

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ ХЕЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ¹Н.А. Шкиль, ²М.В. Лазарева¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Для цитирования: Шкиль Н.А., Лазарева М.В. Биохимические показатели крови свиней при использовании в рационах хелатных соединений микроэлементов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 243–250. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-243-250.

Ключевые слова: свинья, Биоферрон, Биоцинк, биохимический анализ крови, микроэлементы, хелаты.

Реферат. Показан анализ биохимических показателей крови свиней при использовании хелатных соединений микроэлементов. Повышение уровня белка отмечали в группах с дачей препарата Биоферрон в разных дозах, в 1-й опытной группе (Биоферрон 0,1 мл/кг) увеличение относительно контроля было на 7,87 %, во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 12,92 % ($p \leq 0,001$), в 3-й опытной (Биоферрон 0,3 мл/кг) – на 11,21 % ($p \leq 0,01$). В группах поросят, получавших препарат Биоцинк, также выявили тенденцию к увеличению уровня белка относительно контроля. Наибольший уровень отмечали во 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) и в 6-й опытной (Биоцинк 0,3 мл/кг) группах, он превышал контрольные значения на 10,49 и 10,71 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Наибольшее значение креатинина отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $92,31 \pm 5,36$ и $92,75 \pm 5,21$ мкмоль/л, что больше контроля на 58,77 и 59,53 %. Наибольший уровень АСТ отмечен у свиней опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 мл/кг и в дозе 0,3 мл/кг, он составил $39,59 \pm 2,47$ и $38,44 \pm 3,85$ ед/л соответственно, что больше контроля на 40,19 и 36,12 %. Наибольший уровень АЛТ отмечен у поросят опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $33,92 \pm 2,30$ и $32,51 \pm 2,08$ ед/л соответственно, что больше контроля на 50,89 и 44,62 % ($p \leq 0,01$). Наибольший уровень кальция с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг), и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ и $2,63 \pm 0,17$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 48,90, 48,35 и 44,51 %. при $p \leq 0,01$. Наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ и $1,82 \pm 0,04$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %. Так, при даче Биоферрона в дозе 0,2 мл/кг уровень железа повысился на 43,52 %, при даче Биоферрона в дозе 0,3 мл/кг уровень железа повысился на 46,72 % ($p \leq 0,01$). При даче Биоцинка в дозе 0,2 мл/кг уровень цинка повысился на 62,60 %, при даче Биоцинка в дозе 0,3 мл/кг уровень цинка повысился на 72,42 % ($p \leq 0,001$). Включение в рацион препарата Биоферрон в разных дозах также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена.

BIOCHEMICAL PARAMETERS OF PIG BLOOD WHEN USING MICROELEMENT CHELATE COMPOUNDS IN DIETS¹N.A. Shkil, ²M.V. Lazareva¹Sibirsky Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Keywords: pig, Bioferron, Biocink, blood chemistry, trace elements, chelates.

Abstract. Analysis of biochemical parameters of swine blood using chelate compounds of trace elements is shown. An increase in protein level was noted in the groups with dosing of Bioferron in different doses, in the 1st experimental group (Bioferron 0,1 ml/kg) an increase relative to the control was 7,87 %, in the 2nd experimental group (Bioferron 0,2 ml/kg) – by 12,92 % ($p \leq 0,001$), in the 3rd experimental group (Bioferron 0,3 ml/kg) – by 11,21 % ($p \leq 0,01$). Groups of pigs treated with Biocink also showed a tendency to increase protein levels relative to and in the 6th experimental (Biocink 0,3 ml/kg) groups, it exceeded the control values by 10,49 and 10,71 % ($p \leq 0,05$), respectively. The highest creatinine value was noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg) and 3rd (Bioferron 0,3

mL/kg) experimental groups, it was $92,31 \pm 5,36$ and $92,75 \pm 5,21$ $\mu\text{mol/L}$, which is 58,77 and 59,53 % more control. The highest AST level was observed in pigs of experimental groups, which were given Bioferron preparations at a dose of 0,2 mL/kg and at a dose of 0,3 mL/kg, it was $39,59 \pm 2,47$ and $38,44 \pm 3,85$ U/L, respectively, which is 40,19 and 36,12 % more control. The highest ALT level was observed in piglets of experimental groups, which were given Bioferron preparations at a dose of 0,2 and 0,3 mL/kg, it was $33,92 \pm 2,30$ and $32,51 \pm 2,08$ U/L, respectively, which is 50,89 and 44,62 % more control ($p \leq 0,01$). The largest level of calcium with reliability 0,05 noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg), the 3rd (Bioferron of 0,3 mL/kg), and the 6th (Biocink of 0,3 mL/kg) skilled groups, it made $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ and $2,63 \pm 0,17$ $\mu\text{mol/l}$ respectively that 48,90, 48,35 control more and 44,51%. at $p \leq 0,01$. The highest phosphorus levels were noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg), 3rd (Bioferron 0,3 mL/kg) and 6th (Biocink 0,3 mL/kg) experimental groups, it was $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ and $1,82 \pm 0,04$ $\mu\text{mol/L}$, respectively, which is 5,68, 5,11 and 3,41 % more control. So, when giving Bioferron at a dose of 0,2 mL/kg, the iron level increased by 43,52 %, while giving Bioferron at a dose of 0,3 mL/kg, the iron level increased by 46,72 % ($p \leq 0,01$). When Biocink was given at a dose of 0,2 mL/kg, the zinc level increased by 62,60 %, while when Biocink was given at a dose of 0,3 mL/kg, the zinc level increased by 72,42 % ($p \leq 0,001$). The inclusion of Bioferron in the diet at different doses also had a positive effect on the correction of mineral metabolism.

В настоящее время свиноводческие предприятия уделяют особое внимание кормлению и содержанию свиней. Полноценное кормление положительно влияет на продуктивные качества свиней. Одним из показателей продуктивности является интенсивность протекания обменных процессов в организме, определить которую можно, отслеживая биохимические показатели крови [1].

Биохимические показатели крови считаются одними из важнейших характеристик функционального состояния и потенциальных возможностей организма свиней. При этом они не передаются от родителей потомкам в неизменном виде, а формируются в процессе онтогенеза на базе взаимодействия наследственных особенностей и условий внешней среды [2]. Известно, что жизнедеятельность организма как единого целого во многом осуществляется за счет крови и ее составляющих. По данным литературы применение различных биопрепаратов приводит к тем или иным изменениям картины крови практически у всех видов животных [3–6].

В настоящее время отмечен особый интерес к микроэлементным препаратам, в которых жизненно необходимые микроэлементы находятся в составе хелатных соединений. Хелатные соединения обладают высокой биологической активностью, обеспечивают лучшую ассимиляцию металлов, что, в свою очередь, положительно влияет на резистентность, продуктивные и воспроизводительные функции всех сельскохозяйственных животных [7–9]. Е.Ю. Цис с соавт. (2018 г.) при использовании комплекса органических микроэлементов, содержащего хелаты железа, меди, марганца, цинка и селен в составе дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, для супоросных и подсосных свиноматок отмети-

ли увеличение многоплодия, крупноплодности, живой массы и количества поросят при отъеме, увеличение молочности, сохранности, улучшение биохимических, иммунологических показателей крови [10]. Gang Zhang с соавт. (2022 г.) выявили, что хелатированный цинк является альтернативой высокодозному оксиду цинка для снятия стресса отлучения поросят, поскольку он благоприятно влияет на показатели роста и здоровье кишечника поросят-отъемышей, а также способствует снижению частоты диареи и загрязнения окружающей среды фекальными выделениями цинка [11].

Цель работы – проанализировать биохимические показатели крови свиней при использовании хелатных соединений микроэлементов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательские работы проводились на базе фермерского хозяйства Новосибирской области. В опыте участвовали свиньи возраста 60–90 сут, алтайской мясной породы мясного направления. Для исследований были сформированы 7 групп поросят (одна контрольная и шесть опытных) по 12 голов в каждой. Животных отбирали по принципу аналогов с учетом массы тела, клинического состояния. Поросят всех групп содержали в равных условиях, на рациионе, отвечающем их физиологическим потребностям. Животным контрольной группы скармливали только основной рацион (ОР). Поросята 1-й опытной группы помимо рациона, применяемого в хозяйстве, получали препарат Биоферрон в дозе 0,1 мл/кг ежедневно в периоды с 4-дневного до 25-дневного возраста и с 65- по 86-дневный возраст, 2-й опытной группы – Биоферрон 0,2 мл/кг, 3-й опытной группы – Биоферрон 0,3 мл/кг

в те же периоды. Поросята 4-й опытной группы получали Биоцинк в дозе 0,1 мл/кг, 5-й опытной группы – Биоцинк 0,2 г/кг, 6-й опытной группы – Биоцинк 0,3 мл/кг массы тела в те же периоды. Биохимическое исследование крови проводили на 60-й день экспериментального периода и на 90-й день. Кровь для биохимических исследований у животных опытных и контрольной групп отбирали утром до кормления. Исследование проводилось на базе лаборатории СФНЦА РАН.

Препараты Биоферрон и Биоцинк представляют собой водный раствор биологически активных веществ, в состав которых входят органические железо и цинк в форме хелатов и карбоксилатов (1 000 мг/л), являющихся естественным биосовместимым стимулятором гемопоэза.

Изучение биохимических показателей в сыворотке крови проводилось с помощью биохимического анализатора открытого типа iMagic-V7 (версия для ветеринарии), производитель Shenzhen iCubio Biomedical Technology Co., Ltd, Китайская Народная Республика. Использовался стандартный набор реагентов. Были определены биохимические показатели, такие как белок общий, мочевины, АСТ, АЛТ, билирубин общий и креатинин. Также определяли количество содержания макро- и микроэлементов в крови животных: кальций, фосфор, железо, цинк, магний.

Для оценки значимости различий между группами использовали *t*-критерий Стьюдента для непарных выборок. Также использовался метод вариационной статистики: вычисление средней арифметической *M* и ее ошибки *m*. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимали равным 0,05. Биоинформационный анализ полученных данных проводили при помощи программных пакетов Excel MS Office 2016 и Past 4.03.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании показателей белкового обмена в сыворотке крови поросят было выяснено, что содержание общего белка у всех подопытных животных было в пределах физиологических норм (65,0–85,0 г/л). Однако наиболее низкий уровень общего белка наблюдался у поросят контрольной группы, что может быть связано с иммунодефицитным состоянием и снижением белковообразовательной функции печени.

Уровень общего белка в группах, в рацион которых были включены препараты Биоферрон и

Биоцинк, был выше, чем у поросят контрольной группы (таблица). Так, наибольший уровень белка в сыворотке крови свиней 60-дневного возраста отмечали при даче препарата Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, что превышало данное значение контрольной группы на 11,39 и 9,46 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Среди групп, получавших Биоцинк, наибольший уровень был в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг), который превышал контроль на 8,75 % ($p \leq 0,05$). У 90-дневных поросят содержание общего белка в сыворотке крови повышается, что закономерно в процессе роста свиней. Достоверное повышение уровня белка отмечали в группах с дачей препарата Биоферрон в разных дозах, в 1-й опытной группе (Биоферрон 0,1 мл/кг) увеличение относительно контроля было на 7,87 %, во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 12,92 % ($p \leq 0,001$), в 3-й опытной (Биоферрон 0,3 мл/кг) – на 11,21 % ($p \leq 0,01$). В группах поросят, получавших препарат Биоцинк, также выявили тенденцию к увеличению уровня белка относительно контроля. Наибольший уровень отмечали в 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) и в 6-й опытной (Биоцинк 0,3 мл/кг) группах, он превышал контрольные значения на 10,49 и 10,71 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Креатинин является конечным продуктом распада креатина, который играет важную роль в энергетическом обмене мышечной и других тканей. При этом у животных с более развитой мышечной тканью, как правило, данный показатель выше. У подопытных животных по сравнению с контролем уровень креатинина в крови увеличился. У 60-дневных поросят, получавших препарат Биоферрон, наибольшее значение креатинина с достоверностью $p \leq 0,001$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $92,31 \pm 5,36$ и $92,75 \pm 5,21$ мкмоль/л, что больше контроля на 58,77 и 59,53 %. У 90-дневных поросят наибольшее значение отмечали в тех же группах, оно составило $108,2 \pm 4,92$ и $107,2 \pm 5,12$ мкмоль/л, что больше контроля на 73,95 и 72,35 % ($p \leq 0,001$). Можно отметить, что с возрастом количество креатинина, обнаруженного в крови, увеличивается. Увеличение его в крови свиней опытных групп относительно контроля свидетельствует о положительном влиянии хелатных соединений биоэлементов на белоксинтезирующую функцию печени и о нормализации клубочковой инфильтрации почек.

Интенсивность белкового обмена в организме характеризует концентрация в сыворотке крови мочевины – конечного продукта белкового метаболизма.

Биохимические показатели крови свиней
Biochemical parameters of pig blood

Показатель	Возраст, сут	Группа						
		Контрольная (ОР)	1-я опытная (ОР + Биоферрон 0,1 мл/кг)	2-я опытная (ОР + Биоферрон 0,2 мл/кг)	3-я опытная (ОР + Биоферрон 0,3 мл/кг)	4-я опытная (ОР + Биодинк 0,1 мл/кг)	5-я опытная (ОР + Биодинк 0,2 мл/кг)	6-я опытная (ОР + Биодинк 0,3 мл/кг)
Белок, г/л	60	63,92±0,57	67,77±1,43*	71,20±1,96*	69,97±1,95*	67,17±1,62	69,51±1,85*	69,39±1,77*
	90	64,77±0,82	69,87±1,78	73,14±0,82***	72,03±1,42**	69,73±1,93	71,57±1,31*	71,71±1,96*
Креатинин, мк-моль/л	60	58,14±1,39	89,14±6,38***	92,31±5,36***	92,75±5,21***	84,66±5,15***	85,39±5,23***	85,95±6,13***
	90	62,20±1,13	104,6±6,27***	108,2±4,92***	107,2±5,12***	101,0±5,73***	102,1±5,03***	102,9±5,08***
Мочевина, мк-моль/л	60	4,45±0,17	3,91±0,13*	3,86±0,14*	3,90±0,17*	3,97±0,18	3,95±0,16*	3,95±0,17*
	90	4,12±0,14	3,82±0,14	3,64±0,13*	3,73±0,12*	3,90±0,15	3,84±0,16	3,82±0,16
АСТ, ед/л	60	24,03±1,07	24,84±1,85	29,12±2,02*	28,94±2,25	25,20±1,98	25,82±1,27	25,23±2,02
	90	28,24±2,91	34,09±3,26	39,59±2,47*	38,44±3,85	31,95±3,63	37,13±3,14	36,07±3,17
АЛТ, ед/л	60	17,81±0,96	19,29±1,53	20,42±1,02	19,96±1,22	18,46±1,03	18,89±1,24	18,89±1,34
	90	22,48±1,40	31,80±2,17**	33,92±2,30**	32,51±2,08**	28,17±1,70*	30,67±2,11**	29,39±2,31*
Билирубин, мк-моль/л	60	4,05±0,21	3,17±0,34	2,92±0,48*	3,01±0,43*	3,33±0,28	3,23±0,32	3,20±0,39
	90	3,91±0,24	2,95±0,30	2,77±0,35*	2,82±0,44*	2,99±0,36	2,84±0,28*	2,97±0,31*
Кальций, ммоль/л	60	1,82±0,16	2,56±0,16**	2,71±0,16**	2,70±0,17**	2,50±0,16*	2,59±0,13**	2,63±0,17**
	90	1,91±0,15	2,69±0,18**	2,75±0,19**	2,74±0,13**	2,63±0,14**	2,72±0,18**	2,71±0,19**
Фосфор, ммоль/л	60	1,64±0,97	1,71±0,08	1,75±0,03	1,74±0,05	1,70±0,06	1,71±0,05	1,71±0,05
	90	1,76±0,04	1,81±0,04	1,86±0,03	1,85±0,03	1,80±0,03	1,80±0,04	1,82±0,04
Железо, мкг/л	60	13,74±0,70	18,30±1,61*	19,72±1,37**	20,16±1,78**	15,50±0,85	15,88±0,75*	16,21±0,72*
	90	14,90±0,80	28,83±0,92***	29,43±1,26***	31,61±0,97***	23,80±2,23**	26,48±2,08***	26,95±1,86***
Цинк, мкмоль/л	60	28,72±1,25	37,48±1,81***	41,05±2,78***	39,46±1,54***	42,43±2,86***	46,70±2,38***	49,52±2,40***
	90	30,41±1,42	40,09±1,93**	42,00±1,56***	45,05±1,14***	52,60±1,50***	53,94±1,25***	54,15±1,27***
Магний, ммоль/л	60	1,40±0,06	1,34±0,06	1,40±0,06	1,40±0,05	1,30±0,06	1,51±0,05	1,41±0,05
	90	1,41±0,04	1,42±0,05	1,43±0,05	1,44±0,05	1,39±0,05	1,43±0,06	1,43±0,05

Примечание. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ относительно контрольной группы.

Уровень мочевины у свиней был стабильным на протяжении всего периода исследования и соответствовал норме. У 60-дневных поросят наименьшее значение данного показателя с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $3,86 \pm 0,14$ и $3,90 \pm 0,17$ мкмоль/л, что меньше контроля на 13,26 и 12,36 %. У 90-дневных поросят наименьшее значение отмечали в тех же группах, оно составило $3,64 \pm 0,13$ и $3,73 \pm 0,12$ мкмоль/л, что меньше контроля на 11,65 и 9,47 % ($p \leq 0,05$). Таким образом, препараты Биоферрон и Биоцинк не нарушили равновесие данного показателя в организме свиней, все изменения происходили в пределах референсных значений.

При анализе активности фермента аспаратаминотрансферазы (АСТ) в сыворотке крови у свиней испытуемых групп выявили достоверные различия среди контрольной и опытных групп, при этом показатели находились в пределах референсных значений. Наблюдали тенденцию к повышению уровня данного показателя у опытных поросят. У 60-дневных поросят контрольной группы показатель АСТ составил $24,03 \pm 1,07$ ед/л. У свиней опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АСТ был выше контроля на 3,37, 21,18 ($p \leq 0,05$) и 20,43% соответственно. В крови свиней, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АСТ был выше контроля на 4,87, 7,45 и 4,99 % соответственно. В крови 90-дневных поросят показатель АСТ не претерпел существенных изменений. Наибольший уровень АСТ отмечен у свиней опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 мл/кг и в дозе 0,3 мл/кг, он составил $39,59 \pm 2,47$ и $38,44 \pm 3,85$ ед/л соответственно, что больше контроля на 40,19 и 36,12 %. Среди свиней опытных групп, получавших препарат Биоцинк, более высокий уровень отмечали в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг), который превосходил контроль на 31,48 %.

Скармливание поросятам хелатных соединений микроэлементов приводило к достоверному увеличению активности аланинаминотрансферазы (АЛТ). У 60-дневных поросят контрольной группы показатель АЛТ составил $17,81 \pm 0,96$ ед/л. У поросят опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АЛТ был выше контроля на 8,31, 14,65 и 12,07 % соответственно. В крови поросят, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень

АЛТ был выше контроля на 3,65, 6,06 и 6,06 % соответственно. В крови 90-дневных поросят показатель АЛТ также не претерпел существенных изменений. Наибольший уровень АЛТ отмечен у поросят опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $33,92 \pm 2,30$ и $32,51 \pm 2,08$ ед/л соответственно, что больше контроля на 50,89 и 44,62 % ($p \leq 0,01$). Вероятнее всего, это связано с высоким уровнем метаболических процессов во внутренних органах животных, получающих препараты Биоферрон и Биоцинк, в частности, это указывает на их влияние на рост скелетной мускулатуры и увеличение функциональной нагрузки на печень.

Таким образом, у подопытных свиней, получавших хелатные соединения биоэлементов, возрастала активность АЛТ и АСТ. Повышение активности аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) в сыворотке крови животных опытных групп в пределах физиологической нормы является показателем наиболее интенсивного синтеза тканевого белка.

Содержание общего билирубина является важным маркером, показывающим функциональную зрелость печени у поросят в постнатальный период. У поросят в норме содержание общего билирубина должно составлять до 5 мкмоль/л. Содержание общего билирубина в контрольной и опытных группах животных в течение всего эксперимента оказалось в пределах референсных значений. В зависимости от возраста, данный показатель уменьшался в пределах физиологической нормы.

Включение препаратов Биоферрон и Биоцинк в рацион свиней оказало влияние на минеральный обмен. Уровень кальция и фосфора в сыворотке крови отражает обеспеченность ими организма животных. У свиней опытных групп содержание кальция в сыворотке крови было выше, чем в контрольной группе. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень кальция составил $1,82 \pm 0,16$ ммоль/л, у 90-дневных – $1,91 \pm 0,15$ ммоль/л. Учитывая референсные значения данного показателя у свиней в пределах 2,5–3,5 ммоль/л, отмечаем гипокальциемию. Содержание кальция в крови понижается при длительном дефиците его в рационе. Включение в рацион свиней хелатных соединений биоэлементов способствует нарастанию уровня кальция в крови за счет активизации всасывательной способности организма и хорошему усвоению питательных веществ. В опытных группах у 60-дневных поросят наибольший уровень кальция с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон

0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ и $2,63 \pm 0,17$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 48,90, 48,35 и 44,51 % при $p \leq 0,01$. У 90-дневных поросят наибольшее значение отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах, оно составило $2,75 \pm 0,19$, $2,74 \pm 0,13$ и $2,72 \pm 0,18$ мкмоль/л, что больше контроля на 43,98, 43,46 и 42,41 % при $p \leq 0,01$.

Содержание фосфора находилось в пределах физиологической нормы. При этом у свиней опытных групп содержание фосфора в сыворотке крови было выше, чем в контрольной группе. У 60-дневных поросят наибольшее значение отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг), 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $1,75 \pm 0,03$, $1,74 \pm 0,05$ и $1,71 \pm 0,05$ мкмоль/л, что больше контроля на 6,71, 6,09 и 4,21 %. У 90-дневных поросят наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ и $1,82 \pm 0,04$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %. Различия недостоверны. Показатели данного элемента находились на относительно стабильном уровне, что говорит об естественном течении фосфорно-кальциевого обмена и указывает на стабильное развитие организма подопытных поросят. Отношение кальция/фосфор оставалось в оптимальном диапазоне – около 1,5 у поросят всех опытных групп, что, в конечном итоге, обеспечило лучшее развитие внутренних органов и увеличение массы тела.

Содержание железа в сыворотке крови свиней контрольной группы находилось на уровне ниже физиологической нормы. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень железа составил $13,74 \pm 0,70$ мкмоль/л, у 90-дневных – $14,90 \pm 0,80$ мкмоль/л при референсных значениях 16,0–36,0 мкмоль/л. У 60-дневных поросят наибольший уровень железа в сыворотке крови отмечали в опытных группах, которые получали Биоферрон в разных дозах. Так, при даче Биоферрона в дозе 0,1 мл/кг уровень железа был выше контроля на 33,19 %, при даче Биоферрона в дозе 0,2 мл/кг уровень железа повысился на 43,52 %, при даче Биоферрона в дозе 0,3 мл/кг уровень железа повысился на 46,72 % ($p \leq 0,01$). Включение в рацион препарата Биоцинк в разных дозах

также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена. Уровень железа повысился на 12,81 % (Биоцинк 0,1 мл/кг), на 15,57 % (Биоцинк 0,2 мл/кг) и на 17,98 % (Биоцинк 0,3 мл/кг) ($p \leq 0,05$). Мы связываем это с положительным влиянием хелатных соединений биоэлементов на процесс обмена веществ, за счет чего увеличивается поступление минеральных элементов в кровотоки и ко всем внутренним органам. У 90-дневных поросят картина содержания железа сохраняется. Наибольшие значения отмечали во 1-й (Биоферрон 0,1 мл/кг), 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, что превышали контроль на 93,49, 97,52 и 112,15 % ($p \leq 0,001$) соответственно. В группах свиней, получавших препарат Биоцинк в разных дозах, уровень железа достигал физиологической нормы, что мы связываем с некоторой интенсификацией основных обменов и улучшением всасывания микроэлементов из кормов.

Содержание цинка в сыворотке крови свиней контрольной группы находилось на уровне ниже физиологической нормы. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень цинка составил $28,72 \pm 1,25$ мкмоль/л, у 90-дневных поросят – $30,41 \pm 1,42$ мкмоль/л при референсных значениях 40,0–60,0 мкмоль/л. У 60-дневных поросят наибольший уровень цинка в сыворотке крови отмечали в опытных группах, которые получали Биоцинк в разных дозах. Так, при даче Биоцинка в дозе 0,1 мл/кг уровень цинка был выше контроля на 47,74 %, при даче Биоцинка в дозе 0,2 мл/кг уровень цинка повысился на 62,60 %, при даче Биоцинка в дозе 0,3 мл/кг уровень цинка повысился на 72,42 % ($p \leq 0,001$). Включение в рацион препарата Биоферрон в разных дозах также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена. Уровень цинка повысился на 30,50 % (Биоферрон 0,1 мл/кг), на 42,93 % (Биоферрон 0,2 мл/кг) и на 37,39 % (Биоферрон 0,3 мл/кг) ($p \leq 0,001$). У 90-дневных поросят содержание цинка в сыворотке крови сохраняет положительную динамику, что говорит о стабилизации процессов обмена веществ. Концентрация магния в сыворотке крови не различалась достоверно по группам, этот показатель был в пределах референсных значений.

Таким образом, включение в рацион поросят препаратов Биоферрон и Биоцинк в виде хелатных соединений позитивно влияет на биохимические показатели крови, что свидетельствует о положительном влиянии на физиологический статус животных.

ВЫВОДЫ

1. Уровень общего белка в группах, в рацион которых были включены препараты Биоферрон и Биоцинк в разных дозах, был выше, чем у поросят контрольной группы. Наибольший уровень белка отмечали во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) группе – на 12,92 % больше контроля, в 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) группе он превышал контрольные значения на 10,49 %.

2. В 90-дневном возрасте у поросят опытных групп отмечали повышение уровня креатинина в крови на 73,95 %, мочевины – на 11,65 %, АСТ – на 40,19 %, АЛТ – на 50,89 %.

3. У 90-дневных поросят наибольшее значение кальция отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах – больше контроля на 43,98, 43,46 и 42,41 %. Наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах – больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %.

4. В 90-дневном возрасте у поросят опытных групп отмечали повышение уровня железа на 112,15%, цинка – на 72,42%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Панькова Е.К.* Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 292–296.
2. *Биохимические* показатели крови свиней различных генотипов / Е.А. Янович, А.Ч. Бурнос, И.В. Аниховская [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по мат-лам XXVII Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 19 апреля, 17 мая, 24 мая 2024 г.). – Гродно, 2024. – С. 133–135.
3. *Горобец А.Ю., Трубников Д.В.* Влияние микрокапсулированного пробиотика с ферментом на биохимические показатели крови свиней // Инновационные решения актуальных проблем в области ветеринарии: мат-лы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Курск, 25–26 февр. 2021 г. – Курск, 2021. – С. 144–148.
4. *Лазарева М.В.* влияние органических соединений микроэлементов на продуктивность свиней // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 2–4 нояб. 2023 г. – Витебск, 2023. – С. 210–215.
5. *Лихошерст Ю.И., Лазарева М.В.* Обоснование необходимости введения в рацион свиней эссенциальных микроэлементов // Вопросы ветеринарной науки и практики: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов факультета ветеринарной медицины Новосибирского государственного аграрного университета, Новосибирск, 30 марта 2021 г. – Новосибирск, 2021. – С. 39–42.
6. *Оценка качества продуктов убоя свиней при использовании в рационе препарата кальция* / Э.К. Папуниди, С.Ю. Смоленцев, Г.С. Степанова, Г.Г. Сергиенко // Вестник Марийского государственного университета. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2021. – Т. 7, № 2 (26). – С. 49–56.
7. *Лавникович А.А., Мохова Е.В.* Биологические функции отдельных микроэлементов и комплексов как факторов, влияющих на обмен веществ // Взгляд молодежи на решение проблем развития АПК в условиях глобализации современного общества: сб. мат-лов XLIX Междунар. студ. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Победы / ГАУ Северного Зауралья. – Тюмень, 2015. – С. 218–221.
8. *Коцаева О.С.* Роль органических микроэлементов в кормлении животных // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства. – Мат-лы I Междунар. науч. конф. Т. 1. – Воронеж, 2018. – С. 100–105.
9. *EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al.* Efficacy of iron chelates of lysine and glutamic acid as feed additive for all animal species // EFSA Journal. – 2020. – Vol. 18, № 6. – P. e06164.
10. *Цис Е.Ю., Чабаяев М.Г., Некрасов Р.В.* Влияние комплекса органических микроэлементов на обмен веществ и продуктивность супоросных и подсосных свиноматок // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (42). – С. 230–236.
11. *Effects of Protein-Chelated Zinc Combined with Mannan-Rich Fraction to Replace High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health in Weaned Piglets* / G. Zhang [et al.] // Animals. – 2022. – Т. 12, № 23. – P. 3407.

REFERENCES

1. Pan'kova E.K., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 3 (89), pp. 292–296. (In Russ.)
2. Janovich E.A., Burnos A.Ch., Anihovskaja I.V., Zajac V.N., Tanana L.N., Putik A.A., *Sovremennye tehnologii sel'skhozajstvennogo proizvodstva* (Modern agricultural production technologies), Collection of scientific articles

based on the materials of the XXVII International Scientific and Practical Conference, Grodno, 2024, pp. 133–135. (In Russ.)

3. Gorobec A.Ju., Trubnikov D.V., *Innovacionnye reshenija aktual'nyh problem v oblasti veterinarii* (Innovative solutions to pressing problems in the field of veterinary medicine), Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kursk, 2021, pp. 144–148. (In Russ.)
4. Lazareva M.V., *Aktual'nye problemy lechenija i profilaktiki boleznej molodnjaka* (Topical problems of treatment and prevention of diseases of young animals), Materials of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 2023, pp. 210–215. (In Russ.)
5. Lihosherst Ju.I., Lazareva M.V., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki* (Issues of veterinary science and practice), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 39–42. (In Russ.)
6. Papunidi Je.K., Smolencev S.Ju., Stepanova G.S., Sergienko G.G., *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Sel'skohozjajstvennye nauki. Jekonomicheskie nauki*, 2021, No. 2 (26), pp. 49–56. (In Russ.)
7. Lavnikovich A.A., Mohova E.V., *Vzgljad molodezhi na reshenie problem razvitija APK v uslovijah globalizacii sovremennogo obshhestva* (The view of young people on solving the problems of the development of the agro-industrial complex in the context of the globalization of modern society), Collection of materials of the XLIX International student scientific and practical conference, Tyumen, 2015, pp. 218–221. (In Russ.)
8. Koshhaeva O.S., *Prioritetnye vektory razvitija promyshlennosti i sel'skogo hozjajstva*, 2018, pp. 100–105. (In Russ.)
9. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al. Efficacy of iron chelates of lysine and glutamic acid as feed additive for all animal species, *EFSA Journal*, 2020, Vol. 18, No. 6, pp. e06164.
10. Cis E.Ju., Chabaev M.G., Nekrasov R.V., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2018, No. 2 (42), pp. 230–236. (In Russ.)
11. Zhang G., Zhao J., Lin G., Guo Y., Li D., Wu Y., Effects of Protein-Chelated Zinc Combined with Mannan-Rich Fraction to Replace High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health in Weaned Piglets. *Animals*, No. 12(23), pp. 3407.

Информация об авторах:

Н.А. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор

М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент

Contribution of the authors:

N.A. Shkil, Dr. Vet. sciences, professor, Professor

M.V. Lazareva, edging. veterinarian. sciences, associate professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.