

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (I, Co, Cu) НА МЕТАБОЛИЗМ КОБАЛЬТА

**А.С. Ушаков^{1,2}, Ш.Г. Рахматуллин^{2,3*}, С.А. Мирошников^{2,3},
Т.Н. Королева⁴**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных, г. Боровск, Калужская обл.

² Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства, г. Оренбург

³ Оренбургский государственный университет

⁴ Центральная государственная медицинская академия УДП РФ, Москва

² Красноярский государственный аграрный университет

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты исследования влияния добавок солей микроэлементов (йод, кобальт, медь) к рациону на барде на обмен веществ бычков черно-пестрой породы. Для проведения исследований по принципу аналогов на основе породных, возрастных, половых качеств, а также живой массы было сформировано три группы 10-месячных бычков массой 290 кг: контрольная (I) и две опытные (II, III) ($n = 28$). К рациону I группы дополнительно вносили микроэлементы (I, Co, Cu) в виде солей исходя из средних норм для молодняка, бычкам II группы микроэлементы не добавляли, а молодняку III группы давали увеличенную дозировку этих элементов. Проведен анализ изменения обмена веществ в условиях различной нутриентной обеспеченности рациона. В процессе переваривания возникает стойкий обмен кобальта между кровью и пищеварительным трактом. Наибольшее количество кобальта характерно для книжки и тонкого отдела кишечника, наименьшее – для рубца. Наименьшим эффектом накопления этого элемента обладают ткани мышц спины, особенно у группы с дефицитным по кобальту рационом, а дополнительное обогащение наоборот способствует его увеличению. Сочетанное использование солей микроэлементов в рецептуре корма животных III опытной группы активизирует деятельность щитовидной железы и способствует увеличению уровня кобальта в органе. Абсорбция кобальта значительно коррелирует с уровнем элемента в желудочно-кишечном тракте, а именно в его содержимом. Повышенным селективным действием по накоплению кобальта обладают щитовидная, поджелудочная железы и печень.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обмен веществ, йод, кобальт, медь, барда.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в растениях, а также в организме животных, помимо водорода, азота, кислорода и углерода, доказано наличие еще 75 химических элементов. Их количество находится в широких пределах. К жизненно необходимым относятся 15 элементов, 5–8 считаются необязательными, однако не исключено, что не все функционально необходимые элементы для живых организмов еще выявлены.

В состав всех структурных элементов организма входят минеральные вещества, т.е. в любой клетке находятся микро- и макроэлементы. У растущего молодняка процесс создания новых клеток не может проходить без накопления в них минеральных веществ, главным образом в костной и других тканях организма. В

процессе жизни уровень минеральных веществ снижается из-за выведения их из организма, а восполнение происходит за счет корма и воды, предотвращая процесс деминерализации. Для нормального обеспечения жизнедеятельности организма животных необходимо оптимальное кормление, сбалансированное минеральными веществами, витаминами и т.д., и в определенном их соотношении. Существует свыше 70 взаимодействий минеральных веществ в организме, которые влияют на абсорбцию одного при изобилии или дефиците другого (Алексеева, 2005, 2006; Драганов и др., 2012).

В связи с широким диапазоном количества минеральных веществ в составе рационов их концентрация в организме животных (органах и тканях) остается стабильной за счет возможности

* Адрес для переписки:

Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович
E-mail: shahm2006@rambler.ru

организма поддерживать гомеостаз элементов. Однако регулирующие механизмы не бесконечны и нарушение обмена минеральных веществ могут быть важным лимитирующим критерием производства продукции. Результаты могут быть самые разнообразные, в том числе:

ухудшение функции органов, систем и образование алиментарных заболеваний;

прекращение абсорбции питательных веществ корма и повышение затрат рационов на получение продукции;

уменьшение продуктивных качеств;

ухудшение воспроизводительных качеств и рождение неспособного к жизни молодняка (Драганов и др., 2013).

Главной проблемой в агропромышленном комплексе на сегодняшний день до сих пор считается повышение уровня производства мяса и, главным образом говядины, составляющего примерно 50% мясного баланса страны. Российская Федерация обладает необходимыми ресурсами для повышения объема и увеличения эффективного производства говядины высокого качества. Однако важным условием для этого является создание стабильной кормовой базы, в качестве необходимого источника пополнения могут быть отходы сахарного и спиртового производства (жом, барда). Главное внимание заслуживает барда, так как по стоимости и доступности она предпочтительнее применяемых кормов.

Барда обладает большим количеством белкового вещества. В 100 кг свежей картофельной барды находится от 94 до 96% влаги, от 4 до 4,4 энергетических кормовых единиц (ЭКЕ) и 0,6 кг переваримого протеина, а в хлебной – от 88 до 93% влаги, от 7,3–8,2 ЭКЕ и 1–1,4 кг переваримого протеина (Ушаков, 2006; Ходырев, Драганов, 1983).

Необходимым и отличительным качеством барды является наличие в ней витаминов В₂ (рибофлавина), В₃ (никотиновой кислоты), В₉ (фолиевой кислоты) и провитамина витамина D₂ – эргостерина, а также органических кислот (молочной, уксусной, масляной и т.д.), которые отлично усваиваются (Ходырев, Волконский, 1984).

По мнению ряда ученых, наряду с положительными характеристиками барды существует и отрицательная: при кормлении бардой животные начинают обильно потреблять воду, вследствие чего происходит выведение микро- и макроэлементов из организма с мочой. В дальнейшем рН рубцовой жидкости, уровень щелочного резерва крови, количество витамина А, кальция, а также натрия в сыворотке крови снижаются (Волконский, 1984; Левантин, 1985; Ушаков и др., 2011; Алексеева и др., 2008).

Цель работы – изучение физиологического состояния, минерального обмена и продуктивных качеств бычков при откорме на бардюном рационе с добавлением в рецептуру солей микроэлементов для нормализации обменных процессов и стимуляции роста животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на модели животных – бычков чёрно-пестрой породы на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных», СПК «Подобино» Бежецкого района Тверской области.

Для проведения исследований по принципу аналогов на основе породных, возрастных, половых качеств, а также живой массы были сформированы три группы 10-месячных бычков чёрно-пестрой породы: контрольная (I) и две опытные (II, III) по 28 голов в каждой при средней живой массе 290 кг. Для получения 800 г среднесуточного прироста живой массы был составлен рацион по детализированным нормам ВИЖ, состоящий из зернокартофельной барды (50%), зеленой массы (30%) и концентрированных кормов (20%). Количество корма увеличивали по мере роста животных, но рецептура оставалась неизменной. Таким образом, в течение эксперимента количество компонентов увеличилось с 60 до 78 кг для барды, с 7 до 8,5 кг – для зеленой массы, с 1,5 до 3 кг – для концентрированных кормов с содержанием сухого вещества 7–8,9 кг, с 0,68 до 0,80 кг – для переваримого протеина, с 6,6 до 8,1 – для ЭКЕ и уровнем клетчатки 16–18%. Всем подопытным животным на протяжении опыта еженедельно вводили витамин D₂ (внутримышечно по 10 тыс. МЕ).

Основное отличие в кормлении подопытных бычков заключалось в следующем: к рациону I (контрольной) группы дополнительно вносили микроэлементы (исходя из средних норм для молодняка крупного рогатого скота, находящегося на откорме и с учетом их содержания в кормах): йода – 0,264, кобальта – 0,32 и меди – 4,16 мг/кг сухого вещества. Бычкам II опытной группы микроэлементы не добавляли, а молодняку III опытной группы давали увеличенную дозировку йода, кобальта и меди в количествах 1,05, 1,25 и 16,64 мг/кг сухого вещества соответственно.

Суточную дозу микроэлементов растворяли в воде и равномерно поливали этими растворами комбикорм, который скармливали бычкам утром и вечером. Йодид калия использовали отдельно от хлорида кобальта и сульфата меди в утреннее и вечернее кормление соответственно.

Опыт длился 165 дней и был условно разделён на три периода (начало, середина и конец) по 55 дней каждый.

Потребление бычками кормов учитывали ежедневно групповым методом. Каждый месяц проводили взвешивание животных. За время опыта в используемых кормах пять раз определяли содержание важнейших микроэлементов.

За 21 день до начала откорма трем животным из каждой группы накладывали хронические канюли на рубец (по Басову). На 55-й, 110-й и 165-й дни опыта через канюлю два дня подряд, спустя 3 ч после утреннего кормления отбирали пробы рубцовой жидкости. В эти же дни и в то же самое время брали кровь из яремной вены у пяти животных из каждой группы.

Пробы кормов, фекальной массы и мочевой жидкости отбирали и консервировали по общепринятым методикам. Для изучения кобальта в организме животных в качестве биосубстратов использовали рубцовую жидкость, кровь, образцы желудочно-кишечного тракта (рубец, сетка, книжка, 12-перстная кишка, тощая, ободочная, слепая), ткани и органы (кожный покров, длинная мышца спины, печень, почки, поджелудочная и щитовидная железы), костная ткань, а также продукты выведения из организма (моча и кал). Анализ исследуемых образцов проводили атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin-Elmer 403 в беспламенном режиме атомизации в графитовой кювете HGA-72

Все вычисления и обработку цифрового материала выполняли с помощью пакета Excel 2013, входящего в состав программы Microsoft Office 2013. Для выявления достоверных значений межгрупповых различий применяли

t-критерий (Лукашик, Тащилин, 1965; Кобзарь, 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Добавка различного количества микроэлементов (I, Co, Cu) в рецептуру рационов или их отсутствие повлияла на обменные процессы, проходящие в организме бычков. С этой целью проведен анализ данных соотношения кобальта в жидкости рубца, цельной крови, химусе по мере прохождения по пищеварительному каналу, органах и тканях. Обработка данных выявила, что в процессе переваривания возникает стойкий обмен элемента между кровью и пищеварительным трактом.

Таким образом, наивысшим уровнем содержания кобальта в рубцовой жидкости характеризуется молодняк III опытной группы в середине откорма (1,23 мг/кг) и в конце (1,13 мг/кг), что на 86,36% ($p \leq 0,001$) и 76,56% ($p \leq 0,001$) выше относительно показателей животных I (контроль) группы (табл. 1).

Уровень данного элемента у животных I (контроль) группы варьировал от 0,56 до 0,66 мг/кг сухого вещества, что выше на 50–70% ($p \leq 0,01–0,001$) относительно животных II опытной группы, которые были на дефицитном по элементам рационе. Значения в III опытной группе были статистически значимые относительно I (контроль) и II опытной групп на протяжении всех периодов откорма.

Уровень кобальта в крови молодняка I (контроль) группы и животных III опытной группы варьировал от 0,07 до 1,68 мг/кг сухого вещества, причем к заключительному периоду откорма он увеличился соответственно в 18,1 и 2,4 раза относительно начала (табл. 2).

Таблица 1. Концентрация кобальта в жидкости рубца бычков, мг/кг сухого вещества

| Группа | Период опыта | | |
|--------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Начало | Середина | Конец |
| I (контроль) | 0,56±0,10 | 0,66±0,07 | 0,64±0,03 |
| II опытная | 0,33±0,06 | 0,44±0,03 ^{a**} | 0,42±0,02 ^{a*} |
| III опытная | 0,90±0,10 ^{b***} | 1,23±0,06 ^{a*, b***, c**} | 1,13±0,03 ^{a*, b***, c*} |

Примечание: а – при сравнении контроля (I) со II и III опытными группами; б – при сравнении II с III опытной группы; с – при сравнении начального периода с серединой и заключительным; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

Таблица 2. Концентрация кобальта в крови бычков, мг/кг сухого вещества

| Группа | Период опыта | | |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|
| | Начало | Середина | Конец |
| I (контроль) | 0,07±0,02 | 0,41±0,05 ^{c***} | 1,27±0,08 ^{c***, d***} |
| II опытная | 0,03±0,02 | 0,03±0,01 ^{a***} | 0,24±0,02 ^{a***, c***, d***} |
| III опытная | 0,70±0,07 ^{a***, b***} | 1,21±0,08 ^{a***, b***, c***} | 1,68±0,10 ^{a**, b***, c***, d***} |

Примечание: а – при сравнении контроля (I) со II и III опытными группами; б – при сравнении II с III опытной группы; с – при сравнении начального периода с серединой и заключительным; d – при сравнении середины с заключительным периодом; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

Количество кобальта в цельной крови бычков II опытной группы варьировало от 0,03 до 0,24 мг/кг сухого вещества, что соответственно в 23 ($p \leq 0,001$) и 7 раз ($p \leq 0,001$) ниже, чем у бычков, получавших микроэлементы в избытии. Данные показатели также были статистически значимыми на протяжении всего периода откорма ($p \leq 0,001$).

Особое внимание в изучении всасывания кобальта заслуживает желудочно-кишечный тракт. Учитывая значимость влияния кобальта на организм животных, исследования в данной проблематике очень важны (Волконский, 1984; Драганов, 1992; Алексеева и др., 2008). По данным результатов ряда исследователей (Хеннинг, 1976; Георгиевский и др., 1979), наивысшая абсорби-

рующая активность для кобальта наблюдалась в тонком отделе кишечника, что также подтверждается нашими исследованиями. Наибольшее его количество характерно для книжки и тонкого отдела кишечника, наименьшее – для рубца (так как его стенка едва проницаема), при том, что сама жидкость характеризуется большим его количеством, который синтезируется микроорганизмами для витамина B₁₂ (Георгиевский и др., 1979). Уровень кобальта в жидкости и стенке рубца, обусловлен быстрым переходом элемента в жидкую часть рубцового содержимого, где он участвует в синтезе кобаламинов.

Дефицит микроэлементов в рецептуре рационов повлиял на уровень кобальта всего пищеварительного тракта (рис. 1–3).

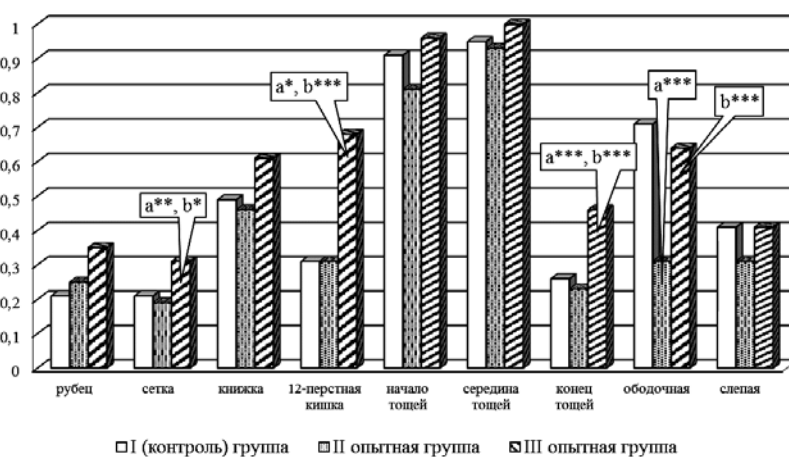


Рис. 1. Концентрация уровня кобальта в желудочно-кишечном тракте животных в начале откорма, мг/кг сухого вещества:
а – при сравнении I группы со II и III группами;
b – при сравнении II группы с III группой; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$

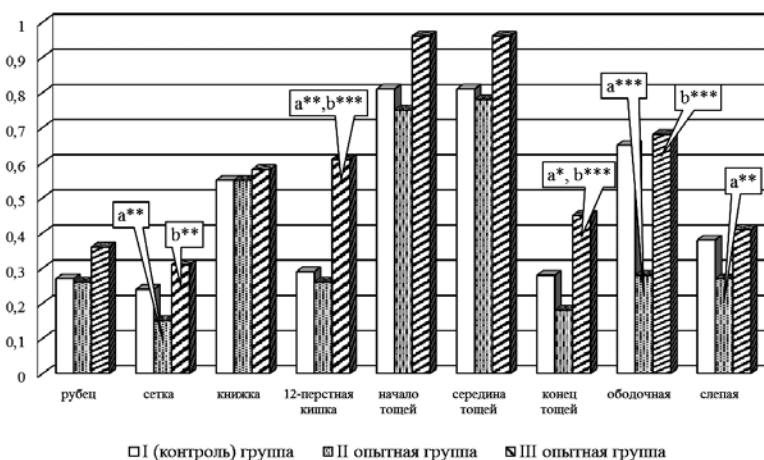


Рис. 2. Концентрация уровня кобальта в желудочно-кишечном тракте животных в середине откорма, мг/кг сухого вещества:
а – при сравнении I группы со II и III группами;
b – при сравнении II группы с III группой; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$

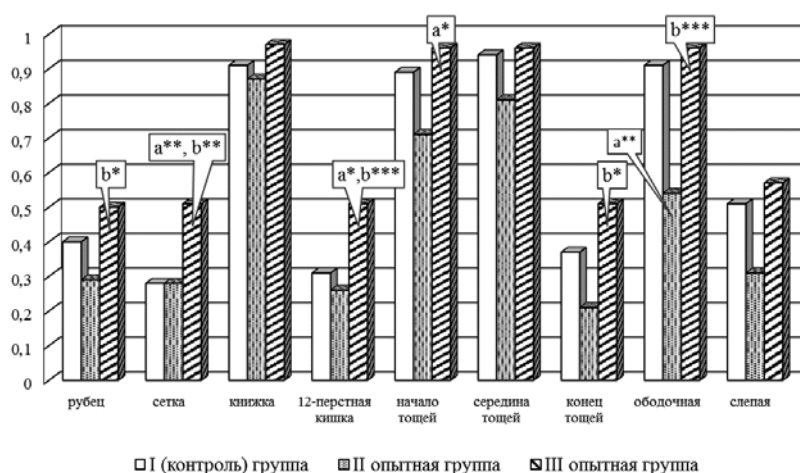


Рис. 3. Концентрация уровня кобальта в желудочно-кишечном тракте животных в конце откорма, мг/кг сухого вещества:
a – при сравнении I группы со II и III группами;
b – при сравнении II группы с III группой;
 * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$

Таблица 3. Концентрация кобальта в тканях и органах бычков, мг/кг сухого вещества

| Показатель | Период опыта | Группа | | |
|------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|--|
| | | I (контроль) | II опытная | III опытная |
| Кожа | Начало | 0,17±0,008 | 0,17±0,007 | 0,17±0,009 |
| | Середина | 0,19±0,008 | 0,17±0,007 | 2,25±0,091 ^{a***, b***, c***} |
| | Конец | 0,27±0,005 ^{c***, d***} | 0,17±0,009 ^{a***} | 2,31±0,021 ^{a***, b***, c***} |
| Длиннейшая мышца спины | Начало | 0,22±0,41 | 0,19±0,03 | 0,46±0,10 |
| | Середина | 0,19±0,03 | 0,18±0,07 | 0,91±0,23 ^{a**, b**} |
| | Конец | 0,36±0,10 | 0,13±0,02 ^{a*} | 0,85±0,05 ^{a***, b***, c***} |
| Печень | Начало | 0,49±0,025 | 0,42±0,03 | 0,50±0,03 |
| | Середина | 0,53±0,08 | 0,42±0,03 | 0,63±0,11 |
| | Конец | 0,89±0,25 | 0,43±0,03 | 1,09±0,03 ^{b***, c***, d***} |
| Поджелудочная железа | Начало | 0,44±0,03 | 0,44±0,03 | 0,46±0,05 |
| | Середина | 0,45±0,04 | 0,40±0,03 | 0,70±0,05 |
| | Конец | 0,59±0,03 ^{c***, d**} | 0,39±0,09 ^{a*} | 1,08±0,19 ^{a*, b**, c**} |
| Щитовидная железа | Начало | 0,49±0,04 | 0,46±0,03 | 0,51±0,10 |
| | Середина | 0,46±0,05 | 0,46±0,03 | 0,46±0,04 |
| | Конец | 0,97±0,09 ^{c***, d***} | 0,56±0,24 | 0,99±0,05 ^{c***, d***} |
| Почки | Начало | 0,30±0,07 | 0,27±0,07 | 0,30±0,09 |
| | Середина | 0,35±0,07 | 0,28±0,04 | 0,40±0,14 |
| | Конец | 0,39±0,12 | 0,24±0,05 | 0,55±0,10 ^{b**} |

Примечание: см. табл. 2.

По данным исследований Е.Ј. Underwood (1977) в каждом покрове млекопитающих содержится высокое количество кобальта, что подтверждается нашими исследованиями, а именно его уровень от середины и конца откорма в III опытной группе был в диапазоне от 2,25 до 2,31 мг/кг сухого вещества ($p \leq 0,001$), при уровне элемента в остальных группах от 0,17 до 0,27 ($p \leq 0,001$) соответственно.

Повышенным селективным действием по накоплению кобальта обладают щитовидная железа, поджелудочная железа и печень. По результатам исследований Р.Н. Одынец с соавт. (1973), уровень кобальта в печени должен находиться в пределах 0,58–0,72 мг/кг сухого вещества, что соответствует с результатами наших исследований и варьирует в диапазоне 0,42–1,09 мг/кг сухого вещества. Дополнительное обогащение рецептуры корма способствовало увеличению содержания кобальта на 2,04–22,47% относительно I (контроль) группы и на 19,05–150% ($p \leq 0,001$) относительно II опытной группы на протяжении всего откорма.

Также можно прийти к выводу, что сочетанное использование солей микроэлементов (I, Co, Cu) в рецептуре корма животных III опытной группы активизирует деятельность щитовидной железы и способствует увеличению уровня кобальта в органе. Данная концепция подтверждается результатами исследований В.В. Ковальского, Р.И. Блохиной (1963), в которых показано, что помимо благоприятного воздействия кобальта на щитовидную железу необходимо продлить его влияние путем совместного использования с йодом, что и достигалось в нашем исследовании.

В течение всего периода откорма уровень кобальта в щитовидной железе бычков составлял 0,46–0,99 мг/кг сухого вещества, аналогичный показатель животных II опытной группы на конец откорма был в 1,77 раза ($p \leq 0,001$) ниже.

Содержание животных II опытной группы на дефицитном рационе по микроэлементам сказало на уровне кобальта в почках. Так, уровень

кобальта составлял 0,24–0,28 мг/кг сухого вещества, что соответствует результатам В.И. Георгиевского (1979). В III опытной группе этот уровень был равен 0,30–0,55 мг/кг сухого вещества в связи с обильным поступлением кобальта с рационом. Аналогичная картина наблюдалась и в поджелудочной железе: уровень кобальта превосходил показатели животных I (контроль) и II опытной групп на 55,55–83,05% ($p \leq 0,05$) и 75,0–177,0% ($p \leq 0,05–0,001$) соответственно.

Наименьшим эффектом накопления элемента обладали ткани мышц спины, особенно у группы с дефицитным по кобальту рационом, снижаясь с 0,19 до 0,13 мг/кг сухого вещества ($p \leq 0,05$), а дополнительное обогащение наоборот способствовало увеличению с 0,22 до 0,36 в I (контроль) группе и с 0,46 до 0,85 ($p \leq 0,001$) в III опытной группе соответственно.

При содержании животных на барде происходит нарушение фосфорно-кальциевого отношения и обмена микроэлементов (I, Co, Cu) из-за нехватки поступления их в организм, что способствует образованию заболеваний костяка животных. Дополнительное обогащение рациона бычков III опытной группы отразилось на количественном отношении микроэлементов в костях (табл. 4).

Так, наименьшее количество данного элемента выявлено в рубце бычков II опытной группы: в середине и конце откорма 0,26–0,27 мг/кг сухого вещества, а у сверстников III опытной группы его содержание было на 38–40% выше относительно II опытной группы. Данное превосходство животных III опытной группы наблюдалось почти на всем протяжении желудочно-кишечного тракта и всех периодов откорма, за исключением ободочной кишки в начальный период откорма у I (контроль) группы.

Абсорбция кобальта значительно коррелирует с уровнем элемента в желудочно-кишечном тракте, а именно в его содержимом, что доказано данными анализа внутренних органов и тканей (см. табл. 3).

Таблица 4. Концентрация кобальта в третьем хвостовом позвонке бычков, мг/кг сухого вещества

| Показатель | Группа | | |
|------------------|----------------------------------|--|--|
| | I (контроль) | II опытная | III опытная |
| Начало откорма | 0,53±0,011 | 0,52±0,007 | 0,53±0,006 |
| Середина откорма | 0,58±0,004 ^{c***} | 0,54±0,005 ^{a***, c*} | 0,75±0,009 ^{a***, b***, c***} |
| Конец откорма | 0,72±0,008 ^{c***, d***} | 0,58±0,009 ^{a***, c***, d***} | 0,70±0,011 ^{b***, c***, d***} |

Примечание: см. табл. 2.

Уровень кобальта в третьем хвостовом позвонке бычков III опытной группы варьировал от 0,53 до 0,70 мг/кг сухого вещества ($p \leq 0,001$), в I (контроль) группе – от 0,53 до 0,72 ($p \leq 0,001$), а во II опытной группе он был достоверным и значительно ниже по отношению к контролю и составлял 0,52–0,58 ($p \leq 0,001$) соответственно.

Использование в питании бычков III группы дополнительного количества микроэлементов сказалось на уровне кобальта в продуктах обмена

(кал, моча) в сторону увеличения в сравнении с животными II опытной группы и I (контроль) группы в заключительный период откорма на 19,35 ($p \leq 0,001$) и 45,09% ($p \leq 0,05$) соответственно (табл. 5). Установлено незначительное выведение кобальта из организма с калом, причем уровень его у животных III опытной группы был на 21,43% выше относительно сверстников II опытной группы, хотя они потребляли повышенное количество микроэлемента.

Таблица 5. Выведение кобальта из организма

| Группа | Период опыта | | |
|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--|
| | Начало | Середина | Конец |
| С мочой, мг/л | | | |
| I (контроль) | 0,44±0,08 | 0,48±0,04 | 0,63±0,03 ^{c*, d**} |
| II опытная | 0,43±0,07 | 0,43±0,07 | 0,40±0,03 ^{a***} |
| III опытная | 0,51±0,08 | 0,62±0,04 ^{a*, b*} | 0,74±0,03 ^{a*, b***, c**, d*} |
| С калом, мг/кг сухого вещества | | | |
| I (контроль) | 0,18±0,06 | 0,14±0,03 | 0,13±0,03 |
| II опытная | 0,14±0,07 | 0,14±0,05 | 0,13±0,06 |
| III опытная | 0,14±0,07 | 0,14±0,03 | 0,17±0,07 |

Примечание: см. табл. 2.

ВЫВОДЫ

Добавление различного количества микроэлементов (I, Co, Cu) в рецептуру рационов или их отсутствие повлияло на обменные процессы, проходящие в организме бычков. В процессе переваривания возникает стойкий обмен кобальта между кровью и пищеварительным трактом. Наибольшее его количество характерно для книжки и тонкого отдела кишечника, наименьшее – для рубца (так как его стенка едва проницаема), при том, что сама жидкость характеризуется большим его количеством, который синтезируется микроорганизмами для витамина В₁₂. Уровень кобальта в жидкости и стенке рубца, обусловлен быстрым переходом элемента в жидкую часть рубцового содержимого, где он участвует в синтезе кобаламинов.

Сочетанное использование солей микроэлементов (I, Co, Cu) в рецептуре корма животных III опытной группы активизирует деятельность щитовидной железы и способствует увеличению уровня кобальта в органе.

Наименьшим эффектом накопления элемента обладают ткани мышц спины, особенно у группы с дефицитным по кобальту рационом, а дополнительное обогащение наоборот способствовало его увеличению.

Абсорбция кобальта значительно коррелирует с уровнем элемента в желудочно-кишечном тракте, а именно в его содержимом. Повышенным селективным действием по накоплению кобальта обладают щитовидная железа, поджелудочная железа и печень.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Алексеева Л.В. Значение кобальта в организме бычков при барданом откорме. Молочное и мясное скотоводство. 2005. № 5. С. 35.

(Alekseeva L.V. the Importance of cobalt in the organism of bull-calves at the fattening grains. Dairy and beef cattle. 2005. № 5. S. 35. [In Russ.].)

Алексеева Л.В. Физиологическое обоснование рационального использования микроэлементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота: дисс. ... д-р биол. наук. Боровск, 2006. 234 с.

(Alekseeva L.V. Physiological basis of rational use of minerals and vitamins in feeding of cattle: diss. ... dr. biol. Sciences. Borovsk, 2006. 234 p. [In Russ.].)

Волконский В.А. Влияние йода, кобальта и меди на процессы рубцового метаболизма и обмен веществ у молодняка крупного рогатого скота при откорме на барде: автореф. дис... канд. биол. наук. М. 1984. 16 с.

(Volkonsky V.A. the Influence of iodine, cobalt and copper on the processes of rumen metabolism and metabolism of young cattle for fattening on the bard: author. dis... kand. biol. sciences. M. 1984. 16 p. [In Russ.].)

Драганов И.Ф. Обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при откорме на барде: автореф. дис... докт. биол. наук. М. 1992. 34 с.

(Draganov I.F. Metabolism and productivity of young cattle for fattening on the bard: author. dis. dokt. biol. sciences. M. 1992. 4 p. [In Russ.]).

Ушаков А.С., Драганов И.Ф., Алексеева Л.В. Обмен микроэлементов у молодняка крупного рогатого скота при барданом откорме. Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 4. С. 73–79.

(Ushakov A.S., Draganov I.F., Alekseeva L.V. Metabolism of trace elements of young cattle during fattening grains. Problems of biology productive animals. 2011. № 4. P. 73–79. [In Russ.]).

Ковальский В.В., Блохина Р.И. Роль йода и кобальта в деятельности щитовидной железы в условиях биогеохимической провинции с недостатком йода и кобальта. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. М. 1963. С. 486–490.

(Kovalsky V.V., Blokhina R.I. Role of iodine and cobalt in the activity of the thyroid gland in the conditions of biogeochemical province with iodine deficiency and cobalt. Trace elements in agriculture and medicine. M. 1963. P. 486–490. [In Russ.]).

Алексеева Л.В., Драганов И.Ф., Ушаков А.С., Ходырев А.А. Комплексные минеральные добавки и витамины в кормлении крупного рогатого скота: Монография. Тверь: Агросфера. 2008. 166 с.

(Alekseeva L.V., Draganov I.F., Ushakov A.S., Khodyrev A.A. Complex mineral supplements and vitamins in feeding of cattle. Tver: Agrosfera. 2008. 166 p. [In Russ.]).

Драганов И.Ф., Калашников В.В., Амерханов Х.А., Левахин В.И., Первов Н.Г., Ушаков А.С. Кормление крупного рогатого скота. М. МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. 302 с.

(Draganov I.F., Kalashnikov V.V., Amerkhanov H.A., Levakhin V.I., Pervov N.G., Ushakov A.S. Feeding of cattle. M. Moscow agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva, 2013. 302 p. [In Russ.]).

Левантин Д.Л., Фомичев Ю.П., Епифанцев Г.В. Пути увеличения производства говядины. Новое в животноводстве. М.: Моск. рабочий. 1985. С. 121–137.

(Lewontin D.L., Fomichev Y.P., Yepifantsev V. Ways to increase beef production. New in animal husbandry. M.: Mosk. worker. 1985. P. 121–137. [In Russ.]).

Лукашик Н.А., Тащилин В.А. Зоотехнический анализ кормов. М.: Колос. 1965. С. 217.

(Lukashik N.A., Tashchilin A.V. Zootechnical analysis of feed. M.: Kolos. 1965. P. 217. [In Russ.]).

Драганов И.Ф., Фисинин В.И., Калашников В.В., Ушаков А.С. Минеральное питание животных: Учебник. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 385 с.

(Draganov I.F., Fisinin V.I., Kalashnikov V.V., Ushakov A.S. Mineral nutrition of animals: the Textbook. M.: Publishing house of Russian state agrarian University-MTAA named after K. A. Timiryazev, 2012. 385 p. [In Russ.]).

Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных. М.: Колос. 1979. 471 с.

(George V.I., Annenkov B.N., Samokhin V.T. Mineral nutrition of animals. M.: Kolos. 1979. 471 p. [In Russ.]).

Хенниг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении с.-х. животных: Пер. с нем. Н.С. Гельман. Под ред. А.Л. Падучевой и Ю. И. Раецкой. М.: Колос. 1976. 541 с.

(Hennig O. Minerals, vitamins, biostimulants in feeding of agricultural animals. Trans. with it. N. with. Gelman. Under the editorship of A.L. Paducheva and Y.I. Rezkoy. M.: Kolos. 1976. 541 p. [In Russ.]).

Одынец Р.Н., Айтуганов М.Д., Токобаев Э.М. Обмен азота, кобальта и меди у овец при скормливании йодистого калия и витаминов А, В и С. Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве. 1973. Вып. 12. С. 48–49.

(Odynets R.N., Aituganov M.D., Tokobaev E.M. Exchange of nitrogen, cobalt and copper in sheep by the feeding of potassium iodide and vitamins A, B and C. Trace elements in livestock and crop production 1973. V. 12. P. 48–49. [In Russ.]).

Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006. 816 с.

(Kobzar A.I. Applied mathematical statistics. M.: Fizmatlit, 2006. 816 p. [In Russ.]).

Ушаков А.С. Метаболизм кобальта, меди и цинка у молодняка крупного рогатого скота при откорме на барде: дисс. ... к-т биол. наук. Боровск, 2006. 142 с.

(Ushakov A.S. The metabolism of cobalt, copper and zinc for young pigs, cattle for fattening on barda. ... k-t biol. Sciences. Borovsk, 2006. 142 c. [In Russ.]).

Ходырев А.А., Волконский В.А. Среднесуточный баланс азота в организме бычков в связи с различным содержанием йода, кобальта и меди в рационе. М.: ТСХА. 1984. 8 с.

(Khodyrev A.A., Volkonsky V.A. The average daily nitrogen balance in the organism due to the different content of iodine, cobalt and copper in the diet. M.: TSKHA. 1984. 8 s. [In Russ.]).

Ходырев А.А., Драганов И.Ф. Формирование мясной продуктивности бычков чёрно-пёстрой породы при откорме на барде. М.: ТСХА. 1983. 12 с.

(Khodyrev A.A., Draganov I.F. Formation of meat efficiency of bull-calves of black-motley breed for fattening at bard College. M.: TSKHA. 1983. 12 s. [In Russ.]).

Underwood E.G. Trace elements in human and animal nutrition. New York, San Francisco, London: Acad. Press. 1977. 545 p.

EFFECT OF TRACE ELEMENTS (I, Co, Cu) ON COBALT METABOLISM

A.S. Ushakov^{1,2}, Sh.G. Rakhmatullin, S.A. Miroshnikov², T.N. Korolyova³

¹ All-Russian Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition,
Russian Federation, p. Institute Borovsk, Kaluga region, 249013 Russia

² All-Russian Research Institute of Beet Cattle Breeding, 9 Yanvaryia str. 29, Orenburg 460000, Russia

³ Orenburg State University, Pobedy ave., 13, Orenburg, 460018 Russia

⁴ Central state medical Academy» The office of the President of the Russian Federation,
Marshala Timoshenko str. 19, build 1A, Moscow 121359, Russia

ABSTRACT. Effect of I, Co, Cu salts supplementation to the stillage-based diet on the metabolism in Black-and-White bulls was studied. Using the principle of analogues on the basis of breed, age, sex and body weight, 3 groups of 10-month calves (290 kg body weight) were formed: control and two experimental ones (receiving I, Co, Cu salts) (n=28). To the diet of group I, trace elements (I, Co, Cu) were added according average norms for calves, to the group II the elements were not added, while the group III were supplemented with increased dosage of the elements. The analysis of metabolism changes under the different nutrient supply of the diet was achieved. Stable exchange of cobalt between blood and the digestive tract was demonstrated. The highest content of the element was found in omasum and small intestine, the lowest one was in rumen. The lowest accumulation levels of Co, especially in Co deficiency group, were found in back muscles, while the Co supplementation improved Co content. Concomitant use of I, Co, Cu salts in feeding of group III animals improved the thyroid activity and increased the cobalt level in the gland. The Co absorption significantly correlated with concentration of the element in the gastro-intestinal tract, i.e. in chyme. Thyroid gland, pancreas and liver were shown to possess high selective accumulation of cobalt.

KEYWORDS: metabolism, iodine, cobalt, copper, distillers grains.