осуществляли путем ступенчатого смешивания компонентов комбикорма РГМ-8В с наночастицами и экструдирования. Экструдирование проводили при влажности смеси 25...30% и температуре 60...80 °С.

Условия содержания и кормления регламентировали согласно рекомендациям [11] и ГОСТ Р 52346-2005.

Контроль над интенсивностью роста подопытной рыбы осуществляли путем еженедельного определения линейно-массовых показателей. Степень ожирения устанавливали по пятибалльной шкале, предложенной М.Л. Прозоровской. Упитанность рассчитывали по формуле Фультона [12].

Наночастицы сплава железа и кобальта синтезированы методом высокотемпературной конденсации на установке Миген по технологии М.Я. Гена и А.В. Миллера [13] в Институте энергетических проблем химической физики РАН (Москва). Размер наночастиц  $100\pm 2$  нм.

Содержание химических элементов в тканях рыб и используемых комбикормах определяли в лаборатории АНО «Центра биотической медицины» (г. Москва, аттестат аккредитации №РОСС RU.0001.22ПЯ05).

Статистическую обработку проводили с использованием общепринятых методик при помощи приложения «Excel» из программного пакета «Office XP» и «Statistica 6.0» с учетом рекомендаций [14].

**Результаты и обсуждение.** В первые 3 недели существенных различий по динамике изменения живой массы не наблюдалось. На четвертой неделе эксперимента было зафиксировано увеличение массы рыб во II и III опытных группах, по сравнению с контролем, на 6,9% ( $p<0,05$ ) и 9,5% ( $p<0,05$ ) соответственно, на пятой неделе превосходство II группы составило 10,7% ( $p<0,05$ ), III – 15,0% ( $p<0,05$ ), IV – 10,3% ( $p<0,05$ ).

Таблица 1. Коэффициент упитанности подопытных карпов

Неделя	Группа			
	I	II	III	IV
До начала эксперимента	2,6	2,8	2,9	3,0
1	2,9	3,2	3,2	3,4
2	3,2	3,4	3,5	3,6
3	3,3	3,7	3,6	3,8
4	3,4	3,8	3,8	3,5
5	3,5	3,9	4,1	3,9
6	4,4	4,7	4,3	4,2
7	5,0	4,5	4,6	4,7
8	5,2	5,0	4,8	4,8
9	5,5	5,1	4,7	4,7
10	5,6	5,0	4,8	4,3
11	5,3	5,0	4,7	4,2
12	5,5	5,1	4,6	4,2

Статически достоверные различия были констатированы и в последующие недели эксперимента, вплоть до конца исследования. Так, на двенадцатой неделе живая масса подопытных карпов во II и III опытных группах превышала величину этого показателя в контроле на 4,9 (p<0,05) и 10,0% (p<0,05) соответственно.

Упитанность – универсальный показатель, который характеризует, как содержание жира в организме, так и физиологическое состояние рыбы, ее потребительскую ценность.

Наименьшую упитанность подопытных карпов наблюдали в начале эксперимента (табл. 1), что связано с адаптацией организма к новым условиям содержания и кормления. В последующие недели величина этого показателя в опытных группах заметно повысилась, но, тем не менее, оставалась незначительно ниже контрольной группы. При этом во второй половине исследований упитанность во всех экспериментальных группах была выше физиологической нормы (3,5), что свидетельствует о хорошей усвояемости и перевариваемости корма и подтверждается степенью ожирения внутренностей.

Во всех группах до начала эксперимента степень ожирения оценивалась на 1 балл, с 2 по 5 нед. – 2 балла. На 8 и 9 нед. во II и III группах по верху второго и низу третьего отделов кишечника, а также между ними проходили широкие полоски жира – 3 балла. В период с 10 по 12 нед. в III группе кишечник был почти полностью покрыт жиром – 4 балла.

Включение в рацион карпа наночастиц сплава железа и кобальта в различной дозировке оказало влияние на обмен отдельных минеральных элементов (табл. 2).

Таблица 2. Содержание минеральных элементов в теле рыбы, мкг/гол.

Элемент	Группа			
	I	II	III	IV
Ca	467943 ± 16515	454559 ± 15400	457031 ± 11151	322168 ± 11521***
K	99776 ± 2731	112426 ± 4562***	119208 ± 1638***	101547 ± 3287
Mg	12530 ± 358	13577 ± 430*	13580 ± 209*	11246 ± 359**
Na	44249 ± 1280	48487 ± 1815**	45309 ± 727	40914 ± 1314*
P	180040 ± 5781	184530 ± 6444	185306 ± 3978	132872 ± 4444***
Co	2,38 ± 0,07	2,36 ± 0,07	3,13 ± 0,05*	1,73 ± 0,06***
Fe	491 ± 19,61	546 ± 16,97*	569 ± 8,86*	435 ± 13,96*

\* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001 (по сравнению с контролем)

При добавлении 20 мг/кг корма наночастиц содержание калия в теле рыбы выросло, по сравнению с контролем, на 12,7% (p<0,001), магния – на 8,4 (p<0,05), натрия – на 9,6 (p<0,05) и железа – на 11,0% (p<0,05). В III группе количество калия повысилось на 19,5% (p<0,001), магния – на 8,4 (p<0,05), кобальта на 31,5 (p<0,05) и железа на 16,1% (p<0,05).

В целом действие наночастиц сплава железа и кобальта носило дозозависимый характер. Так, добавление их в рацион в количестве 40 мг/кг корма, сопровождалось снижением содержания минеральных элементов в тканях тела: кальция – на 31,1% (p<0,001), магния – на 10,0 (p<0,01), натрия – на 7,5 (p<0,05), фосфора – на 26,2 (p<0,001), меди – на 18,1 (p<0,05), кобальта – на 27,0 (p<0,001) и железа – на 11,3% (p<0,05).

Коэффициент конверсии P в контрольной группе составил 16,1%, Mg – 7,5, K – 31,2, Na – 28,1, Fe – 4,6 и Co – 16,8%, величины этих показателей во II и III опытных

группах были равны соответственно 16,7; 8,4; 36,8; 31,9; 5,5; 16,6% и 16,8; 8,4; 39,8; 29,1; 5,9; 24,3%.

В результате введения наночастиц сплава железа и кобальта биодоступность элементов, по сравнению с контрольной группой, повышалась: во II группе – фосфора – на 0,6%, магния – на 0,9%, калия – на 5,6%, натрия – на 0,7% и железа – на 0,9%; в III группе – фосфора – на 0,7%, магния – на 0,9%, калия – на 8,6%, натрия – на 1,0%, железа – на 1,3% и кобальта – на 7,5% (см. рисунок).

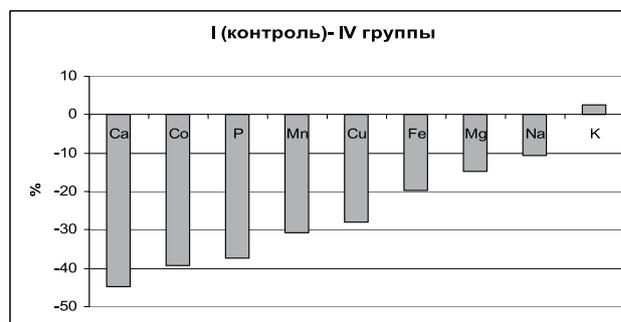
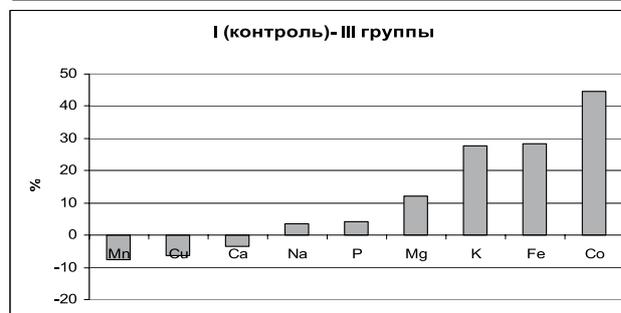
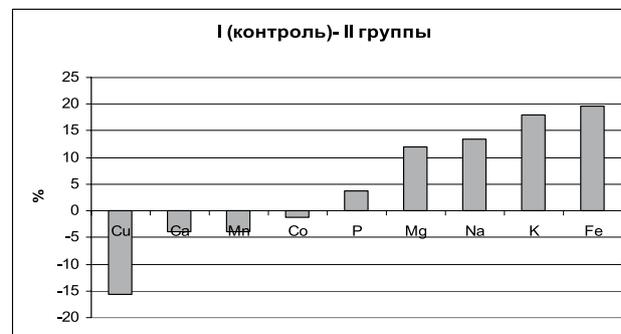


Рисунок. Сравнительная характеристика конверсии химических элементов в опытных группах относительно контрольной группы

При добавлении в рацион наночастиц в дозе 40 мг/кг корма наблюдалось снижение коэффициента конверсии химических элементов относительно контроля: кальция – на 45%, кобальта – на 39%, фосфора – на 38%, марганца – на 31%, меди – на 28%, железа – на 20%, магния – на 15% и натрия – на 10,5%.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что оптимальная доза включения наночастиц сплава железа и кобальта в рацион карпа составляет 30 мг/кг. Скармливание такой добавки вместе с комбикормом РГМ-8В позволяет увеличить интенсивность роста рыбы на 10%. Оценка элементного статуса организма карпов выявила достоверное увеличение содержания в теле рыбы таких жизненно необходимых элементов, как калий (на 19,5%), магний (на 8,4%), натрий (на 2,4%), фосфор (на 3,0%), кобальт (на 31,5%) и железо (на 16,1%). Совместное действие наноразмерных Fe и Co способствует активному росту и обмену веществ карпа.

**Литература.**

1. Назарова А.А., Полищук С.Д., Чурилов Г.И. Действие на кроликов железа и меди в ультрадисперсной форме при их введении в организм животных с кормом // Кролиководство и звероводство. 2008. №6. С. 8–10.
2. Скляр В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. М.: Издательство ВНИРО, 2008. 150 с.
3. Егоров М.А. Биорегуляторы с наноконпонентами как перспективные биопрепараты // Нанотехника. 2006. № 4. С. 74–76.
4. Элементный состав печени при многократном введении наночастиц меди / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Н.Н. Глущенко // Микроэлементы в медицине. 2011. Т. 12. № 1-2. С. 67–69.
5. Коваленко Л.В. Фолманис Г.Э. Биологически активные нанопорошки железа. М.: «Наука», 2006. 128 с.
6. Влияние наночастиц металлов на физиологическое состояние и гематологические показатели крови рыб / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова, Е.А. Сизова // Российская аквакультура: состояние, потенциал и инновационные производства в развитии АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГУИТ: Изд-во ФГУ Воронежский ЦНТИ. 2012. С. 131–135.
7. 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. К вопросу об использовании наночастиц металлов в животноводстве / А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова, И.С. Мужиков, Л.М. Рыжкова // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 1 (79). С. 132–135.
9. Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Глущенко Н.Н., Василевская С.П. Обмен химических элементов в организме карпа при использовании наночастиц кобальта и железа в корме // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6. С. 170–175.
10. Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В. Изменение гематологических параметров карпа под влиянием наночастиц металлов // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 55–57.
11. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.
12. Пряжин Ю.В., Шкицкий В.А. Методы рыбохозяйственных исследований. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2006. 214 с.
13. Ген М.Я., Миллер А.В. Авторское свидетельство СССР №814432. Бюллетень изобретений. 1981. №11. С.25.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

## EFFECT OF NANOPARTICLES DIFFERENT DOSAGES CARP ON EFFICIENCY AND EXCHANGE OF CHEMICAL ELEMENTS

E.P. Miroshnikova, A. E. Arinzhanov, Y.V. Kilyakova

Orenburg State University

**Summary.** The studies were conducted under experimental biological clinics (vivarium) Institute bioelementologii Orenburg State University to study productivity and especially the exchange of chemical elements in carp feeding using nanoparticles of iron and cobalt alloy ( $d = 100 \pm 2$  nm) at varying doses: 20, 30 and 40 mg / kg of feed. Used alloy nanoparticles of iron and cobalt were obtained at the Institute of Energy Problems of Chemical Physics RAS (Moscow) and synthesized by high-temperature condensation installation Miguén technology M.J. Gene and A.V. Miller. During the experiment, a 200 carp, age (0+), with the sample of 10-15 g, of which analogues formed by four groups ( $n = 50$ ). Differences in feeding affect the growth rate of the experimental carp. The best indicators of the dynamics of growth were observed in the group treated with the nanoparticle dose of 30 mg / kg of feed, which is fixed to the end of the experiment the live weight increase by 10% as compared to control. When added to the feed ration of 20 mg / kg and 30 mg / kg of iron alloy nanoparticles of cobalt, increased content of individual elements in comparison with the control: 12,7 % potassium, 8,4 % magnesium, 9,6 % sodium, 2,5 % phosphorus, 11,0 % iron and potassium 19,5 %, 8,4% magnesium, sodium 2,4%, 3,0% phosphorus, 31,5% cobalt and iron 16,1%, respectively. Optimal dietary dosage carp is an alloy of iron nanoparticles and cobalt at 30 mg / kg - increased growth rate and bioavailability of essential elements phosphorus 0,7 %, 0,9 % magnesium, potassium 8,6 % sodium - 1,0 %, 1,3% iron and 7,5% cobalt.

**Keywords:** nanoparticles, iron, cobalt, feeding, trace elements, fatness, carp.

УДК 633/853

## ОЗИМАЯ СУРЕПИЦА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РАННЕЛЕТНИЙ МЕДОНОС ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.И. БРАГИН<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент  
В.А. СОЛОШЕНКО<sup>2</sup>, академик РАН, директор

Ю.И. МАРТЫКО<sup>2</sup>, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Кемеровский ГСХИ

<sup>2</sup>Сибирский научно-исследовательский институт животноводства Россельхозакадемии

E-mail: 735197@mail.ru

**Резюме.** В статье представлены результаты 3-х летних исследований по использованию в пчеловодстве новой для Сибири медоносной культуры – озимой сурепицы, а также данные по продолжительности цветения наиболее распространенных в лесостепной зоне Западной Сибири медоносных культур в составе цветочно-нектарного конвейера. Основная цель исследований – разработка цветочно-нектарного конвейера медоносных трав, обеспечивающего решение проблемы ран-

нелетнего беззяткового периода. Работу проводили в степной и лесостепной зонах Кемеровской области и в лесостепной зоне Новосибирской области на выщелоченных чернозёмах. Климатические условия в годы исследований были различными (от остросухих до переувлажнённых с недостатком эффективных температур). При определении нектаропродуктивности озимой сурепицы количество принесённого пчёлами нектара и пыльцы определяли ежедневно взвешиванием 2 контрольных ульев. Цветочно-нектарный конвейер предусматривал 2...3 срока посева фацелии рьянолистной и гречихи посевой с учётом сроков цветения эспарцета, донника жёлтого, клевера розового и синяка. По окончании медосбора с озимой сурепицы в благоприятном по агроклиматическим условиям 2011 г. на каждую пчелиную семью было получено по 22 кг, а в неблагоприятные 2012 и 2013 гг. – по 14 кг товарного мёда. Биохимические показатели мёда озимой сурепицы соответствуют требованиям ГОСТ «Мёд натуральный». Организация цветочно-нектарного конвейера обеспечивает непрерывное цветение медоносных культур в благоприятных агроклима-