

УДК 636.085.12

**УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЕ ПОРОШКИ МЕТАЛЛОВ –  
НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ****И. Б. ИЗМАЙЛОВИЧ***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407***Н. Н. ЯКИМОВИЧ***ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь,**(Поступила в редакцию 24.08.2018)*

*Известно, что без микроэлементов невозможен синтез комплекса ферментов, от активности которых зависит реализация биологического потенциала растений и животных, их стрессоустойчивость и продуктивность. Причем ферменты, содержащиеся в клетках животных, растений и микроорганизмов выполняют одни и те же функции. Например, без карбоангидразы невозможен процесс дыхания, этот фермент необходим всем живым клеткам для расщепления угольной кислоты на углекислый газ и воду. Иначе клетка погибнет. Эта парадигма является ориентиром в проведении научных исследований по изучению взаимодействия микроэлементов с ферментами в различных типах живых клеток. Однако изучению вопросов такой взаимосвязи, да и микроэлементам в отдельности, длительное время не уделялось должного внимания, хотя исторический путь к их познанию начинался много веков тому назад. Например, первые упоминания о токсическом действии мышьяка относятся к эпохе Ренессанса (Rahman, M. M. et al., 2011). В XVIII веке при изготовлении модных тогда в Европе бобровых шляп использовалась ртуть, поэтому у рабочих на этом производстве и у владельцев при длительном ношении шляп отмечались характерные расстройства психики, которые называли «меркурианством» (от лат. Mercurium – ртуть). Слагаемыми более высокого общего биоресурсного потенциала цыплят-бройлеров третьей группы явились показатели интенсивности роста молодняка, которая была выше контроля на 4,3 %, снижения затрат кормов на единицу прироста живой массы на 3,8 %, что в конечном итоге оказалось экономически эффективным.*

**Ключевые слова:** металлы, ультрадисперсные порошки, микроэлементы, клетка.

*It is known that without microelements it is impossible to synthesize a complex of enzymes, the activity of which determines the realization of biological potential of plants and animals, their stress resistance and productivity. Moreover, the enzymes contained in the cells of animals, plants and microorganisms perform the same functions. For example, without carbonic anhydrase, the process of respiration is impossible; this enzyme is necessary for all living cells to break down carbonic acid into carbon dioxide and water. Otherwise, the cell will die. This paradigm is a reference point in conducting research into the interaction of trace elements with enzymes in various types of living cells. However, for a long time, due attention was not paid to studying the issues of such a relationship, and even to the microelements separately, although the historical path to understanding of their nature began many centuries ago. For example, the first mention of the toxic action of arsenic dates from the Renaissance (Rahman, M.M. et al., 2011). In the eighteenth century, when making beaver hats in Europe, mercury was used, so the workers at this production and the owners with long-wearing hats showed characteristic mental disorders, which were called “mercurialism” (from the Latin ‘mercury’). The components of higher overall bio-resource potential of broiler chickens of the third group were indicators of the growth rate of young stock, which was 4.3% higher than the control, reduction of feed costs per unit of live weight gain by 3.8%, which ultimately proved to be cost-effective.*

**Key words:** metals, ultrafine powders, trace elements, cell.

**Введение**

Начало исследований по содержанию химических элементов в почвах, водах и организмах положено классическими трудами выдающегося советского геохимика А. П. Виноградова [6]. Были выявлены биологические реакции растений, животных и человека на избыток и недостаток в геохимической среде отдельных элементов. Затем для компенсации недостающих в рационе микроэлементов было предложено использовать неорганические соли металлов, что стало серьезным прорывом в науке о кормлении. Их применение в течение многих лет позволяло поддерживать баланс необходимых элементов в организме. Хотя биодоступность их в отдельных случаях не превышала 50 %. К тому же реакция среды минеральных элементов относительно агрессивна по отношению к витаминам и другим биологически активным веществам.

Поэтому на смену минеральным солям пришли «органические минералы» в виде хелатов-комплексов в составе металла и аминокислоты, металла с полисахаридом. Они менее токсичны и более биодоступны, что позволяет сократить их дозы в 3–4 раза при одинаковом эффекте.

Однако новейшая информация в области биотехнологии производства микроэлементов позволяла предсказать, что органические микроэлементы также могут иметь альтернативу, то есть бывшему новшеству появилась замена в виде ультрадисперсных порошков металлов или нанопорошков [5]. Но эта альтернатива пока экспериментальная. Таковы этапы

эволюционного развития науки по компенсации дефицита микроэлементов в рационах сельскохозяйственных животных и птицы.

Говоря о нанопорошках, вспомним, что наноразмерный мир – это мир структур, в котором размер частиц находится в пределах от 0,1 нм (примерно размер атома) до 100 нм. Нанотехнологии основаны на управлении отдельными молекулами и атомами. Приставка «нано» обозначает по системе единиц СИ размер в минус девятой степени, то есть 1 нанометр меньше метра в миллиард раз, или меньше одного миллиметра в миллион раз. Диапазон производимой с использованием наноматериалов продукции очень широк: от нитей, более, чем в 200 раз тоньше человеческого волоса до производства стальной арматуры для железнодорожных шпал. Здесь основное предназначение нанопорошков – делать прочнее всё, во что их добавляют. Крохотные частицы связывают молекулы исходного материала, и тот приобретает новые свойства. Человек *научился существовать улучшить прочность и пластичность серийных легких сплавов, вводя в их состав наночастицы алмаза и оксида алюминия*; разработал технологию получения нового материала – легкого, как алюминий, и прочного, как сталь; создал новый материал, представляющий собой почти невесомую ткань из нейлоновых нановолокон не более 15 нанометров в диаметре, которая может быть использована в фильтрах для защиты органов дыхания, а также проведения аналитических исследований; создал бумагу из волокон целлюлозы, легче обычной бумаги и прочнее стальной проволоки, разработал специальные нанобинты, с помощью которых можно лечить ожоги, раны [5]. С помощью нанотехнологий можно защищать природу, создавать роботов, строить сверхбыстрые компьютеры, осваивать космос [8].

В последние годы в промышленно развитых странах ведутся активные исследования по изучению наночастиц микроэлементов в растениеводстве, животноводстве и медицине. Вопросы эффективности применения ультрадисперсных порошков металлов в частности в растениеводстве рассматриваются исследователями ближнего и дальнего зарубежья [7, 11, 16 и др.].

На многочисленном поголовье лабораторных животных, затем в свиноводстве, мелком и крупном животноводстве и на других видах сельскохозяйственных животных и птицы по изучению эффективности использования в их рационах ультрадисперсных порошков металлов показано в основном положительное влияние на физиологическое состояние животных, лучшую переваримость питательных веществ рационов, на рост и развитие молодняка и дальнейшую продуктивность взрослых животных [2, 3, 12].

В медицине использование наноматериалов в качестве лекарственных средств является одним из перспективных направлений их применения. Установлено, что ультрадисперсные металлы стимулируют процессы регенерации тканей, обладают ранозаживляющим действием. Большое количество исследований в этом направлении проведено отечественными и зарубежными учеными [4, 13, 14, 15].

И вполне вероятно, что участь XXI века предопределят нанотехнологии во всех без исключения сферах жизнедеятельности человека, подобно тому, как судьбу XX века определили атомная энергия, компьютеры, лазеры, мобильные телефоны и интернет.

Цель работы – изучить эффективность использования ультрадисперсных порошков металлов при выращивании цыплят-бройлеров.

### **Основная часть**

В нашем научно-хозяйственном опыте объектом исследований явились цыплята-бройлеры кросса ROSS-308 с суточного до 35-дневного возраста. Предметом исследований – синтезированный в ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси» коллоидный раствор наночастиц под названием Наноплант. Этот препарат включает комплекс 8 микроэлементов: кобальта, марганца, меди, железа, цинка, хрома, молибдена и селена, стабилизированных биогенными водорастворимыми полимерами.

Для проведения исследований было сформировано по принципу аналогов три группы цыплят по 20 голов в каждой. Птица содержалась на полу на разгороженной сеткой глубокой несменяемой подстилке с постоянной плотностью посадки 14 гол/м<sup>2</sup>, в связи с планируемой съемной живой массой в конце выращивания 2,3 кг. Температурно-влажностные и световые режимы в связи с возрастом для всех групп цыплят были одинаковыми. Опыт проводили на птицефабрике Агрофирмы «Заря» Могилевского района. Комбикорма и премиксы изготавливали на современном комбикормовом заводе этого же хозяйства. Методы весовых измерений, характеризующих динамику живой массы и затраты кормов на прирост живой массы, – тривиальные. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью Microsoft Excel. Включение в рацион изучаемого препарата осуществляли через питьевую воду. Методической основой для расчета концентрации препарата в воде явились

четыре основных критерия: знание того, что куры потребляют в сутки воды в два раза больше, чем корма; ежесуточной потребности цыплят-бройлеров в полнорационном комбикорме; общепринятые нормы включения гарантированных добавок микроэлементов в виде премиксов; многократное повышение коэффициента активности наночастиц (20–100-кратное [1]) относительно минералов в иной форме, за счет огромной их удельной поверхности и избыточной поверхностной энергии.

Пример расчета количества включаемого препарата в питьевую воду цыплят-бройлеров поэтапно был следующим.

Сумма микроэлементов в премиксе представлена формулой 1:

$$K_m = \sum n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6, \quad (1)$$

где:  $K_m$  – сумма микроэлементов в премиксе комбикорма контрольной группы;  $n_1$  – Cu,  $n_2$  – Fe,  $n_3$  – Mn,  $n_4$  – Zn,  $n_5$  – Co,  $n_6$  – Se. Их сумма – 114 г/т.

Сумма этих микроэлементов в препарате представлена формулой 2:

$$H_m = \sum n_1 - \text{Cu}, n_2 - \text{Fe}, n_3 - \text{Mn}, n_4 - \text{Zn}, n_5 - \text{Co}, n_6 - \text{Se}. \quad (2)$$

Сумма микроэлементов в препарате – 2,55 г/л.

Теоретические расчеты показывают, что для выращивания 20 голов цыплят-бройлеров при плановой сохранности поголовья 96 %, с известной ожидаемой съемной живой массой (2,3 кг) и планируемыми затратами кормов на прирост 1 кг живой массы (1,6 кг) потребуется 45 кг комбикорма с суммой микроэлементов 5,2 г. На одну группу потребуется 90 литров питьевой воды. С учетом вышеизложенного, в воду 2-й группы цыплят включаем указанные наночастицы биоэлементов препарата в количестве  $1 \times$  , а 3-й группе –  $1,5 \times$  от нормы микроэлементов сернокислых солей в премиксе контрольной группы.

Учет израсходованных кормов вели по трем группам, а питьевой воды с наночастицами микроэлементов для второй и третьей групп – по автономно установленным за оградительной сеткой пластиковых прозрачных емкостях по 30 литров каждая. Свежую воду с постоянной концентрацией микроэлементов добавляли в емкости по мере необходимости. Контроль за динамикой живой массы осуществляли путем индивидуального взвешивания в суточном, 14- и 35-дневном возрасте. Научно-хозяйственный опыт проводили по схеме, представленной в табл. 1.

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Поголовье	Особенности кормления
1 – контр.	20	ОР* – комбикорм по фазам выращивания табл. 2.
2 – опытн.	20	ОР + вместо сернокислых солей в премиксе контрольной группы включен препарат наночастиц в количестве $1 \times$ от нормы добавок солей в премиксе
3 – опытн.	20	ОР + то же самое в количестве $1,5 \times$ от нормы добавок микроэлементов в форме сернокислых солей в премиксе контрольной группы

Кормление молодняка осуществляли сухими полнорационными комбикормами по двум рецептам: ПК-5-1 для молодняка в возрасте 0–14 дней и ПК-5-2 для цыплят-бройлеров в возрасте 15–35 дней (табл. 2).

Таблица 2. Состав и питательность комбикормов, %

Компоненты, %	ПК-5-1	ПК-5-2
Пшеница	21,11	33,50
Подсолнечный жмых	1,44	3,46
Соевый шрот	28,27	5,10
Кукуруза	35,42	34,73
Ячмень шелушенный	–	5,00
Рыбная мука	6,00	7,00
БВМК-3%	–	5,00
Растительное масло	4,00	3,50
Метионин	0,20	0,09
Лизин	0,20	–
Треонин	0,09	–
Монокальцийфосфат	0,73	0,49
Известняк	1,31	0,91
Соль	0,27	0,22
Премикс	1,0	1,0
В 100 г содержится, %: ОЭ, кДж	1298,0	1340,0
Сухое вещество	89,46	89,10
Протеин	23,00	21,00

Клетчатка	4,55	4,38
Жир	2,93	8,92
Лизин	1,37	1,31
Метионин	0,57	0,58
Цистин	0,31	0,31
Триптофан	0,26	0,24
Треонин	0,88	0,77
Кальций	1,00	0,89
Фосфор	0,67	0,67
На 1 тонну комбикорма добавлено*		
Витамины: А, млн. МЕ	10	10
Д <sub>3</sub> , млн. МЕ	3	3
Е, г	20	20
К <sub>3</sub> , г	2	2
В <sub>1</sub> , г	2	2
В <sub>2</sub> , г	5	5
В <sub>3</sub> , г	12	12
В <sub>4</sub> , г	500	500
В <sub>5</sub> , г	30	30
В <sub>6</sub> , г	3	3
Вс, г	0,5	0,5
Н, г	0,1	0,1
В <sub>12</sub> , г	0,025	0,025
С, г	50	50
Микроэлементов: медь, г	2,5	2,5
железо, г	10	10
марганец, г	50	50
цинк, г	50	50
кобальт, г	1	1
селен, г	0,5	0,5

Примечание. Витаминно-минеральный премикс добавлен только для контрольной группы. Для 2-й и 3-й опытных групп в комбикорм включен только витаминный премикс, а минеральная часть – в составе коллоидного раствора наночастиц с питьевой водой.

Одним из основных критериев, определяющих эффективность выращивания бройлеров является интенсивность их роста. Взвешивание молодняка показало, что при живой массе в суточном возрасте 44–45 г к концу выращивания в 35-дневном возрасте опытные цыплята третьей группы превосходили контроль 4,3 % при высокодостоверной разнице ( $P \leq 0,01$ ). Результаты взвешиваний представлены в табл. 3.

Таблица 3. Живая масса подопытных цыплят ( $X \pm m$ )

Группа	Возраст цыплят, дней			% к контролю
	1	14	35	
1-я	44,3 ± 0,09	332,6 ± 9,3	2155,1 ± 20,4	100,0
2-я	44,8 ± 0,11	328,7 ± 8,4	2153,8 ± 19,5	100,0
3-я	44,6 ± 0,10	344,2 ± 9,5	2247,6 ± 25,3*	104,3

\* $P \leq 0,01$ .

Бройлеры второй группы во время всего опыта по интенсивности роста оставались на уровне контрольной группы, то есть, по нашим данным  $1 \times$  наночастиц биоэлементов от общей массы микроэлементов в форме сернокислых солей в премиксе контрольной группы по биологической эффективности равноценна контрольной группе. В третьей группе при включении наночастиц в количестве  $1,5 \times$  от нормы гарантированных добавок микроэлементов в премиксе в составе сернокислых солей интенсивность роста молодняка была достоверно выше контроля на 4,3 % ( $P \leq 0,01$ ).

Это обстоятельство является подтверждением той концепции, что наночастицы вследствие размерного эффекта обладают уникальным комплексом физических, химических, электрических, магнитных, тепловых, сорбционных и других свойств, т. е. способностью активизировать биохимические и физиологические процессы, которые отличаются от свойств этого же вещества в другой химической форме.

Сохранность молодняка в контрольной и опытных группах соответствовала нормативам и составляла 96 %. Общий прирост живой массы бройлеров в контрольной группе составил 103,4 кг, во второй – 103,3 и в третьей – 107,7 кг. Наряду с сохранностью цыплят и изменением их живой массы важным критерием эффективности выращивания являются затраты кормов на прирост. В ходе наших исследований установлено, что в контрольной группе на прирост 1 кг живой массы использовано 1,61 кг комбикорма, во второй – то же самое количество – 1,61 и в третьей – 1,55 кг.

За время опыта в первой и второй группах цыплят было затрачено на 1 голову по 3,39 кг комбикорма, а в расчете на прирост 1 кг живой массы 1,61 кг. В третьей группе затраты комбикорма на 1 голову выше на 0,02 кг, но в расчете на прирост 1 кг живой массы ниже на 0,06 кг. Диаграмма взаимосвязи интенсивности роста цыплят с затратами кормов на единицу прироста представлена на рисунке.

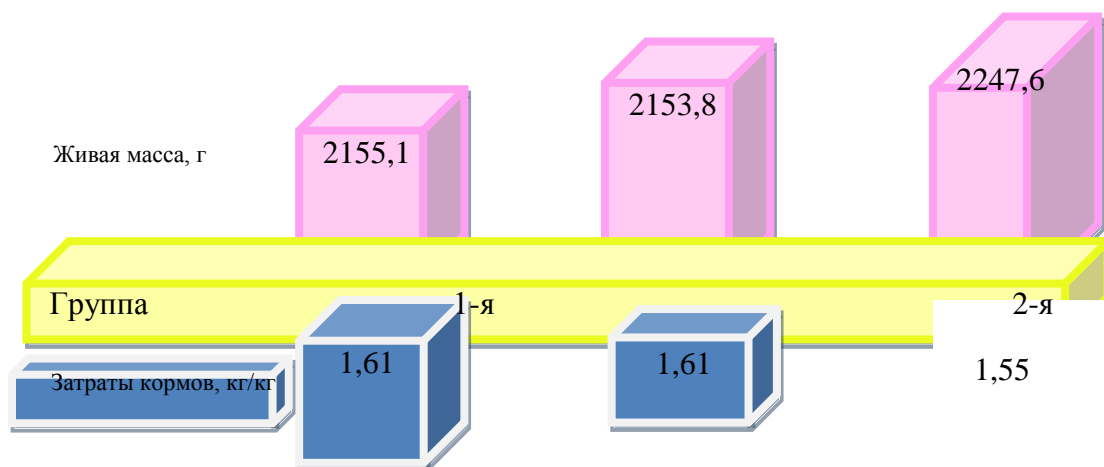


Рис. Взаимосвязь прироста живой массы и затрат кормов

Все это слагаемые зоотехнической и биологической эффективности изучаемых микроэлементов – определяющий критерий целесообразности такого производства должна быть экономическая эффективность.

Наши расчеты показали, что дополнительный прирост в 3-й группе составил 3 кг, а его стоимость – 4,44 у. е. Учитывая стоимость израсходованного комбикорма, препаратов, а также производственных затрат, дополнительная прибыль в этой же группе составила 1,4 у. е., а в расчете на 1000 голов выращиваемого молодняка – 70 у. е.

### Заключение

Замена сернокислых солей микроэлементов биометаллами в форме наночастиц в рационах цыплят-бройлеров в количествах 1,0× и 1,5× от нормы микроэлементов в премиксе контрольной группы наиболее экономически эффективной оказалась их количество, включенное в питьевую воду цыплят третьей группы. Слагаемыми более высокого общего биоресурсного потенциала цыплят-бройлеров третьей группы явились показатели интенсивности роста молодняка, которая была выше контроля на 4,3 %, снижения затрат кормов на единицу прироста живой массы на 3,8 %, что в конечном итоге оказалось экономически эффективным. Дополнительная прибыль в расчете на 1000 голов выращиваемого молодняка составила 70 у. е.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Азизбекян, С. Г. Получение наночастиц биоэлементов с целью создания препаратов для стимуляции гемопоза у животных / С. Г. Азизбекян, А. Р. Набиуллин, М. П. Кучинский. – Нанотехника. – 2012. – № 32. – С. 71–72.
2. Азимов, Д. С. Эффективность применения различных соединений марганца в рационах кур-несушек / Д. С. Азимов, Е. В. Рыбина, С. Г. Азимов, // Эффективне птахівництво та тваринництво. – 2004. – № 1. – С. 23–24.
3. Аринжанов, А. Е. Использование экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов в кормлении рыб / А. Е. Аринжанов, Е. П. Мирошникова, Ю. В. Килякова, А. М. Мирошников, А. В. Кудашева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 10. – С. 138–142.
4. Байтукалов, Т. А. Физико-химические особенности ранозаживляющих свойств наночастиц железа и магния в составе различных полимеров: автореф. дисс. ... канд. с.-х. н. / Т. А. Байтукалов. – М.: 2006. – 20 с.
5. Балабанов, В. Нанотехнологии. Наука будущего / В. Балабанов. – М.: Эксмо, 2009. – 256 с.
6. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
7. Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологии / Н. П. Егоров [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2008. – № 6. – С. 94–99.
8. Ковальчук, М. В. Нанотехнологии – фундамент наукоемкой экономики XXI века / М. В. Ковальчук, М. А. Риш. – Российские нанотехнологии. – 2007. – № 12. – С. 6–12.

9. Методические рекомендации по применению животным новых препаратов на основе микроэлементов и витаминов (антианемин, антианемин-форте, неовитселен, наноселен, антимиопатик, антимиопатик-2) / М. П. Кучинский [и др.]. – Минск, 2015. – 12 с.
10. Морохов, И. Д. Ультрадисперсные металлические среды / И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, С. П. Чижик. – М.: Атомиздат, 1977. – 164 с.
11. Морш, Н. А. Ультрадисперсные препараты для зерновых культур / Н. А. Морш, Л. В. Коваленко, Г. Э. Фолманис // Зерновые культуры. – 2000. – № 4. – С. 21–22.
12. Пресняк, А. Р. Использование наночастиц микроэлементов – перспективное направление при производстве мяса цыплят-бройлеров / А. Р. Пресняк // Молодой ученый. – 2015. – № 5 (2). – С. 40–42.
13. Черкасова, О. Г. Физико-химические основы применения мелкодисперсных магнитных материалов в фармации: автореф. дисс. ... канд. физ. н. / О. Г. Черкасова. – М., 1991.
14. Bao, Y. Preparation of functionalized and gold-coated cobalt nanocrystals for biomedical applications / Y. Bao, K. Krishnan // J. Magn. Mat. – 2005. – Vol. 293. – № 1. – P. 15–19.
15. Berry, C. C. Functionalization of magnetic Nanoparticles for application in biomedicine / C. C. Berry, A. S. Curtis // J. Phys. – 2003. – № 36. – P. 198–206.
16. Rahman, M. M. Iron Oxide Nanoparticles / M. M. Rahman, S. B. Khan, A. Jamal, M. Faisal, A. M. Aisir. – Nanomaterials. – 2011. – P. 43–66.