

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
И АГРОТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Кван

Кван Ольга Вилориевна

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА МИКРОБИОМ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО
СТАТУСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и
производства продукции животноводства

Диссертация на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Научный руководитель:

член корреспондент РАН, доктор
биологических наук, профессор
Мирошников С.А.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1 Роль нормальной микрофлоры пищеварительного тракта в жизнедеятельности сельскохозяйственных животных.....	15
1.2 Применение кормовых добавок для коррекции и управления микробиомом животных.....	21
1.2.1 Применение пребиотиков для коррекции и управления микробиомом животных.....	25
1.2.2 Применение энтеросорбентов для коррекции и управления микробиомом животных.....	32
1.3 Система «микробиом-организм хозяина»: взаимодействия с химическими элементами.....	36
1.4. Эндогенные потери веществ: дополнительный резерв оптимизации микронутриентной обеспеченности животных.....	43
1.5 Заключение по обзору литературы.....	47
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	49
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	68
3.1 Результаты лабораторных исследований по оценке используемых пробиотических препаратов <i>in vitro</i>	68
3.2 Результаты первой серии исследований по оценке влияния кормовых добавок на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров, находящихся на опытных рационах	73
3.2.1 Изучение влияния пробиотических препаратов (штаммы <i>Bacillus subtilis</i> и <i>Bifidobacterium longum</i>) на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров	73
3.2.1.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	73
3.2.1.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	74
3.2.1.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	75
3.2.1.4 Переваримость питательных веществ рационов.....	79
3.2.1.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	80
3.2.1.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров.....	80
3.2.1.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров.....	81
3.2.1.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы.....	83
3.2.1.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	85
3.2.1.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении пробиотических препаратов (штаммы <i>B. longum</i> и <i>B. subtilis</i>).....	89
3.2.1.8 Резюме по итогам эксперимента.....	96
3.2.2 Результаты исследований по оценке влияния пробиотических препаратов (штаммы <i>B. subtilis</i> и <i>B. longum</i>) на обмен веществ в организме	97
3.2.2.1 Динамика живой массы.....	97
3.2.2.2 Минеральный обмен в организме.....	98

3.2.2.3 Гематологические показатели крови.....	100
3.2.2.4 Резюме по итогам эксперимента.....	103
3.2.3 Изучение влияния пищевых волокон на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.....	105
3.2.3.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	105
3.2.3.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	105
3.2.3.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	107
3.2.3.4 Переваримость питательных веществ рационов.....	112
3.2.3.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	114
3.2.3.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров.....	114
3.2.3.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров.....	115
3.2.3.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы.....	117
3.2.3.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	119
3.2.3.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пищевых волокон.....	124
3.2.3.8 Резюме по итогам эксперимента.....	131
3.2.4 Изучение влияния энтеросорбентов на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.....	133
3.2.4.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	133
3.2.4.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	133
3.2.4.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	135
3.2.4.4 Переваримость питательных веществ рационов.....	139
3.2.4.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	141
3.2.4.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров.....	141
3.2.4.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров.....	142
3.2.4.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы.....	144
3.2.4.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	146
3.2.4.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион энтеросорбентов.....	150
3.2.4.8 Резюме по итогам эксперимента.....	156
3.2.5 Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.....	157
3.2.5.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	157
3.2.5.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	157
3.2.5.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	159
3.2.5.4 Переваримость питательных веществ рационов.....	164
3.2.5.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	166
3.2.5.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров.....	166
3.2.5.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров.....	167

3.2.5.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы.....	169
3.2.5.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	170
3.2.5.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион УДЧ Fe и Cu.....	176
3.2.5.8 Резюме по итогам эксперимента.....	182
3.3 Исследования второй серии по оценке действия кормовых добавок на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров.....	183
3.3.1 Изучение влияния ультрадисперсных частиц на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров.....	183
3.3.1.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	183
3.3.1.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	186
3.3.1.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	187
3.3.1.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	190
3.3.1.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	191
3.3.1.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион УДЧ Fe и Cu.....	192
3.3.1.7 Результаты производственной проверки.....	197
3.3.2 Изучение влияния ультрадисперсных кормовых добавок и пробиотических препаратов (штаммы <i>B. subtilis</i> и <i>B. longum</i>) на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров.....	199
3.3.2.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	199
3.3.2.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	202
3.3.2.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	203
3.3.2.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	205
3.3.2.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	208
3.3.2.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион оцениваемых кормовых добавок.....	209
3.3.2.7 Результаты производственной проверки.....	215
3.3.3 Изучение влияния пищевых волокон на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят- бройлеров.....	217
3.3.3.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	217
3.3.3.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	218
3.3.3.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	219
3.3.3.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	222
3.3.3.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	225
3.3.3.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пищевых волокон.....	226
3.3.3.7 Результаты производственной проверки.....	229
3.3.4 Изучение влияния энтеросорбентов на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят- бройлеров.....	231

3.3.4.1 Корма и кормление подопытной птицы.....	231
3.3.4.2. Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.....	232
3.3.4.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров.....	233
3.3.4.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.....	236
3.3.4.5 Мясная продуктивность подопытной птицы.....	238
3.3.4.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пищевых волокон.....	239
3.3.4.7 Результаты производственной проверки.....	242
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	244
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	275
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	279
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	281
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	282
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	346

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последние десятилетия знания о метаболической и иммуностимулирующей роли микрофлоры (McCuaig B., Goto Y., 2023) расширены представлениями о ее влиянии на пищеварительный тракт, на возникновение и развитие диабета (Islam F., et al., 2022), ожирения (Fang H. et al., 2023), рака (Rahman M. M., et al., 2022), аллергической астмы (Zheng P. et al., 2022); патологии сердечно-сосудистой системы (Liu H. et al., 2020) и др.

В настоящее время знания о взаимодействиях в системе «микрофлора-организм хозяина» находят применение в практике кормления сельскохозяйственных животных через использование пробиотиков, пребиотиков и ряда других препаратов, оказывающих влияние на микробиом пищеварительного тракта животных. Коррекцию микрофлоры различных отделов пищеварительной системы применяют для повышения биодоступности структурных углеводов и минеральных веществ (Фисинин В.И. и др., 2010; Moita V.H.C. et al., 2021).

Между тем по мере накопления знаний об энтеральном гомеостазе, становится очевидным, что дальнейшее развитие учения о кормлении сельскохозяйственных животных должно идти через более глубокое изучение роли микрофлоры пищеварительного тракта в формировании продуктивности сельскохозяйственных животных, в том числе с учетом селективного действия микрофлоры на элементный статус и эндогенные потери веществ из организма хозяина.

Степень разработанности темы. Наука располагает данными о комплексном влиянии микрофлоры на продуктивность птицы. Известно о роли микрофлоры пищеварительного тракта в предотвращении колонизации патогенов (Neveling D.P. et al., 2020); формировании и поддержании иммунитета (Richards P.J. et al., 2020); участии в распаде и поглощении питательных веществ; синтезе витаминов и гормонов (Yang J. et al., 2017; Yin

D. Et al., 2022); участия в созревании и пролиферации клеток (Kim S.H. et al., 2022) и др.

Особое внимание в последние годы стало уделяться роли микрофлоры в минеральном обмене, что для птицеводства, помимо экономической целесообразности, определяется и перспективами снижения экологической нагрузки. Известно, что микрофлора принимает непосредственное участие в усвоении экзогенных минеральных веществ (Yang J. et al., 2017; Yin D. et al., 2022), в инкорпорации и выводе из обмена отдельных химических элементов, в том числе токсических (Cao J. et al., 2020). В связи с этим, в последние годы все большее внимание уделяется вопросам влияния кормовых добавок на элементный статус макроорганизма через изменение состава микрофлоры и селективное управление обменом эндогенных химических элементов (Zhao H.Y. et al., 2017; Chen Y. et al., 2005). Значимость вклада эндогенного сегмента минерального обмена в формирование продуктивности птицы определяется количеством эндогенных минеральных веществ, выделяемых в пищеварительный тракт, нередко на порядок превышающих экзогенный компонент (Алиев А.А., 1985; Ouwehend A.C. et al., 2003).

Между тем проблема влияния кормовых добавок на микрофлору пищеварительного тракта, продуктивность и минеральный обмен в организме птицы остается пока недостаточно изучена.

Цель и задачи исследования. Целью работы, выполняемой в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (2011-2024 годы №АААА-Б17-217061340056-1) и ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по программе ФНИ № НИОКТР 122051800020-1, № 0761-2019-005, при финансовой поддержке гранта на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (№ 075-15-2024-550), являлось изучение влияния кормовых добавок на микробиом и минеральный обмен (уровень и состав эндогенных потерь химических элементов), для

формирования новых решений по оптимизации элементного статуса и повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

Основные **задачи** диссертационной работы:

1. Изучить микробиом цыплят-бройлеров в связи с элементным статусом птицы, установить корреляцию численности отдельных таксонов микрофлоры с пулами химических элементов в организме.

2. Дать сравнительную оценку влияния пробиотических препаратов (штаммы *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum*) на продуктивность, обмен веществ и микробиом цыплят-бройлеров.

3. Изучить влияние пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*), пищевых волокон (микrokристаллическая целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и препаратов ультрадисперсных частиц металлов (медь, железо) на продуктивность и величину эндогенных потерь химических элементов из организма цыплят-бройлеров.

4. Исследовать особенности влияния пищевых волокон (микrokристаллическая целлюлоза, лактулоза, хитозан) на продуктивность, обмен веществ, микробиоценоз и продуктивность цыплят-бройлеров.

5. Исследовать морфологический и биохимический состав крови, дать оценку элементному статусу, провести метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника цыплят-бройлеров при скармливании энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь).

6. Провести оценку влияния ультрадисперсных частиц меди и железа, в том числе, при скармливании совместно с пробиотиком, на обмен веществ, микробиоценоз и продуктивность цыплят-бройлеров.

7. Научно-хозяйственная и экономическая оценка эффективности используемых кормовых добавок при производстве мяса птицы.

Научная новизна работы состоит в разработке фундаментальных основ оценки действия кормовых добавок на эндогенные потери эссенциальных химических элементов из организма сельскохозяйственной птицы.

Получены новые знания о влиянии пробиотических штаммов *B. longum*, *B. subtilis* на продуктивность, состав прироста живой массы и минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Установлено, что скормливание цыплятам-бройлерам препарата *B. subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма.

Описана зависимость пула марганца в организме цыплят от численности *Lactobacillus*, пула кобальта от численности *Lactobacillus* и *Ruminococcus* в кишечнике птицы. Предложены способы снижения эндогенных потерь эссенциальных химических элементов у цыплят (RU 2759845, 2720469). Впервые описана взаимосвязь между микробиомом кишечника и минеральным обменом в организме птицы при дополнительном введении в рацион пищевых волокон. Так, при скормливании препаратов лактулозы и хитозана цыплятам-бройлерам, проявляются достоверные корреляционные связи численности таксона *Bacteroides* с пулом кальция, марганца, никеля, меди, цинка, ртути и свинца.

Получены новые знания о зависимости элементного статуса и состава мяса цыплят-бройлеров от таксономического состава микробиома кишечника птицы. Описана связь размера пула отдельных химических элементов в организме цыплят-бройлеров от особенностей микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте птицы.

Впервые описано влияние энтеросорбентов и препаратов пищевых волокон на эндогенные потери химических элементов из организма и состав мяса цыплят-бройлеров. Описано селективное действие энтеросгеля и активированного угля на обмен химических элементов в организме цыплят-бройлеров с выраженной депрессией пулов токсических элементов (ртути, свинца и алюминия) и эндогенного пула селена, с увеличением усвояемости и эффективности использования эндогенного марганца, экзогенного кобальта, цинка и меди.

Получены новые данные о снижении пула кобальта и селена с интенсивностью эндогенных потерь этих элементов из организма птицы на величину 9-10 и 9-15 % в неделю, соответственно, при скармливании препаратов УДЧ меди или железа.

Присутствие в рационе УДЧ меди определяет проявление достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с размером пула в организме никеля и свинца. Аналогичное действие УДЧ железа распространяется на данную связь с пулом алюминия, кальция, никеля, цинка, мышьяка, свинца. В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В то же время, при скармливании УДЧ меди, содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

Впервые выявлена корреляционная зависимость численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров при использовании различных кормовых добавок.

Получены новые данные по морфофункциональной характеристике тканей пищеварительного тракта при включении в кормовые рационы пробиотических штаммов (*B. subtilis* и *B. longum*), энтеросорбентов, пищевых волокон и ультрадисперсных частиц.

Предложены решения по созданию новых кормовых средств для сельскохозяйственной птицы, защищённые патентами (RU 2800836, 2778756, 2673808, 2790872)

Теоретическая и практическая значимость и реализация результатов работы: теоретически проанализированы предложения по снижению норм минеральных веществ в рационе цыплят-бройлеров, что позволит создать предпосылки к снижению экологической нагрузки промышленных птицеводческих предприятий.

В работе теоретически обосновано, в эксперименте продемонстрировано беспрецедентное воздействие энтеросгеля на свойства

микрофлоры кишечника, в том числе в связи с минеральным обменом в организме цыплят-бройлеров, выражающееся в активизации микрофлоры таксона *Bacteroides* с проявлением достоверных корреляционных связей последнего с пулом 17 из 25 оцениваемых химических элементов, в организме птицы. Аналогичное действие активированного угля на микробиологический статус цыплят менее выражено и связано с обменом только 9 химических элементов.

Разработаны новые подходы к нормированию минерального питания цыплят-бройлеров за счет коррекции микробиома кишечника цыплят-бройлеров.

Практическая значимость исследований состоит в разработке принципиально новых подходов к нормированию минеральных веществ в кормлении сельскохозяйственной птицы через снижение эндогенных потерь эссенциальных химических элементов из организма цыплят-бройлеров, что даст возможность снизить экологическую нагрузку промышленных птицеводческих предприятий.

Применение на практике предложенных рекомендаций позволит повысить биологическую полноценность мяса птицы по содержанию эссенциальных химических элементов и снизить содержание токсических элементов (алюминия, свинца, ртути, кадмия и других). При этом будет достигнуто повышение продуктивности цыплят-бройлеров, с общим повышением рентабельности производства мяса на 3-7 %.

Методология и методы исследования. Диссертационная работа выполнялась на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» и ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» с использованием ресурсов и методик ЦКП. Эксперименты *in vivo* проводились в условиях вивария и ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

Основные положения, выносимые на защиту:

- элементный статус цыплят-бройлеров селективно связан с составом микрофлоры кишечника, что выражается корреляцией численности отдельных таксонов микрофлоры с пулами химических элементов в организме птицы;

- скормливание цыплятам-бройлерам препарата «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) сопровождается более значительными потерями эндогенных химических элементов из организма, в отличие от «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*);

- скормливание цыплятам-бройлерам препаратов «Споробактерин» и «Соя-бифидум» (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) сопровождается увеличением в кишечнике птицы численности представителей *Rikenellaceae*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*;

- введение в рацион цыплятам целлюлозы, способствует увеличению живой массы исследуемой птицы, что взаимосвязано с накоплением эссенциальных химических элементов;

- скормливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон (целлюлозы, лактулозы и хитозана) сопровождается снижением эндогенных потерь марганца и увеличением потерь селена;

- включение в рацион цыплят-бройлеров энтеросгеля и активированного угля оказывает селективное действие на обмен химических элементов в организме, в том числе приводит к значительному снижению пулов токсических элементов;

- скормливание цыплятам-бройлерам препаратов ультрадисперсных частиц меди или железа сопровождается активизацией эндогенных потерь кобальта и селена, а также появлением достоверных корреляционных связей между численностью отдельных таксонов микроорганизмов кишечника с пулами химических элементов в организме;

- включение в рацион цыплят-бройлеров препаратов ультрадисперсных частиц меди или железа сопровождается изменениями микрофлоры кишечника и увеличением конверсии обменной энергии и протеина;

- коррекция эндогенных потерь химических элементов из организма цыплят-бройлеров с использованием кормовых добавок экономически выгодна.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на аналитических и экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки с использованием программного пакета Statistica 10.0.

Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа и расчета. Формирование баз данных проводилось с использованием современного оборудования Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН.

Основные материалы диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на конференциях и семинарах различного уровня: Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски» (Оренбург, 2018); Russian conference on innovations in agricultural and rural development (AGROCON-2019) (Курган, 2019); International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production (Ростов, 2020); V International workshop on innovations in agro and food technologies (WIAFT-V-2021) (Волгоград, 2021); III Международная научно-практическая конференция (Москва, 2021); Всероссийская научно-практическая конференция (Ижевск, 2021); Всероссийская научно-практическая конференция (Оренбург, 2021); XIX симпозиум с международным участием (Москва, 2022); International Scientific Conference «INTERAGROMASH» (Ростов на Дону, 2023).

Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления

сельскохозяйственных животных и технологии кормления им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (Оренбург, 2024) и Института биоэлементологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Оренбург, 2007, 2010, 2011, 2013, 2019, 2024).

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены в производство ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

Публикация материалов исследований. По теме диссертации опубликована **36** научных работ, в том числе **15** статей в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*; **13** – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена **6** патентами РФ на изобретения, **2** свидетельствами на базы данных.

Объем и структура работы. Диссертационная работа представлена на 360 страницах компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследований, глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству и перспектив дальнейшей разработки темы. Содержит 89 таблиц, 89 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 565 источников, в том числе 492 зарубежных.

1.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Роль нормальной микрофлоры пищеварительного тракта в жизнедеятельности сельскохозяйственных животных

Кишечная микробиота, как совокупность сотен миллиардов организмов, является результатом чрезвычайно сложных и многоуровневых взаимодействий как между микроорганизмами, так и самим организмом хозяина (Джавадов Э.Д. с соавт., 2016; Дускаев Г.К. с соавт., 2017, 2019; Imperial I.C.V.J., Ivana J.A., 2016). Глубина научной проблемы формирования и развития микробиоты во многом становится понятной из анализа динамики научных работ, посвященных её описанию. Как следует уже из поверхностного анализа, число публикаций по данной проблеме, только за последние 5 лет, увеличилось более чем в три раза, при этом число патентов по проблеме выросло в 2 раза (Booijink C. et al., 2007; Banerjee G. et al., 2017; Gonzalez R.M., Angeles Hernandez J.C., 2017). Современное состояние знаний по проблеме показывает, что углубленный анализ микробиоты открывает одну из самых широких перспектив в сфере сохранения здоровья и повышения продуктивности животных (Andrieu M. et al., 2015; Pourgholam M.A. et al., 2016; Dore J. et al. 2017; Kang K. et al., 2021).

Этот вывод закономерно следует из многочисленного перечня функций, выполняемых микробиотой в организме животных, в том числе от предотвращения колонизации патогенов (Schiavone A., 2008; Hooper L.V., 2012; Yang J. et al., 2016; Lou C. et al., 2023) до формирования и поддержания иммунитета, участия в распаде и поглощении питательных веществ, синтезе витаминов и гормонов (Scaldeferri F. et al., 2012; Geraylou Z. Et al., 2013; Yang J. et al., 2017; Aruwa C.E. et al., 2021); участия в созревании и пролиферации кишечных клеток, переваривании пищи и инактивации некоторых продуктов распада (Possemiers S. et al., 2009; Sadati M.A.Y. et al., 2011; Aruwa C.E. et al., 2021) и др. Столь широкий перечень функций микрофлоры определяет её роль

в жизнедеятельности организма хозяина (Friedman M. et al., 2002; Gaggia F. et al., 2010; Bischoff S.C. 2011; Van Voeckel T.P. et al., 2015; Kang K. et al., 2021).

Микробиом пищеварительного тракта можно рассматривать как одну из самых сложных экосистем на земле, включающую представителей всех доменов: археи, эукариоты и бактерии (Turroni F. et al., 2008; Zha L.Y. et al., 2009; Aruwa C.E. et al., 2021). Девять из двадцати пяти известных типов бактерий были обнаружены в микробиоте ЖКТ, в числе преобладающих из них: *Firmicutes* (46-60%), *Proteobacteria* (10-30%), *Bacteroidetes* и актинобактерии (8-28%) (Klaassens E.S. et al., 2007; Stolarczyk A. et al., 2008; Gilory R. et al., 2021; Marcolla C.S. et al., 2023).

Для позвоночных с однокамерным желудком характерно перераспределение микроорганизмов между отделами кишечника. Причем большинство микроорганизмов находится в толстой кишке, где их численность достигает 10^{12} клеток/г химуса (Hattori M., Taylor T.D., 2009; Kang K. et al., 2021). Микрофлора верхних отделов ЖКТ менее дифференцирована и немногочисленна из-за вымывания значительной части бактерий потоком желудочно-кишечного рефлюкса секреторной деятельности желудка, двенадцатиперстной кишки, печени и слюны (Tellez G. et al., 2006; Zilberstein V. et al., 2007). Например, виды *Streptococcus oralis* и *S. gordonii* имеют низкую комплементарность и высокую конкуренцию (Huttenhower C. et al., 2012; Levy R., Borenstein E., 2013; Achtman M., Zhou Z., 2020).

Поддержание здорового микробиома ЖКТ становится все более признанным важнейшим фактором общего здоровья животных, развития и продуктивности. Так, у жвачных животных микробиота желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) необходима для удовлетворения примерно 70% ежедневных потребностей в энергии (Zhang Y. et al., 2021). В совокупности, фибролитические бактерии и микробиома ЖКТ, обладают разнообразными ферментативными способностями, необходимыми для гидролиза этих структурных волокон (Ma J. et al., 2022), используя их для удовлетворения собственных потребностей в углеводах.

Присутствие отдельных таксонов в микробиоме кишечника зависит от взаимодействия между бактериями в сообществе (таблица 1).

Таблица 1. Основные таксоны кишечной микробиоты у животных

Таксон	Вид животных		
	Мыши	Крысы	Свиньи
<i>Bacteria</i>	<i>Firmicutes</i> <i>Bacteroidetes</i>	<i>Firmicutes</i> <i>Bacteroidetes</i>	<i>Firmicutes</i> <i>Bacteroidetes</i>
<i>Archaea</i>	<i>Methanobrevibacter</i>	<i>Methanobrevibacter</i>	<i>Methanomicrobia</i> , <i>Methanosphaera</i>
<i>Viruses</i>	Variable	Variable	<i>Picornaviridae</i> , <i>Astroviridae</i> , <i>Coronaviridae</i> , <i>Caliciviridae</i>
<i>Eukarya</i>	<i>Ascomycota</i> , <i>Basidiomycota</i> , <i>Chytridiomycota</i> , <i>Zygomycota</i>	<i>Ascomycota</i> , <i>Basidiomycota</i> , <i>Chytridiomycota</i> , <i>Zygomycota</i> ,	<i>Kazachstania</i> , <i>Candida</i> , <i>Galactomyces</i> , <i>Issatchenkia</i>

Анаэробная микробная ферментация более простых углеводных продуктов, полученных из этих структурных волокон, приводит к образованию короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) у животных и птицы, главным образом ацетата, пропионата и бутирата (O'Riordan K. J. et al., 2022). Эти КЦЖК должны выводиться микроорганизмами для поддержания физиологического pH в цитоплазме микробных клеток. Млекопитающие научились использовать эти КЦЖК, быстро поглощая и метаболизируя их, для получения энергии и других физиологических целей (Егоров И.А., 2004; Артюнов Г.П. и др., 2014)

Каждая из этих КЦЖК играет уникальную и важную роль в здоровье и питании животных. Самая распространенная КЦЖК (ацетат) вовлечена в синтез жирных кислот *de novo* (David L.A. et al., 2014; van der Hee B., Wells J. M., 2021). Производство бутирата, его доступность необходимы для физиологического развития ЖКТ хозяина и поддержания его здоровья. Пропионат в основном используется для глюконеогенеза, который обеспечивает большую часть суточной потребности жвачных животных в глюкозе (Van Der Hee B., Wells J. M., 2021).

В дистальном отделе ЖКТ клеточные компоненты микробиоты всасываются в виде питательных веществ. Помимо участия в пищеварении, микробиом ЖКТ также может обезвреживать токсины и другие ксенобиотики, повышать устойчивость хозяина к патогенным бактериям, и играть решающую роль в созревании иммунной и эндокринной систем (Ding S. et al., 2021). В микробиоме свиней преобладают *Firmicutes* и *Bacteroidetes* (Lamendella R., 2011; Bergamaschi M. et al., 2020), род *Prevotella* (Lamendella R., 2011). Большинство исследований показали, что количество *Bifidobacteria* у свиней, даже у тех, кто находится на диете с высоким содержанием клетчатки, ниже, чем у людей (Yan H.R., 2013), а *Lactobacillus* - выше (Pieper R. P., 2008; Bergamaschi M. et al., 2020).

Lu Y.T. (2003) обнаружили, что в ЖКТ курицы, в возрасте 3 дней, содержатся виды *L. delbrueckii*, *C. perfringens* и *Campylobacter coli*, а в возрасте от 7 до 21 дня – *L. acidophilus*, *Enterococcus* и *Streptococcus*. При этом в возрасте 28 и 49 дней, ЖКТ содержит *L. crispatus*.

У птиц в кишечнике содержится от 10^8 до 10^9 КОЕ/г бактерий, в числе которых преобладают лактобациллы (Gong J., 2007). Choi et al. (2014) наблюдал большие вариации бактериального состава у отдельных бройлеров, получавших аналогичную диету, из-за разницы во времени между кормлением и отбором проб (Marková K., et al., 2024; Bajagai Y. S. et al., 2024). Дуоденальная область в основном населена клостридиями, стрептококками, энтеробактериями и лактобациллами (Bajagai Y. S. et al., 2024). Микробиота

подвздошной кишки состоит из *Lactobacillus* (70%), *Clostridiaceae* (11%), *Streptococcus* (6,5%) и *Enterococcus* (6,5%) (Waite D.W., Taylor M., 2015). По сравнению с подвздошной кишкой, слепая кишка содержит более разнообразное, богатое и стабильное микробное сообщество, включая анаэробов (Tamang J.P. et al., 2016; Bajagai Y. S. et al., 2024).

Доминирующие типы бактерий у цыплят включают *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. Сообщалось о 31 роде в филуме *Firmicutes*, из которых более 5% приходится на *Eubacterium*, *Ruminococcus* и *Clostridium*. Факультативно выявлялись бактерии *Prevotella*, *Paraprevotella*, *Riemerella*, *Tannerella* и *Prevotella*. Среди протеобактерий доминировали представители *Neisseria* и *Desulfohalobium*. В слепой кишке домашней птицы присутствуют высокие концентрации бактерий, которые кодируют более 95% генетической информации. Многие бактерии, присутствующие в слепой кишке цыплят, не поддаются культивированию в лаборатории и могут быть идентифицированы только с помощью высокопроизводительных методов секвенирования (van der Wielen P.W.J.J. et al., 2000; Soomro R. Y. et al., 2002; Sutovsky P., Kennedy C.E., 2013).

Доминирующей микробиотой, присутствующей в подвздошной кишке цыплят, являются факультативные и микроаэрофильные бактерии, лактобациллы (Suriano F., 2017; Khoobani M., 2019; S. Shuo et al., 2019; Sun B. Et al., 2020). Для тонкого кишечника характерны *Acinetobacter* и *Acidobacter*; для слепого отдела - бактероиды и клостридии (Aguwa C. E., 2021).

В бактериальном сообществе могут находиться патогены, ассоциированные с болезнями птиц или человека, включая *Campylobacter*, *Salmonella* и *Escherichia coli*, а также метагеном, который может быть резервуаром генов устойчивости к противомикробным препаратам (Jørgensen et al., 2019; Flores-Santin J., Burggren W.W. 2021).

Плохое состояние желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) может привести к нарушению всасывания питательных веществ и сопутствующей депрессии роста у пораженных домашних птиц (Xiao S. S. et al., 2021). Изменения в

методах ведения сельского хозяйства и окружающей среде также могут влиять на профиль микробиома, влияя на естественный иммунитет домашней птицы (Liu Z. Y. et al., 2020). Возраст домашней птицы также влияет на разнообразие ее кишечного микробиома (Xiao S. S. et al., 2021).

Кишечник колонизируется микроорганизмами вскоре после вылупления, сразок в ЖКТ домашней птицы попадает множество экзогенных микроорганизмов. Первоначальная микробиота обеспечивает исходную среду для создания стабильной и дивергентной популяции с течением времени (Eberhard M. et al., 2007; Dunislawska A. et al., 2017; Baeva A.A. et al., 2021). Первоначально кишечник цыплят колонизируется факультативными аэробами, а затем заменяется анаэробами. Интенсивный рост и потребление кислорода аэробными бактериями создают неблагоприятные условия в экосистеме кишечника, которые способствуют последующему росту и колонизации облигатными анаэробами (Liu Y. et al., 2021).

Развитие и старение домашней птицы инициируют последовательные изменения в составе микробиома ЖКТ, так что профиль микробиома диверсифицируется, пока не достигнет стабильного состояния (Duskaev G.K. et al., 2018; Xi Y. et al., 2019; Ahmadian A. et al., 2020). На начальном этапе постэмбрионального развития слепой отдел кишечника заселяют бактерии семейства *Enterobacteriaceae* и *Streptococcaceae*, затем лактобациллы и кишечная палочка (Hashemi S.R. et al., 2011; Grond K. et al., 2018; Ricke S. C., Rothrock Jr M. J., 2020). Разнообразная бактериальная популяция, обнаруживаемая в слепой кишке цыпленка, увеличивается в течение первых 6 недель жизни. В возрасте трех недель бактериальная популяция цыплят меняется с *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* и *Firmicutes* только на *Firmicutes* (Ricke S. C. et al., 2020). В исследовании, проведенном Awad W. с соавторами (2016), в образцах слизистой оболочки тощей кишки и слепой кишки суточных цыплят наблюдалась высокая популяция бактерий. Это свидетельствует об увеличении численности микроорганизмов из окружающей среды после вылупления. Состав микробиома, обнаруженного в кишечнике птиц,

различался у молодых и пожилых птиц (Hoffmann C. et al., 2013; Pan D., et al., 2014).

Закономерно, что диета является одним из основных факторов, формирующих микробиом (Hyde E.R., 2014; Deryabin D. et al., 2024). При этом закономерно, что микробиом животных во многом обусловлен генетической природой организма. В этой связи, ферментативная вооруженность микроорганизмов используется организмом хозяина для расщепления субстратов (Ibrahim F. Et al., 2006; Dittoe D. K. et al., 2022). Кишечная микробиота участвует в метаболических процессах и модулирует барьер, но не представляет собой барьерной функции *per se* (Bischoff S.C., 2011; Hering N.A. et al., 2012; Peixoto R. S. et al., 2021).

Целый ряд факторов приводит к дестабилизации микробиоты (Stolarczyk A. et al., 2008), при этом, на фоне снижения резистентности макроорганизма, представители микробиоценоза кишечника могут проявлять свою патогенность (Wen L. et al., 2008; Takaishi H. et al., 2008, Тимошко М.А., Велчу А., Богдан В.К., 2017). Поэтому вмешательство в деятельность и управление составом микробиоты пищеварительного тракта имеет существенные перспективы в качестве альтернативных подходов к профилактике заболеваний и поддержания здоровья животных (Huse S.M. et al., 2012; Суслов А.В. с соавт., 2016).

1.2 Применение кормовых добавок для коррекции и управления микробиомом животных

Значимость микробиома для организма во многом становится ясной через анализ изменений в обмене веществ и продуктивности животных при использовании в кормлении добавок, оказывающих влияние на микрофлору (Сурай П.Ф. и др., 2018; Abreu A.C. et al., 2012; Abazari A. et al., 2016; Abdurrahman Z.H. et al., 2016). В числе таких препаратов: ферментные препараты; пробиотики; пребиотики; другие вещества и их комплексы,

способные обеспечивать повышение продуктивности и иммунитета животных (Левахин В.И. и др., 2002; Егоров И.А., 2014, Kleerebezem M., Vaughan E.E., 2009, Shehata A. A. et al., 2022).

Наиболее выраженные изменения в микробиоме сельскохозяйственных животных наступают на фоне антибиотикосодержащих диет. Эти изменения связаны с элиминацией целых групп микроорганизмов с глубокими изменениями в обмене веществ (Huyghebaert G. et al., 2011; Hintze K.J. et al., 2014). Последние хорошо изучены в период разработки рационов с кормовыми антибиотиками в качестве ростстимулирующих препаратов (Cabello F.C. et al., 2013; Garcia-Aljaro C. et al., 2013; Gueimonde M. et al., 2013; Chattopadhyay M.K., 2014; Abuga I. et al., 2020).

Антибиотики могут успешно использоваться в субтерапевтических дозах в птицеводстве для стимулирования роста (Boriani E. et al., 2018; Khodambashi E., 2012;) и для защиты здоровья птиц (Lee K.W. et al., 2012). Эти эффекты происходят, главным образом, в связи с подавлением патогенной микробиоты в кишечнике (Dibner J.J., Richards J.D., 2005; Torok V.A. et al., 2011; Singh P. et al., 2013). В частности, продуктивное действие диеты с салиномицином вызвано влиянием на динамику микробиома слепой кишки цыпленка (Broaders E. et al., 2013; Fung S. et al., 2013; Carvalho I.T., Santos L., 2016). На фоне подавления патогенной микрофлоры, в пищеварительном тракте птицы качественно меняется симбиотная микрофлора, что при приеме виргиниамицина, в качестве стимулятора роста, выражается в увеличении численности *Lactobacillus* в проксимальном отделе подвздошной кишки бройлеров (Dumonceaux T.J. et al., 2006; Xi Y. Et al., 2019). Однако, действие антибиотиков на численность популяций *Lactobacillus spp.* в подвздошной кишке цыплят может быть и противоположным (Danzeisen J.L. et al., 2011, Lee K.W et al., 2012; Lin J. et al., 2013), что способно снижать эффективность энтерального гомеостаза (Lin J. et al., 2013).

Между тем, при всей привлекательности использования антибиотиков, в качестве стимуляторов роста, их применение в ряде государств, в последние

годы, находится под запретом (ESVAC, 2017), что принципиально связано с возникновением антибиотикорезистентности у патогенной микрофлоры (Kempf I., Zeitouni S., 2012; RUMA, 2016; Yulistiani R. et al., 2017). Бактериальная устойчивость к антибиотикам была предметом ряда исследований в последние годы (Forgetta V. et al., 2012, Furtula V. et al., 2013).

Все это побудило исследователей задуматься об альтернативе антибиотикам – веществам, способным эффективно корректировать состав микробиома животных без тотального уничтожения микроорганизмов (Diarra and Malouin, 2014; Mohammadi G.M., Kim I.H., 2018; Oni O.O. et al., 2018; Abd El-Hack M. E. et al., 2020; Mandey J. S., Sompie F. N., 2021; Yaqoob M. U. et al., 2022).

Одними из первых для коррекции микробиома пищеварительного тракта стали использовать культуры симбиотной микрофлоры, получившие в дальнейшем общее определение - пробиотики (Vergin F., 1954; Кван О.В., 2007). Со временем определение «пробиотик» было в значительной степени изменено и дополнено. Так если в 1965 году пробиотики представлялись веществом, выделяемым одним микроорганизмом и стимулирующим рост другого (Lilly D.M., Stillwell R.H., 1965), то в 1971 году по определению Sperti G.S. (1971) – это тканевые экстракты, стимулирующие рост микроорганизмов. Согласно мнению Parker R.V., в 1974 году понятие пробиотиков расширили до организмов и веществ, способствующих достижению микробного равновесия кишечника. В последующем, понятие пробиотика уже было неразрывно связано с живой микробной добавкой, которая благотворно влияет на животное, за счет улучшения микробного баланса (Fuller R., 1989). Дальнейшие уточнения определения были следующими: пробиотики – это жизнеспособные моно- или смешанные культуры живых микроорганизмов, которые при применении к животным или человеку оказывают благотворное влияние на хозяина, улучшая свойства местной микрофлоры (Havenaar R., Veld J.H.J., 1992; Al-Fatah A. et al., 2020; живая микробная культура или культивированный молочный продукт, который благотворно влияет на

здоровье хозяина (Fuller R., 2004; Pedersen J.A. et al., 2013; Vera J.M. et al., 2014; Varankovich N.V. et al., 2015; Luise D. et al., 2022).

Действие пробиотических препаратов распространяется на предотвращение распространения патогенов (Simon O., 2003; Anil K.A., Harjinder S. 2007; Zhang Z.F. et al. 2013; Liu D. et al. 2012; Pan D., Yu Z., 2014; Jha R. et al., 2020). Подавление патогенной микрофлоры в эксперименте описано во многих исследованиях, в том числе для *Bifidobacterium* (Кван О.В. и др., 2006; Мирошникова Е.П. и др., 2017, Сизенцов А.Н. и др., 2015, Park S.H., 2016; El-Moneim A.E.M.E.A. et al., 20020; Tarradas J. et al., 2020; Yaqoob M. U. et al., 2022; Ahmad R. et al. 2022); *Enterococcus faecium* (Levkut M. et al., 2012; Krawczyk B. et al., 2021), *Streptomyces sp.* (Latha S. et al., 2016; Selvanathan L. et al., 2022); *Bacillus subtilis* (Пешков С.А. с соавт., 2015; Zhang Z.F. et al., 2013; Keerqin C. et al., 2021) и *Saccharomyces cerevisiae* (Chen W. et al., 2013; Hossain M.M. et al., 2015; Chaney W. E. et al., 2022).

Помимо непосредственного действия на патогенную микрофлору, скармливание сельскохозяйственным животным пробиотиков сопряжено с модулированием иммунного ответа через увеличение количества и активности фагоцитов организма хозяина (Jankovic I. Et al., 2010; Hassanein S.M., Soliman N.K., 2010; Arboleya S. et al., 2016); стимулирующим пролиферации лимфоидной ткани ЖКТ (Chichlowski M. et al., 2007; Li S.P. et al., 2009; Sinol S., 2012; Zhang Q., 2013); активизацией отдельных генов (Smirnov A. et al., 2005; Caballero-Franco C. et al., 2006; Jha R. et al., 2020); другими механизмами (Mountzouris K.C. et al., 2007; Alkhalf A. et al., 2010; Jha R. et al., 2020).

Добавляемые в корма пробиотики сопряжены с повышением продуктивности животных (Мирошников С.А. с соавт., 2010; Левахин В.И. и др., 2013; Дускаев Г.К. с соавт., 2017; Kvan O.V. et al., 2017), а также снижают негативные последствия от действия паразитов, в частности *Eimeria tenella* (Giannenas I. et al., 2012).

Благоприятное действие пробиотиков на продуктивность животных выражается как в увеличении количественных параметров продукции, так и в

улучшении её качества (Hassanein A.S., Soliman A.M., 2010; Tamang J.P. et al., 2016; Попова Т., 2017; Abd El-Hack M. E. et al., 2020), в том числе через изменение содержания насыщенных жирных кислот (Saleh A.A. et al., 2012). Другое похожее исследование Liu G. et al. (2018) показало, что корм с содержанием *Bacillus licheniformis* значительно увеличивает содержание белка, незаменимых и ароматических аминокислот, улучшает цвет, сочность и вкус мяса цыплят-бройлеров.

Остановившись на практике использования пробиотиков в кормлении птицы, можно отметить, что наукой накоплен огромный багаж знаний по проблеме (Мирошников С.А. с соавт., 2005; Cho J.H., 2015; Kvan O.V. et al., 2013, 2017; Yaqoob M. U. et al., 2021). Причем наибольшее количество работ посвящено использованию пробиотиков на основе штаммов *Bifidobacterium* (Teemu H. et al., 2008; El-Moneim A. E et al., 2019). На эффективность формул влияют многочисленные факторы, в том числе: набор штаммов; однократная доза жизнеспособных клеток; температура и свет хранения; состав диеты и многое другое (Miroshnikov S. et al., 2015; Yan F.F. et al., 2018; Yang S. Et al., 2022).

Пробиотики, содержащие *B. longum*, *B. subtilis* (Rahman T., 2013; Afsharmanesh M., Sadaghi B., 2014; Arboleya S., 2016; El-Moneim A. E., 2020), и лактобациллы – являются пробиотиками первого поколения на рынке (Ohh S., 2011; Abd El-Hack M. E. et al., 2020); повышают кислотность кишечника и тем самым предотвращают пролиферацию патогенных микроорганизмов (Rahimi G. et al. 2010; Tamang J.P. et al., 2016; Ferdous M.F. et al., 2019).

1.2.1 Применение пребиотиков для коррекции и управления микробиомом животных

Применение пробиотиков в кормлении животных не влечет за собой необратимых изменений в микробиоме, напротив, с прекращением приема пробиотических препаратов, микрофлора пищеварительного тракта

восстанавливается до состояния перед лечением (Wichmann A. et al., 2013; Tkachenko A.G., 2018; Whiteley M. et al., 2018). Этого можно избежать, если совместить прием пробиотиков с веществами, необходимыми для жизнедеятельности нормофлоры. Последние получили название пребиотики. Пребиотик был определен Гибсоном и Роберфроидом (Gibson G., Roberfroid M., 1995) и цитирован в различных версиях другими (Patterson J., Burkholder K., 2003), как соединение, являющееся «неперевариваемым пищевым ингредиентом, который благотворно влияет на хозяина, через стимулирование роста бактерий в толстой кишке и, таким образом, улучшает здоровье хозяина». Пребиотики считаются полезными для хозяина или, в сочетании с пробиотическими культурами, могут стимулировать рост и колонизацию этих специфических пробиотических микроорганизмов, в этом случае полученная комбинация называется синбиотиком (Tuohy K. M. et al., 2005; Kamphues J. et al., 2007; Hume D., 2011).

Roberfroid M. (2007) уточнил определение пребиотиков, предложив помимо ферментации микроорганизмами ЖКТ и отбора полезных микробиотов, учитывать способность противостоять кислотности желудка, гидролизу ферментов млекопитающих и абсорбции в пищеварительном тракте.

Основными пребиотиками обычно являются нерастворимые волокна, выделенные из растений, бобовых, зерновых и крестоцветных овощей и фруктов, и, даже если они не имеют питательной ценности, они все равно выполняют различные функции, такие как физическая стимуляция кишечника и поддержание нормального состава микробиоты, поэтому пребиотики должны быть неотъемлемой частью рационов моногастричных животных (Alipour F. Et al., 2015; Calik A. et al., 2015; Ahmad A.M.R. et al., 2021; Li K. et al., 2022). Наиболее часто используемыми пребиотиками являются некрахмальные полисахариды или олигосахариды, такие как ксилоолигосахариды, фруктоолигосахариды, маннанолигосахариды и галактоолигосахариды (Castillo M. et al., 2008; Jahan A.A. et al., 2022). Эти

соединения состоят из 3-10 моносахаридных единиц, которые могут быть линейными или разветвленными и связаны α - или β -гликозидными связями (Jahan A.A. et al., 2022). Из-за неспособности бройлеров гидролизовать эти соединения, они в непереваренном виде попадают в слепую кишку, где ферментируются микробиотой (Pourabedin M., Zhao X., 2015; C.K. Rajendra S. et al., 2017).

По сравнению с пребиотиками пробиотики имеют ряд преимуществ, таких как уменьшение и предотвращение распространения патогенных бактерий, повышение пищеварительной способности и стимуляция кишечного эпителия, а также модуляция иммунологической активности (Clavijo V., Flórez M. J. V., 2018). Однако эффективность пробиотиков зависит от нескольких факторов, таких как состав смеси и их стабильность; возраст, в котором их вводят; происхождение микроорганизмов и условия среды, в которой живут цыплята (Cheng Y.H. et al., 2018; Farkas V. et al., 2022).

Известен широкий перечень пребиотиков, большинство из них представляют собой подгруппу углеводов, в основном олигосахаридов, в том числе: фруктаны, галактоолигосахариды, олигосахариды, неуглеводные олигосахариды (флаванолы), стимулирующие развитие молочнокислых бактерий (Hume D., 2011; De Maesschalck C. et al., 2015). Действие пребиотиков на микробиом животных с однокамерным желудком различно, кратко представлено в таблице 2. Пребиотические компоненты, при использовании в кормлении, способствуют повышению продуктивности птицы (Үақооб М., 2021) через целый ряд изменений в метаболизме (Dwyer J.T. et al., 2015), в том числе: профилактика заболеваний желудочно-кишечного тракта (Morales-Lopez R. et al., 2009; Erdogan Z. Et al., 2010); синтез витаминов В₁, В₂, В₆, В₁₂, фолиевой кислоты и никотина (Weaver S. et al., 2010, Weaver S., 2011, Park S., 2016); повышение растворимости жизненно необходимых минералов (Ca, Fe, Mg и др.) (Taylor S. Et al., 2004; Brownawell A. et al., 2012; Chen W.L. et al., 2015).

Таблица 2. Влияние пищевых волокон и пребиотиков на микробиом

Соединение	Изменения микробиома	Источник
Арабиноксилан олигосахарид	Увеличение лактобацилл, бифидобактерий и бактероидов, увеличение выработки ацетата, пропионата, бутирата, снижение pH	Walton G.E., 2012; P. François IEJA, 2014
Галактоолигосахариды	Увеличение <i>Bifidobacterium spp</i> , <i>Bacteroides spp</i> , увеличение концентрации лактата, глутамата, орнитина и капроновой кислоты	Vulevic J., 2015
Инулин + олигофруктоза	Увеличение <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i> и <i>Bifidobacterium adolescentis</i> , снижение выработки ацетата и пропионата	Salazar N. et al., 2015
Инулин + частично гидролизованная камедь гаурная	Снижение содержания <i>Clostridium spp.</i>	Linetzky B., 2012
Ксилоолигосахарид	Увеличение <i>Bifidobacterium</i> , <i>Bacteroides fragilis</i> , не влияет на pH, молочную кислоту	Finegold P.M. et al., 2014
Растворимая кукурузная клетчатка	Увеличение отношения <i>Bacteroidetes: Firmicutes</i> , увеличение <i>Parabacteroides</i> , снижение <i>Eubacterium</i> , <i>Ruminococcus</i> , <i>Roseburia</i> , <i>Dorea</i> , снижение экспрессии генов бактериального метаболизма бутирата, уменьшение бутирата, фенола и индола	Boler B.M., 2011

Пребиотики необходимы для жизнедеятельности нормофлоры человека и животных. Так D-целлюлоза, D-фруктоза, D-галактоза, α -D-глюкоза, лактоза, лактулоза, мальтоза (Zhu D., 2016) и альгинатные добавки (Bednarczyk M. et al., 2016) стимулируют развитие микроорганизмов родов *Lactobacillus* и *Bacillus*.

Лактулоза находит применение в кормлении сельскохозяйственных животных. Так, диетическая добавка 0,15% лактулозы способствует увеличению пролиферации *Lactobacillus* и уменьшению количества *E. coli* в экскрементах бройлеров (Zhao P.Y. et al., 2016). При этом при использовании в кормлении птицы отдельных пробиотиков отмечаются характерные изменения в морфофункциональных особенностях кишечника птицы (S. De Maesschalck et al., 2015)

Chen Y. et al (2022) предположили использовать олигофруктозу и инулин в кормлении кур-несушек: для увеличения прочности и массы яичной скорлупы, общего уровня золы, уровня кальция в сыворотке, фосфора в большеберцовой кости и уровня кальция.

Применение в кормлении маннанолигосахаридов (МОС) и β -глюканов сопровождается повышением продуктивности птицы, с закономерным изменением в микроэкологическом статусе птицы и стимуляцией иммунных реакций. Фактически, МОС часто используются в стрессовых ситуациях, поскольку они способствуют росту видов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* в слепой кишке и связывают патогены, предотвращая колонизацию, благодаря своему аффинному лиганду. Кроме того, β -глюканы являются иммуномодуляторами и усиливают пролиферацию лимфоцитов (Pourabedin M., Zhao X., 2015; Jahan A.A. et al., 2022). В исследовании Froebel L. С соавторами (2019), рафинированные функциональные углеводы (РФУ) использовались для сравнения эффектов пребиотиков и антибиотиков. РФУ представляют собой смесь маннанолигосахаридов, β -глюканов и D-маннозы, полученных из клеточной стенки *Saccharomyces cerevisiae*. Авторы составили 6 экспериментальных групп: контроль, рацион с введением антибиотика

бацитрацина метилendisалицилат; высокие дозы (100 г/т) пребиотика в кормах; низкая доза (50 г/т) пребиотика в кормах; высокие дозы (100 г/) пребиотика РФУ в кормах и питьевой воде; низкие дозы (50 г/т) пребиотика в кормах и питьевой воде. Высокая доза позволяет снизить количество видов *Campylobacter*, что указывает на способность РФУ ингибировать адгезию возбудителей к слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта, снижая их распространенность в помете, вероятно, из-за присутствия МОС. Авторы сообщили, что при добавлении пребиотика в питьевую воду значительного увеличения производительности не наблюдалось.

В другом исследовании Al-Khalaifa Н. с соавторами (2019) не обнаружили значительного влияния на продуктивность бройлеров, получавших пребиотики, по сравнению с цыплятами, в рацион которых добавляли пробиотики. Наилучший результат в этом исследовании был связан с иммунным ответом, поскольку животные, получавшие пребиотики, демонстрировали более высокий клеточный ответ и увеличение титров антител (IgY и IgA), чем другие варианты опыта.

На самом деле, не все исследователи получили одинаковые линейные результаты. Некоторые исследования показали улучшение зоотехнических показателей при добавлении пребиотиков только в стартовый период бройлеров, вероятно, из-за нестабильной микробиоты в первые дни жизни цыплят. В этот период стимуляция роста бактерий может улучшить производительность, увеличивая популяцию лактобацилл и уменьшая количество колиформ, таких как кишечная палочка (Ghasemi R.et al., 2020). Исследователи предположили, что действие пребиотика будет более эффективным, если цыплята выращиваются в стрессовых условиях (высокая плотность стада) или отмечается присутствие патогенных бактерий, таких как сальмонелла, кишечная палочка или клостридии. *Salmonella typhimurium* — граммотрицательная инфекционная бактерия, известная снижением производительности птицы и причиняющая значительные экономические потери. Кроме того, бактерия связана с одним из наиболее серьезных

заболеваний пищевого происхождения у человека из-за его высокой устойчивости к противомикробным препаратам. Вместо этого, *Clostridium perfringens* представляет собой грамположительную спорообразующую патогенную бактерию, вызывающую некротический энтерит, который составляет 30 % смертности бройлеров, а также экономические потери, в основном из-за стоимости лечения и снижения темпов роста производительности. Было проведено исследование, чтобы определить, можно ли уменьшить потери от этих патогенов путем добавления пребиотика, полученного из клеточной стенки дрожжей (YCW). Добавление YCW позволило восстановить показатели роста и оказало трофическое влияние на развитие кишечника бройлеров, о чем свидетельствует увеличение высоты и площади поверхности ворсинок подвздошной кишки, что ограничивает хорошо известные повреждения, вызываемые этими патогенами. Эти изменения в морфологии кишечника зараженных животных были связаны с улучшенными показателями роста по сравнению с незараженными группами, благодаря большей площади эпителия (Alkhulaifi M. et al., 2022). Аналогичные результаты были получены Barbalho R. с соавторами (2023), которые привили цыплятам *Clostridium perfringens* и *Eimeria acervuline*, кокцидию, которая поражает птиц и снижает продуктивность.

Другие авторы предположили, что МОС и β -глюканы могут положительно взаимодействовать, улучшая темпы роста и здоровье кишечника бройлеров. Было показано, что включение в рацион МОС или β -глюканов увеличивало массу тела и прибавку массы тела птицы в первые 2 недели. Более того, β -глюканы дополнительно улучшали массу тела на 28 день эксперимента. В этом случае авторы не сообщили о статистически значимом влиянии МОС на рост производительности, и не было значимого взаимодействия между МОС и β -глюканами. Однако комбинация МОС и β -глюканов улучшила морфологию кишечника, значительно увеличила высоту ворсинок и продемонстрировала тенденцию к усилению иммунных ответов в подвздошной кишке и слепой кишке (Teng P. et al., 2021). Известно, что β -

глюканы улучшают здоровье кишечника у домашней птицы, подвергшейся бактериальному заражению, поскольку они повышают активность макрофагов и оказывают противовоспалительное действие благодаря макрофагам, которые их обнаруживают, продуцируя противовоспалительные цитокины, такие как IL1 и фактор некроза. Их влияние на иммунный ответ и здоровье кишечника может улучшить общее состояние бройлеров.

По мере развития учения о пробиотиках стало ясно, что использование последних в кормлении животных сопряжено с изменениями метаболизма организма-хозяина. В связи с чем, дополнительное введение отдельных из них, вместе с пребиотиками, позволяет повышать продуктивность и улучшать состояние здоровья животных.

1.2.1 Применение энтеросорбентов для коррекции и управления микробиомом животных

Список энтеросорбентов, используемых в животноводстве, в качестве кормовых добавок, достаточно внушительный и включает: биоуголь-древесный уголь (Chu G.M. et al., 2013; Osman A. I., et al 2022), цеолиты (Rocha G.C., et al., 2012); пищевые волокна (Rahmatnejad E., Saki A.A., 2016); бентониты (Shi Y.H., et al., 2007; Trckova M., et al., 2014); алюмосиликаты натрия (EFSA FEEDAP, 2021); нанокремнезем (Ghazalah A.A., et al., 2021) и др.

Энтеросорбенты в кормлении сельскохозяйственных животных используются с различной целью, в том числе для связывания токсинов (Bailey S.A., et al, 2006; Mizhevikina A. S. et al, 2021); улучшения ферментативной активности в тонком кишечнике (Xia M.S., et al, 2004); (Yastrebova O. N. et al, 2022); снижения поступления в кровь аммиака из кишечника (Pappas A.C., et al 2010; Yastrebova O. N. et al., 2022); повышения pH содержимого пищеварительного тракта (Wu Q.J., et al 2013); снижения вязкости химуса (Ouhida I., et al 2000); в качестве антидиарейного средства (Abranches J, et al

2013); для связывания вредных микроорганизмов и радионуклидов (Мирошников С.А. с соавт., 2007; Schwaller D. et al., 2016; Toprak N.N. et al., 2016; Chen S. et al., 2020; Dorozhkin V. I. et al., 2021).

По различным оценкам, потребность животноводства в энтеросорбентах в ближайшие пять лет увеличится более чем на 12,5 % (Man K.Y., et al, 2021). Наиболее широко сегодня применяют энтеросорбенты для связывания микотоксинов (Arana S., et al, 2011; Pozzo M.D., et al, 2016; Vila-Donat P., et al, 2019), представляющих собой одну из наиболее сложных проблем, входящих в «десятку» опасностей, о которых сообщает Система быстрого оповещения о продуктах питания в Европе (European Commission, 2020). Микотоксины – это более 500 токсичных вторичных соединений, синтезируемых грибами (Bryden W.L., 2012), поражающих до половины всего производимого в мире зерна, что приводит к серьезным экономическим потерям (Horky P., 2018; Wang Y., et al, 2018; Ochieng P. E. et al., 2021).

Наукой накоплены обширные знания о влиянии различных видов энтеросорбентов на продуктивность сельскохозяйственных животных. Причем подавляющее число работ по данной проблеме демонстрируют позитивный характер действия энтеросорбентов на продуктивность. В частности, это констатировано для «глинистых минералов» на модели свиней и кур (Trckova M. et al., 2004; Liu J.H. et al., 2021); на модели овец (Salem F.A.F., et al., 2001; Helal F.I.S. et al., 2010); для биоугля в рационах крупного рогатого скота, птиц, свиней и рыб (Abakari G. et al. 2020; Al-Azzawi M. et al., 2021; Goiri I. et al., 2021). Кроме того, включение биоугля в рацион молочных коров обеспечивает увеличение производства молока на 3-5 % и содержание белка на 2,6 %; жира на 6,3 % (Al-Azzawi M. et al., 2021), в рационе кур-несушек биоуголь повышает яйценоскость на 6 % с повышением прочности скорлупы на 10 % (Kalus K. et al., 2020).

Механизм повышения продуктивности животных, при скармливании энтеросорбентов, включает в себя большое количество разнообразных факторов: от влияния на микробиом и уровень токсинов в организме

животных (Hollis M.E. et al., 2020) до улучшения пищеварения и оптимизации обмена веществ (Onel S. E. et al., 2022) и повышения иммунитета (Yamada, 2003; Yaqoob, 2021). Однако энтеросорбенты способны оказывать и негативное действие на продуктивность через снижение доступности для обмена питательных веществ и энергии (Kim S.-H. et al., 2011; Onel S. E. et al., 2022).

Между тем, по мере наращивания производства и использования энтеросорбентов в животноводстве, на первый план выходят специфические особенности действия последних на метаболизм в организме животных (Eraslan G. et al., 2005; Onel S. E. et al., 2022). Не учитывать это обстоятельство нельзя, так как оно способно привести к снижению продуктивности и даже гибели животных (Nadziakiewicz M., Kehoe S., Micek P., 2019; Elliott C.T., Connolly L., Kolawole O., 2019).

Абсорбционные характеристики большинства энтеросорбентов обусловлены их высокой катионообменной способностью, которая влияет на поглощение минералов тканями и органами животных (Papaioannou D. et al., 2005; Oguz H.A., 2011). Однако, при анализе сорбционных свойств отдельных веществ выявляется много деталей и противоречий в «работе» отдельных систем. Так в экспериментах «*in vitro*», имитирующих поглощение глинами минеральных веществ, констатировано, что эти добавки могут селективно снижать биодоступность железа, меди, цинка (Hooda P.S., et al., 2004; Seim G.L., et al., 2013), но повышать биодоступность кальция, магния и марганца (Hooda P.S., et al., 2004). В то же время в исследованиях *in vivo* показано, что бентонит стимулирует поглощение железа на фоне снижения биодоступности кальция и селена (Grosicki A., et al, 2003). Вероятно, что биодоступность и уровень обеспечения селеном будет сильно зависеть от особенностей биогеохимической провинции (Мирошников С.А и др., 2008; Sharvadze R. et al., 2022). Однако другие исследования, на тех же моделях, не обнаружили каких-либо существенных изменений, после скармливания другого сходного энтеросорбента – монтмориллонита кальция (до 2 %), при длительном

применении (Afriyie-Gyawu E. et al., 2005, Marroquín-Cardona A. et al., 2011, 2022).

Наукой накоплены достаточно противоречивые данные о влиянии энтеросорбентов на обмен минеральных веществ. Так, в исследованиях S. Orpin (2011) показана депрессия усвоения марганца организмом птицы на фоне введения 0,5 % бентонита, фосфора, при включении 0,5 % монтмориллонит натрия (Franciscato C. et al., 2006; Briffa J. et al., 2020). Напротив, в работе N.V. Hai et al., (2015) добавление в рацион цыплят гидратированного алюмосиликата натрия и кальция не сопровождалось снижением обменных пулов марганца и фосфора. Кормление молодняка коз рационом с добавлением цеолита в количестве 0,12 % и 0,16 % в течение 3-х недель сопровождалось снижением концентрации кальция фосфора и магния в плазме крови (Schwaller D. et al 2016; Marengo M. et al., 2018). Аналогичные результаты на модели овец получены в исследованиях Houshmand M et al., (2011), свиней (Döll S, et al., 2005; Zhao H.Y. et al., 2017).

Следствием негативного влияния энтеросорбентов на минеральный обмен является снижение продуктивности животных (Utlu N. et al., 2007; Toprak N.N., et al. 2016).

Судя по имеющейся информации, механизм негативного действия энтеросорбентов на продуктивность животных, как правило, связан с дисбалансом отдельных химических элементов в теле животного. При коррекции этих дисбалансов продуктивность повышается. Между тем, другим, не менее значимым фактором воздействия энтеросорбентов на организм сельскохозяйственных животных, является действие последних на микробиом (Wang J.P. et al., 2012; Chalvatzi S. et al., 2016).

Используемые в кормлении животных энтеросорбенты, как правило, обладают антибактериальными свойствами (Daković A. et al., 2008, 2012; Mallek Z. et al., 2012). В частности, один из препаратов бентонитовых глин (монтмориллонит) оказывает селективное действие на кишечный микробиом, способствуя росту популяции лактобацилл и снижению количества *E. coli*

(Wang M., Donovan S.M., 2015; Song M. et al., 2012). Столь избирательное действие энтеросорбентов может быть связано с изменениями pH и состояния энтеральной среды, а также способностью последних адсорбировать микробные клетки на своей поверхности (Malachová K. et al., 2009) путем прикрепления бактерий к положительно заряженным участкам на поверхности глины или путем адгезии клеток через фимбрии, расположенных в их стенке (Malachová K., Praus P., Pavlíčková Z., 2009).

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что на фоне ежегодного роста применения энтеросорбентов в кормлении сельскохозяйственных животных, необходимо более детально изучить влияние этих кормовых добавок на усвояемость экзогенных и уровень эндогенных потерь жизненно необходимых химических элементов. Это позволит создавать сбалансированный сорбент, содержащийся в рационе животных, и, тем самым, повышать эффективность отрасли в целом.

1.3 Система «микробиом-организм хозяина»: взаимодействия с химическими элементами

Очевидно, что минеральные вещества оказывают влияние на микробиом человека и животных (Кудрин А.В. и др., 2000; Кузнецов С.Г., 2003). Принципиально это влияние определяется биологическими аспектами действия элементов на живые клетки, которые как известно могут изменяться от биотических до токсических (Мирошников С.А., Кван О.В., Нуржанов Б.С., 2010; Мирошников С.А., Кван О.В., 2012; Miroshnikov S. et al., 2015).

Остановимся последовательно в отдельности на ряде элементов. Рассматривая токсическое действие химических элементов на микробиом, следует отметить, что при определенных условиях микроорганизмы способны иммобилизовать токсичное действие химических элементов (Сизова Е.А. и др., 2011, 2012; Сизенцов А.Н. и др., 2013; Lloyd J., 2003; Бузолёва Л.,

Кривошеева А., 2013). Fein J. et al., (2001) обнаружили, что, например, *B. subtilis* связывают катионы металлов через продукцию белков (металлотIONEИНЫ, фитохелатины и др.) (Sizentsov A.N. et al., 2014; 2020). Кроме того, обнаружена способность многих микроорганизмов активно переносить металлы из клеточного цитозоля (Martens W. et al., 2011; Miroshnikova E.P. et al., 2015; Sizova E., 2015). В обзоре Skrypnik K. (2018) показано, что *Bifidobacteriaceae* способны связывать железо и кальций в толстой кишке.

Полученные данные стали широко использоваться в биоремедиации для очистки загрязненных почв, в том числе через введение питательных растворов для активации микроорганизмов (Sayler G.S., Ripp S., 2000). Дальнейшее совершенствование возможностей бактерий для деградации экологических токсинов и связывания металлов стало возможным благодаря получению генетически модифицированных микроорганизмов (Pereira D.I. et al., 2013; Hashem M.A. et al., 2022).

Остановившись подробнее на влиянии тяжелых металлов на микробиом животных, можно отметить, что эта группа элементов по-разному влияет на состав микрофлоры. Элементы с ярко выраженным токсическим действием: свинец, кадмий и др., как правило, оказывают более выраженное действие на палитру микроорганизмов, чем тяжелые металлы группы эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов (Sizentsov A.N. et al., 2013; Sizova E.A. et al., 2015, 2018; Soumaoro I. et al., 2021). В частности, в условиях экспериментального воздействия кадмия (23 до 50 мг/кг в питьевой воде), изменения в популяции кишечной микрофлоры здоровых мышей сопровождались дисбиозом по группам бактерий родов *Bacillus cereus*, *Lactobacillus spp.* (Schrezenmeir J., dr Vrese M. et al., 2001; Scupham A.J. et al., 2006; Fazeli M. et al., 2011).

Сходное пагубное действие кадмия на популяцию *Lachnospiraceae* в кишечнике установлено в исследованиях Breton J. et al., (2013). Тем не менее, в другой работе было показано, что воздействие кадмия значительно

уменьшает рост *Bacteroidaceae* и уровень короткоцепочечных жирных кислот (Liu Y. et al., 2014; Rusakova E. et al., 2015; Deryabin D. et al., 2016; Lohith Kumar D.H., 2018). Это означает, что воздействие кадмия может нарушить микробиом кишечника и способствовать кишечным воспалительным заболеваниям.

Исследователи связывают уменьшение *Lachnospiraceae* с воспалением толстой кишки, а более высокие количества *Turcibacter* (представители семейства *Erysipelotrichaceae*) с аппендицитом и колитом (Breton J. et al., 2013). Тем не менее, эти тенденции не были четко установлены и требуют дополнительных исследований (Breton J. et al., 2013; Miroshnikova E.P. et al., 2015).

Визуализация взаимодействия токсических элементов с микробной клеткой показана в эксперименте Пешковым С. и др. (2015) при помощи АСМ. На рисунке 1 видно, как на поверхности бактерий накапливаются комплексы веществ, выделяемых клеткой.

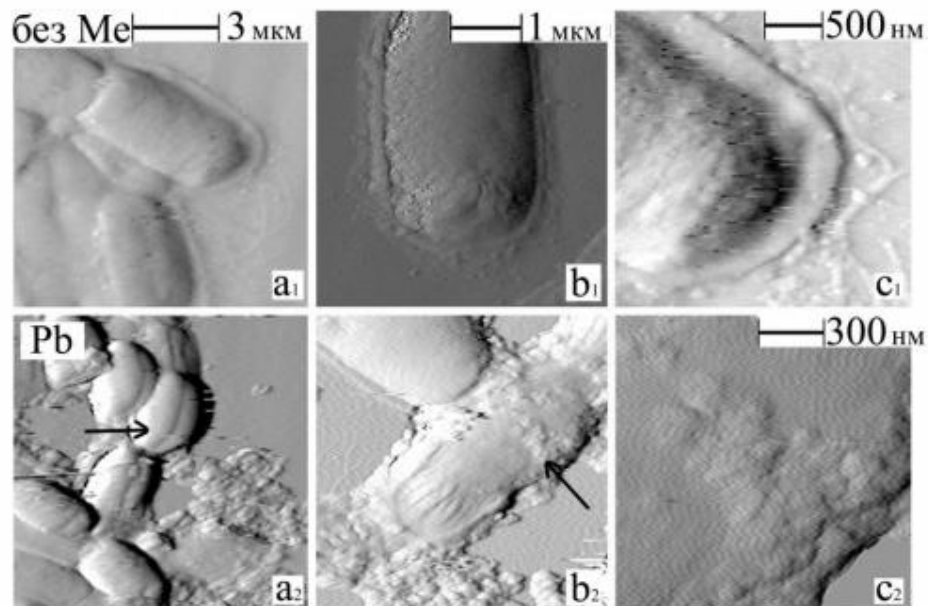


Рисунок 1 – Фотографии микроорганизмов без металлов и со свинцом. Сканирующая атомно-силовая микроскопия (АСМ): a1, b1, c1, – без металлов; a2, b2, c2 – в присутствии солей свинца (Пешков С. и др., 2015)

При этом видны структуры, по форме похожие на округлые споры, которые встречаются с частотой 1:20 обычных клеток микроорганизмов. Подобные эффекты описаны Schroeter K. (2013) на модели галоалкилафильных разновидностей *Bacillus*, обитающих в соленых почвах, необходимых для эффективного переноса и удаления тяжелых металлов посредством биосорбции.

Совсем недавно, методом посева в агаризованном слое и методом серийных разведений была установлена зависимость влияния различных химических элементов на экспериментальные штаммы микроорганизмов (Sizencov A. et al., 2020).

На этом фоне действие эссенциальных тяжелых металлов на микрофлору кишечника животных представляется более избирательным и, во многом, определяемым концентрацией действующего вещества (Stolz J. et al., 2006; Baesman H. et al., 2007; Bist P., Choudhary S., 2022). Низкая или высокая концентрация таких микроэлементов, как медь, цинк, железа и др., вредна для роста бактерий (Vahjen W. et al., 2011; Bist P., Choudhary S., 2022).

Установлено, что соли CuCl_2 , CuSO_4 и $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ оказывают более значительное бактерицидное действие на *P. aeruginosa*, чем на *B. subtilis* 534 (Sizencov A. et al., 2020). Одновременно с этим, соли цинка (ZnSO_4 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) оказывают наиболее выраженное бактерицидное действие на пробиотические микроорганизмы *B. subtilis* 534, тогда как *P. aeruginosa* способен расти в тех же условиях.

В исследованиях Otludil B. et al. (2005) подтверждено, что рост *Bacillus subtilis* сильно ингибировался высокими концентрациями Cu^{2+} , Rathnayake I. et al. (2010) и Lee S. et al. (2018) продемонстрировали, что *Bacillus thuringiensis* более чувствительны к Cu^{2+} по сравнению с Zn^{2+} . Недостаток цинка приводит к гибели клеток, но, когда внеклеточная концентрация цинка превышает способность клетки к гомеостазу цинка, последний становится цитотоксичным, а повышенная внутриклеточная концентрация цинка

вызывает апоптоз (Beyersmann D., Haase H., 2001; Budhavaram N., Fan Z., 2009; Romero-Garcia S. et al., 2009; Gao X. et al., 2012; Fisinin V.I. et al., 2018).

Изменения в количестве микроэлементов, поступающих с пищей, может модулировать и состав кишечной микробиоты. Например, сокращение поступления железа вызывает увеличение роста некоторых микроорганизмов в тонком кишечнике, включая анаэробов, микроаэрофилов, лактобактерий и энтерококков. С другой стороны, увеличение количества Fe подавляет рост анаэробов, по-видимому, из-за повышенного окислительного стресса (Gleiter H., 2000; Tompkins L. et al., 2001).

В свою очередь, действие цинка описывается как селективное, с увеличением численности *Aeromonas hydrophila* и *Bacillus cereus*. Известно, что некоторые штаммы *Aeromonas* являются энтеропатогенами, обладающими рядом факторов вирулентности, но некоторые из них также устойчивы к ТМ (Mahesh M. et al., 2014). Гидрофилы обладают широкими метаболическими возможностями, включая механизмы уменьшения концентрации сульфатов и сопротивления токсичным соединениям загрязненных вод.

В работе Vahjen W. с соавторами (2011) говорится о том, что оксид цинка оказывает антибактериальный эффект на микрофлору кишечника свиней через образование иона Zn^{2+} в кислой среде желудка. Наиболее значительными последствиями были: сокращение доминирующих видов *Lactobacillus*, патогенных штаммов *E. coli* strains, смещение состава молочнокислых бактерий в сторону гетероферментативных видов (*Weissella*, *Leuconostoc*, *Streptococci*); резкое увеличение клостридий и энтеробактерий. Авторы полагают, что указанные эффекты связаны с количеством свободного, а не связанного с белком, цинка.

Кроме того, действие цинка сопряжено с ростом разнообразия бактериальной микрофлоры, что происходит на фоне роста некоторых энтеропатогенов и усиления иммунного ответа (Case C., Carlson K., 2002; Hojberg O. et al., 2005; Han Y., Thacker P., 2009). В этой связи, стимуляция иммунитета связана с непосредственным действием соединений цинка, ввиду

действия последнего на активность макрофагов (Van Heugten E. et al., 2003). Следует отметить, что оксид цинка снижает число случаев развития диареи и повышает темпы роста поросят после отбивки (Wang J.J. et al., 2009).

Всасывание Zn, в основном, происходит в тонком отделе кишечника. У животных, испытывающих дефицит цинка, он быстро входит в энтероциты и переносится через клетки кишечным протеином, который богат цистеином, и освобождается в кровообращение в системе воротной вены, чтобы быть перенесенным трансферрином и альбумином.

Roselli F. с соавторами (2005) также наблюдал положительный эффект глутамата цинка на фоне инфекционных заболеваний. Благоприятное влияние Zn^{2+} проявлялось в увеличении активности некоторых ферментов поджелудочного и кишечного соков, в продуцировании муцина и в улучшении пищеварения (Hedemann M. and Jensen B., 2004; Hedemann M. et al., 2009); увеличении инсулиноподобного фактора роста 1 и экспрессии генов, отвечающих за работу рецепторов IGF в слизистой оболочке тонкой кишки (Li X.L. et al., 2006). Другие авторы указывают, что стимулирующий эффект оксида цинка лучше всего проявляется в течение первых двух недель после отъема поросят от грудного вскармливания, тогда и возникает предполагаемый защитный эффект (Carter S. et al., 2002). Однако стоит помнить, что неблагоприятный эффект повышенного содержания Zn^{2+} в фекалиях поросят может составлять потенциальную опасность для окружающей среды (Bosi P. et al., 2003).

По мере накопления данных о роли цинка в формировании микробиома живых стало ясно, что различные формы этого вещества по-разному влияют на микрофлору пищеварительного аппарата (You C. et al., 2012; Miller J.L. et al., 2013; A de Souza Simoes L., 2017; Sawosz E. et al., 2018; Salvo J. et al., 2022). В этой связи перспективными представляются препараты нанодисперсий (Zha L. et al., 2009; Subramanian K., Tarafdar J., 2011; Yang X. et al., 2014; Яушева Е.В., Мирошников С.А. 2015), которые превосходят минеральные соли и оксиды металлов по комплексу признаков (Zhong S., Chen L., 2005; Pan D. et

al., 2005 Сизова Е.А., и др., 2011; Sizova E., et al 2015; Яушева Е.В., и др., 2016; Мирошников С.А., Сизова Е.А., 2017).

Так добавление препарата наночастиц меди в корм свиньям сопровождается увеличением среднесуточного потребления корма и повышением интенсивности роста животных на фоне уменьшения числа случаев диареи (Wang E. et al., 2011; Mohammadagheri N. et al., 2016; Qi, Lin & Ge et al., 2018; Nereyda N.-M. et al., 2019).

Другим хорошо изученным металлом, оказывающим выраженное действие на микрофлору пищеварительного тракта животных, является селен (Kasaikina M.V. et. al., 2011; Sizova E.A. et al., 2016; Podolian J.N. et al., 2017). Хорошо изучена роль этого химического элемента в жизнедеятельности микрофлоры кишечника (Majewski M. et al., 2017; Marappan G. et al., 2017; Yinglong Su et al., 2019; Michalak I. et al., 2022), что требует пересмотра норм кормления птицы для покрытия потребностей организма-хозяина (Егоров А.И., 2005; Егоров И., Папазян Т. 2007; Nanda R.K. et al., 2012; Morovat M. et al., 2016).

Проведенные исследования показали, что избыточный рост *Ruminococcus* spp. коррелирует с избытком в организме Mg; содержание *Staphylococcus* spp. – с количеством Mg и Si, *Eubacterium* spp./*C. coccoides* – с содержанием Zn, *Lactobacillus* spp. – с содержанием Na, Cr и Si, а *Actinomyces viscosus* – с содержанием Si. В то же время снижение уровня *Bacteroides fragilis* находилось в отрицательной корреляционной взаимосвязи с содержанием в организме Ni; снижение количества *Clostridium ramosum* – с содержанием Na, K, Ca и Ni; снижение количества *Eubacterium* сопровождалось снижением уровней Se и Fe при повышении уровня P. Наибольшие корреляционные связи с микробиотой демонстрировал Si, а наиболее взаимосвязанными с содержанием микроэлементов оказались *Eubacterium* spp., *Clostridium ramosum* и *Lactobacillus* spp.

1.4 Эндогенные потери веществ: дополнительный резерв оптимизации микронутриентной обеспеченности животных

По выражению нобелевского лауреата Эрвина Шрёденгера (1947) живые организмы питаются отрицательной энтропией, обеспечивая таким образом сохранение «огня жизни» в условиях нарастания хаоса. Фактически эти действия живых организмов сводятся к непрерывному обмену веществ, ежесекундному созданию и разрушению клеток и тканей. По некоторым оценкам, в течение суток, в организме взрослого быка расщепляется до одного килограмма белка и, примерно, столько же синтезируется.

При этом значительная часть эндогенного вещества после ресинтеза, сбрасывается в пищеварительный тракт (Алиев А.А., 1975; Аиев А.А. с соавт., 1978; Clement, 1975) для дальнейшего переваривания и всасывания в виде аминокислот, жирных кислот и других предельных органических соединений (Kil D.Y. et al., 2010; Su Y.B. et al., 2015; Zhao H.Y. et al., 2017; Chen S. et al., 2020). Причем поток этого вещества настолько значителен, что величина эндогенного азота, поступающего в пищеварительный тракт, сопоставима, а зачастую на 10-50% превышает совокупный объем азота, поступающего с пищей. Причем эндогенный азот выделяется как в составе ферментов, белков крови, так и в составе дескваматированного эпителия. Известно, что только в ротовой полости животных и человека эпителий обновляется до четырех раз в сутки (Chen W. et al., 2013). Учет эндогенного азота в составе слущивающегося эпителия сопряжен с целым рядом проблем (Badawy A.M., 1964; Bolton W., 1964).

Безусловно, некоторая часть аминокислот из эндогенного белка безвозвратно теряется с каловыми массами (Soomro R.Y. et al., 2018). При этом эндогенные потери липидов могут привести к осложнениям. Последние не позволяют точно определить усвояемость жиров и жирных кислот (Phillipsoe A.T., 1971; Kil D.Y. et al., 2010; Li Z.C., et al., 2017).

Очевидно, что сложная и многоуровневая система поглощения и усвоения вещества пищи, в совокупности с системами энтерального гомеостаза живого организма, крайне сложна к пониманию. Однако, все это многообразие задач и функций описывается крайне простой и оригинальной концепцией, которую на основании своих (Алиева А.А. и др., 1966, 1971, 1972, 1974) и других исследований (Синещев А.Д., 1965), в 1985 году, сформулировал А.А. Алиев: «Биологический смысл совокупностей функций пищеварительной системы заключается в образовании плазмы крови, которая в последующем обеспечивает жизнедеятельность всех клеток, органов и организма в целом».

Таким образом, при всей сложности процессов пищеварения, у них имеет место всего только одна цель – формирование плазмы крови. Это положение принципиально не расходится с существующей концепцией кормления животных, в соответствии с которой набор и количество веществ в рационе должен принципиально соответствовать потребностям животного. В этом случае организм затрачивает минимальные усилия для доведения состава нутриентов корма до желаемого состава плазмы крови. Вместе с тем, концепция А.А. Алиева заставляет взглянуть на кормление животных не как на подбор отдельных экзогенных веществ, а как на разумный баланс экзогенных и эндогенных материалов в потребляемом наборе веществ. Очевидность этого заключения становится ясным из анализа величины эндогенных потерь минеральных веществ. В частности, на фоне рационов, дефицитных по жизненно необходимым химическим элементам, масса эндогенных химических материалов может превышать поступление с кормом на один и более порядков (Ouwehend A.C. et al., 2016; Мирошников С.А., Кван О.В., Дерябин Д.Г., 2006).

При этом, в силу целого ряда обстоятельств, далеко не все, выделенные в просвет, кишки вещества возвращаются затем в межклеточный обмен, что способно при определенных обстоятельствах привести к дефициту элементов

во внутренней среде организма (Weigand E., Kirchgessner M., 1980; Windisch W., 2002; Maret W., 2016).

В то же время выведение избыточного количества уже поглощенных химических элементов закономерно увеличивается при превышении фактического потребления (Kirchgessner B. et al., 1999; Robbins K. et al., 2006; Brugger D. et al., 2014). В связи с чем, снижение эндогенных потерь из организма сельскохозяйственных животных рассматривается как один из способов оптимизации минерального обмена (Мирошников С.А. и др., 2005; Мирошников С.А. и др., 2009, 2012; Kim H.J., 2012; Miroshnikov S.A. et al., 2015; Лавинский Х.Х., Рябова Н.В., 2016).

Наукой накоплен большой багаж знаний о факторах, оказывающих влияние на величину эндогенных потерь микронутриентов (Almeida F.N., Stein H.H., 2011; Kong C., Adeola O., 2014). В числе последних – дисбиозы (Кван О.В., 2007); наличие антипитательных веществ и некрахмальных полисахаридов в рационе (Knudsen КЕВ, Hansen I., 1991; Kil D.Y. et al., 2010; Son A.R., Kim B.G., 2015; Chen R. et al., 2022); недостаточная «ферментативная вооруженность» пищеварительной системы (Cowieson A.J., Ravindran V., 2007); присутствие в рационе энтеросорбентов и других веществ (Cowieson A.J. et al., 2004; Cowieson A.J., Ravindran V., 2007; Gonzales-Vega et al., 2013).

На примере цинка рассмотрим эндогенные потери минерала в организме. Так, цинк является одним из эссенциальных микроэлементов, который играет роль во множестве биологических процессов (Георгиевский В.И. и др., 1979; Wessels I. et al., 2021). Он всасывается в кишечный тракт в виде двухвалентного катиона (Zn^{2+}), где затем может существовать: в связанной с белками форме или в лабильной форме. Однако лабильный цинк в основном транспортируется в цитозоль специализированными транспортерами семейства ZIP. Внутри цитозоля цинк связывается белками-переносчиками, такими как металлотионеин, и экспортируется белками ZnT (Maares M., Haase H., 2020). Поддержание гомеостаза цинка происходит преимущественно в тонком кишечнике. Пищевой цинк всасывается, по мере

необходимости, в энтероциты через мембраны щеточной каймы кишечника; кроме того, в просвет кишечника непрерывно выводится эндогенный цинк, часть которого реабсорбируется, часть – выводится с калом (Krebs N. F., 2000). Относительная эффективность абсорбции в основном определяется уровнем цинка во всем организме, хотя на абсорбцию могут влиять и другие факторы, такие как наличие пищевых стимуляторов или ингибиторов, а также физиологическое состояние (например, возраст, заболевание) (Krebs N. F., 2000). В ситуациях дефицита цинк может быть мобилизован из скелетной ткани, в то время как эндогенные потери через секрецию поджелудочной железы и желчи сводятся к минимуму, а эффективность кишечной абсорбции повышается. В другом эксперименте изучалась общая истинная эффективность использования цинка и ее составляющие факторы. Истинная абсорбция и метаболическая эффективность были изучены в зависимости от поступления цинка с пищей в 15-дневном эксперименте с 36 крысами-отъемышами в шести группах. В течение 6-дневного периода баланса, после 9-го дня, потребление цинка было пропорционально концентрации цинка в пище. Истинная скорость абсорбции неуклонно росла и достигла примерно вдвое большей скорости, кажущейся абсорбции в опытной группе. Эта разница в показателях обусловлено эндогенной экскрецией цинка (Weigand E., Kirchgessner M., 1980).

В эксперименте David L. S. с соавторами (2021) была использована диета, не содержащая Са и Р, без добавления фитазы, которая была разработана для определения эндогенных потерь Са и Р. Эндогенные потери кальция и фосфора в подвздошной кишке составили 130 и 236 мг/кг потребления сухого вещества. Аналогичные результаты были получены Selle P. et al. (2009) и Mtei A. W. et al. (2019). В случае Na, отрицательные оценки отражают значительную эндогенную секрецию бикарбоната натрия в пищеварительный тракт в ответ на диетический фитат (Ravindran V. et al., 2006). Дополнительная фитаза не оказала влияния на усвояемость минералов, что аналогично сообщению Moss A. с соавторами (2018).

В соответствии с этим, наукой разработан целый ряд решений по снижению эндогенных потерь жизненно необходимых химических элементов. В частности, фактор дисбиозов при эндогенных потерях предложено нивелировать введением пробиотиков (Lan G.Q. et al., 2002; Angel R. et al., 2005; Кван О.В., 2007), а для расщепления антипитательных веществ – введением ферментативных препаратов (Мартыненко С.С., Мирошников С.А., 1999; Малюшин Е., и др., 2001; Cowieson A.J., Ravindran V., 2007).

Между тем проблема коррекции минерального обмена в организме сельскохозяйственных животных через управление эндогенными потерями остается недостаточно изучена.

1.5 Заключение по обзору литературы

С момента рождения животного его пищеварительный тракт заселяется разнообразными микроорганизмами, формируя неповторимые по мозаике микробиомы. При этом нормофлора оказывает влияние на разнообразные физиологические процессы организма – хозяина, регулирует его взаимоотношения с окружающей средой. Эти взаимоотношения принципиально определяют процесс пищеварения и обмен разнообразных веществ, в том числе эссенциальных химических элементов.

Современная концепция кормления сельскохозяйственных животных рассматривает весь процесс пищеварения, как механизм преобразования пищи в плазму крови. При этом, в ходе энтерального гомеостаза, организм перемещает в желудочно-кишечный тракт значительное количество эндогенного вещества, нередко на порядок превышающее количество, поступающее из вне, которое затем переваривает и опять принимает участие в межклеточном обмене. В этой связи, коэффициент полезного действия пищеварения принципиально определяется не только количеством экзогенного вещества, переваренного и всасываемого через стенку пищеварительного тракта, но и количеством эндогенного материала,

возвращенного в межклеточный обмен. На эффективность пищеварения, значительное влияние оказывает целый ряд факторов, в числе которых: микробиом кишечника, кормовые добавки и др. В этой связи, особый интерес представляют энтеросорбенты, способные связывать и выводить из организма не только токсические вещества, а и жизненно необходимые. Сходное действие описано для транзиторной и нормофлоры животных в отношении жизненно необходимых и токсических элементов.

Учитывая различные оценки по всё более широкому применению средств коррекции микробиома животных, а также неуклонный рост потребления энтеросорбентов в животноводстве (до 12,5% в ближайшие пять лет) и необходимость пополнения знаний по проблемам снижения эндогенных потерь эссенциальных химических веществ нами был проведен цикл исследований, посвященных детальному изучению отдельных кормовых добавок на микробиом и элементный статус моногастричных, на примере кур. Полученные нами материалы мы представляем Вашему вниманию на страницах этой научной работы.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнялись в период с 2010 по 2024 год в Институте биоэлементологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» и в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН) (до 2017 года Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства). Лабораторные исследования выполнены с использованием материально-технической и методической базы ЦКП ФНЦ БСТ РАН; ЦКП Института микро- и нанотехнологий Оренбургского государственного университета; ЦКП «Персистенция микроорганизмов» ФГБУН «Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук», Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук, птицеводческих хозяйств Оренбургской области. Все процедуры на животных были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Оренбургского государственного университета и ФНЦ БСТ РАН. Исследования были проведены на цыплятах-бройлерах кросса «Арбор-Айкросс», приобретенных на птицефабрике ОАО «Оренбургская» (www.pfo56.ru).

Исследования выполнены в четыре этапа: на первом этапе получены результаты исследований по оценке влияния солей микроэлементов, входящих в структуру исследуемого рациона *in vitro*, на втором этапе проведена серия экспериментальных исследований по оценке действия пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*), пищевых волокон (целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и ультрадисперсных частиц (УДЧ) меди и железа на обмен веществ, элементный статус и микробиоценоз кишечника цыплят-

бройлеров, на основе полученных результатов была дана оценка величины эндогенных потерь химических элементов из организма птицы. На третьем этапе была проведена серия экспериментальных исследований по оценке действия кормовых добавок, на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров на фоне сбалансированного рациона.

Для подтверждения поставленных гипотез был проведен четвертый этап экспериментальных исследований, с проведением производственных проверок по оценке действия: пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*), пищевых волокон (целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и УДЧ меди и железа, находящихся на сбалансированном рационе.

На первом этапе, в рамках лабораторных исследований, был проведен модельный эксперимент *in vitro*, по оценке влияния солей микроэлементов, входящих в структуру исследуемого рациона, с целью определения оптимальных концентраций микроэлементов (Mn, Co, Fe, Zn и Cu) для поддержания эндогенной и транзитной микрофлоры. Для реализации поставленной задачи были использованы монокультурные пробиотические препараты: «Колибактерин» (штамм *Escherichia coli M-17*), в 1 дозе препарата содержится не менее 10^9 живых клеток штамма М-17 кишечной палочки (Российский государственный НИИ стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов им. Л.А. Тарасовича, г. Москва; гос. регистрация № ЛСР-004224/09 от 28.05.09); «Лактобактерин» (штамм *Lactobacillus*), в 1 мл препарата 2×10^9 КОЕ (НПО Микроген, г. Москва; гос. регистрация № ЛС-002098 от 25.10.11.); «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в 1 мл препарата около 10^7 микробных тел (гос. регистрация М.З. РФ № 77.99.11.3.У.5249.10.04 и № 7.99.11.3.У.5246.10.04 с включением в Федеральный реестр БАД), оптимальная дозировка по М.Б. Цинбергу (2001); «Споробактерин» (штамм *B. subtilis 534*), с содержанием в 1 мл препарата 10^9 микробных тел (Гос.

регистрация МЗ РФ Р № 000792/01-2001 от 01.11.2001г.), оптимальная дозировка по П.И.Жданову (1997).

В рамках второго и третьего этапов исследований были использованы: опытный рацион (K_1) и опытный рацион, дефицитный по микроэлементам (K_2) по А.К. Османян (приложение 8, 10) и сбалансированные рационы ПК-5, ПК-6. Кормление и содержание птицы производилось в соответствии с рекомендациями ВНИТИП (Егоров И.А. и др., 2019; Фисинин В.И. и др., 2009). Состав основного рациона (ОР) в стартовом и ростовом периоде включал, соответственно: зерно пшеницы (27,1 и 41,2 %), кукуруза (16 и 22 %), шрот соевый (25 и 15 %), шрот подсолнечный (18 и 8 %), масло подсолнечное (5 и 2,8 %), монохлоргидрат лизина, 98 % (0,35 и 0,17 %), DL-метионин (0,10 и 0,13 %), L-треонин (0,03 и 0,54 %), соль поваренная (0,28 и 0,3 %), монокальций фосфат (0,7 и 0,7 %), мел кормовой (0,5 и 0,4 %), известняковая мука (1,0 и 0,7 %), премикс производства ООО «Коудайс МКорма», Россия (2%). Поение цыплят осуществлялось дистиллированной водой без ограничения. Различия в составах опытных рационов, по уровню железа, марганца, меди, цинка, кобальта, молибдена, селена, позволили в ходе основного учетного периода смоделировать условия, при которых стало возможным оценить действия оцениваемых кормовых добавок на эндогенные потери микроэлементов на модели этих элементов.

В рамках первого эксперимента исследований *in vivo*, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы пробиотических препаратов, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность эксперимента составила 28 суток, I контрольная группа (K_1) находилась на опытном рационе, II контрольная группа (K_2) получала опытный рацион, дефицитный по микроэлементам, экспериментальные группы получали пробиотические препараты «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) в дозировке 0,7 мл/кг корма и «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) в

дозировке 0,25 мл/кг корма. Поение цыплят осуществлялось дистиллированной водой без ограничения (таблица 3).

Таблица 3 – Схема первого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный	Основной
		Период	учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
К ₁	35	СР	ОР
К ₂			ОДР
I опытная			ОДР + <i>B. subtilis</i> (В)
II опытная			ОДР + <i>B. longum</i> (Б)

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009);

ОР – опытный рацион по А.К. Османян (К₁);

ОДР – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам по А.К. Османян в нашей модификации (К₂);

В – пробиотический препарат «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*), в дозировке 0,25 мл/кг корма;

Б – пробиотический препарат «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозе 0,7 мл/кг корма.

В целях более детального изучения отдельных аспектов воздействия пробиотических препаратов на уровень эндогенных потерь, в рамках этой серии экспериментальных исследований, было проведено исследование на лабораторных животных. Животные трех групп (n=10), на протяжении основного учетного периода, получали основной рацион, с тем отличием, что опытные группы дополнительно получали препарат: в I опытной – *B. subtilis* во II – *B. longum*. Группы находились в условиях сбалансированного питания в соответствии с рекомендациями Л.Ф. Порядкова (2001).

В рамках второго эксперимента исследований *in vivo*, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы пищевых волокон, было

отобрано 175 голов цыплят-бройлеров в возрасте 7 суток, которых методом пар-аналогов разделили на 5 групп (n=35). Продолжительность эксперимента составила 35 суток, включавшая: подготовительный (7 суток) и учетный (28 суток) периоды, в течение которого I контрольная группа (K₁) находилась на опытном рационе, II контрольная (K₂) – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Опытным группам дополнительно в рацион вводились пищевые волокна: I опытной – микрокристаллическую целлюлозу (E460, Niranya Cellulose Products, Индия) в дозировке 0,25 г/кг корма, II – лактулозу (ООО «ВТФ», г. Москва), в дозировке 1 г/кг корма, III – хитозан пищевой (Orison Chemicals Ltd, Китай), в дозировке 0,5 г/кг корма (таблица 4).

Таблица 4 – Схема второго эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
K ₁	35	СР	ОР
K ₂			ОДР
I опытная			ОДР + микрокристаллическая целлюлоза (Ц)
II опытная			ОДР + лактулоза (Л)
III опытная			ОДР + хитозан (Х)

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009);

ОР – опытный рацион по А.К. Османян (K₁);

ОДР – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам по А.К. Османян в нашей модификации (K₂);

Ц – микрокристаллическая целлюлоза (E460), в дозировке 0,25 г/кг;

Л – лактулоза, в дозировке 1 г/кг корма;

Х – хитозан пищевой, в дозировке 0,5 г/кг корма.

В ходе третьего эксперимента, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы энтеросорбентов, использовали 140 голов

недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Продолжительность эксперимента составила 28 суток; I контрольная группа (K₁) находилась на опытном рационе; II контрольная (K₂) – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Опытные группы дополнительно получали в составе рациона: энтеросгель (активное вещество «*Polymethylsiloxane polyhydrate*» (ООО «ТНК СИЛМА», Россия)) в дозе 6,0 г/кг корма (I опытная) и активированный уголь (активное вещество «*Activated charcoal*» (№ Р N001033/01, Фармстандарт-Лексредства, Россия)) в дозировке 3,0 г/кг корма (II опытная). Поение цыплят дистиллированной водой без ограничения (таблица 5).

Таблица 5 – Схема третьего эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
K ₁	35	СР	ОР
K ₂			ОДР
I опытная			ОДР + энтеросгель (Э)
II опытная			ОДР + активированный уголь (А)

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009);

ОР – опытный рацион по А.К. Османян (K₁);

ОДР – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам по А.К. Османян в нашей модификации (K₂);

Э – энтеросгель, в дозировке 6,0 г/кг корма;

А – активированный уголь, в дозировке 3,0 г/кг корма.

В ходе четвертого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы ультрадисперсных частиц, из 140 недельных цыплят были сформированы 4 основные группы (n=35). Продолжительность основного учетного периода составила 28 суток (таблица 6); I контрольная

группа (K₁) находилась на опытном рационе; II контрольная (K₂) – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. В ходе исследований цыплята I опытной группы получали УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма, II опытной группы – УДЧ железа в дозировке 17,0 мг/кг корма. Поение цыплят дистиллированной водой без ограничения.

Таблица 6 – Схема четвертого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
K ₁	35	СР	ОР
K ₂			ОДР
I опытная			ОДР + УДЧ Cu
II опытная			ОДР + УДЧ Fe

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009);

ОР – опытный рацион по А.К. Османян (K₁);

ОДР – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам по А.К. Османян в нашей модификации (K₂);

УДЧ Cu – ультрадисперсные частицы меди, в дозировке 1,7 мг/кг корма;

УДЧ Fe – ультрадисперсные частицы железа, в дозировке 17 мг/кг корма.

Ультрадисперсные частицы Fe ($d = 90$ нм, Z-потенциал $7,7 \pm 0,5$ мВ, содержит 99,8 % Fe) и Cu ($d = 55 \pm 15$ нм, Z-потенциал $31 \pm 0,1$ мВ, $S_{\text{ПОВ}} = 9 \text{ м}^2/\text{г}^2$) синтезированы методом высокотемпературной конденсации на установке Миген-3 в Институте энергетических проблем химической физики РАН (г. Москва, Россия). Препараты микрочастиц приобретены у компании Alfa Aesar GmbH & Co KG (США). Материаловедческая аттестация препаратов включала: электронную сканирующую и просвечивающую микроскопию на приборах – JSM 7401F и JEM-2000FX («JEOL», Япония). Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-7.

В ходе экспериментальных исследований УДЧ были приготовлены путем диспергирования водных смесей частиц ультразвуком ($f - 35$ кГц, мощность – 300 (450) Вт, амплитуда колебания – 10 мкм) в течение 30 минут, смешивание проводилось ступенчато. Анализ морфометрических показателей частиц в образцах проводился методом атомно-силовой микроскопии, в контактном режиме, с использованием микроскопа SMM-2000 (Россия). В ходе распознавания применялись кантилеверы MSCT-AUNM (Park Scientific Instrument, США) с прочностью балки 0,01 н/м и радиусом кривизны иглы 15-20 нм. Численный морфометрический анализ приобретенных изображений проводили с применением штатного программного обеспечения микроскопа (Сизова Е.А. с соавт., 2018). Изучение биологической активности полученных образцов частиц железа и меди *in vitro* (Сизова Е.А. с соавт. 2017).

В ходе пятого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион ультрадисперсных частиц меди и железа, использовали 105 цыплят, в возрасте семи дней сформировано 3 группы (n=35). Продолжительность основного учетного периода составила 28 суток (таблица 7).

Таблица 7 – Схема пятого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
Контрольная	35	СР	СР
I опытная			СР+УДЧ Fe
II опытная			СР+УДЧ Cu

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009);

УДЧ Cu – ультрадисперсные частицы меди, в дозировке 1,7 мг/кг корма;

УДЧ Fe – ультрадисперсные частицы железа, в дозировке 17,0 мг/кг корма.

Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР): I опытной – СР совместно с УДЧ железа в дозировке 17 мг/кг, II опытной – СР совместно УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма. Дозировка железа и меди были выбраны с учетом ранее установленного положительного эффекта (Sizova E.A. et.al., 2015; 2019). Поение вволю из ниппельных поилок.

В ходе шестого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион ультрадисперсных частиц и пробиотических препаратов, использовали 175 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 5 групп (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления (таблица 8).

Таблица 8 – Схема шестого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
Контрольная	35	СР	СР
I опытная			СР+Б
II опытная			СР+Б+УДЧ Cu
III опытная			СР+Б+УДЧ Fe
IV опытная			СР+В

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009).

Б - препарат соя-бифидум в дозировке 0,7 мл/кг корм;

В - пробиотический штамм *B. subtilis*, в дозировке 0,25 мл/кг корма.

УДЧ Cu – ультрадисперсные частицы меди в дозировке 1,7 мг/кг корма,

УДЧ Fe – ультрадисперсные частицы железа в дозировке 17 мг/кг.

Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР), I опытная группа – СР + «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7

мл/кг корма, II – СР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Cu, в дозировке 1,7 мг/кг корм, III – СР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Fe, в дозировке 17,0 мг/кг корм, IV – СР совместно с пробиотическим препаратом «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*). Поение вволю из nippleных поилок.

В ходе седьмого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион пищевых волокон, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления (таблица 9). Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР): I опытной группы – СР совместно с микрокристаллической целлюлозой (Е460, г. Москва), в дозировке 0,25 г/кг корма, II – СР совместно с лактулозой (г. Москва), в дозировке 1,0 г/кг корма, III – СР совместно с хитозаном (г. Москва), в дозировке 0,5 г/кг корма. Поение вволю из nippleных поилок.

Таблица 9 – Схема седьмого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
Контрольная	35	СР	СР
I опытная			СР+Ц
II опытная			СР+Л
III опытная			СР+Х

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009).

Ц - микрокристаллическая целлюлоза (Е460) в дозировке 0,25 г/кг корма;

Л- лактулоза в дозировке 1 г/кг корма,

Х – хитозан пищевой в дозировке 0,5 г/кг корма

В ходе восьмого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион энтеросорбентов, было отобрано 105 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 3 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность основного учетного составила 28 суток (таблица 10). Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР): I опытной группы – СР совместно с энтеросгелем (Силма ТНК ООО, Россия) в дозировке 6,0 г/кг корма, II – СР совместно с активированным углем (Фармстандарт-Лексредства, Россия) в дозировке 3,0 г/кг корма. Поени вволю, из nipple-поилок.

Таблица 10 – Схема восьмого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	n	Подготовительный период	Основной учетный период
		возраст, сут	
		7-13	14-42
Контрольная	35	СР	СР
I опытная			СР + Э
II опытная			СР + А

Примечание: СР – рацион, сбалансированный по требованиям ВНИТИП (2009).

Э – энтеросгель, в дозировке 6,0 г/кг корма;

А – активированный уголь, в дозировке, 3,0 г/кг корма.

Определение минимальной подавляющей концентрации

Культуру бактерий выращивали на богатой среде (LB, МН, TSB, питательный бульон БТН или МПБ) с качанием, 3 мл в пробирке, с последующим разведением для получения бактериальной суспензии с концентрацией $2-8 \times 10^5$ КОЕ/мл, согласно требованиям, EUCAST или 10^3 , 10^5 , 10^7 , 10^9 КОЕ/мл в соответствии с руководством по проведению доклинических исследований (МУК под ред. Миронова А.Н.).

Выбор питательной среды должен быть обусловлен модельными микроорганизмами. Согласно рекомендациям EUCAST, а также руководства

по проведениям доклинических исследований А.Н. Миронова, общепринятой средой является бульон Мюллера-Хинтона. Для лабораторных исследований использована среда, которая использовалась в дальнейших экспериментах. В 96-луночном планшете готовили серии двухкратных разведений исследуемого антимикробного соединения в концентрациях от 0,5 до 256 мкг/мл (или диапазон меньших концентраций). Затем вносили во 2-ю и 11-ю лунку 100 мкл среды, в первую лунку внесли 200 мкл среды с концентрацией вещества 256 мкг/мл, перенесли 100 мкл среды из первой лунки во вторую, интенсивно перемешали, перенесли 100 мкл среды из второй лунки в третью, интенсивно перемешивали до предпоследней лунки. Из предпоследней лунки, после перемешивания, отбирали 100 мкл. Культуру выращивали при 37 °С в течении 20 часов.

Эксперимент проводился в трех повторностях. В пробирки автоматической пипеткой вносились по 5 мл мясопептонного бульона (МПБ), затем в первую пробирку вносилось 5 мл раствора дистиллированной воды и соли. Содержимое первой пробирки тщательно пипетировалось с последующим переносом 5 мл во 2-ю пробирку, из 2-й в 3-ю, из 3-й в 4-ю и так до 10-й, из которой 5 мл удалялось (рисунок 2).

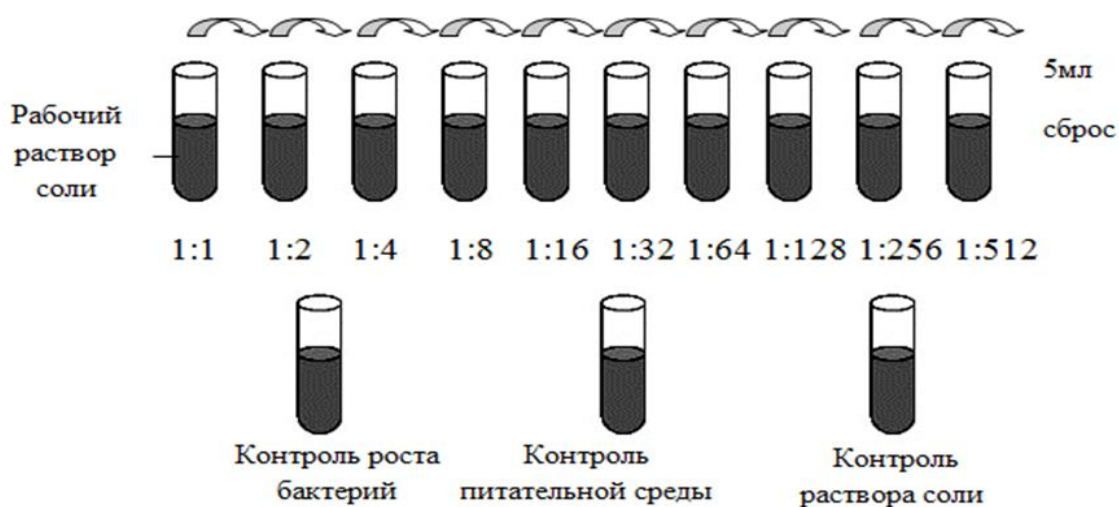


Рисунок 2. – Алгоритм определения чувствительности одной исследуемой культуры к соли методом разведения в жидкой питательной среде.

В результате титрования, в каждой последующей пробирке содержалась концентрация вдвое меньше, чем в предыдущей. Содержимое 11-й пробирки служило контролем роста бактерий, 12-й – контролем стерильности питательной среды, а 13-й - контролем стерильности раствора соли металла. Для приготовления каждого разведения использовался стерильный наконечник пипетки. Во все пробирки, кроме 12-й и 13-й, вносилось 50 мкл суспензии микроорганизмов. Суспензии готовились из суточных агаровых культур по стандарту мутности. Посев инкубировали в термостате в течение суток.

Учет результатов проводился визуально, при этом отмечалось наличие роста (сравнивали с контролем роста микроорганизма) или его отсутствие (сравнивали с контролем среды). Затем отмечалась последняя пробирка с полной видимой задержкой роста микробов. Количество солей в этой пробирке является минимальной подавляющей концентрацией (МПК) для испытуемого штамма.

На основании получаемых качественных данных (значения МПК) устанавливаются концентрации, пригодные для дальнейшего исследования, то есть те, при которых наблюдается рост микроорганизмов после первой подавляющей концентрации. Далее, используя метод последовательных разведений, определяли значения оптимальных концентраций, при которых рост тест-организмов будет оптимальным.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с «Позицией по этике использования животных и The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington. D.C., 1996). При проведении исследования были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Температура, влажность и освещение в помещении было организовано в соответствии с руководящими принципами выполнения экспериментов (по рекомендациям ВНИТИП). Каждые семь дней исследовалась интенсивность роста и развития птицы. Ежедневно цыплят-бройлеров взвешивали, фиксировали показатели, по которым рассчитывали среднесуточную прибавку веса.

Балансовые опыты проводили согласно методики, предложенной Фисининым В.И. и соавторами (2010). Каждый день проводили оценку количества помета, после чего из него формировали среднюю пробу через каждые 24 часа. Для того, чтобы составить среднюю пробу, помет очищали от посторонних включений, после чего его гомогенизировали. Для анализа отбирали 10 % помета от его общей массы. Использовали 0,1 н раствора щавелевой кислоты, который добавляли в количестве 4 мл на 0,1 кг экскрементов. После получения результатов балансового опыта и с учетом зафиксированной массы экскрементов производился подсчет потери веществ. За минусом данных потерь рассчитывали усвоенное количество корма.

С целью изучения действия оцениваемых факторов на интерьер подопытной птицы было проведено два контрольных убоя, в начале и конце эксперимента.

В процессе проведенных убоев формировались средние пробы: мякоти, кожи, внутренних органов (ткани желудочно-кишечного тракта, сердца, легких, печени, почек, селезенки, половых органов), пера (у птиц), костной ткани + центральной нервной системы, внутреннего жира (Фисинин В.И. и др., 2011, 2015). В ходе лабораторных исследований определяли влажность кормовых продуктов (ГОСТ 31640-2012; ГОСТ 32044.1.2012), содержание сырой клетчатки (ГОСТ 13496.2-84), содержание белка (ГОСТ 10846-74), зольность (ГОСТ 10847-74).

До и после убоя фиксировали вес птицы, после чего производили взвешивание отдельных органов и тканей цыплят-бройлеров. При разделке тушки были отобраны пробы, из которых сформировали средние пробы

мягких тканей, костной ткани, кожи, внутренних органов и жира от каждого цыпленка-бройлера (ГОСТ 13496.0-70).

Анализ гематологических показателей сыворотки крови проводился, при помощи коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия), на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай). Исследования сыворотки проводились не позднее 2-х часов после взятия. Биохимические параметры крови включали: определение общего белка, альбумина, креатинина, мочевины, билирубина (общего, прямого), холестерина, глюкозы, триглицеридов, липопротеины высокой и низкой плотности.

Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай). Исследуемые морфологические показатели включали: эритроциты, концентрация гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, гематокрит.

Количество чистой энергии в приросте живой массы бройлеров устанавливали методом сравнительных убоев по Н.Г. Григорьеву и др. (1989). Для этого были проведены убои в конце каждого эксперимента. Послеубойную анатомическую разделку тушек проводили по методике ВНИТИП (2000). При этом учитывали: массу тканей и органов при убое, химический состав образцов, содержание в них энергии. Это позволило рассчитать сначала содержание энергии в теле птицы, затем количество чистой энергии в приросте – как разницу между содержанием энергии в теле подопытной птицы на конец и начало оцениваемого периода.

Для характеристики энергетического обмена организма с внешней средой определяли значения валовой, обменной энергии по уравнениям регрессий, предложенных А.П. Калашниковым, Н.И. Клейменовым, В.Н. Бакановым и др. (1986).

Валовая энергия рассчитывалась по формуле:

$$ВЭ = 23,95 \times СП + 39,77 \times СЖ + 20,05 \times СК + 17,46 \times СБЭВ,$$

где: *ВЭ* – валовая энергия рациона, кДж;

СП – сырой протеин, г;

СЖ – сырой жир, г;

СК – сырая клетчатка, г;

СБЭВ – сырые безазотистые экстрактивные вещества, г.

Обменная энергия определяется по выражению:

$$ОЭ = 17,84 \times ПП + 39,78 \times ПЖ + 17,71 \times (ПК + ПБЭВ),$$

где: *ОЭ* – обменная энергия рациона, кДж;

ПП, *ПЖ*, *ПК*, *ПБЭВ* – переваримые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества, г.

Оценка влияния изучаемых компонентов корма на эффективность межуточного обмена в организме подопытной птицы производилась при сопоставлении данных по поступлению в тело обменной энергии корма с затратами на поддержание жизни и с отложением чистой энергии в продукции. Для чего, на основании данных по ежесуточному взвешиванию птицы и с учетом рекомендаций Н.Г. Григорьева и др. (1989), ВНИТИПа (2000) рассчитывали значение чистой ($ЧЭ_{под}$) и обменной энергии ($ОЭ_{под}$), необходимой для поддержания жизни в каждый из дней эксперимента:

$$ЧЭ_{под} = 347 \times M^{0,75},$$

$$ОЭ_{под} = 1,22 \times ЧЭ_{под},$$

где: *M* – средняя живая масса птицы на день определения, кг.

На основании данных, по содержанию обменной энергии в поедаемом корме и затрат энергии на поддержание жизни, определяли количество обменной энергии сверхподдержания (продукции):

$$ОЭ_{прод} = ОЭ - ОЭ_{под},$$

где: $ОЭ_{прод}$ – обменная энергия сверхподдержания.

Соответствие условий кормления потребностям организма во всасываемых метаболитах рассматривалось на примере зависимости, предложенной K.L. Blaxter (1964):

$$\text{КПИОЭ} = \text{К} \times \text{КОЭ},$$

где:

КПИ ОЭ – коэффициент продуктивного использования обменной энергии;

К – коэффициент соответствия;

КОЭ – концентрация обменной энергии в рационе, МДж/кг СВ.

При этом КПИ ОЭ и КОЭ являлись эмпирически установленными величинами; КПИ ОЭ определялся как отношение чистой энергии в продукции к обменной энергии сверхподдержания, КОЭ устанавливали в процессе балансовых опытов.

Элементный состав биосубстратов, сыворотки крови и комбикормов исследован в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Кольского научного центра Российской академии наук), (ИХТРЭМС КНЦ РАН, <https://www.ksc.ru/>) (микроволновая система 42 Berghof SW 4 (Berhof, Germany), масс-спектрометр ELAN DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA)), а также на базе Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (<https://цкп-бст.рф>) (масс-спектрометр с индуктивной связанной плазмой Agilent 7900 с системой ВЭЖХ 1260 Infinity II BIO-Inert).

Анализ микробного состава слепой кишки цыплят-бройлеров был проведен на базе Центра коллективного пользования «Персистенция микроорганизмов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук (<https://ckp-rf.ru/ckp/351815/>).

Отбор образцов содержимого слепой кишки осуществляли, сразу после убоя, с использованием стерильных инструментов. Образцы замораживали при -70°C (криоморозильник ULUF65 «ARCTICO», Дания) и хранили, не

допуская повторного замораживания. Затем использовали для выделения очищенных препаратов ДНК с использованием метода химической экстракции. Чистоту ДНК проверяли электрофорезом, концентрацию определяли количественно с использованием флуорометра Qubit 2.0 с анализом высокой чувствительности dsDNA (Life Technologies). Библиотеки были секвенированы в MiSeq (Illumina) с использованием набора реагентов MiSeq v3 с 2×300 пар оснований. Визуализацию результатов биоинформатической обработки, статистический анализ осуществляли с помощью MicrobiomeAnalyst (Dhariwal A. et al., 2017). Полученные OTU, после фильтрации и присвоения таксономической принадлежности, использовались для расчета альфа (индекс Chao1, индекс Фишера (Fisher's alpha), индекс разнообразия Шенона (Shannon), индекс разнообразия Симпсона (Simpson), статистический метод: ANOVA) и бета-разнообразия (метод ординации: NMDS; дистанционный метод: индекс БреяКертиса; статистический метод: PERMANOVA).

Поскольку совещание Международного комитета по таксономии прокариот в 2021 году пересмотрело номенклатуру (Oren A. et al., 2021), данные публикаций за 2018-2020 годы были дополнительно реклассифицированы, что обеспечило сопоставимость законных таксонов во всех экспериментальных сериях, включенных в мета-анализ.

Апробация полученных результатов проводили на птицефабрики ЗАО «Оренбургской». При проведении производственного опыта был дан экономический анализ эффективности наших разработок:

Расчет экономической эффективности производится по формуле:

$$\text{Э} = ((C_{\text{б}} - C_{\text{н}}) + (Ц_{\text{н}} - Ц_{\text{б}})) \times A_{\text{н}},$$

где:

$C_{\text{б}}$ и $C_{\text{н}}$ – себестоимость 1 кг мяса, соответственно по вариантам, руб;

$Ц_{\text{н}}$ и $Ц_{\text{б}}$ – средняя реализационная цена 1 кг мяса, соответственно по вариантам, руб;

$A_{\text{н}}$ – валовой объем производства мяса по вариантам.

Результаты исследований обработаны с применением программного пакета «Statistica 10.0». Для проверки гипотезы о нормальности распределения количественных признаков применяли критерий Шапиро-Уилка. Статистическое сравнение результатов проводилось с использованием критерия Стьюдента. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критический уровень значимости в исследованиях принимался меньшим или равным 0,05. Коэффициенты корреляции рассчитывались по Спирмену (Kc).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты лабораторных исследований по оценке используемых пробиотических препаратов *in vitro*

Для реализации поставленной перед нами задачи, в качестве объектов исследования были использованы монокультуральные пробиотические штаммы микроорганизмов, три из которых относятся к автохтонной микрофлоре кишечника млекопитающих и птицы *E. coli* М-17 (основа препарата «Колибактерин»), *L. acidophilus* – «Лактобактерин» и *B. longum* – «Соя-бифидум» в качестве представителя транзитной флоры использовался штамм *B. subtilis* 534, являющийся базисным компонентом препарата «Споробактерин».

Выделение тестируемых в эксперименте штаммов осуществляли путем высева тестируемых микроорганизмов на селективные (Лактоагар для *L. acidophilus* и *B. longum*) и накопительные питательные среды (ГРМ-агар для *E. coli* М-17 и *B. subtilis* 534). Первый блок реализации модельного эксперимента включал оценку биологического действия исследуемых солей на динамические показатели роста исследуемых микроорганизмов. На данном этапе использовался метод серийных разведений. Реализация метода базируется на последовательном переносе половинного объема жидкого субстрата с кратным снижением дозы 1:2 в каждом последующем разведении. Для унификации начального этапа отбора концентраций исследуемых солей (ЧДА), микроэлементов ($MnSO_4$, $FeSO_4$, $CoSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$) – в первую пробирку химические соединения вносили в концентрации 1 М/л. В условиях последовательного переноса минимальная тестируемая концентрация составила 0,002 М/л. После проведения серии разведений, в пробирки вносили суспензию микроорганизмов, оптическая плотность которой соответствует стандарту мутности 0,5 по МакФарланду (плотность суспензии 0,08-0,13 на спектрофотометре при длине волны 625 нм), при этом численность колониеобразующих единиц (КОЕ) составляет примерно 1×10^8 КОЕ/мл.

Суспензию вносили в объеме 50 мкл/5мл жидкого субстрата.

Пробирки помещали в термостат для инкубирования, при 37 °С, в течение 24 часов, с последующей оценкой роста. Оценку полученных результатов исследования проводили визуально, поместив пробирку между глазом и источником света, при наличии бактерицидного действия субстрат оставался прозрачным, без следов присутствия роста бактериальной популяции. Наличие скудного роста нами характеризовалось как субингибирующее действие. Эталоном роста выступал контрольный образец без добавления исследуемых солей. Для чистоты выполнения эксперимента из пробирок проводили высеивание на селективные агаризованные питательные среды, а также проводилась окраска по Граму.

Предварительный этап экспериментальных исследований был направлен на разработку питательных сред для культивирования исследуемых микроорганизмов. Реализация данного экспериментального блока исследований связана с тем, что для исследования биохимических характеристик бактериальных клеток необходимо использовать среды определенного (стандартизированного) химического состава в отличие от накопительных питательных сред.

В рамках реализации данного этапа была нами разработана следующая рецептура полусинтетической среды:

R.p: *Caseus* – 100 г

Glucose 5% – 200 мл

KH_2PO_4 – 85,94 г

CaCl_2 – 212,5 г

NaCl – 7,25 г

MgSO_4 – 13,57г

Aquae destillatae – до 1 л

M.f. *Nutrimentum medium*

D.S. Питательная среда для культивирования тест-организмов

Все дальнейшие исследования осуществляли с использованием данной

питательной среды, так как она не содержит микроэлементов, что позволяет объективно оценить биологические эффекты взаимодействия бактериальных клеток как с солями микроэлементов, так и ультрадисперсными частицами.

Проведенный анализ экспериментальных данных свидетельствует о высоком уровне толерантности *E. coli* M-17 и *B. subtilis* 534 практически ко всем химическим соединениям исследуемых микроэлементов (рисунок 3). Так минимальные, не ингибирующие рост бактериальной популяции клеток для *E. coli* M-17, составили в отношении FeSO_4 – 0,063 М/л, MnSO_4 – 0,125 М/л, CoSO_4 – 0,016 М/л, CuSO_4 – 0,063 М/л и ZnSO_4 – 0,063 М/л, для штамма *B. subtilis* 534 данные значения составили 0,125 М/л, 0,500 М/л, 0,031 М/л, 0,016 М/л и 0,031 М/л, соответственно. Штамм *L. acidophilus* проявляет умеренную толерантность к используемым, в экспериментальном исследовании, солям микроэлементов, при этом наиболее чувствительным штаммом является *B. longum*, имеющий минимальные показатели резистентности по отношению к другим исследуемым тест-организмам.

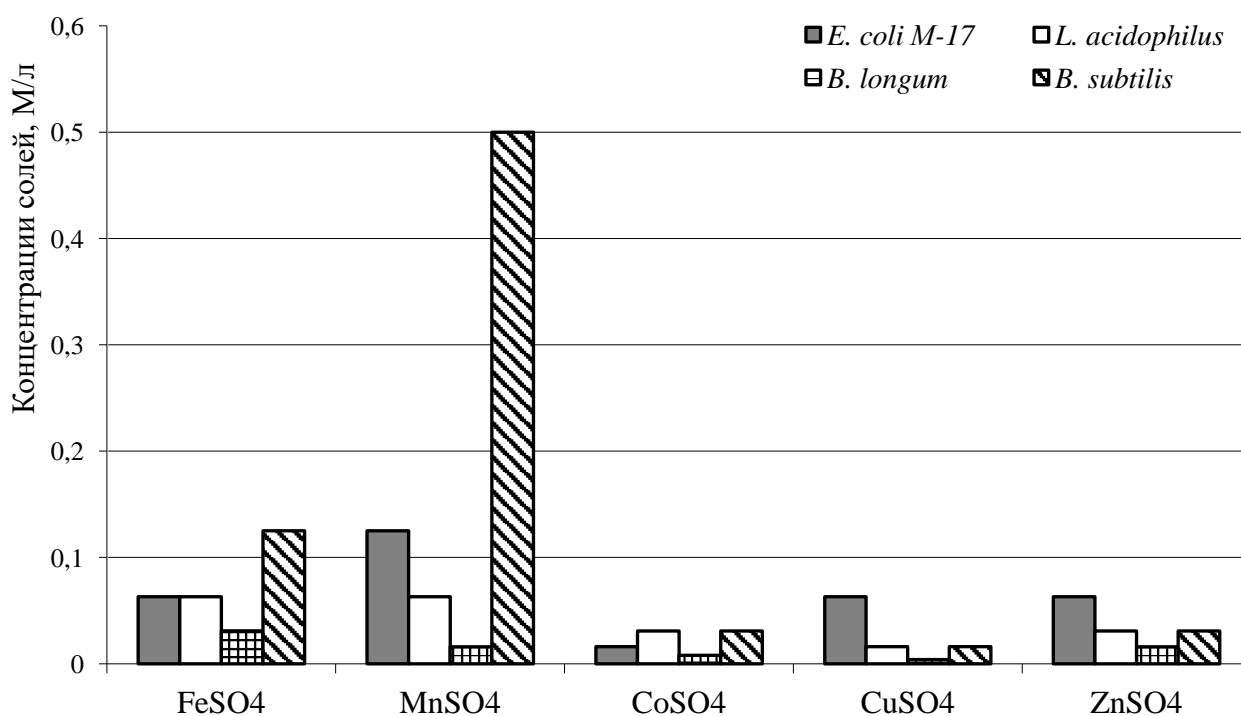


Рисунок 3 – Оценка биологического действия исследуемых солей микроэлементов на рост бактериальных штаммов

Проведенные исследования позволили нам определить оптимальные рабочие концентрации исследуемых химических соединений микроэлементов в отношении тестируемых бактериальных штаммов.

Одним из основных параметров оценки уровня эндогенных потерь микроэлементов в организме является сорбционная характеристика микроорганизмов, населяющих желудочно-кишечный тракт, так как в условиях дефицита элементов, организм активно перераспределяет микроэлементы, в том числе для поддержания гомеостаза кишечника, обусловленного автохтонной и транзиторной микробиотой.

В нашем исследовании была проведена комплексная оценка сорбционных характеристик тест-организмов в отношении эссенциальных микроэлементов (рисунок 4).

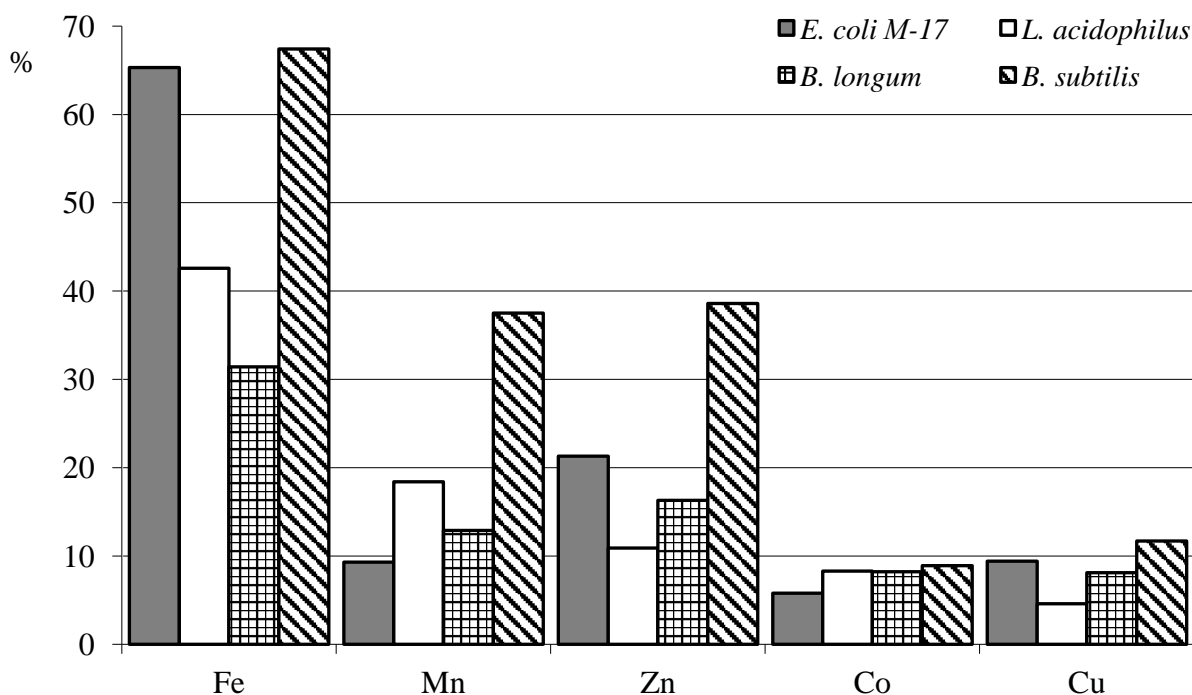


Рисунок 4 – Анализ биоаккумулирующих характеристик исследуемых микроорганизмов

Для реализации данного этапа тестируемые штаммы культивировали на полусинтетической питательной среде (400 мл на один тестируемый образец) в присутствии рабочих концентраций солей микроэлементов. Для чистоты

эксперимента использовали соли с идентичным анионным компонентом. После культивирования бактериальных штаммов, в течение 36 часов, биомассу отделяли центрифугированием в течение 30 минут при 3000 обор/мин с последующим удалением супернатанта. Биомасса лизировалась 5 % раствором КОН с дополнительным выдерживанием на водяной бане при температуре 98 °С в течение 20 минут. Содержание металла в образцах определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Проведенный анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о выраженной биоаккумуляции железа всеми исследуемыми штаммами с максимальным уровнем сорбции *B. subtilis* 534 (до 67,4 % от внесенной рабочей концентрации сульфата цинка). Следует отметить, что данный штамм активно сорбирует и другие микроэлементы из субстрата, что гипотетически может быть обусловлено природой данного микроорганизма (почвенная бактерия), связанного с высоким уровнем конкуренции за питательные вещества, в том числе и эссенциальные элементы.

Относительно стабильные показатели сорбции по отношению к другим тестируемым индигенным пробиотическим штаммам проявляет *B. longum*, что характеризуется относительно стабильно высокими биоаккумуляционными характеристиками в отношении всех исследуемых элементов.

Проведенный анализ позволяет нам отобрать для проведения дальнейших исследований штаммы *B. subtilis* 534 и *B. longum*.

3.2 Результаты первой серии исследований по оценке влияния кормовых добавок на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров, находящихся на опытных рационах

3.2.1 Изучение влияния пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров

3.2.1.1 Корма и кормление подопытной птицы

Для проведения исследований было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность эксперимента составила 28 суток, I контрольная группа (K₁) находилась на опытном рационе, (приложение 8), II контрольная группа (K₂) получала опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Экспериментальные группы получали препараты «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) в дозировке 0,7 мл/кг корма и «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) в дозировке 0,25 мл/кг корма. Поение цыплят осуществлялось дистиллированной водой без ограничения.

Сравниваемые препараты при использовании в кормлении птицы оказали следующее влияние на поедаемость используемых рационов (таблице 11).

Таблица 11 – Поедаемость и затраты корма на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров.

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Съедено, г	3023	3135	3242	3294
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,45	1,52	1,46	1,48

Поедаемость корма в опытных группах превысила аналогичные значения в контрольных группах, при расчете затраты корма на 1 кг прироста живой массы в I и во II опытных группах, в абсолютном значении, составили 1,46 кг и 1,48 кг на 1 кг прироста.

3.2.1.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Оценка живой массы проводится еженедельно, путем индивидуального взвешивания утром, до кормления (таблица 12).

Таблица 12 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г ($M \pm m$)

Группа	Неделя основного учетного периода эксперимента			
	1	2	3	4
K ₁	972,7±15,4	1 362,7±10, 7	1 678,7±22,5	2 104,0±23,1
K ₂	971,3±16,9	1 356,7±12,7	1 684,7±24,7	2 059,7±25,5
I опытная	971,3±17,0	1 371,3±15,4	1 706,0±25,0	2 216,7±21,5
II опытная	971,6±15,3	1 388,0±15,5	1 783,3±22,3	2 220,7±21,9

Из полученных данных видно, что в конце второй недели эксперимента живая масса опытных групп превосходила контрольные группы: так при сравнении с K₁ выявлено повышение последнего на 1,82 % во II группе и на 0,63 % в I группе, по отношению к K₂ – увеличение на 1,07 и 2,26 %, соответственно. В конце третьей недели экспериментального исследования у исследуемой птицы была установлена аналогичная закономерность: так живая масса в группе, дополнительно получавшая «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*), была выше K₁ на 5,87 %, «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) на 1,60 %. При сравнительном анализе опытных групп с K₂ отмечено повышение на 5,53 % и на 1,25 %, соответственно. Подобная тенденция наблюдается и в

конце исследований – так увеличение живой массы в I и во II группе на 5,08 % и на 5,26 %, соответственно, относительно K₁. При сравнении с K₂ в I группе видим его увеличение на 7,08 % и во II – на 7,25 %.

При сравнении контрольных групп между собой было показано, что, что дефицит микроэлементов способствует незначительному снижению живой массы; если же сравнивать опытные группы с K₁ и K₂, то дополнительное включение в рацион пробиотических препаратов способствовало повышению живой массы, интенсивности роста, а также сохранности поголовья птицы.

3.2.1.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Влияние пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) на гематологические показатели цыплят-бройлеров путем их введения в рацион (таблица 13).

Таблица 13 – Морфологические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров, (M±m)

Группа	Показатель					
	лейкоциты, ' 10 ⁹ /л	эритроциты, 10 ¹² /л	моноциты, %	гемоглобин г/л	лимфоциты, %	тромбоциты, 10 ⁹ /л
K ₁	26,3±1,69	3,63±0,29	6,47±0,18	128,0±4,01	54,5±2,06	74,3±9,38
K ₂	32,9±3,75	3,01±0,25	8,20±0,71	101,7±5,78	53,8±0,93	75,1±5,57
I опытная	39,7±12,8 ab	3,22±0,08	7,03±0,69	123,7±3,18	55,6±0,21	79,3±18,4
II опытная	33,8±1,00 a	3,32±0,05	6,23±0,62	127,3±1,33	55,1±0,61	78,7±20,6

Примечание:

a – достоверные изменения с K₁ (p≤0,05);

b – достоверные изменения с K₂ (p≤0,05).

По результатам полученных данных в конце экспериментального периода все изучаемые морфологические показатели находились в пределах

физиологической нормы. В исследованиях установлено достоверное увеличение лейкоцитов в крови птицы I опытной группы, в 1,5 раза в сравнении с K_1 ($p \leq 0,01$) и на 20,7 % по отношению ко второй контрольной группе ($p \leq 0,01$). Во второй опытной группе отмечено достоверное увеличение лейкоцитов на 28,5 % ($p \leq 0,001$), относительно K_1 .

Повышение уровня лимфоцитов в крови свидетельствует об усилении специфического иммунитета цыплят-бройлеров, в нашем случае, наблюдается незначительное их увеличение в опытных группах

Исследования биохимического состава крови позволят выявить особенности обмена веществ у цыплят-бройлеров (таблица 14).

Результаты биохимического анализа показывают, что в I опытной группе содержание общего белка в сравнении с аналогичными контрольными группами была выше на 16,8 % ($p \leq 0,05$) и на 6,29 %, соответственно, во II группе схожая картина по отношению к K_1 – увеличение на 6,22 %, в сравнении с K_2 выявлено снижение на 3,35 %. Концентрация альбуминов в крови исследуемой птицы в опытных группах повышается на 14,8 % ($p \leq 0,05$) и на 3,41 %, относительно K_1 , в сравнении с K_2 наблюдается повышение в I группе – на 6,31 % и снижение во II – на 4,21 %.

Уровень мочевой кислоты, являющийся основным конечным продуктом белкового обмена у цыплят-бройлеров, достоверно снизился в опытных группах: в I опытной группе на 28,4 и 32,3 %, соответственно ($p \leq 0,01$), во II опытной группе уровень мочевой кислоты уменьшился в 2,25 раз и в 2,38 раз ($p \leq 0,05$), соответственно, по сравнению с I и II контрольной группой. Содержание билирубина было, наоборот, увеличено в 2,2 раза в опытных группах ($p \leq 0,05$) при введении пробиотиков в сравнении с K_1 , на 42,8 %, и на 66,2 % по отношению к K_2 , соответственно.

Основным углеводом плазмы крови является глюкоза, которая характеризует углеводный обмен. Так, в наших исследованиях установлено, что уровень глюкозы в опытных группах незначительно превысил уровень в

первой контрольной группе на 3,42 %, однако относительно К₂ отмечено его снижение на 2,58 %.

Таблица 14 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров, (M±m)

Показатель	Группа			
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	43,4±2,16	47,7±1,96	50,7±1,04 ^a	46,1±1,26
Альбумины, г/л	17,6±1,33	19,0±1,01	20,2±1,53 ^a	18,2±1,58
Билирубин общий, мкмоль/л	0,58±0,12	0,77±0,21	1,10±0,17 ^{ab}	1,28±0,12 ^{ab}
Мочевая кислота, мкмоль/л	498,1± 21,1	527,1± 23,5	356,8±26,3 ^{ab}	221,3±24,8 ^{ab}
Глюкоза, ммоль/л	14,6±0,69	15,5±0,48	15,1±0,61	15,1±0,82
АЛТ, Ед/л	6,93±1,48	6,67±1,28	6,9±2,33	6,37±1,19
АСТ, Ед/л	500,1±33,1	513,2±23,6	354,0±21,8 ^{ab}	444,4±24,0 ^b

Примечание:

a – достоверные изменения с К₁ (p≤0,05);

b – достоверные изменения с К₂ (p≤0,05).

В период наиболее высокой интенсивности роста отмечается рост таких показателей, как АЛТ, возможно это может быть связано с тем, что цыплята-бройлеры перешли на новый рацион кормления, а также с адаптацией к новым условиям ферментных систем организма, так как на конец эксперимента выявлено незначительное повышение данного параметра. Показатель АСТ в опытных группах был статистически значимо меньше в опытных группах на 29,2-31,0 % и на 11,1%-13,4 %, соответственно, относительно контрольных групп.

Значение минеральных веществ для организма очень велико, поэтому и их содержание в крови сельскохозяйственной птицы и животных имеет важное значение (таблица 15).

Таблица 15 – Уровень минеральных элементов в сыворотки крови цыплят-бройлеров, (M±m)

Группа	Показатель			
	Fe, мкмоль/л	Mg, мкмоль/л	Ca, ммоль/л	P, ммоль/л
K ₁	22,1±1,85	0,94±0,04	2,89±0,18	1,98±0,11
K ₂	21,9±1,45	0,92±0,03	3,08±0,08	2,20±0,19
I опытная	14,5±1,29 ^{bc}	1,08±0,03	3,35±0,13	2,26±0,07
II опытная	26,1±1,86	1,05±0,08	3,33±0,11	2,24±0,13

Примечание:

a – достоверные изменения с K₁ (p≤0,05);

b – достоверные изменения с K₂ (p≤0,05).

Так, в исследованиях выявлено, что у цыплят-бройлеров I опытной группы содержание железа в сыворотке крови было меньше, чем у аналогов контрольных групп на 34,3 и 33,8 % (p≤0,05), соответственно. Во II группе отмечено повышение последнего на 18,1 и на 19,2 %, соответственно. Содержание общего кальция в сыворотке крови было больше, чем у контрольных групп на 8,76-15,9 % и на 8,11-14,2 %, соответственно. Аналогичная картина наблюдалась и по содержанию неорганического фосфора и магния в сыворотке крови исследуемой птицы, а точнее отмечали его повышение в абсолютном значении с 1,98 ммоль/л до 2,26 ммоль/л и с 0,92 мкмоль/л до 1,08 мкмоль/л, соответственно.

Использование в кормлении «Соя-бифидум» сопровождается изменениями в белковом обмене и элементном статусе сыворотки крови у цыплят-бройлеров.

3.2.1.4 Переваримость питательных веществ рационов

Результаты изменений коэффициентов переваримости питательных веществ корма при дополнительном введении в рацион исследуемой птицы пробиотических штаммов представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма подопытной птицей, % ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Сухое веществ	87,4±1,25	88,6±1,15	90,7±0,70	91,8±0,98
Органическое вещество	88,4±1,16	89,3±1,07	91,4±0,65	92,3±0,92
Сырой жир	85,3±1,47	89,4±1,07	91,9±1,11	92,9±1,25
Сырой протеин	71,6±1,83	78,9±1,63	87,4±1,32 ^a	88,6±1,37 ^a
Углеводы	93,4±0,65	94,3±0,57	93,4±0,50	94,1±0,70

Примечание: а – достоверные изменения с K₁ ($p \leq 0,05$).

b – достоверные изменения с K₂ ($p \leq 0,05$).

Отмечали незначительную разницу по сухому веществу, органическому веществу и сырому жиру, в среднем на 3,0-4,0 %, при сравнении опытных групп с первой и второй контрольными группами, все изменения носили недостоверный характер.

Переваримость сырого протеина в первой опытной группе возросла на 8,5 %, ($p \leq 0,05$) по отношению ко второй контрольной группе.

Оценка переваримости питательных веществ опытных рационов позволило нам сделать вывод, что добавление «Соя-бифидум» в опытный рацион, дефицитный по микроэлементам, улучшает переваримость сухого вещества и сырого жира, отмечались достоверные изменения по переваримости сырого протеина.

3.2.1.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

3.2.1.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров

По окончании экспериментального исследования был проведен контрольной убой птицы (таблица 17).

Таблица 17 – Результаты убоя подопытной птицы в конце эксперимента, ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса	2104,0±6,31	2059,3±5,72	2216,7±4,32	2220,7±5,36
Потрошенная тушка	1528,8±4,51	1490,5±3,21	1619,9±4,44	1625,0±4,51
Мышечная ткань	1017,6±3,21	987,3±3,28	1082,4±2,89	1088,6±3,15
Съедобная часть	1279,0±8,3	1248,7±8,5	1170,5±9,4	1252,5±12,0
Убойный выход, %	72,7±0,8	72,4±1,2	73,1±1,1	73,2±1,1

Масса мышечной ткани в группах, получавших пробиотики, была выше, чем в I контрольной группе на 5,99 % и 6,52 %, II контрольной – на 8,79 % и 9,31 %, соответственно. Масса съедобной части в абсолютном значении в I опытной группе составила 1170,5 г, во II – 1252,5 г. Убойный выход птицы, получавших пробиотики, был выше, чем в контроле: в I опытной группе составил 73,1 %, что выше контрольных значений на 0,4 % и на 0,7 %, во II опытной группе – на 0,5 % и на 0,8 %, соответственно.

Убойный выход K₁ превысил K₂ на 0,3 %, дополнительное включение пробиотических препаратов в рацион, дефицитный по микроэлементам, повысило убойный выход в I опытной группе на 0,7 %, во II – на 0,8 %.

3.2.1.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров

Исследования аминокислотного состава белка мяса грудных и бедренных мышц цыплят-бройлеров представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Аминокислотный состав мяса цыплят-бройлеров, (M±m)

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Незаменимые аминокислоты				
Лизин	9,06±0,10	9,41±0,11	8,50±0,75	9,38±0,63
Лейцин+Изолейцин	13,1±0,65	13,5±0,32	12,0±0,75	13,4±0,11
Метионин	2,68±0,74	2,53±0,65	2,43±0,42	2,81±0,87
Фенилаланин	3,59±0,32	3,72±0,85	3,34±0,99	4,24±0,57 ^{a b}
Треонин	4,34±0,11	4,67±0,63	3,95±0,33	4,51±0,47
Валин	5,36±0,41	5,45±0,42	4,80±0,36	5,63±0,35
Тирозин	3,52±0,91	3,63±0,11	4,50±0,32	5,27±0,85 ^{a b}
Всего:	41,65	42,91	39,52	45,24
Заменимые аминокислоты				
Аргинин	5,37±0,11	6,09±0,87	6,20±0,25	7,07±0,32
Серин	3,81±0,57	4,05±0,57	3,49±0,42	3,93±0,25
Гистидин	3,64±0,72	3,93±0,75	2,75±0,35	3,52±0,68
Пролин	3,69±0,86	3,88±0,75	3,44±0,57	4,02±0,65
Аланин	7,28±0,68	7,59±0,69	6,58±0,12	7,39±0,63
Глицин	4,62±0,78	5,13±0,57	4,62±0,24 ^b	4,85±0,75
Всего:	28,41	30,67	27,08	30,78
Общее количество АМК:	70,06	73,58	66,6	76,02

Примечание:

a – достоверные изменения с K₁ (p≤0,05).

b – достоверные изменения с K₂ (p≤0,05).

Показатели тирозина и фенилаланина во II группе были выше, чем в K₁ на 49,7 % (p≤0,001) и на 18,1 % (p≤0,01), соответственно. При сравнении со

второй контрольной группой отмечено также достоверное их увеличение на 45,2 % ($p \leq 0,001$) и на 13,9 %, соответственно ($p \leq 0,01$).

Уровень глицина в первой опытной группе при сравнении со второй контрольной группой был меньше на 10,1 % ($p \leq 0,05$). По остальным показателям не наблюдалось существенных различий при сравнении с K_1 и K_2 .

Таблица 19 – Состав и содержание химических веществ в теле подопытных цыплят-бройлеров, % ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	K_1	K_2	I опытная	II опытная
Мышечная ткань				
Сухое вещество	26,2±0,32	25,7±0,24	26,4±0,11	26,3±0,11
Жир	1,96±0,02	1,70±0,04	2,38±0,01 ^{ab}	1,99±0,02
Протеин	23,2±0,11	23,1±0,09	23,0±0,04	23,3±0,07
Зола	1,07±0,01	0,90±0,07	1,02±0,01	1,01±0,02
ЦНС и костная ткань				
Сухое вещество	35,6±1,12	38,6±0,99	41,3±0,85 ^a	41,5±0,65
Жир	9,88±1,11	11,6±0,36	12,2±0,23 ^a	11,9±0,42
Протеин	18,9±0,32	18,3±0,24	18,5±0,41	19,8±0,51
Зола	6,82±0,02	8,70±0,03	10,6±0,11 ^{ab}	9,8±0,21 ^{ab}
Внутренние органы				
Сухое вещество	29,9±0,96	33,6±0,36	30,6±0,42	30,8±0,52
Жир	9,08±0,15	10,8±0,32	7,33±0,12 ^{ab}	8,20±0,32 ^{ab}
Протеин	19,9±0,42	21,9±0,54	22,4±0,42	21,6±0,36
Зола	0,92±0,02	0,90±0,01	0,87±0,04	1,00±0,03
Кожа				
Сухое вещество	45,8±0,35	48,7±0,52	46,5±0,63	46,6±0,54
Жир	29,1±0,54	32,7±0,24	29,9±0,42	29,0±0,24
Протеин	16,0±0,21	15,3±0,11	15,9±0,32	16,8±0,54
Зола	0,70±0,01	0,70±0,07	0,7±0,02	0,80±0,01

Примечание: а – достоверные изменения с K_1 ($p \leq 0,05$).

б – достоверные изменения с K_2 ($p \leq 0,05$).

Изучение химического состава образцов тушки цыплят-бройлеров показал, что уровень жира в мышечной ткани I опытной группы превысил первый контроль на 21,4 % ($p \leq 0,001$), второй контроль – на 40,0 % ($p \leq 0,001$) (таблица 19).

Химический состав мясокостной ткани показал следующие результаты: уровень сухого вещества был больше на 15,7 % ($p \leq 0,01$), жира – на 19,0 % ($p \leq 0,01$) в сравнении с первым контролем. Содержание золы достоверно превысили значения первого и второго контроля в 2,72 раза и 2,17 раз ($p \leq 0,001$). Во второй опытной группе содержание золы превысило первый контроль в 2,92 раза и второй – в 2,32 раза ($p \leq 0,01$).

Изучение химического состава проб внутренних органов цыплят-бройлеров показало, что содержание сухого вещества было ниже в опытных группах на 19,3 % и на 10,1 % ($p \leq 0,01$) по отношению к первому контролю и аналогично на 32,1 и на 24,1 % ($p \leq 0,001$), соответственно, в сравнении со вторым контролем.

Таким образом, анализ аминокислотного состава мяса цыплят-бройлеров свидетельствовал о том, что содержание незаменимых аминокислот во II опытной группе превышало контрольные значения (для K_1 на 7,94 %, а для K_2 на 5,15 %), показатель заменимых аминокислот увеличился в опытной группе на 7,70 % и на 0,36 %, соответственно. Дополнительное включение пробиотических препаратов в рацион способствовало накоплению уровня жира в исследуемых группах.

3.2.1.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы

Добавление пробиотиков в рацион изменило интенсивность протекания обменных процессов в организме цыплят-бройлеров (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
К ₁	39,5	5,71	33,8	9,41	24,4
К ₂	38,1	7,26	30,8	8,23	22,6
I опытная	41,5	3,72	37,8	14,4	23,4
II опытная	43,3	4,32	39,0	15,2	23,9

Максимальный уровень валовой энергии выявлен в I опытной группе и составил 43,3 МДж/гол, по содержанию чистой энергии, также максимальное значение отмечено в первой опытной группе, что на 4,15 % превысило вторую группу и на 8,78 % первый контроль при сравнении со вторым контролем – на 12,0 %.

Динамика характеристики межуточного обмена представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Особенности межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа			
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол	12,73	12,68	12,90	12,60
Обменность ВЭ	80,92	85,55	90,03	91,02
КПИ ОЭ	0,671	0,662	0,508	0,519

Продолжение таблицы 21				
Уровень питания	1,342	1,161	1,255	1,253
Коэффициент соответствия	0,044	0,041	0,030	0,030
Энерго-протеиновое отношение	0,375	0,360	0,395	0,396

Максимальная энергия сверхподдержания выявлена в I группе, что было выше, чем K_1 на 1,26 %, в группе K_2 – на 1,65 %. Показатель трансформации протеина корма показал разницу в первой опытной группе, по сравнению с группой K_1 на 4,49 %, с K_2 на 2,19 %. Во второй опытной группе выявлено максимальное повышение в сравнении с контрольными группами на 8,71 % и на 6,52 %, соответственно. Коэффициент конверсии в опытных группах был выше, чем в группах контроля, в среднем – на 1,6-2,7 %. В результате полученных данных следует указать, что включение пробиотических штаммов способствовало изменению межзачечного обмена веществ, как результат – повышение коэффициента конверсии в опытных группах в среднем на 1,6-2,7%.

3.2.1.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Использование пробиотиков сопровождалось изменениями пулов химических элементов в организме птицы (рисунок 5-8). В I опытной группе содержание кальция было в 1,5 раза ниже, чем в группе K_1 .

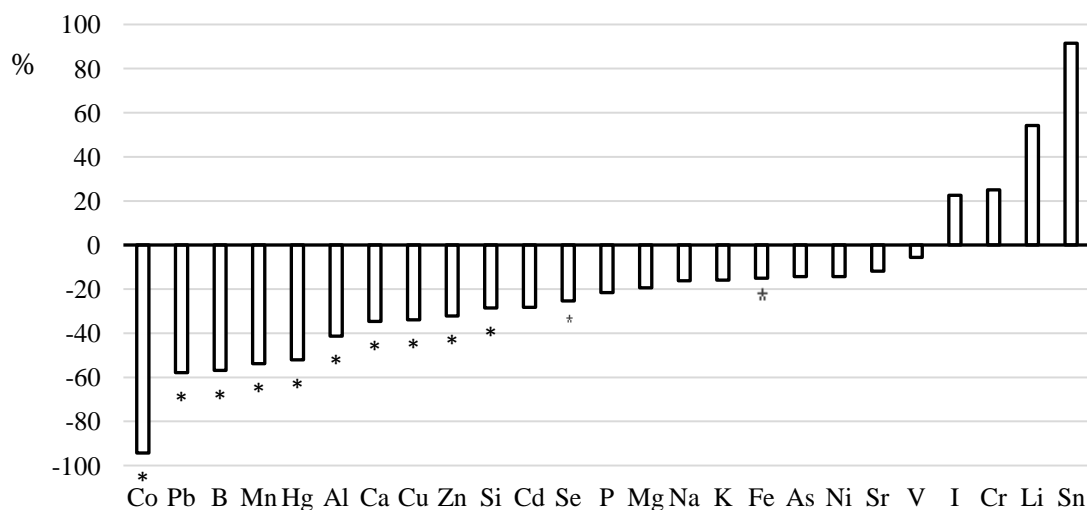


Рисунок 5. – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с I контрольной, %

Введение *B. subtilis* способствовало достоверному снижению уровня исследуемых макроэлементов, кроме магния: натрия на 27,3 и на 26,1 % ($p \leq 0,01$) в сравнении с контрольными группами, кальция и фосфора на 26,5 и 38,7 % ($p \leq 0,001$), соответственно, относительно K_1 и на 23,3 и на 30,2 % ($p \leq 0,001$) по отношению к K_2 , калия в 1.5 раза ($p \leq 0,05$), по сравнению к K_1 и K_2 .

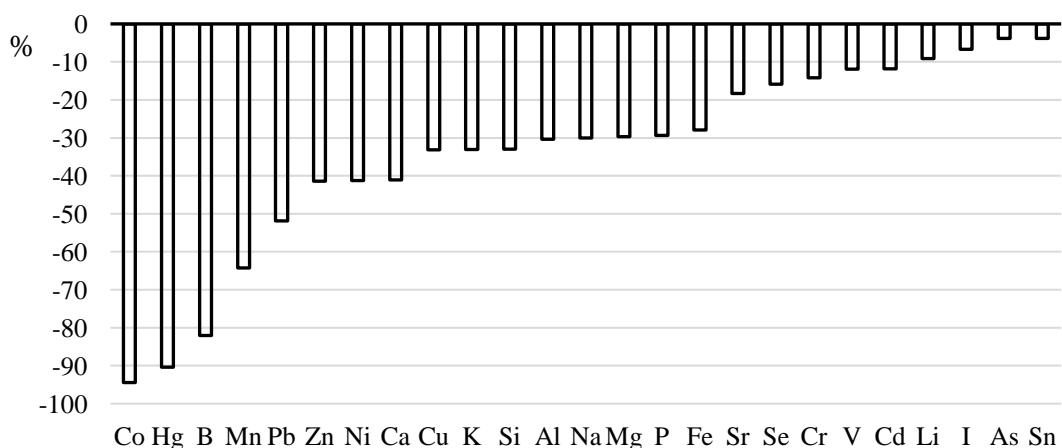


Рисунок 6. – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с I контрольной, %

Введение пробиотических препаратов способствовало достоверному снижению ($p \leq 0,05$) бора и селена относительно двух контрольных групп в 7,06 раз и в 4,68 раз, а также в 3,15 раз и в 5,24 раз, соответственно.

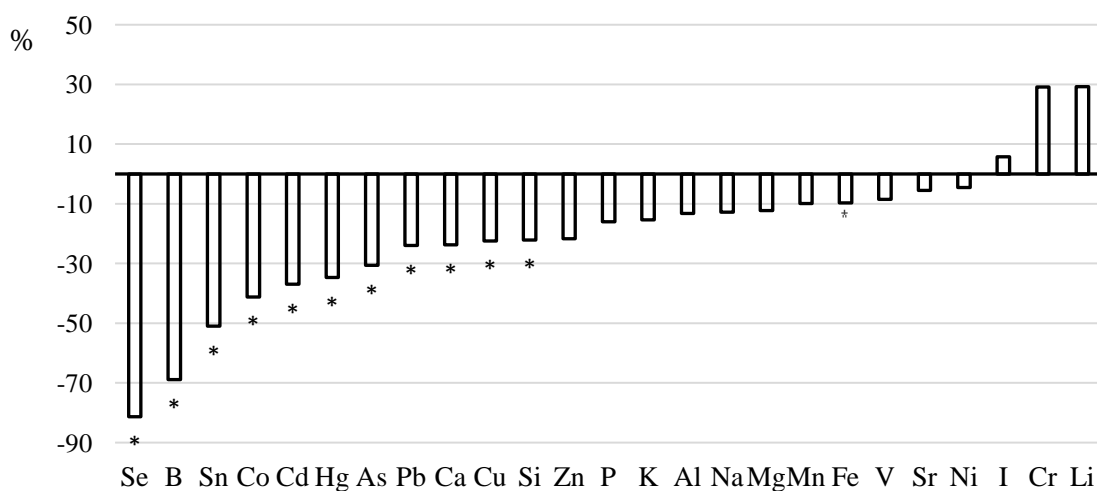


Рисунок 7. – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с II контрольной, %

Уровень марганца и меди снизился во II опытной группе в 2,69 раз и 1,5 раза ($p \leq 0,05$) относительно K_1 , соответственно, а в I опытной группе – в 2,07 раз и 1,5 раза ($p \leq 0,05$), соответственно, по отношению к K_1 . Содержание никеля достоверно уменьшилось в 1,64 раз ($p \leq 0,05$) по сравнению с первой контрольной группой.

Пул кремния и кобальта снижался при добавлении пробиотиков, в абсолютном значении с 488,3 до 340,4 мг/кг и с 4,0 до 0,23 мг/кг ($p \leq 0,05$). Уровень железа в опытных группах был снижен в сравнении с K_1 на 33,5 % ($p \leq 0,05$) в I опытной группе и на 12,6 % во II опытной группе. При сравнении с K_2 схожая картина – снижение на 28,7 % ($p \leq 0,05$) и на 8,57 %, соответственно. Показатель цинка варьировал в абсолютном значении с 383,4 мг/кг при сравнении с K_1 и с 339,9 мг/кг при сравнении с K_2 до 233,4 мг/кг в I группе и до 271,4 мг/кг во II группе.

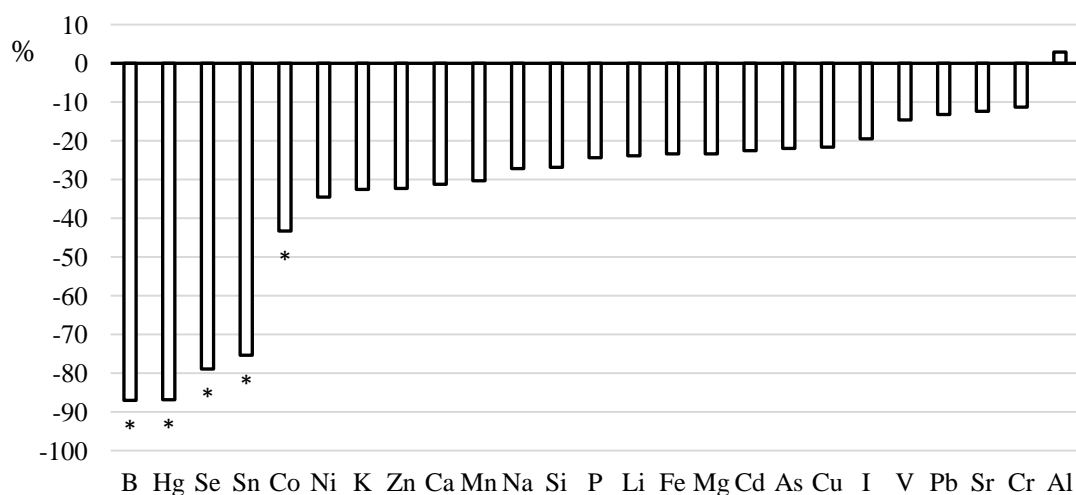


Рисунок 8. – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с II контрольной, %

Дополнительное введение пробиотических препаратов способствовало достоверному снижению пулов токсичных элементов: олово в 4,0 и 2,0 раза относительно К₂ и ртути в 10,0 раз и в 2,0 раза ($p \leq 0,05$), в сравнении с К₁ и в 7,5 раза и 1,5 раза, по отношению к К₂.

Таблица 22 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению к группе К₂)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	-12,9	-30,3
Fe	-13,2	-22,9
Co	-20,2	-44,2
Cu	-21,2	-24,3
Zn	-20,5	-31,5
Se	-80,5	-78,9

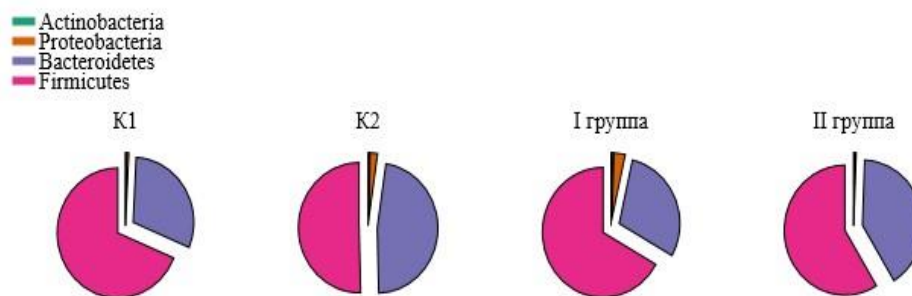
Таким образом, при введении пробиотического препарата «Соя-бифидум», отмечалось снижение потерь. При этом можно выделить группу химических элементов, потери которых находились в одном диапазоне и уменьшались на 12,9-20,5 %, в том числе это магний, железо, кобальт, медь и цинк. При введении «Споробактерина» закономерное падение пула эндогенных химических элементов было более выраженным.

Таким образом, при сравнении с первым контролем, отметим, что включение пробиотического штамма *B. longum* способствует меньшим потерям марганца, железа, кобальта. При сравнении со вторым контролем, *B. longum* способствовали снижению величины потерь железа и марганца.

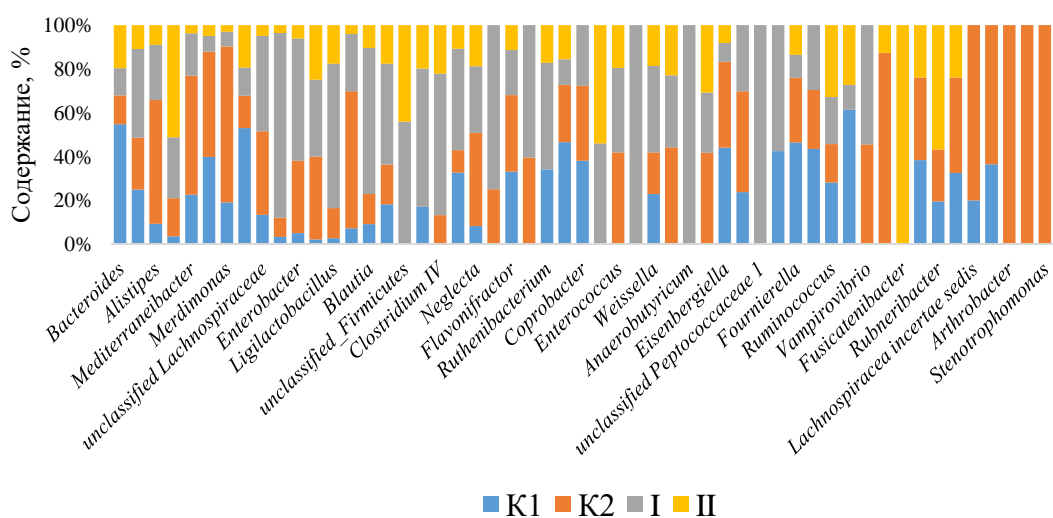
3.2.1.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*)

В наших исследованиях, при анализе бактериального профиля образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров в группе К₁, на 42 сутки эксперимента было выявлено 190 OTU, в группе К₂ – 206 OTU, в I опытной группе – 230 OTU и во II опытной группе – 219 OTU.

Анализ прочтений 16S РНК образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров контрольных и опытных групп позволил отнести выявленные ОТЕ к 4 филумам: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. При этом, доминирующими таксономическими категориями были именно *Firmicutes* и *Bacteroidetes* (рисунок 9а). Несмотря на то, что их соотношение различалось в зависимости от группы, разница не превышала 10%.



а



б

Рисунок 9 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении пробиотических препаратов

Оценивая родовое разнообразие в контрольных и опытных группах, можно отметить различия в содержании отдельных представителей (рисунок 9б). Так, в контроле K_1 доминирующее положение занимал род *Bacteroides* (72,3 %), содержание других родов варьировалась от 4,7 % (*unclassified Ruminococcaceae*) до 1,0% (*Pseudoflavonifractor*).

В группе K_2 основными доминирующими являлись представители родов *Bacteroides* (17,4 %), *Lactobacillus* (20,3 %) и *Alistipes* (26,5 %). Численность таких родов, как *Mediterraneibacter*, *Merdimonas*, *unclassified Bacteroidaceae*, *Limosilactobacillus* составляла до 10% и варьировалась от 7 % до 2,1 %.

В I опытной группе наибольшую представленность имели бактерии рода *Lactobacillus* (32,5 %), что в 8 и 1,6 раз больше, чем в группах K₁ и K₂, соответственно. Численность *Alistipes* составляла 11,8%, что было в 2,7 раз больше, чем в группе K₁, и в 2,2 раза меньше, чем в K₂. Обращает на себя внимание уменьшение численности бактерий рода *Bacteroides* по сравнению с контрольной группой K₁. Так, разница составила 4,4 раза; в отношении контроля K₂ разница была незначительной. На фоне этого стоит отметить увеличение процента содержания представителей рода *Faecalibacterium* (10,5 %) в 26,25 и 9,5 раз относительно групп K₁ и K₂, соответственно. Данный факт является достаточно хорошей тенденцией, поскольку представители рода *Faecalibacterium* участвуют в защите клеток слепого кишечника от окислительного стресса, поглощая молекулы кислорода. Численность представителей таких родов, как *unclassified Ruminococcaceae*, *Enterobacter*, *Limosilactobacillus* была больше, чем в группах K₁ и K₂, при этом их численность не была выше 10 %.

В кишечнике птицы II опытной группы доминировали представители рода *Lactobacillus* (59,8 %), содержание которых было выше в 14,6, 2,9 и 1,8 раз в сравнении с группами K₁, K₂ и I опытной группы, соответственно. Количество представителей *Bacteroides* составило 26%, что было выше в 1,6 и 1,5 раза в сравнении с группами I и K₂, но все равно в 2,8 раза было ниже, чем в K₁. Содержание *unclassified Ruminococcaceae* и *Alistipes* не превышала 10%. Следует отметить, что в составе микрофлоры содержимого слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров появились микроорганизмы рода *Bacillus* несмотря на то, что их количество не превышало 0,1%. Это обусловлено тем, что в составе препарата Споробактерин основным компонентом являются микроорганизмы данного рода.

Для лучшего понятия картины бактериального разнообразия слепой кишки птицы нами была проведена оценка альфа-разнообразия, путем расчёта трех основных индексов Chao-1, Симпсона и Шеннона (таблица 23). Коэффициент Chao-1 показывает богатство бактериальной флоры, и, исходя

из этого, данный показатель оказался наибольшим во второй опытной группе, что говорит, что микрофлора цыплят-бройлеров более разнородна. Показатель Simpson 1-D учитывает количество присутствующих видов, а также относительную численность каждого вида, и чем выше его значение, тем более равномерным является распределение микроорганизмов.

Таблица 23 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Simpson 1-D	0,4698	0,5723	0,8333	0,8452
Shanon_H	1,34	1,369	2,315	2,327
Chao-1	61	63	63	65

По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, что описывается тремя индексами альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что использование пробиотических препаратов в кормлении птицы позволило увеличить разнообразие микрофлоры кишечника птицы, работа которого находится в прямой зависимости от показателей продуктивности и минерального обмена.

При проведении анализа корреляционных взаимосвязей между накоплением химических элементов в расчете на гол/мол.м./сут, при добавлении в корма цыплятам-бройлерам бифидобактерина – было установлено, что существует значимая корреляция таксона *Lactobacillus* с пулами таких элементов, как Mn ($r=0,63$), Hg ($r=0,54$) и Co ($r=0,81$); а также таксона *Ruminococcus* с Mn ($r=0,52$) и Co ($r=0,67$); таксона *Alistipes* – с Co ($r=0,53$) (рисунок 10).

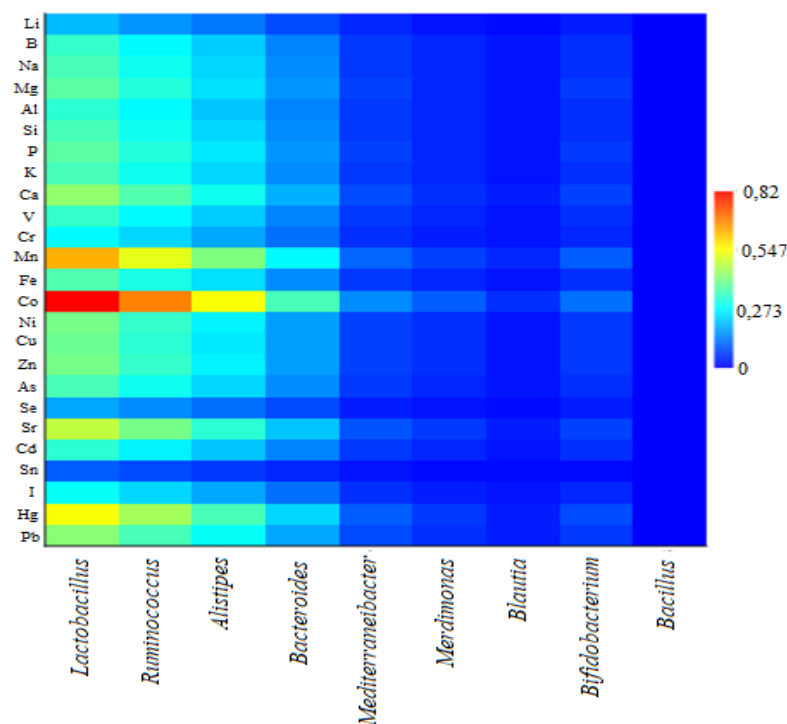


Рисунок 10. – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче «Соя-бифидум»

Дача споробактерина (рисунок 11) сопровождалась проявлением корреляции таксона *Lactobacillus* с пулом Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$), Hg ($r=0,57$) Co ($r=0,87$); таксона *Ruminococcus* с Co ($r=0,62$).

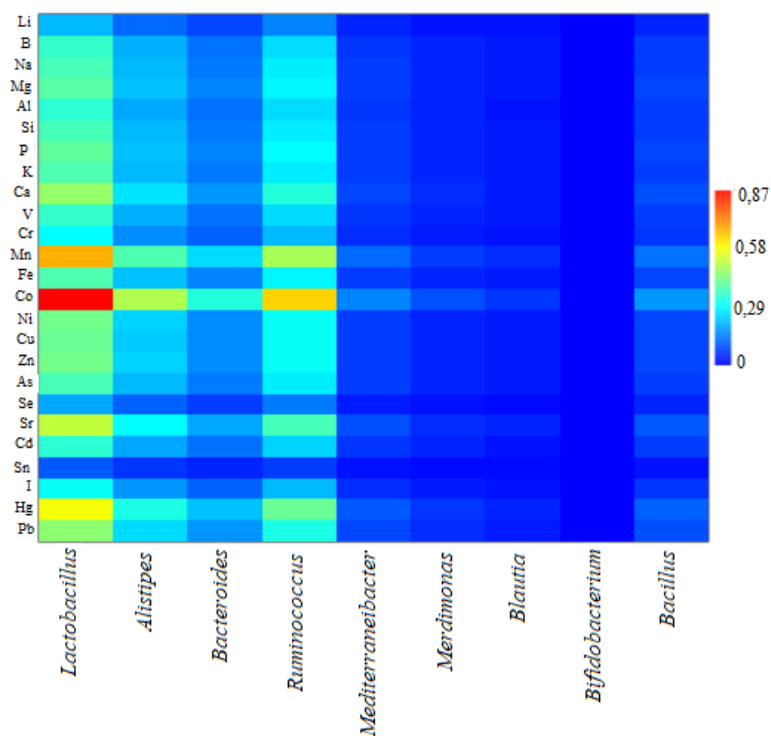


Рисунок 11. – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче споробактерина

Была выявлена значимая корреляция таксона *Lactobacillus* в кишечнике цыплят I контрольной группы (рисунок 12) с пулом в организме B ($r=0,54$), Na ($r=0,57$), Mg ($r=0,61$), Al ($r=0,53$), Si ($r=0,57$), P ($r=0,61$), K ($r=0,58$), V ($r=0,54$), Fe ($r=0,595859679$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,65$), Cu ($r=0,64$), Zn ($r=0,65$), As ($r=0,57$), Cd ($r=0,52$), Sn ($r=0,16$), Pb ($r=0,69$); Ca ($r=0,71$), Mn ($r=0,96$), Sr ($r=0,79$), Hg ($r=0,89$). Численность таксона *Ruminococcus* в K_1 прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,56$).

Во II контрольной группе (рисунок 13) численность рода *Lactobacillus* коррелировала с накоплением Co ($r=0,87$), Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$) и Hg ($r=0,57$), численность *Ruminococcus* – с Co ($r=0,73$) и Mn ($r=0,56$).

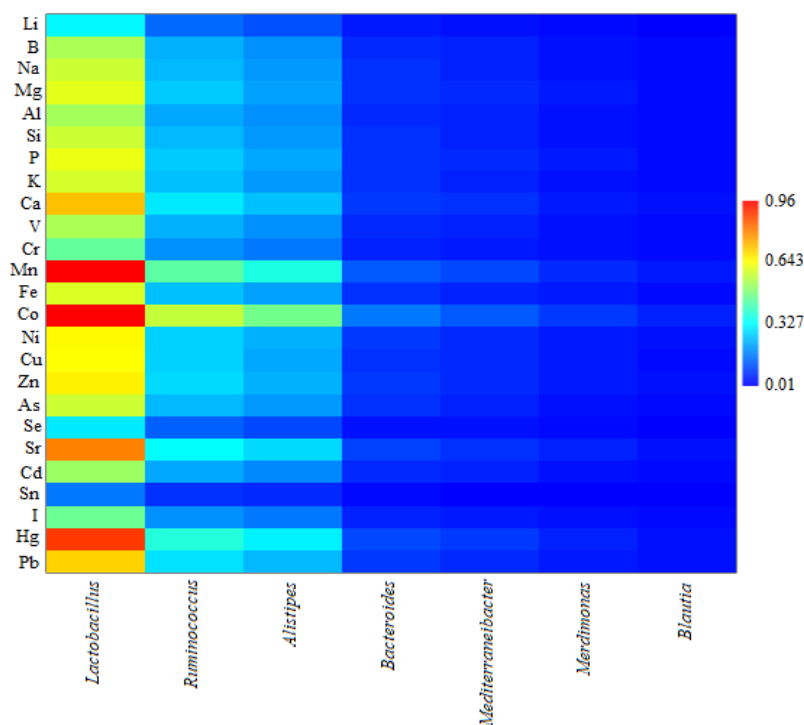


Рисунок 12 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов в I контрольной группе

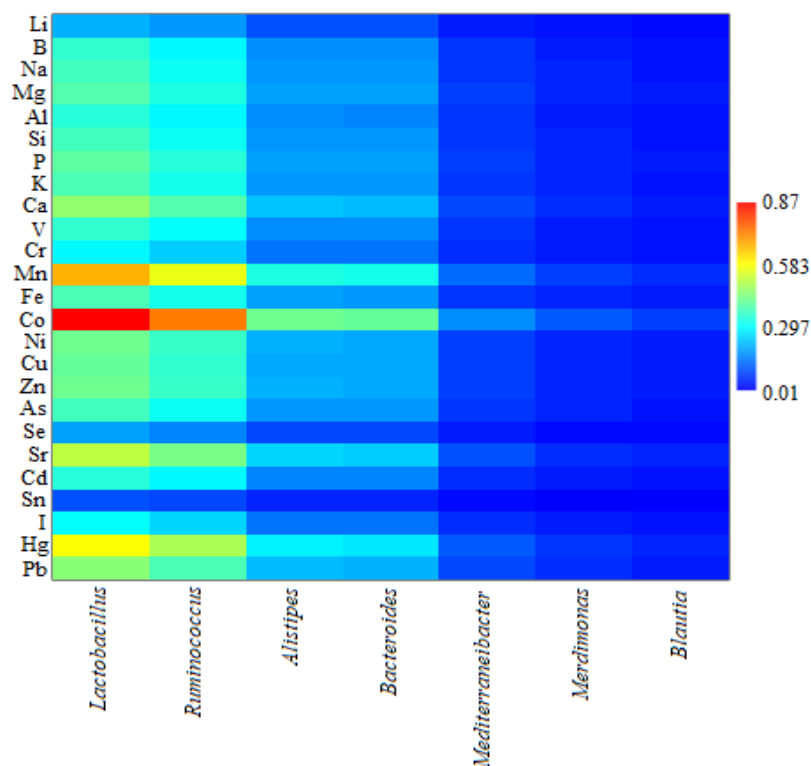


Рисунок 13 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов во II контрольной группе.

Внесение пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) в корма птице в эксперименте вело к повышению содержания представителей *Rikenellaceae*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*. Удельная доля *Bacillaceae* в кишечнике птицы II опытной группы составила 6,2 %, в контролях же не превышала 0,1 %.

В ходе исследований представители условно-патогенных и патогенных микроорганизмов не обнаруживались или были крайне малочисленны.

В ходе нашего исследования, в слепом отделе кишечника бройлеров доминировали представители филумов *Bacteroidetes* и *Firmicutes*, играющих важную роль в формировании нормофлоры и поддержания здоровья кишечника.

3.2.1.8 Резюме по итогам эксперимента

По результатам проведенного эксперимента, изучив эффективность введения в опытные рационы пробиотических препаратов, выявлено, что дополнительное включение последних в опытные рационы не привело к падежу птицы. Дефицит микроэлементов сопровождался незначительным снижением живой массы.

Использование пробиотических препаратов в кормлении птицы позволило увеличить разнообразие микрофлоры кишечника птицы, работа которого находится в прямой зависимости от показателей продуктивности и минерального обмена.

Введение пробиотического препарата «Соя-бифидум» по сравнению с К₂ позволило уменьшить потери. При этом можно выделить группу химических элементов, потери которых находились в одном диапазоне и уменьшались на 12,9-20,5 % (магний, железо, кобальт, медь и цинк).

Скармливание цыплятам-бройлерам препарата *B. subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма, в отличие от *B. longum*. При этом опосредовано пул марганца в организме цыплят коррелирует с численностью *Lactobacillus*, пул кобальта – с численностью *Lactobacillus* и *Ruminococcus* в кишечнике птицы.

3.2.2 Результаты исследований по оценке влияния пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) на обмен веществ в организме

3.2.2.1 Динамика живой массы

Исследования по изучению пробиотических препаратов проводили в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) Оренбургского государственного университета. По принципу аналогов были отобраны 30 крыс-самцов линии *Wistar* в возрасте 4-х месяцев, идентичных по массе (от 180 г до 250 г).

Дача пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) обусловила специфичность динамики живой массы в I и II опытных группах (рисунок 14).

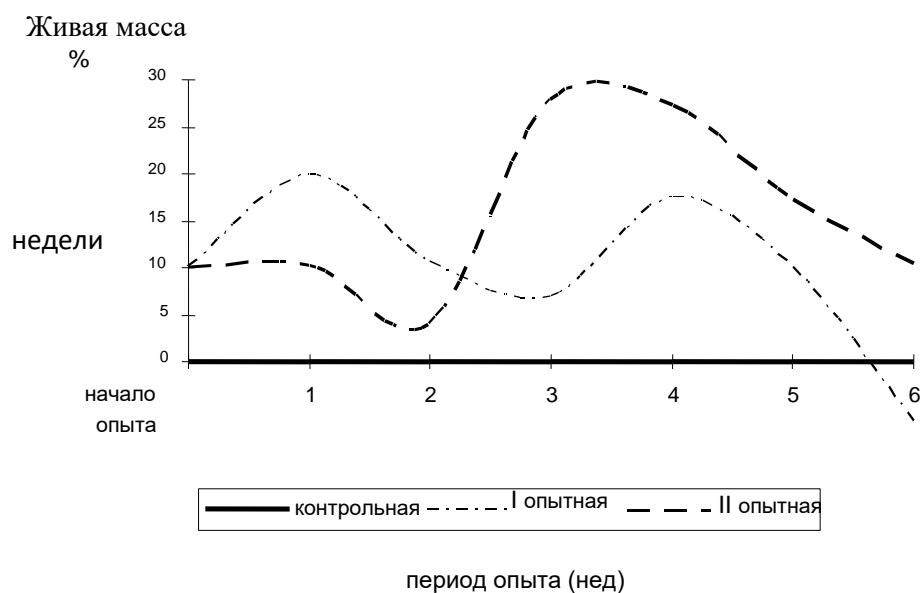


Рисунок 14 – Динамика разницы по живой массе между контрольной и опытными группами

После 7 суток применения увеличение живой массы составило 6,8 % ($p < 0,05$), и на 21 сутки 17,4 %. Однако, далее живая масса не имела достоверных различий с контролем. После 4 недель эксперимента различия не превышали 0,95 %. При этом по окончании учетного периода живая масса в I опытной группы снижалась на 6,4 % ($p < 0,05$), по сравнению с контролем.

Вышеприведенная динамика была характерна и для групп, получавших Соя-бифидум. Так, после 7 суток эксперимента, живая масса в опытной группе была на 10,1 % ($p < 0,01$) выше контроля. После 14 суток эксперимента увеличение живой массы было статистически незначимым и не превышало 4,0 %, по сравнению с контролем. В последующем происходит достоверное увеличение массы II опытной группы: 3 неделя – на 27,8 % ($p < 0,001$); 4 неделя – на 9,6 % ($P < 0,05$); 5 неделя – на 8,1 % ($p < 0,05$), по сравнению с контролем.

Сравнительный анализ динамики живой массы в опытных группах позволяет обнаружить, что начиная с начала опыта и по 2 неделю эксперимента происходит относительное снижение живой массы во II опытной группе, причем в первую неделю даже достоверное на 8,2% ($p < 0,05$). Тогда как в последующие четыре недели, особи II опытной группы превосходили сверстников из I опытной по данному показателю на 8,9 %, 9,9 %, 7,1 %, 5,4 % ($p < 0,05$), соответственно.

В нашем случае дача пробиотиков была сопряжена со специфическим возмещением в динамике приростов живой массы опытных особей. При этом наиболее выраженными эти изменения были во II опытной группе, что выражалось в большей амплитуде колебаний величины приростов.

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что включение споробактерина и соя-бифидум в рацион сопровождается изменениями в динамике роста, что предполагает и определение интерьерных изменений.

3.2.2.2 Минеральный обмен в организме

Оценка элементного состава используемого рациона, выявила крайне низкое содержание отдельных макро- и микроэлементов, от 10 до 150 раз меньше в сравнении с рекомендациями по нормированию питания лабораторных животных (таблица 24, приложение 9).

Таблица 24 – Элементный состав химуса (контроль), мкг/г (M±m)

Элемент	До кормления	Время после кормления, часов		
		4	6	8
Ca	161,0±24,0	97,8±9,8	129,0±13,0	96,2±9,6
Co	0,03±0,009	0,02±0,003	0,03±0,005	0,03±0,004
Cr	0,63±0,1	0,10±0,012	0,36±0,04	0,39±0,047
Cu	6,38±1,0	1,38±0,1	1,97±0,2	1,77±0,2
Fe	45,5±13,6	8,06±2,0	12,2±2,4	22,2±4,4
Mn	3,01±0,5	2,81±0,3	6,51±0,7	3,09±0,3
P	470,0±117,0	434,0±65,0	606,0±91,0	643,0±97,0
Zn	9,11±1,4	7,29±0,7	7,16±0,7	5,89±0,6

Условия используемой диеты предопределили значительную величину видимых эндогенных потерь химических элементов из организма.

В ходе опыта было получено, что введение культуры *Bifidobacterium longum* сопровождалось селективным снижением потерь химических элементов (таблица 25).

Таблица 25 – Величина потерь химических элементов из организма (контроль), (M±m)

Химический элемент	Группа			
	контрольная		I опытная	
	содержание в тканях тела на момент завершения опыта	потери за период опыта	содержание в тканях тела на момент завершения опыта	потери за период опыта
Ca, мг	1578±170,4	567	1640±95,1	505
P, мг	1175±58,4	522	1382±10,5**	315
Cu, мкг	188±3,1	163	243±9,4***	108
Zn, мкг	7007±205	2070	8074±314*	1003
Pb, мкг	9,4±0,1	2,1	8,1±0,4*	3,4

Примечание: * p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001

В частности, по окончании опыта, содержание кальция в тканях тела II группы превышало аналогичный показатель в I группе на 3,9 %, фосфора на 17,6 % ($P \leq 0,01$), меди на 29,3 % ($P \leq 0,001$), цинка на 15,2 % ($P \leq 0,05$). Исключением являлся только свинец, его уровень в тканях тела II группы, напротив, снизился относительно контроля на 13,8 % ($P \leq 0,05$).

Таким образом, не полное всасывание в кишечнике эндогенных веществ, флюктуирующих из крови, и привело к обеднению внутренней среды эссенциальными элементами.

3.2.2.3 Гематологические показатели крови

По биохимическим показателям сыворотки крови можно определить адаптационные возможности организма, при дополнительном включении в рацион пробиотических препаратов. Со стороны отдельных биохимических показателей экспериментальных групп имели место изменения: близкие или выходящие за пределы физиологических колебаний. В частности, уровень амилазы во II опытной группе достоверно снижается на 8 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, в I опытной – увеличивается на 2 %, но различия были статистически незначимы (таблица 26).

Уровень креатинина в опытных группах в сравнении с контролем снижался на 9 %, соответственно, однако во II опытной группе изменения были достоверными. По показателям общего белка изменения были незначительные и в абсолютном значении составили: во II группе 87,2 г/л и в I - 80,5 г/л, соответственно. Показатель мочевины достоверно повысился во II опытной группе на 88 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, в I группе изменения были недостоверными.

Таблица 26 – Биохимические показатели сыворотки крови

Показатель	Группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Амилаза (Ед/л)	446,7±98,4	457,1±21,9	412,1±32,5*
Креатинин (Мк Моль/л)	105,7±9,5	96,1±2,6	95,8±3,15*
Общий белок (г/л)	83,7±4,8	80,5±1,87	87,2±4,9
Мочевина (ммоль/л)	7,9±0,48	7,38±0,62	14,9±7,67*
Глюкоза (ммоль/г)	4,8±1,5	3,7±0,79	3,39±0,64
Холестерин (моль/л)	1,5±0,22	1,7±0,18	1,35±0,12*
Триглицериды (моль/л)	1,34±0,07	1,15±0,1	1,13±0,09

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$

Показатель содержания глюкозы изменялся: в I опытной группе снизился относительно контрольной группы на 22 % и во II опытной группе – на 29 %.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что уровень триглицеридов в плазме крови I опытной группы был ниже на 14 %, относительно контроля, во II группе наблюдалась схожая картина – снижение на 15 %, однако изменения были недостоверными.

Небольшое снижение уровня триглицеридов крови в наших опытах может быть связано с тем, что данный показатель может значительно изменяться в течение дня, и т.к. прием пищи был за долгое время до убоя лабораторных животных, то содержание триглицеридов в их сыворотке крови может быть ниже исходного уровня.

Уровень общего холестерина на всем протяжении периода был относительно стабильным и приближен к контрольным значениям. Данный показатель в плазме крови лабораторных животных достоверно снижался в группе с дополнительным введением пробиотического препарата – соя-бифидума на 10 % ($p < 0,05$) и повышался в группе, где в рацион вводили споробактерин, на 14 % ($p < 0,05$) относительно контрольной группы.

Таким образом, включение пробиотических препаратов в рацион животных изменяет их физиологический статус, путем вариации углеводного и липидного обмена в организме. По результатам наших исследований пробиотические препараты вызывали разнонаправленные эффекты на липидный обмен подопытных животных. Изменения уровней триглицеридов и холестерина в крови может подтверждать изменения в липидных обменных процессах. Это, видимо, связано с изменениями функции печени, следствием чего являются изменения секреции липопротеинов печени в плазме, а также биосинтеза холестерина в печени из ацетил-КоА.

Дополнительное введение пробиотических препаратов, в рацион животных, привело к изменениям морфологических показателей крови (таблица 27).

Таблица 27 – Морфологические показатели крови

Показатель	Группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Лейкоциты $10^{12}/л$	6,2±1,1	9,29±2,3	4,75±0,89*
Гематокрит %	30,5±3,6	37,03±1,7	31,6±1,72
Средний V эритроцитов, $мкм^3$	53,9±1,3	55,4±0,56	52,7±0,48
Эритроциты $10^{12}/л$	5,65±0,64	6,68±0,26	5,97±0,29
Гемоглобин г/л	114,7±11,97	141,6±5,3*	120,8±6,15
Тромбоциты $10^{12}/л$	149,7±41,4	330,3±65,9*	144,3±25,9
Лимфоциты $10^{12}/л$	7,5±2,1	7,4±2,3	8,0±3,1

Примечание: * – $P<0,05$, ** – $P<0,01$

Лимфоциты, участвующие в формировании иммунного ответа, оказались в пределах физиологической нормы: так в I опытной группе содержание лимфоцитов в абсолютном значении составили $7,4 \times 10^{12}$ кл/л, во II опытной группе – 8×10^{12} кл/л, в контрольной группе значение лимфоцитов составило $7,5 \times 10^{12}$ кл/л.

Уровень лейкоцитов в I опытной группе превысил контроль на 49,0 %, во II опытной группе наблюдалось достоверное снижение последнего на 23,0 % ($p \leq 0,05$). Следует отметить, что в I опытной группе отмечалось небольшое превышение уровня лейкоцитов по отношению к физиологической норме.

Из всех морфологических показателей значимым изменениям подверглись гемоглобин и тромбоциты в I опытной группе. Так, уровень гемоглобина I опытной группы достоверно превысил контроль на 23,0 % ($p \leq 0,05$), во II опытной группе уровень гемоглобина находился в пределах нормы, что в абсолютном значении составил 120,8 г/л. Содержание тромбоцитов в I опытной группе также достоверно превысило показатель контрольной группы в 2,0 раза ($p \leq 0,05$), во II опытной группе содержание находилось в пределах нормы, что составило $144,3 \times 10^{12}$ кл/л. По остальным показателям: гематокрит, средний объем эритроцитов, эритроциты – все находилось в пределах физиологической нормы и явных изменений в сравнении с контрольной группой не наблюдалось.

Таким образом, результаты эксперимента показали, что дополнительное введение пробиотических препаратов в рацион экспериментальных животных приводит к неоднозначной реакции живого организма, введение споробактерина приводит к увеличению содержания лейкоцитов, гемоглобина и тромбоцитов, что возможно указывает на наличие воспалительного процесса в организме подопытных животных.

3.2.2.4 Резюме по итогам эксперимента

Понимание механизмов обмена химических элементов в организме птицы во многом становится возможным благодаря детальному изучению компонента эндогенных потерь. Необходимость в последнем определяется особым селективным характером эндогенного обмена в ходе энтерального гомеостаза.

Дача пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) была сопряжена со специфическим возмещением в динамике приростов живой массы опытных особей.

Оценка элементного состава используемого рациона определило, что неполное всасывание в кишечнике эндогенных веществ, флюктуирующих из крови, и привело к обеднению внутренней среды эссенциальными элементами.

Дополнительное введение пробиотических препаратов в рацион экспериментальным животным приводит к неоднозначной реакции живого организма, так введение споробактерина сопряжено с увеличением содержания лейкоцитов, гемоглобина и тромбоцитов.

3.2.3. Изучение влияния пищевых волокон на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров

3.2.3.1 Корма и кормление подопытной птицы

Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления: I контрольная группа находилась на опытном рационе (K_1), II контрольная на опытном рационе, дефицитном по микроэлементам (K_2). Опытным группам дополнительно в рацион вводились пищевые волокна: I опытной – микрокристаллическая целлюлоза (E460) в дозировке 0,25 г/кг корма, II – лактулоза в дозировке 1,0 г/кг корма, III – хитозан пищевой в дозировке 0,5 г/кг корма (приложение 8).

Поедаемость корма в I опытной группе за весь период опыта составила 3225,2 г/голову, максимально превысив K_1 на 6,28 % и K_2 на 2,79 %. Во II и III опытных группах отмечалось снижение поедаемости в абсолютном значении до 3146,8 и 3126,4 г, соответственно. Сохранность птицы при введении пищевых волокон и в контроле составила 100 %.

3.2.3.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Добавление пищевых волокон в корма цыплятам-бройлерам не оказывало статистически значимых изменений на динамику живой массы подопытной птицы (рисунок 15, 16).

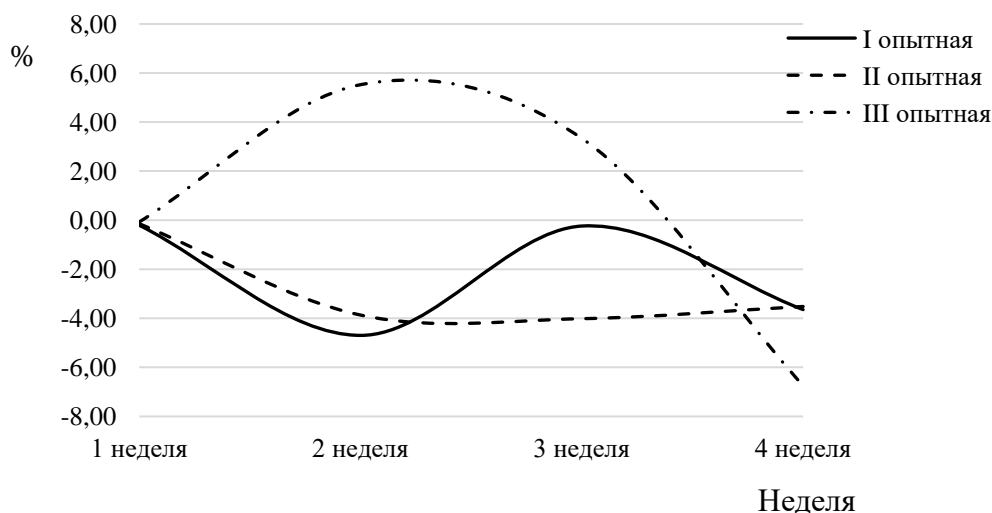


Рисунок 15 – Динамика разницы в живой массе между опытными группами цыплят-бройлеров и K_1 , %

При сравнении с K_1 на второй неделе эксперимента, выявлено увеличение живой массы в III опытной группе на 5,2 %, на третьей недели исследования схожая картина, а именно увеличение на 3,23 %, к концу экспериментального исследования отмечено незначительное снижение живой массы на 6,75 %.

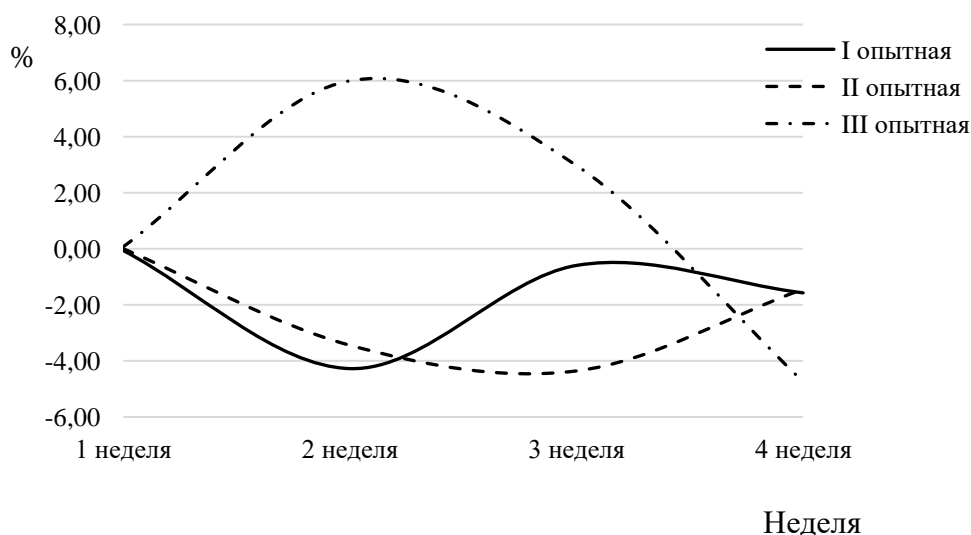


Рисунок 16 – Динамика разницы в живой массе между опытными группами цыплят-бройлеров и K_2 , %

Птица во II опытной группе уступали в живой массе аналогам из II контрольной группы на 1,44 %. Максимальное снижение живой массы было выявлено в III опытной группе, когда в корма птице вводили хитозан –на

4,74 % относительно II контрольной группы. Сравнивая результаты, полученные в опытных группах, укажем на то, что повышение живой массы выявлено в группе, дополнительно получавшей целлюлозу.

3.2.3.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Для объективной оценки физиологического состояния обменных процессов в организме сельскохозяйственной птицы используют метод анализа крови, которая непосредственно принимает основное участие в специфических и неспецифических реакциях организма, влияет на резистентность и реактивность. Кровь, кроме всего прочего, характеризует состояние гомеостаза внутренней среды организма, который обеспечивает жизнедеятельность клеток и тканей. В нашем исследовании мы оценивали состояние крови, которая характеризует обмен веществ и защитные функции организма цыплят-бройлеров, при дополнительном включении в рацион пищевых волокон в виде целлюлозы, лактулозы и хитозана (рисунок 17-18).

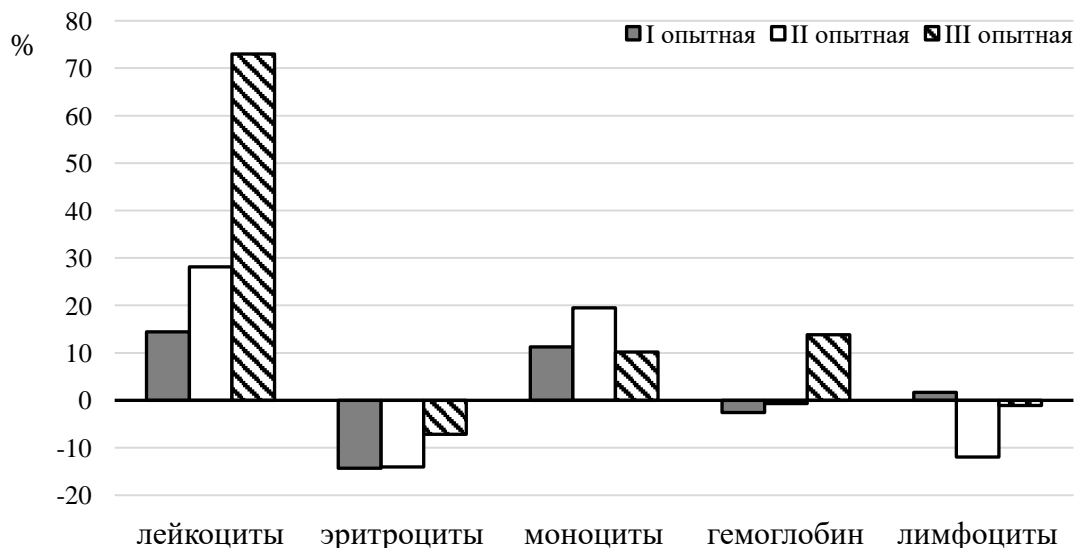


Рисунок 17 – Динамика морфологических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

Основная роль в защите организма цыплят-бройлеров отводится лейкоцитам. По результатам исследования, нами получено достоверное увеличение уровня лейкоцитов во II и III опытных группах на 21,9 и на 42,2 % ($p \leq 0,05$), соответственно, относительно K_1 . В III опытной группе также выявлено достоверное увеличение лейкоцитов на 27,7 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с K_2 .

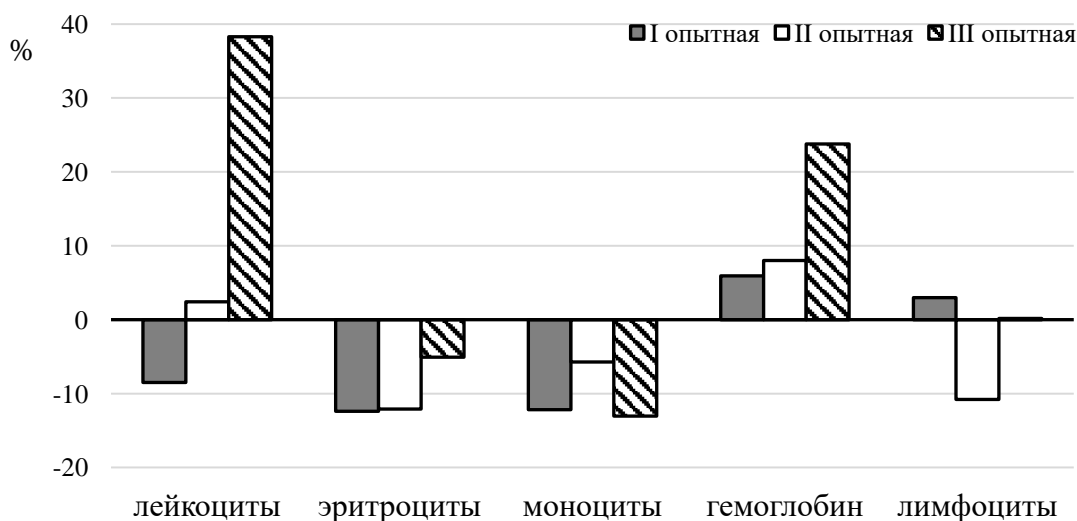


Рисунок 18 – Динамика морфологических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

В наших исследованиях уровень эритроцитов в опытных группах был снижен в абсолютном значении с $3,63 \times 10^{12}/л$ до $3,11 \times 10^{12}/л$, однако изменения были недостоверными. Содержание гемоглобина на конец эксперимента был незначительно снижен на 0,70-2,58 % в I и II опытных группах по сравнению с K_1 . По отношению к K_2 содержание гемоглобина в I и II опытных группах превысило K_2 , но без достоверных различий. В III опытной группе наблюдается достоверное превышение последнего на 19,2 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с K_2 . Установленное снижение и повышение гемоглобина происходило в пределах физиологической нормы.

Изучение показателей биохимического анализа сыворотки крови показало снижение уровня глюкозы во всех опытных группах, в абсолютном значении с 15,7 до 13,8 ммоль/л, однако достоверных различий не

наблюдалось (рисунок 19-22). По содержанию АЛТ отмечалось снижение этого показателя в I опытной группе в 1,85 раз ($p \leq 0,05$) и на 90%, по сравнению с K_1 и K_2 . Во II и III опытных группах выявлено достоверное повышение уровня АЛТ на 30,2% ($p \leq 0,05$) относительно K_1 , а также в 1,33 и 1,95 раз, соответственно, по отношению к K_2 . Снижение активности процессов катаболизма на фоне введения пищевых волокон указывает на то, что обнаруживается достоверное снижение показателей АСТ. Во II опытной группе фиксировалась аналогичная картина, а именно достоверное снижение АСТ относительно K_1 и K_2 . Уровень общего билирубина в I и II опытных группах был статистически значимо выше, чем в K_1 в 1,57 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,80 раз ($p \leq 0,05$), соответственно.

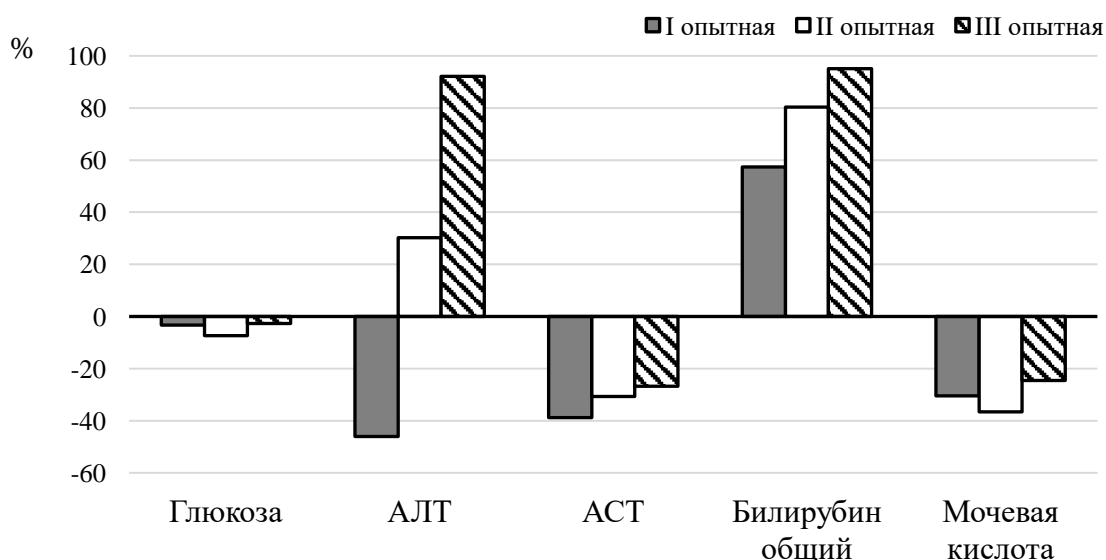


Рисунок 19. – Динамика биохимических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

По содержанию мочевой кислоты были выявлены также достоверные изменения, а точнее их снижение. Так в I и во II опытных группах достоверное снижение в 1,44 и в 1,58 раз ($p \leq 0,05$) относительно K_1 . А по сравнению с K_2 определено значимое уменьшение во всех опытных группах в абсолютном значении с 513,3 мкмоль/л до 300,2 мкмоль/л ($p \leq 0,05$), соответственно.

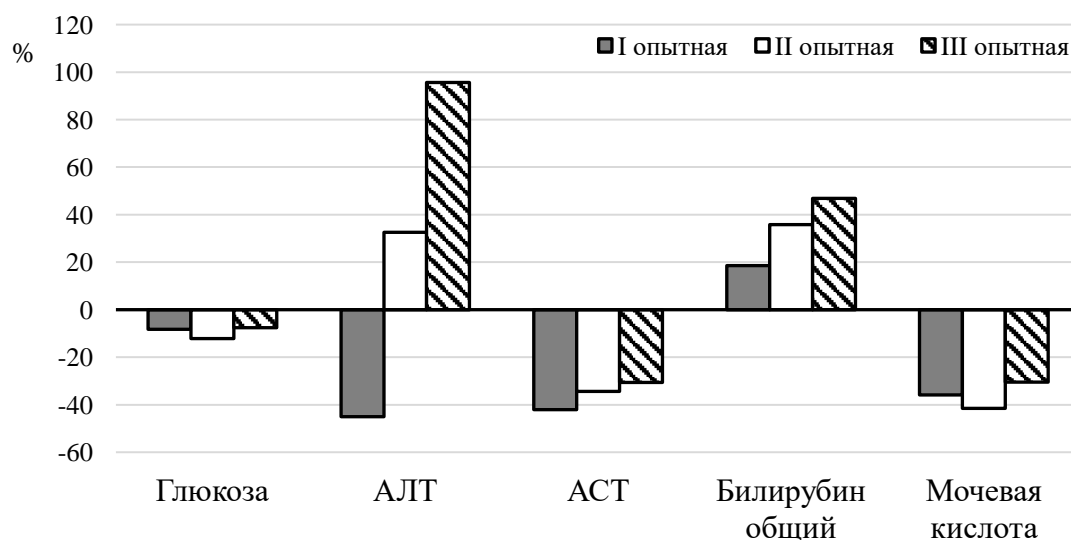


Рисунок 20 – Динамика биохимических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Роль белка в обмене веществ велика, в связи с этим чаще всего обращают внимание на его содержание в сыворотке крови. Концентрация общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров в опытных группах превысила K_1 и K_2 в среднем на 2,75-13,8 %. В III опытной группе отмечено повышение содержание белка в крови на 15,2 % ($p \leq 0,05$) при сравнении с K_1 .

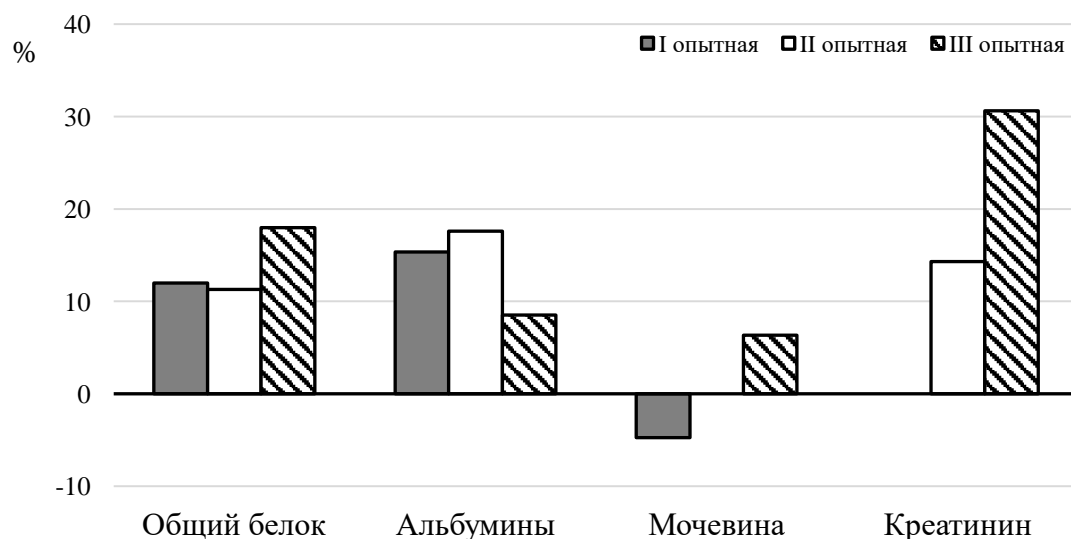


Рисунок 21 – Динамика биохимических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

Известно, что для альбуминов характерна пластическая функция, это подтверждается результатами наших исследований. Из опытных групп

наиболее высокой энергией роста в течение всего периода выращивания характеризовались цыплята II опытной группы.

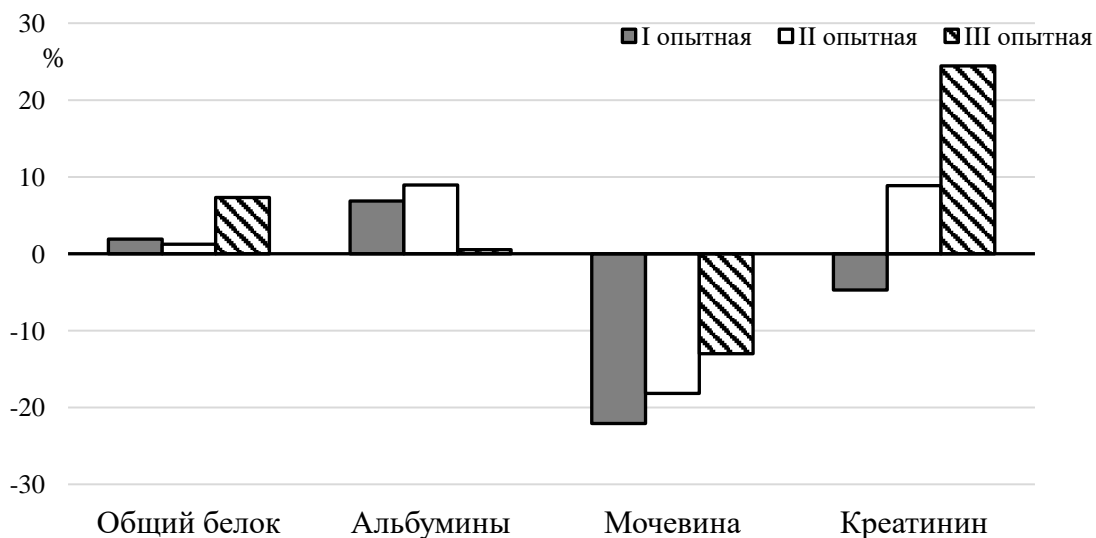


Рисунок 22 – Динамика биохимических показателей крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

В отношении содержания элементов в сыворотке крови исследуемой птицы отмечались следующие результаты (рисунок 23-24).

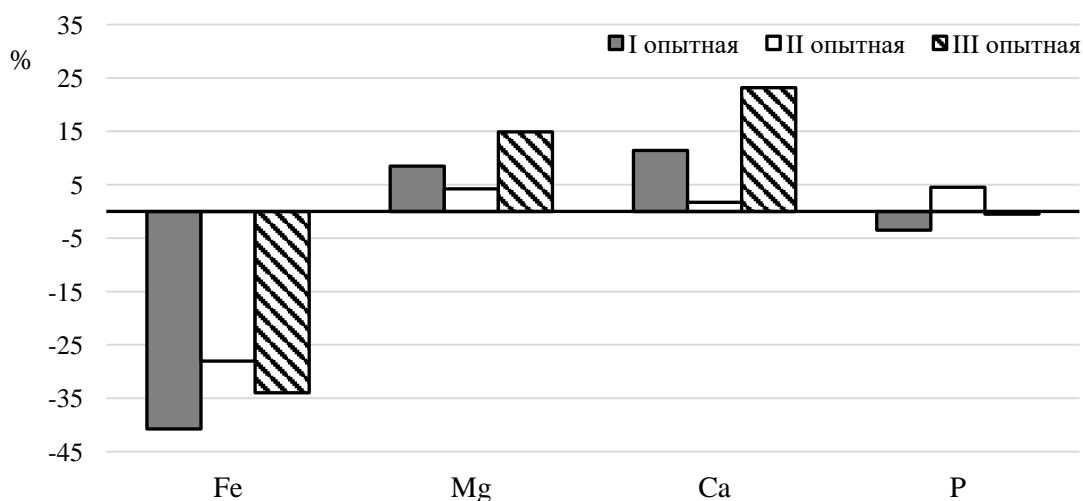


Рисунок 23 – Динамика содержания минеральных элементов в крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

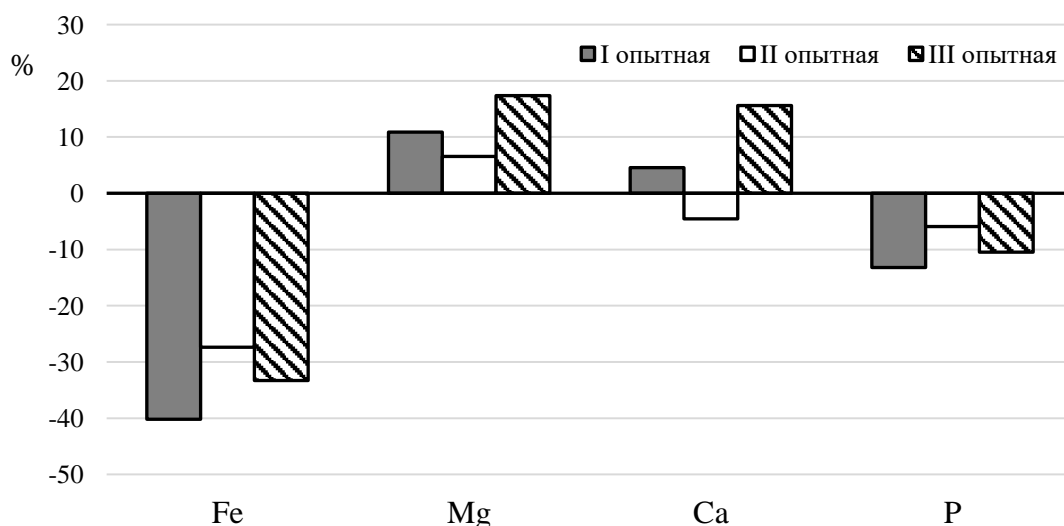


Рисунок 24 – Динамика содержания минеральных элементов в крови подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Уровень железа достоверно был снижен во всех опытных группах: в I опытной группе в 1,69 раз ($p \leq 0,05$), во II – в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) и в III – в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) относительно K_1 . По отношению к K_2 показатели железа также уменьшились: в I группе – в 1,67 раз ($p \leq 0,05$), во II и III опытных группах в 1,5 раза ($p \leq 0,05$).

3.2.3.4 Переваримость питательных веществ рационов

Цыплята-бройлеры опытных групп отличались наибольшим коэффициентом переваримости сухого вещества, который составил – 92,5%; 91,6 и 92,0 %, максимальный коэффициент отмечен в группе с дополнительным включением целлюлозы, в сравнении с первым контролем на 5,1 и на 3,9 %, без достоверных различий. Опытные группы также отличались наибольшим коэффициентом переваримости органического вещества, который составил 93,0; 91,6 и 92,5 %, в первой контрольной он составил 88,4 %, что ниже в сравнении с опытными группами на 4,62 %; 3,2 и на 4,1 %, соответственно. При сравнении со вторым контролем разница составила с I –

3,72 %, со II – 2,3 % и с III – 3,2 %, разница по показателям не достоверна (рисунок 25).

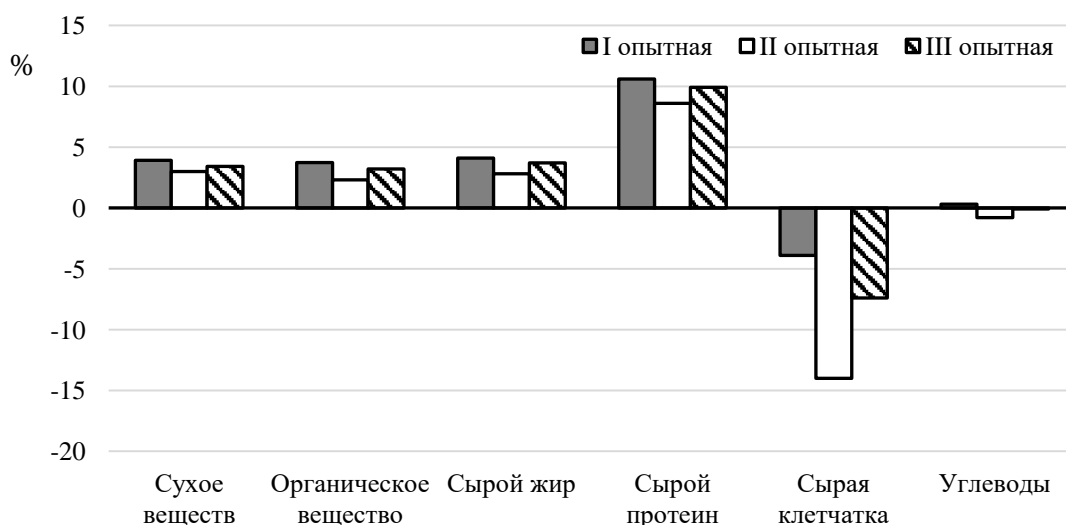


Рисунок 25 – Динамика переваримости питательных веществ рационов подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Коэффициент переваримости сырого жира аналогично был выше в опытных группах, различия с K_1 и K_2 составили 6,9 и 8,2 %, соответственно. Коэффициент переваримости сырого протеина в I опытной группе был выше первого контроля на 20 % ($p \leq 0,05$), во II – на 18,2 % ($p \leq 0,05$) и в III – на 19,4 % ($p \leq 0,05$).

Коэффициент переваримости сырой клетчатки при введении пищевых волокон превысил первый контроль на 30,9 % ($p \leq 0,001$); на 12,9 % ($p \leq 0,05$) и на 25,6 % ($p \leq 0,001$), соответственно; при сравнении со вторым контролем выявлено достоверное снижение во II опытной группе на 26,5 % ($p \leq 0,001$) и в III группе – на 14,0 % ($p \leq 0,05$).

3.2.3.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

3.2.3.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров

При достижении убойного возраста, чтобы изучить, как повлияло введение пищевых волокон на убойные качества опытной птицы, произвели контрольный убор (таблица 28).

Таблица 28 – Результаты контрольного убоя цыплят-бройлеров, (M+m)

Показатель	Группа				
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная	III опытная
Предубойная живая масса	2099,2±9,2	2068,2±6,3	2067,3±5,2	2030,0±8,0	2016,7±10,1
Потрошенная тушка	1499,2±5,3	1455,3±5,1	1550,9±6,2	1514,1±7,4	1504,9±7,1
Съедобная часть	1254,3±5,2	1219,3±3,8	1294,7±5,8	1264,6±3,9	1258,1±3,1
Убойный выход	71,4±0,74	70,4±1,18	75,0±0,7	74,6±0,9	74,6±2,4

Масса костной ткани в I опытной группе была на 4,61 %, во II – на 1,88 % и в III – на 0,78 % выше, относительно первой контрольной группы; при сравнении со вторым контролем, также отмечено повышение на 8,56 %; 5,72 и на 4,58 %, соответственно. Масса съедобной части, в опытных группах, в сравнении с контрольными группами в абсолютном значении с 1219,3 г до 2258,1 г., соответственно.

Убойный выход позволяет наиболее полно охарактеризовать убойные качества опытной птицы. Так, при введении пищевых волокон убойный выход у бройлеров составил 74,6-75,0 %, в I опытной группе он был выше на 3,6 % относительно первого контроля и на 4,6 %, в сравнении со вторым контролем.

3.2.3.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров

Известно, что пищевая ценность белка определяется аминокислотным составом и биологической доступностью аминокислот для синтеза белка в организме.

По результатам полученных данных видно, что показатели доступности аминокислот бройлеров при изучении добавления пищевых волокон в рацион в контроле было ниже, чем в опытных группах (рисунок 26, 27).

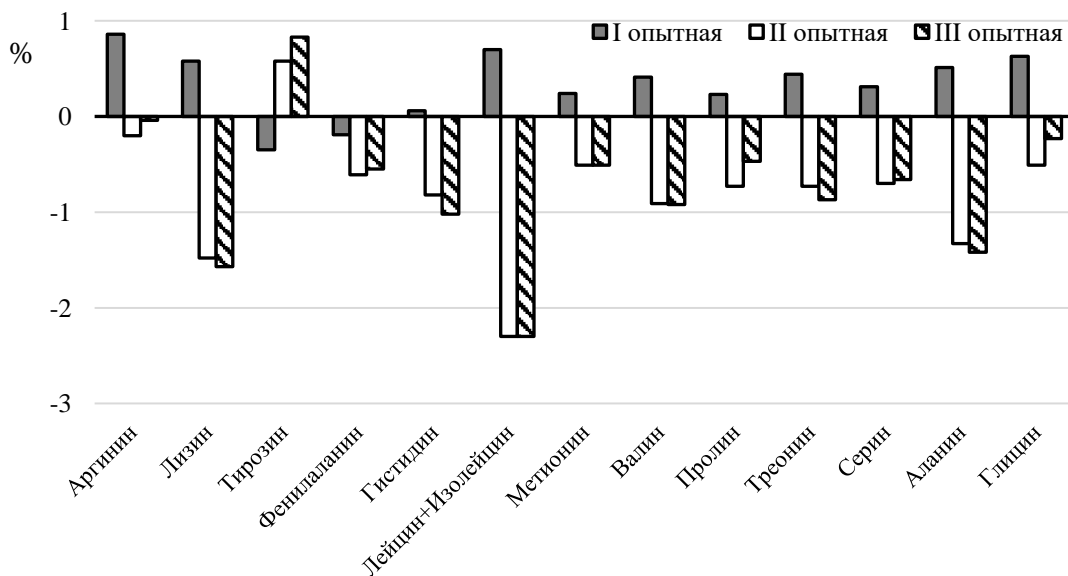


Рисунок 26 – Динамика аминокислотного состава мышц подопытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

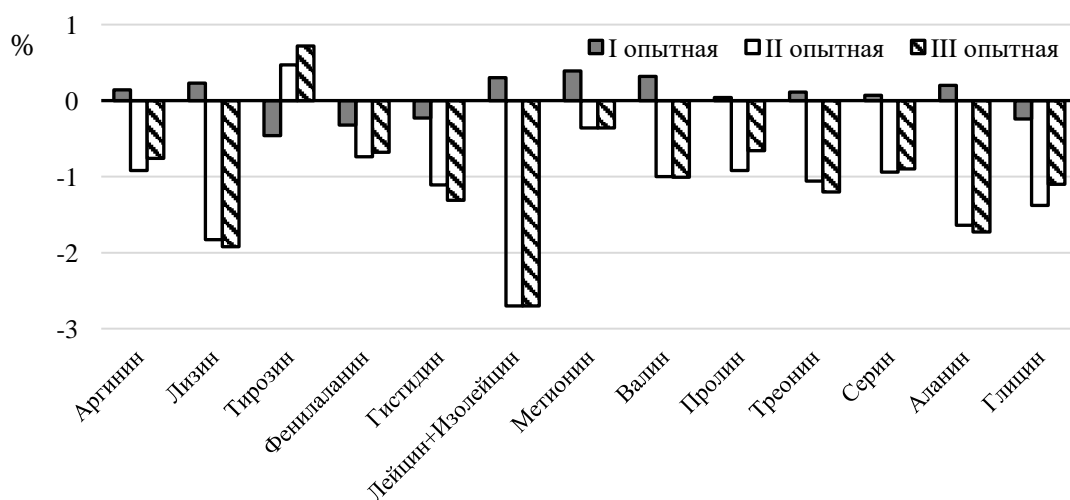


Рисунок 27 – Динамика аминокислотного состава мышц подопытных цыплят-бройлеров относительно К₂, %

Уровень аргинина в I опытной группе превысил первую контрольную группу на 13,8 % ($p \leq 0,05$). Показатели лизина, гистидина, лейцин+изолейцина и аланина достоверно превышали контрольные группы в среднем на 10,2-12,3 %, соответственно ($p \leq 0,05$). Содержание тирозина в опытных группах, в сравнении с первым контролем, было выше на 14,1 % и на 19,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Уровень фенилаланина, пролина, треонина и серина, напротив, были снижены по отношению к контрольным группам ($p \leq 0,05$). По результатам можно указать на факт накопления аминокислот при включении целлюлозы в полусинтетический рацион опытной птицы.

Добавление в корма пищевых волокон сопровождалось определенными изменениями в концентрации минералов в тканях и органах цыплят-бройлеров. Так, в мышечной ткани первой опытной группы, отмечено уменьшение содержания жира на 26,8 % ($p \leq 0,001$) по сравнению с группой К₁, на 16,0 % ($p \leq 0,001$) в сравнении со вторым контролем. В III опытной группе напротив – увеличение на 36,1 % ($p \leq 0,001$) по отношению к первому контролю и на 56,2 % ($p \leq 0,001$) в сравнении со вторым контролем.

В смешанной пробе тканей костной и центральной нервной системы схожая картина, так в I опытной группе отмечено снижение на 10,5 % и во II группе – на 9,8 %, относительно первого контроля, и на 19,7 % и на 19,0 % ($p \leq 0,01$), соответственно, в сравнении со вторым контролем, содержание золы также достоверно превысило контрольные группы.

В пробах внутренних органах отмечено увеличение в первой опытной группе уровня жира на 16,7 % ($p \leq 0,05$) и протеина на 20,1 % ($p \leq 0,05$) по отношению к первому контролю. В коже птицы II опытной группе отмечено достоверное увеличение уровня сухого вещества и жира, и снижение влаги, протеина и золы ($p \leq 0,05$).

Таким образом, дополнительное введение целлюлозы способствовало увеличению протеина в мышечной и костной ткани, и накоплению жира во внутренних органах, за счет введения целлюлозы и хитозана.

3.2.3.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы

Изучение влияния пищевых волокон на организм цыплят-бройлеров зафиксировало, что в конце учетного периода в I и II опытных группах показатель валовой энергии питательных веществ корма составил 40,61 МДж/гол и 39,62 МДж/гол, превысив первый контроль на 6,29 % и 3,95 %, соответственно; относительно второго контроля также произошло увеличение на 2,79 % и на 0,37 %, соответственно. В III опытной группе отмечено увеличение только в сравнении с первым контролем на 3,33 % (таблица 29).

Доступность валовой энергии для обмена была выше во всех опытных группах, максимальной отмечена в I опытной группе, превысив первый контроль на 17,3% и второй контроль на 9,36 %. Доля потери энергии с теплопродукцией была наибольшей в III опытной группе и составила 15,4%.

Таблица 29 – Баланс энергии в организме подопытной птицы, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
К ₁	38,41	6,10	31,36	7,01	23,96
К ₂	37,47	6,71	29,77	7,41	21,35
I опытная	40,61	3,35	37,25	13,65	23,60
II опытная	39,62	3,91	35,71	11,65	24,06
III опытная	39,36	3,47	35,89	15,35	20,55

Анализ межуточного обмена веществ показал, что чистая энергия продукции наибольшей была во II опытной группе, превысив первый контроль на 12,7 %, в I опытной группе наблюдалось также повышение на 9,19 % относительно первого контроля (таблица 30).

Таблица 30 – Особенности межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа				
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная	III опытная
Обменная энергия для поддержания, МДж/гол	12,3	12,1	12,5	12,4	12,8
Обменность ВЭ	89,6	87,6	91,8	90,1	91,2
КПИ ОЭ	0,54	0,59	0,59	0,59	0,44
Уровень питания	1,36	1,35	1,30	1,36	0,95
Коэффициент соответствия	0,043	0,042	0,031	0,035	0,025
Энерго-протеиновое отношение	0,378	0,382	0,397	0,395	0,396

Динамика коэффициента соответствия также была снижена по отношению к контрольным группам. По результатам экспериментальных исследований обменность валовой энергии в I группе составил 91,8%, во II – 90,1% и в III группе – 91,2 %.

Показатель трансформации протеина корма, в приросте массы тела, в опытных группах был выше, чем в контрольных группах, в среднем на 3,9-4,2 %, соответственно.

Коэффициент конверсии обменной энергии был увеличен при введении пищевых волокон, по сравнению с контролем. Наибольший коэффициент конверсии обменной энергии выявлен в III опытной группе (на 7,0 % и 5,89 %, по сравнению с K₁ и K₂, соответственно).

3.2.3.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Добавление пищевых волокон в корма способствовало повышению пула кальция в организме птицы I опытной группы на 18,9 % ($p \leq 0,05$), по сравнению с K₂. Пул кальция в организме III опытной группы, напротив, уменьшился на 50 % и 26,3 %, по сравнению с первой и второй контрольной группой, соответственно ($p \leq 0,05$). При введении хитозана отмечено уменьшение содержание макроэлементов (рисунок 28-33).

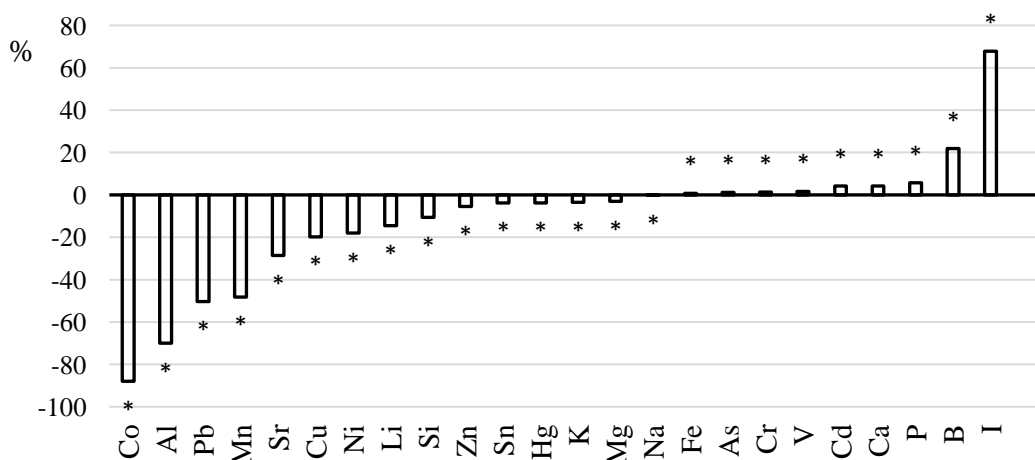


Рисунок 28 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с K₁, %

Добавление хитозана привело к повышению содержания лития в теле птицы (на 70 % ($p \leq 0,05$), относительно K_1). Содержание бора в III опытной группе было ниже в 2,19 раз ($p \leq 0,05$) и в 3,15 раз ($p \leq 0,05$), по сравнению с K_1 и K_2 , соответственно.

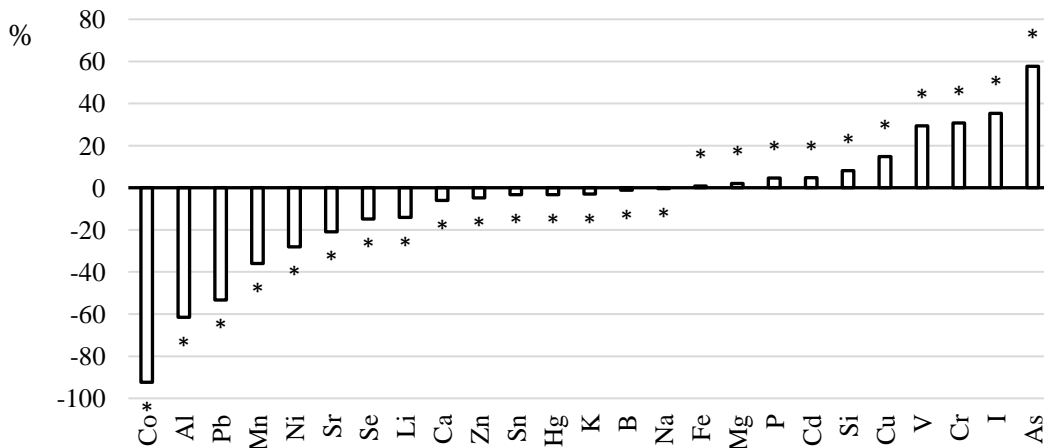


Рисунок 29 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с K_1 , %

По содержанию – концентрация марганца достоверно снижалась во всех опытных группах ($p \leq 0,05$): в I опытной группе в 1,86 раз, во II группе – в 1,50 раза и в III – в 1,77 раза, относительно K_1 . Схожая динамика отмечалась для кобальта.

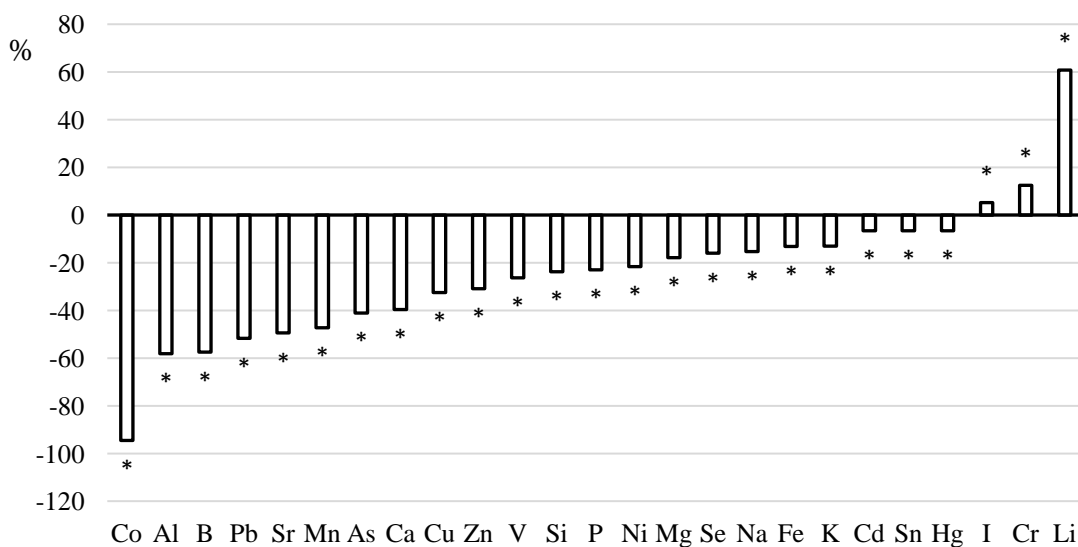


Рисунок 30 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров III опытной группы по сравнению с K_1 , %

В I опытной группе содержание селена было выше ($p \leq 0,05$) в 2,35 раз относительно K_1 , но в 1,74 раз ниже ($p \leq 0,05$) по отношению к K_2 . В I группе отмечали повышение содержания йода в 1,74 раз и в 1,5 раза ($p \leq 0,05$), по сравнению с K_1 и K_2 . Во II и III опытных группах выявлено достоверное снижение селена в 4,64 раз и в 4,55 раз ($p \leq 0,05$) по сравнению к K_2 . Концентрация As во II опытной группе была выше в 1,63 раз ($p \leq 0,05$), по сравнению с K_1 , а в III группе, напротив, его концентрация снизилась в 1,58 раз и в 2,0 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и K_2 .

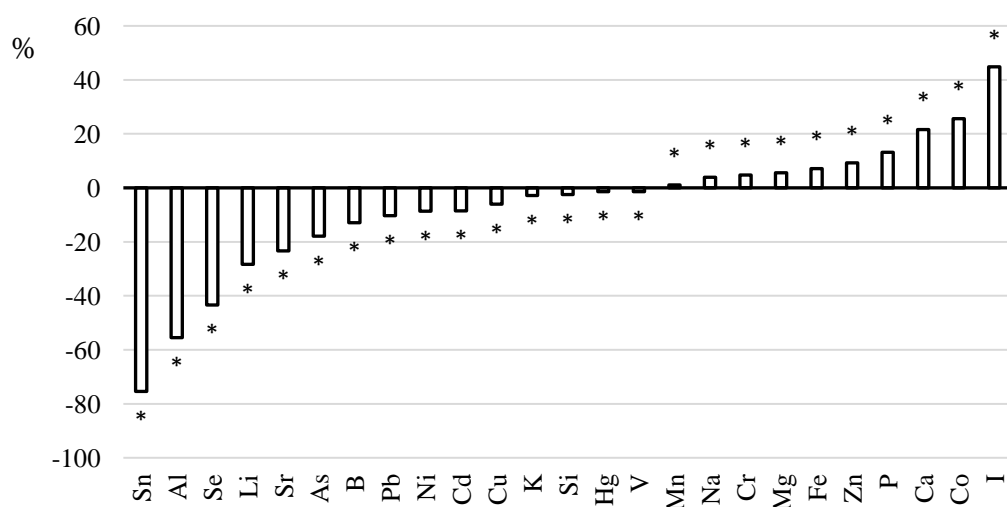


Рисунок 31 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с K_2 , %

Уровень железа в I и во II опытных группах в сравнении с K_1 был выше на 4,57 % и на 4,14 %, соответственно; при сравнении с K_2 отмечается схожая картина, а именно увеличение последнего на 8,02 % и на 7,61 %, соответственно. В III опытной группе выявлено снижение железа на 7,50 % и на 3,61 %. По содержанию меди, в теле исследуемой птицы, отмечено его снижение в I и в III опытных группах на 20,0 % и на 4,87 % в сравнении с K_1 , и на 4,87 % и на 20,8 % относительно K_2 . Показатель цинка в опытных группах относительно K_1 был ниже в абсолютном значении с 383,4 мг/кг до 283,6 мг/кг относительно K_2 , в I и во II опытных группах наблюдается его увеличение 9,76 % и на 9,96 %, соответственно, в III опытной группе выявлено уменьшение на 19,9 %.

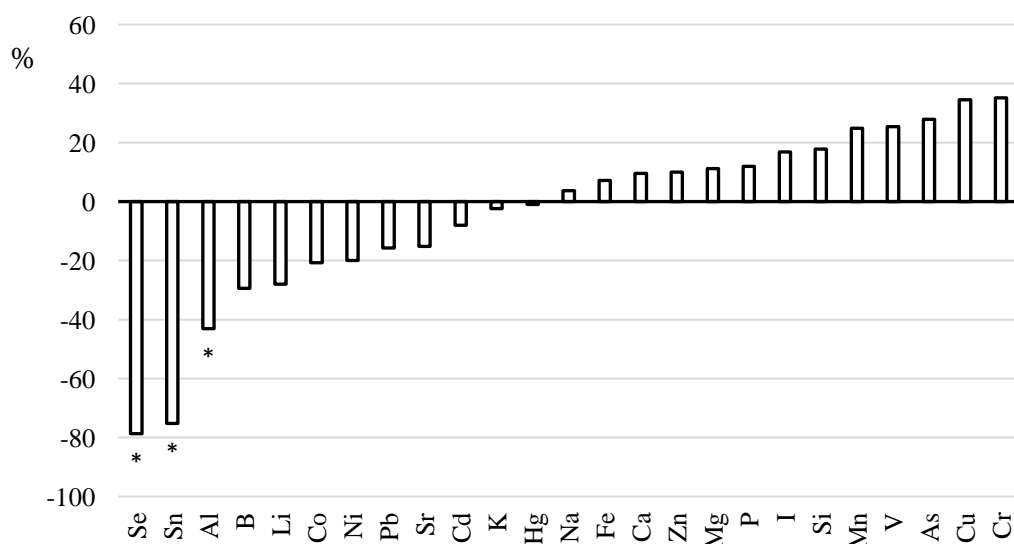


Рисунок 32 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с К₂, %

В нашем случае, введение пищевых волокон способствовало активному выведению токсичных элементов из тела исследуемой птицы (рисунок 33).

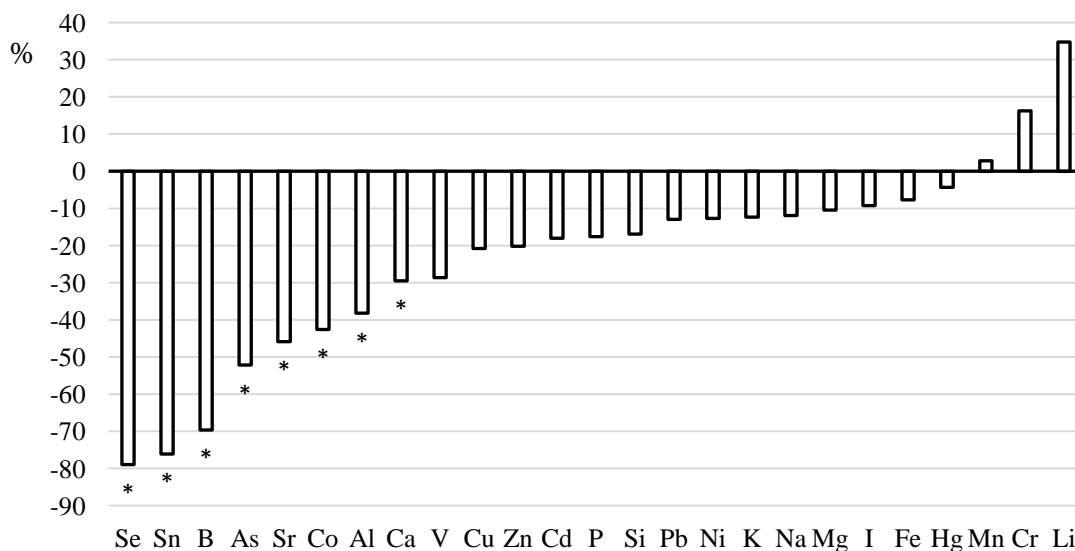


Рисунок 33 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров III опытной группы по сравнению с К₂, %

Содержание стронция в I и в III опытных группах достоверно снизилось на 25,7 % и на 45,9 % ($p \leq 0,05$), соответственно, относительно К₁. По отношению к К₂, аналогичным образом, было выявлено уменьшение стронция на 22,2 % и на 43,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Концентрация олова в опытных

группах была снижена в 4,0 раза ($p \leq 0,05$) относительно к K_2 , а уровень свинца уменьшился в 1,93 раз в I и III опытных группах, и в 2,07 раз ($p \leq 0,05$) по сравнению с K_1 , уровень алюминия в опытных группах был достоверно снижен, так в I опытной группе в 3,19 раз и в 2,22 раз ($p \leq 0,05$), соответственно, в сравнении с контрольными группами; во II группе – в 2,51 раз и в 1,74 раз ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и K_2 ; также в III группе - в 2,23 раза ($p \leq 0,05$) относительно к K_1 и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$) по сравнению с K_2 .

Разница содержания в общих пулах по Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Se представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению к группе K_2)

Элемент	Группа		
	I опытная	II опытная	III опытная
Mn	+2,6	+26,1	+7,5
Fe	+8,7	+8,2	-3,5
Co	+27,5	-20,0	-41,0
Cu	-4,65	+35,8	-17,2
Zn	+10,8	+11,1	-16,6
Se	-44,0	-78,3	-78,0

Полученные результаты показали разнонаправленное действие вносимых пищевых волокон на обмен оцениваемых химических элементов. Так, введение целлюлозы позволило уменьшить потери элементов, таких как марганец, железо, кобальт и цинк, в то время как пулы меди и селена напротив снижались. При внесении лактулозы увеличились потери кобальта и селена, а при введении хитозана – всех элементов, кроме марганца.

Таким образом, включение микрокристаллической целлюлозы, при сравнении с контролем, сопровождалось снижением эндогенных потерь, введение хитозана в полусинтетический рацион сопряжено со снижением

потерь Co, Cu, Zn. При сравнении с K₂ наблюдаем картину накопительного эффекта, в нашем случае лучшим образом влияла микрокристаллическая целлюлоза.

3.2.3.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пищевых волокон

Анализ результатов секвенирования образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров контрольных и опытных групп позволил определить, что выявленные ОТЕ можно отнести к 4 филумам: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. При этом, доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99% (рисунок 34а). Кроме того, были отмечены различия в содержании отдельных филумов. Так, если разница между контролями, в процентном содержании представителей филума *Firmicutes*, была незначительной, то в сравнении с опытными I и II группами разница составляла почти в 2 раза (1,7) в случае сравнения с K₁. Несмотря на то, что их соотношение различалось в зависимости от группы, разница не превышала 10%. Аналогичная ситуация наблюдается и с представителями филума *Bacteroidetes*. В опытных группах I и II наблюдается увеличение представителей данной таксономической категории в сравнении с контрольной группой K₁, разница составила 1,9 раз, разница между контролями и III опытной группой была минимальна.

Анализ микробиома на уровне родов показал значительные различия между группами (рисунок 34, б). Так, оценивая родовое разнообразие в контрольной группе K₁ и опытных группах, можно отметить различия в содержании отдельных представителей. Например, во всех группах, кроме III опытной, доминировали 3 рода: *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Alistipes*, однако их соотношение в группах различалось. Так, в группе K₁ содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем в K₂, при этом

количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось более чем в 5 раз.

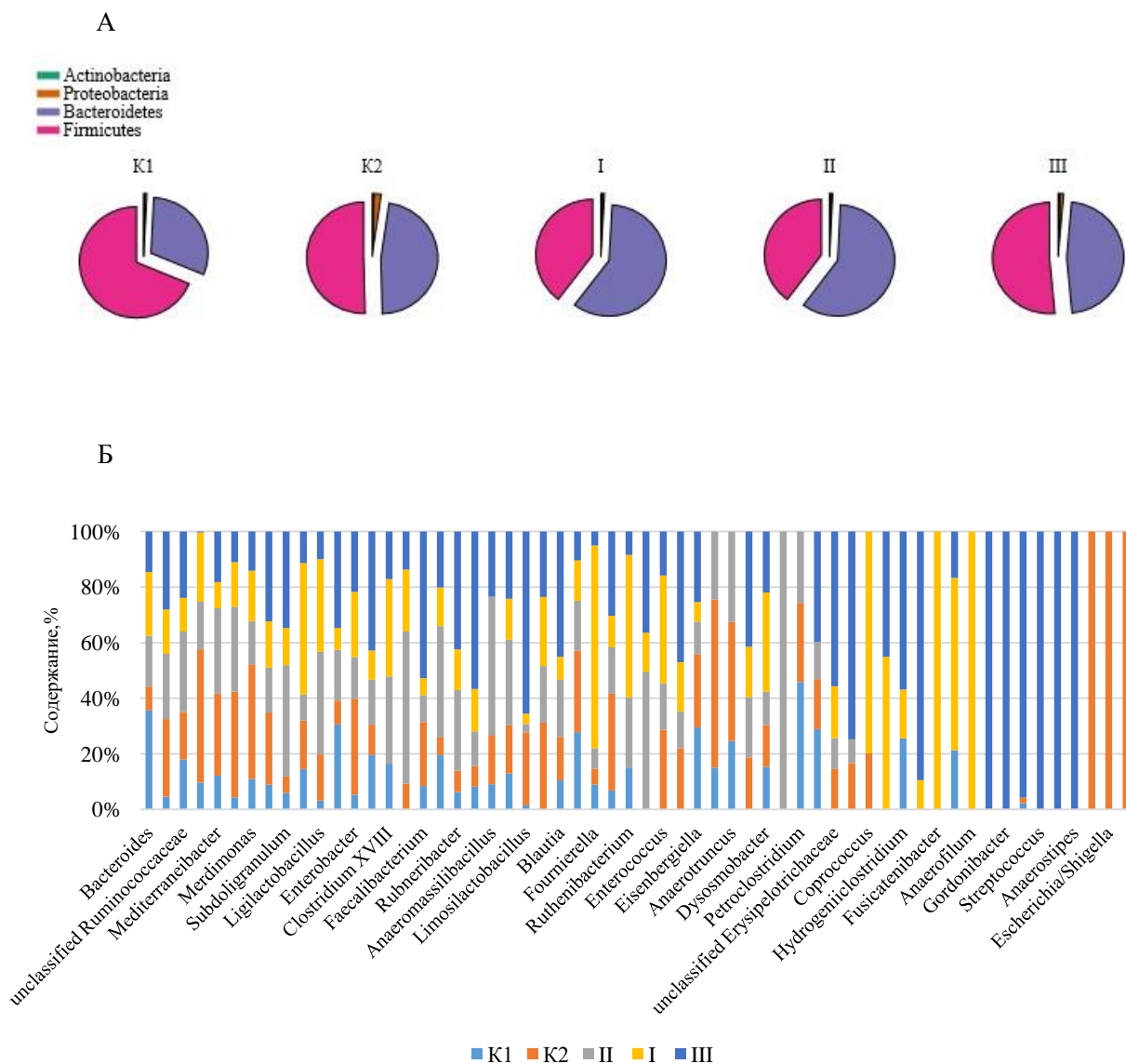


Рисунок 34 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении пищевых волокон

Сравнивая опытные группы с контролями, можно также увидеть тенденцию к увеличению представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* в сравнении с K_1 более чем в 3 раза, но количество представителей рода *Bacteroides* оставалось в 2-2,5 раза меньше, чем в K_1 , но выше в 2 раза, чем в K_2 . Численность таких родов, как *Mediterraneibacter*, *Merdimonas*, *unclassified Bacteroidaceae*, *Limosilactobacillus* составляла до 10% и варьировалась от 7,5% до 2%. Данные различия полностью объяснимы изменением рациона путем

добавления пищевых волокон, среди которых также наблюдаются различия в действии. В частности, происходит увеличение численности бактерий, способных утилизировать сложные углеводы и клетчатку. Особенно это заметно при добавлении целлюлозы.

В подтверждение этого, следует проанализировать данные расчетов коэффициентов разнообразия (таблица 32).

Таблица 32 – Индексы разнообразия микробных сообществ кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	группа				
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная	III опытная
Chao-1	61	63	74	70	69
Simpson_1-D	0,4698	0,7266	0,8452	0,7669	0,8329
Shannon_H	1,369	2,327	2,471	2,079	1,985

Расчет индекса Chao-1, демонстрирующего богатство бактериальной флоры, оказался максимальным в I опытной группе. При этом контрольная группа K₁ характеризуется относительной «бедностью» микрофлоры на фоне других опытных групп и группы K₂. В целом, добавление в рацион пищевых волокон благоприятно сказалось на структуре микрофлоры кишечника, поскольку значения индексов Chao-1 в II и III группах также выше, чем в контрольных. После расчетов индекса Chao-1 необходимо оценить равномерность их распределения, что позволит оценить, доминируют ли отдельные виды или все виды находятся в равном соотношении. Для этого был рассчитан коэффициент Simpson 1-D, который учитывает количество присутствующих видов, а также относительную численность каждого вида, и чем выше его значение стремится к 1, тем более равномерным является распределение микроорганизмов.

В данном случае, этот показатель также выше в группах I и III, а минимальное значение характерно для группы K₁. Это подтверждается

приведенными данными выше, где было отмечено высокое содержание отдельного вида *Bacteroides*. По мере увеличения видового богатства и равномерности, увеличивается и разнообразие микрофлоры, что является результатом взаимодействия всех трех индексов альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по повышению индекса Шеннона в опытных группах по сравнению с контролями, при этом максимальное его значение характерно для I группы, а минимальное – для группы K₁.

Несмотря на достаточно равномерное распределение различных микроорганизмов в III опытной группе, наблюдается снижение разнообразия микрофлоры, что также можно объяснить доминированием двух основных видов. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что использование в качестве кормовых добавок пищевых волокон, весьма хорошо сказывается на состоянии микрофлоры кишечника птицы, а среди нескольких тестируемых волокон наилучшие результаты были показаны с добавлением целлюлозы в кормлении птицы, что позволило улучшить состояние микрофлоры кишечника птицы, работа которого находится в прямой зависимости от показателей продуктивности и минерального обмена.

При введении в рацион целлюлозы (рисунок 35) численность таксона *Alistipes* и *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,84$ и $r=80$), соответственно.

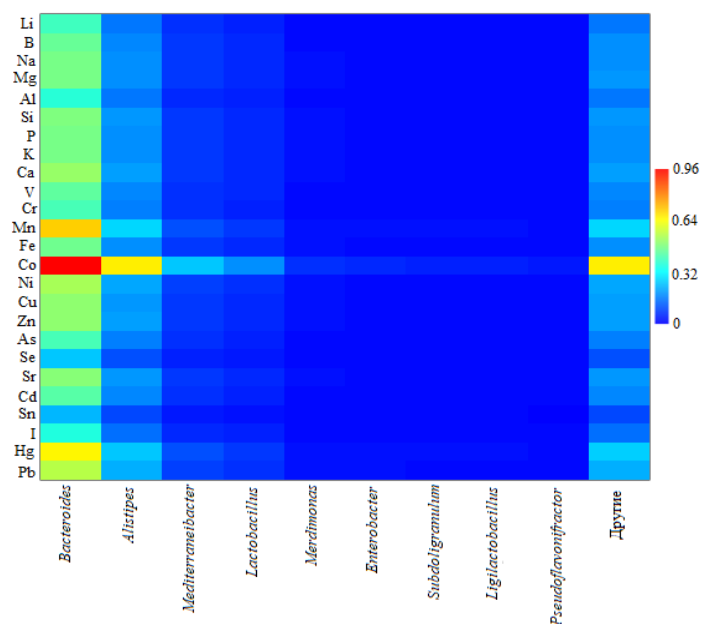


Рисунок 35 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче целлюлозы

При добавлении в рацион птицы лактулозы (рисунок 36) была отмечена прямая корреляция численности таксона *Bacteroides* с накоплением таких химических элементов, как Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,70$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,53$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,50$), Hg ($r=0,65$) и Pb ($r=0,55$); таксона *Alistipes* – с Co ($r=0,66$).

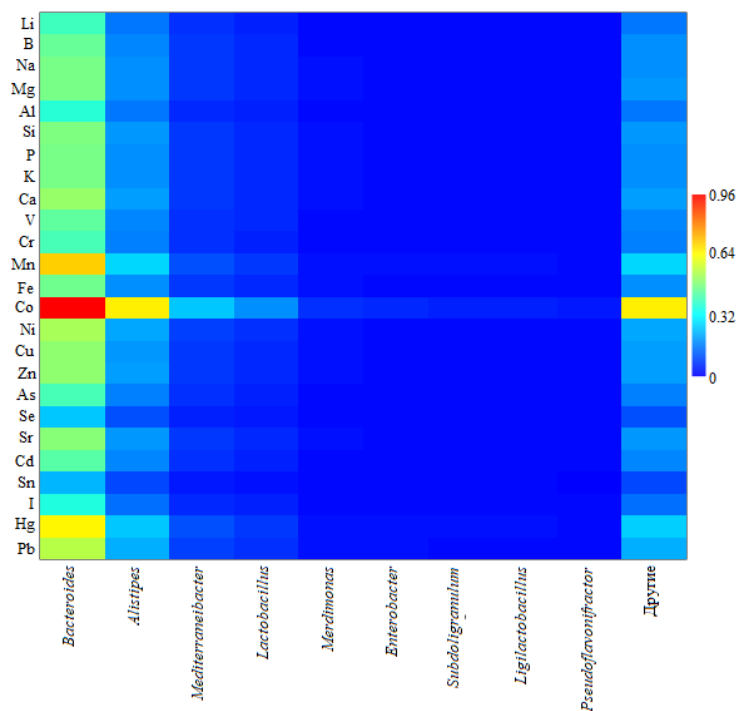


Рисунок 36 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче лактулозы

При введении в рацион хитозана (рисунок 37) отмечали прямую корреляцию между численностью таксона *Bacteroides* и накоплением Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,71$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,54$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Hg ($r=0,66$) и Pb ($r=0,56$); таксона *Alistipes* – с Mn ($r=0,58$), Co ($r=0,96$) и Hg ($r=0,54$).

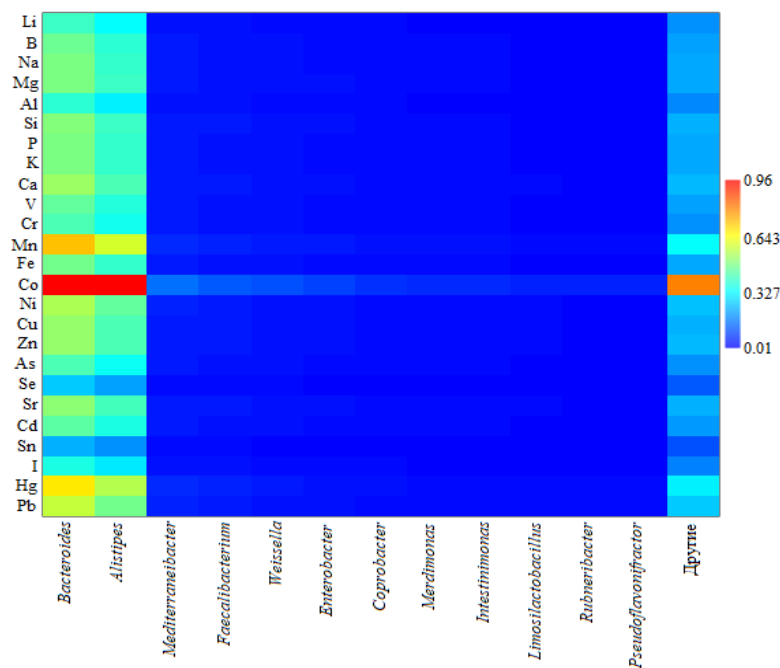


Рисунок 37 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче хитозана

В K_1 (рисунок 38) численность таксона *Bacteroides* и *Ruminococcus* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,65$ и $r=0,91$, соответственно).

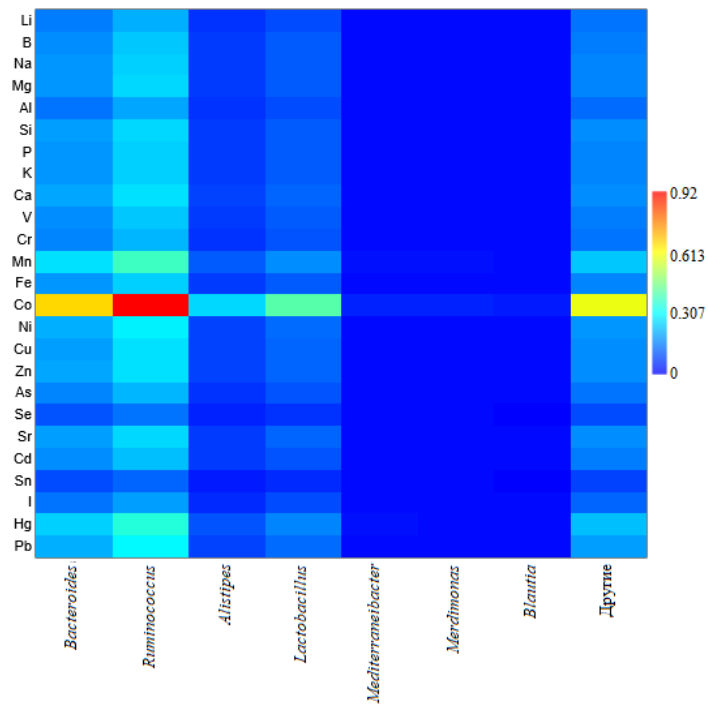


Рисунок 38 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов в K_1

В K_2 численность таксона *Bacteroides* и *Ruminococcus* также коррелировала с накоплением Co ($r=0,61$ и $r=89$, соответственно) (рисунок 39).

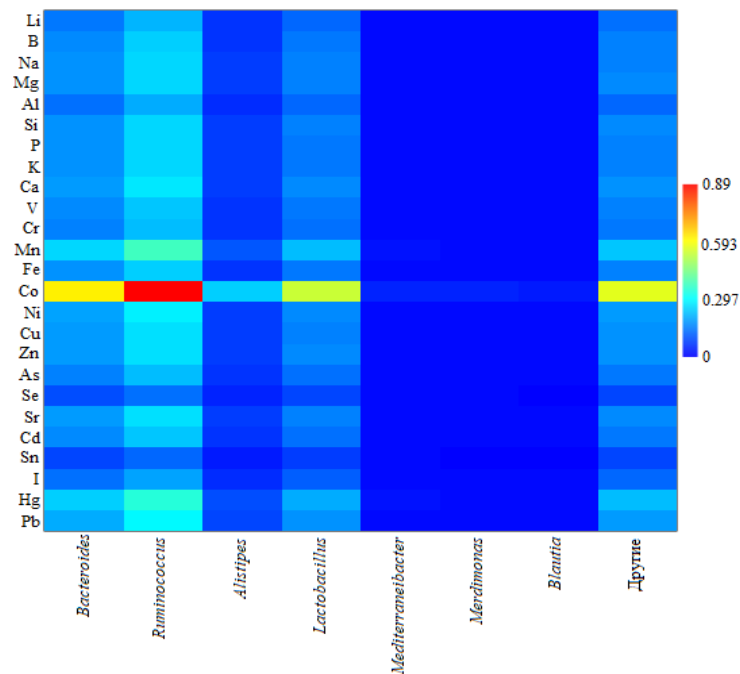


Рисунок 39 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов в K_2

Включение в опытные рационы пищевых волокон на фоне дефицита ряда минералов, не вело к тяжелому нарушению качественного и количественного состава бактериальной микрофлоры кишечника. В целом, показано, что пищевые волокна могут оказывать влияние на бактериальное сообщество слепого отростка кишечника, что безусловно имеет практическое значение.

3.2.3.8 Резюме по итогам эксперимента

Введение пищевых волокон в опытные рационы не влияло на сохранность поголовья. При изучении минерального обмена в организме птицы было отмечено, что содержание железа в крови было снижено во всех опытных группах. Данное явление можно объяснить возможностью пищевых волокон абсорбировать металлы, например, железо.

Изучение качественного и количественного состава бактериального сообщества слепой кишки позволило обратить внимание на значительное снижение доли *Lactobacillaceae* в контрольной группе, дефицитной по макроэлементам и опытных группах. Это может быть объяснено недостаточным содержанием элементов в кормах, необходимых для роста молочнокислых бактерий. В эксперименте не выявлено значительного увеличения содержания доли патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Одновременно с этим возросла доля бактерий, расщепляющих целлюлозу (*Rikenellaceae* и *Lachnospiraceae*). Это можно связать с повышенным содержанием некрахмальных полисахаридов в рационе бройлеров.

Скармливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон: целлюлозы, лактулозы и хитозана сопровождается не однозначными изменениями в обмене эндогенных химических элементов. Использование этих кормовых добавок сопряжено со снижением эндогенных потерь марганца на величину 3-4 % в неделю и увеличением потерь селена на величину до 20 % в неделю. При этом эндогенный кобальт при даче целлюлозы сохраняется

на 3-4 % лучше, а при скармливании лактулозы снижается на 2-3 %, хитозана на 5-6 % в неделю.

В эксперименте выявлена зависимость свойств микробиома кишечника влиять на обмен химических элементов в организме птицы от дачи пищевых волокон. Так при скармливании препаратов лактулозы и хитозана цыплятам-бройлерам проявляются достоверные корреляционные связи численности таксона *Bacteroides* с пулом кальция, марганца, никеля, меди, цинка, ртути и свинца.

3.2.4. Изучение влияния энтеросорбентов на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров

3.2.4.1 Корма и кормление подопытной птицы

При проведении эксперимента для цыплят-бройлеров были созданы одинаковые условия содержания. I контрольная группа находилась на опытном рационе (K₁), II контрольная на опытном рационе, дефицитном по микроэлементам (K₂). Опытные группы дополнительно получали в составе рациона энтеросгель в дозе 6,0 г/кг корма (I опытная) и активированный уголь – в дозировке 3,0 г/кг корма (II опытная).

Введение сравниваемых кормовых добавок в рацион птицы сопровождалось незначительными изменениями в поедаемости кормов. Так в I опытной группе поедаемость корма, на фоне дополнительного включения энтеросгеля, превысила уровень K₁ на 5,06 % и на 1,50 % аналогичный уровень в K₂. Во II опытной группе поедаемость оказалась максимальной, так в абсолютном значении составила 3244,3 г/гол, что на 6,84 % выше, чем в K₁ и на 3,37%, чем в K₂.

3.2.4.2 Рост и развитие подопытной птицы

В течение всего периода экспериментального исследования нами осуществлялся контроль за динамикой роста живой массы, путем еженедельных индивидуальных контрольных взвешиваний, результаты контрольных взвешиваний представлены на рисунке 40-41.

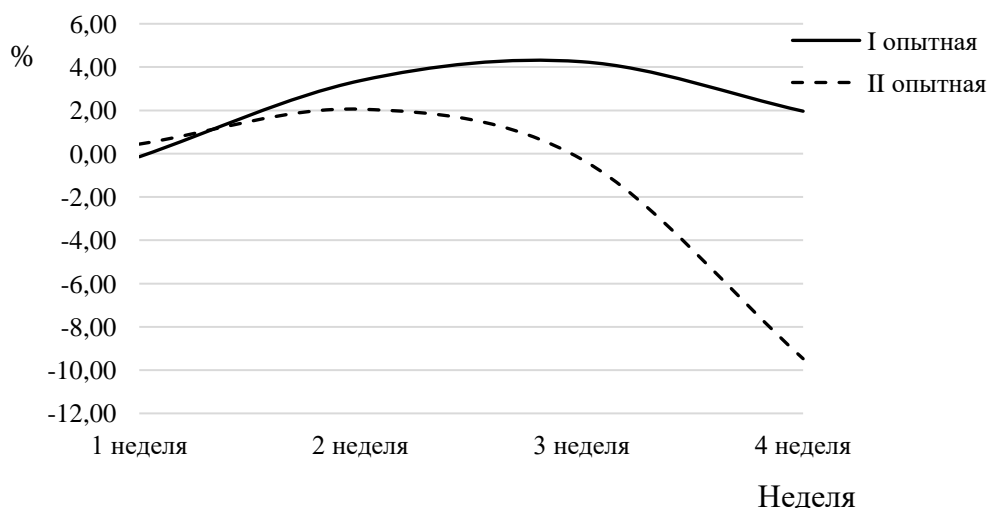


Рисунок 40 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров опытных групп по периодам, в сравнении с K_1

Цыплята-бройлеры первой контрольной группы характеризовались в целом достаточно высокой энергией роста, к моменту окончания выращивания экспериментальная птица имела среднюю живую массу 2104,0 г. Средняя живая масса второй контрольной группы, которая находилась на дефицитной, по микроэлементам диете, составила 2059,7 г, разница между группами составила 2,11 %.

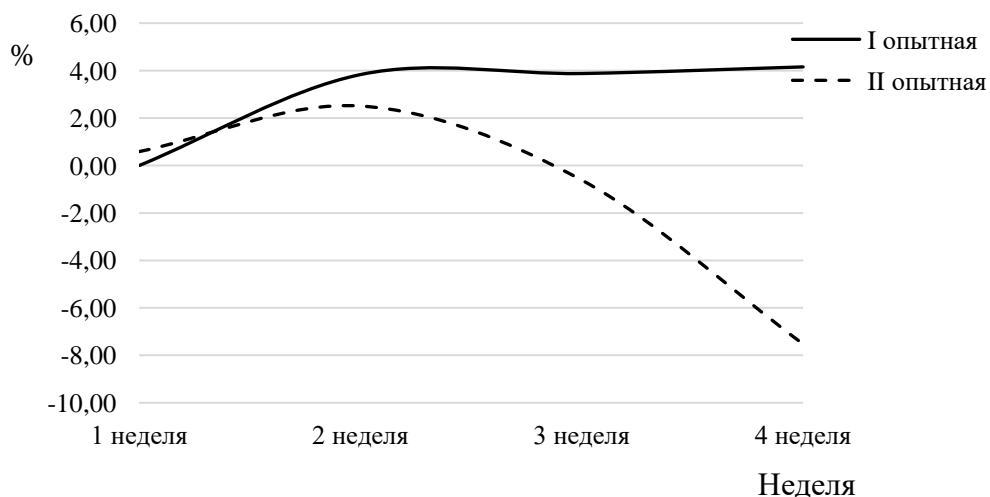


Рисунок 41 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров опытных групп по периодам, в сравнении с K_2

К концу второй недели эксперимента живая масса опытных групп была выше, в сравнении с аналогичными контрольными группами, так при

сравнении с K_1 выявлено повышение на 3,27 % и на 2,01 %, соответственно. Относительно K_2 также отмечено повышение: в I опытной группе на 3,69 % и во II группе – на 2,45 %, но без достоверных различий. В конце третьей недели исследований в I опытной группе живая масса увеличилась относительно I и II контрольной групп на 4,07 и 3,73 %, соответственно. Во II опытной группе, наоборот, зафиксировали статистически незначимое уменьшение живой массы. В конце экспериментальных исследований в I опытной группе выявлено повышение массы в абсолютном значении с 2059,7 г до 2145,3, во II группе отмечено достоверное снижение по отношению к K_1 – на 9,47 % ($p \leq 0,05$) и на 7,53 % в сравнении с K_2 .

3.2.4.3 Гематологические показатели крови цыплят бройлеров

Любые изменения в обмене веществ находят свое отражение в гематологических показателях крови (Казачкова Н.М. с соавт., 2017), что может дать объективную оценку физиологического состояния организма (рисунок 42-43).

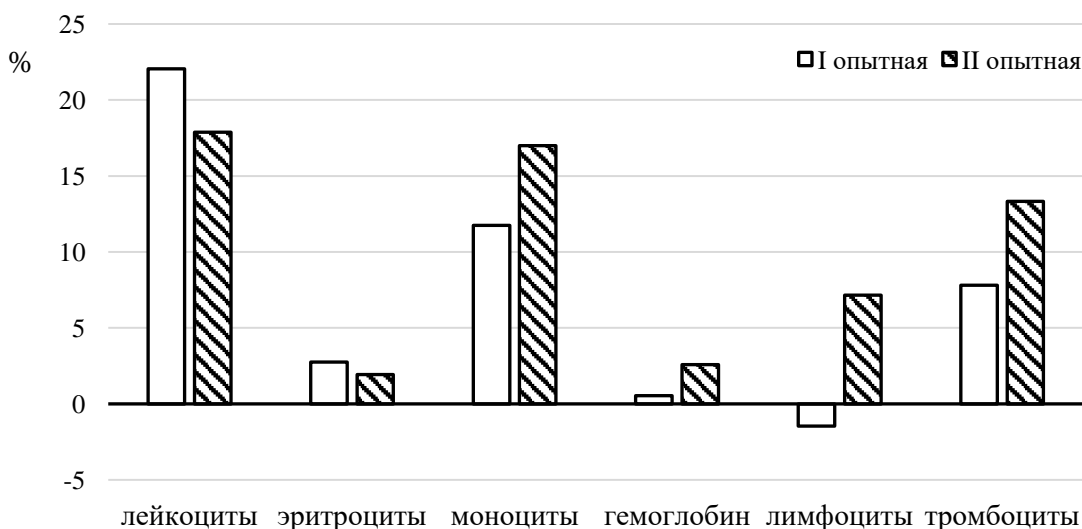


Рисунок 42 – Динамика морфологических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

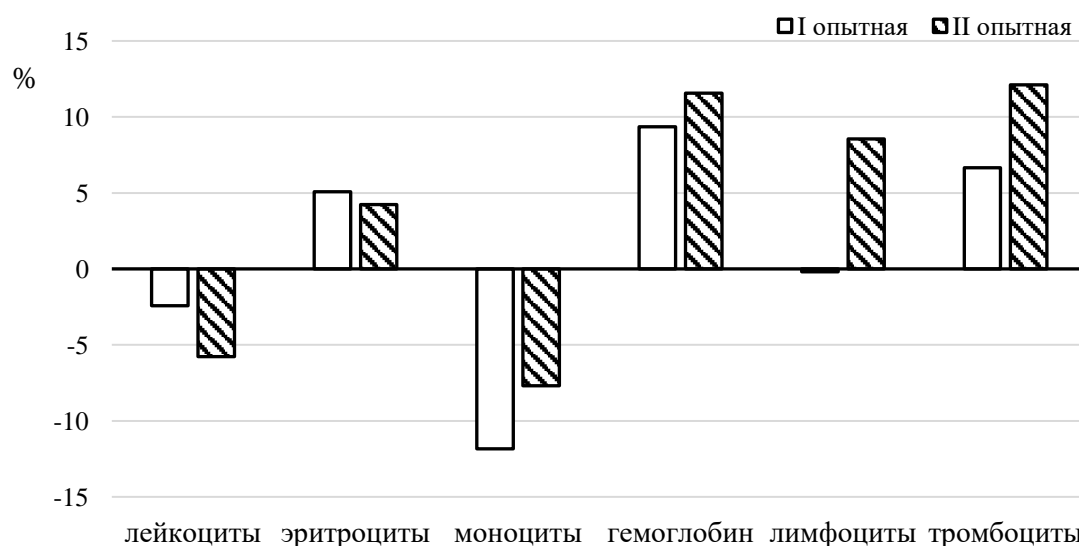


Рисунок 43 – Динамика морфологических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Одним из важнейших показателей, по которому можно судить об общем состоянии организма, является уровень содержания лейкоцитов в крови. В процессе экспериментальных исследований установлено, что в конце периода выращивания количество лейкоцитов в крови цыплят-бройлеров опытных групп было достоверно выше ($p \leq 0,05$), чем в аналогичных контрольных группах, на 18,1 % и на 15,2 %, соответственно, при сравнении с K_2 наблюдается незначительное снижение последних. Однако укажем на тот факт, что все изменения были в пределах физиологической нормы, также увеличение количества лейкоцитов следует рассматривать как положительный фактор, так как лейкоциты осуществляют фагоцитоз и являются основным продуцентом антител.

В исследованиях установлено, что в опытных группах наблюдается незначительное увеличение тромбоцитов, так в I опытной группе по сравнению с K_1 – на 7,24 % и на 6,24 %, соответственно, во II опытной группе по отношению к K_2 ($p \leq 0,05$) – на 11,8 % и на 10,8 %, соответственно

Анализ биохимических показателей крови исследуемых цыплят-бройлеров представлен на рисунках 44-45.

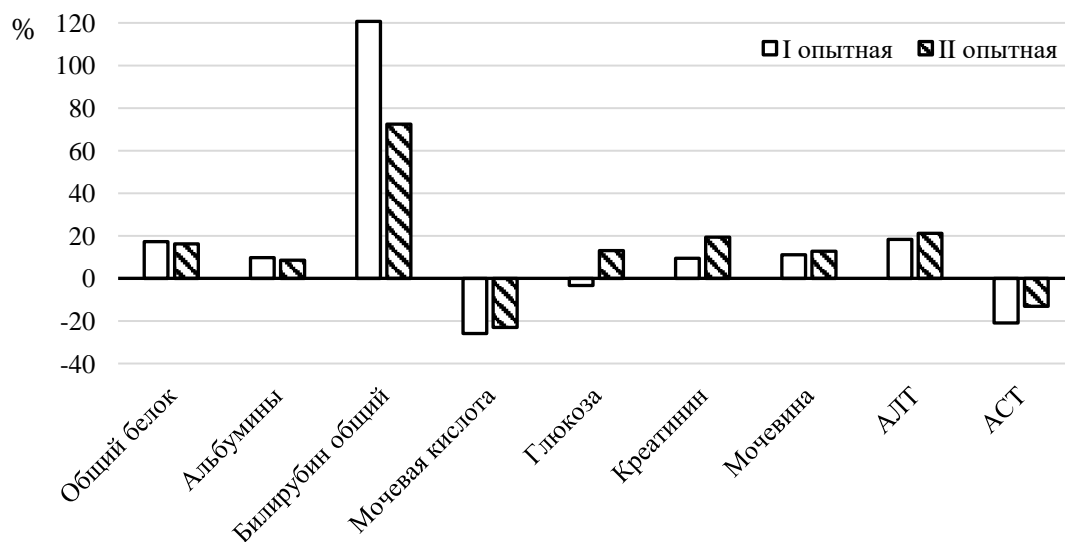


Рисунок 44 – Динамика биохимических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K₁, %

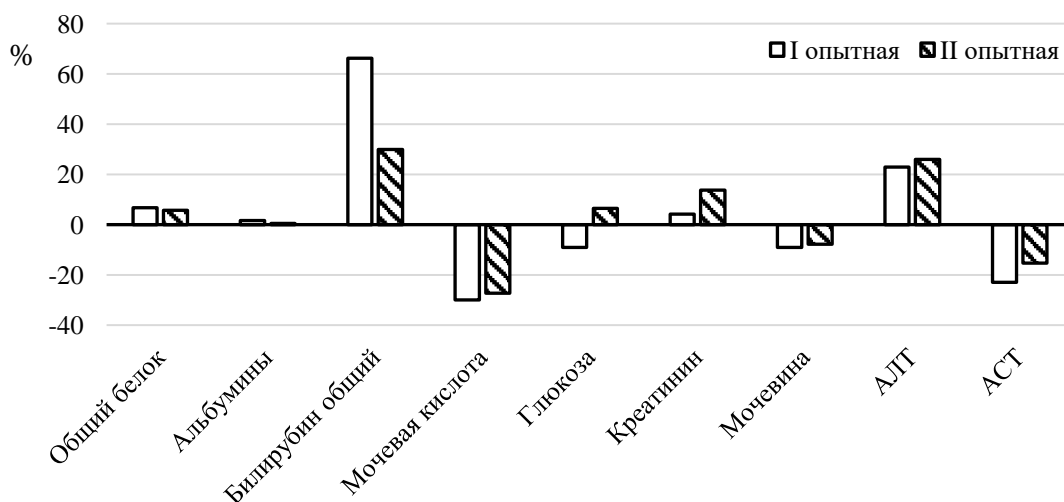


Рисунок 45 – Динамика биохимических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K₂, %

В результате исследований установлено, что содержание белка в опытных группах превысило содержание последних в контрольных группах: в I группе – на 14,7 % ($p \leq 0,05$) и на 6,29 %, соответственно, во II группе – на 13,9 % ($p \leq 0,05$) и на 5,36 %, соответственно. Повышение уровня общего белка в сыворотке крови указывает на интенсивные окислительно-восстановительные процессы, протекающие в организме и указывает на усиление белоксинтезирующей функции печени. Исследования показывают,

что, по абсолютному содержанию, уровень альбуминов в сыворотке крови цыплят аналогично превысил контрольные группы с 17,6 г/л до 19,3 г/л, но без достоверных различий, увеличение последних указывает на активность синтеза тканевого белка организмом и усиление функциональной деятельности печени.

Также в процессе эксперимента выявлены достоверные изменения в содержании общего билирубина, так в I группе отметим достоверное увеличение уровня последнего в 2,21 раз ($p \leq 0,05$) относительно K_1 и в 1,66 раз ($p \leq 0,05$) в сравнении с K_2 . Во II группе схожая картина, а именно достоверное увеличение общего билирубина в 1,72 раза и в 1,5 раза, соответственно, по отношению к контрольным группам. Показатель мочевой кислоты в опытных группах был достоверно ниже ($p \leq 0,05$) первой контрольной группы на 25,9 % и на 27,3 %, соответственно. По содержанию АЛТ в опытных группах следует указать на его достоверное повышение ($p \leq 0,05$) в I группе – на 15,5 % и во II группе – на 17,5 %, относительно первой контрольной группы.

Результаты по содержанию минеральных элементов в сыворотке крови исследуемых цыплят-бройлеров представлены на рисунках 46-47.

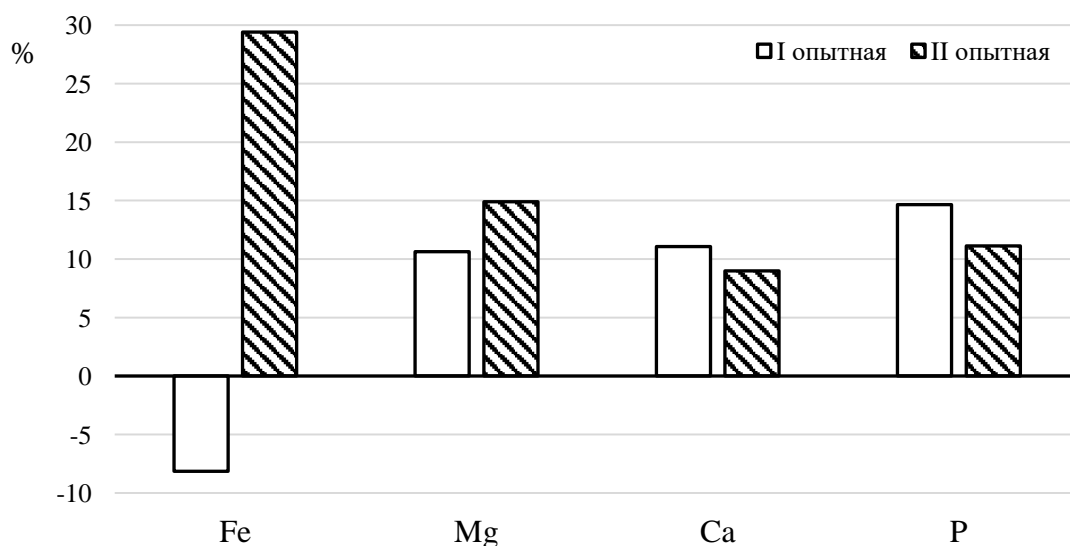


Рисунок 46 – Динамика минеральных элементов в сыворотки крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

По результатам полученных данных установлено достоверное увеличение содержания железа ($p \leq 0,05$) во II опытной группе в 1,5 раза, в сравнении с аналогичной первой контрольной группой, в I группе отмечено снижение содержания железа, но без достоверных различий. Концентрация магния в крови цыплят также превысила контрольные группы (в абсолютном значении с 0,92 мкмоль/л до 1,08 мкмоль/л). Содержание общего кальция в сыворотке крови птиц превысило уровень в контрольных группах в среднем на 4,05-8,26 %, соответственно, по неорганическому фосфору схожая картина, а именно отмечено его увеличение с 1,98 до 2,27 ммоль/л.

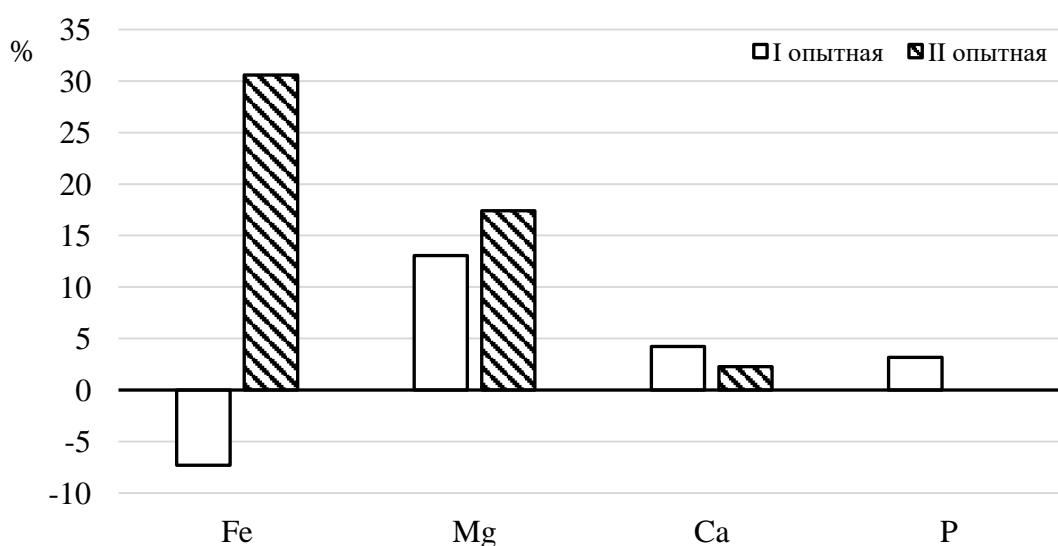


Рисунок 47 – Динамика минеральных элементов в сыворотки крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Таким образом, дополнительное включение в рацион цыплят-бройлеров энтеросорбентов способствует повышению окислительно-восстановительных и обменных процессов в организме. Это в конечном итоге положительно отразилось на формировании их мясной продуктивности.

3.2.4.4 Переваримость питательных веществ рационов

В условиях техногенной напряженности, одним из важных условий производства экологически безопасного мяса служит обеспечение

нормального протекания у цыплят-бройлеров процессов пищеварительного метаболизма, чтобы добиться повышения переваримости и усвояемости питательных веществ рационов, при этом правильно подобранные энтеросорбенты способны активизировать выработку энзимов пищеварительной системы для лучшей усвояемости питательных веществ корма.

В ходе исследований была установлена тенденция к повышению переваримости питательных веществ в опытных группах (рисунок 48). В частности, уровень переваримости сырого жира в опытных группах был выше, чем в контрольных на 4,0-7,9 %, соответственно, аналогичная картина наблюдалась по БЭВ – повышение на 0,9-1,1%, соответственно, а также углеводов на 0,5%-1,0%, соответственно.

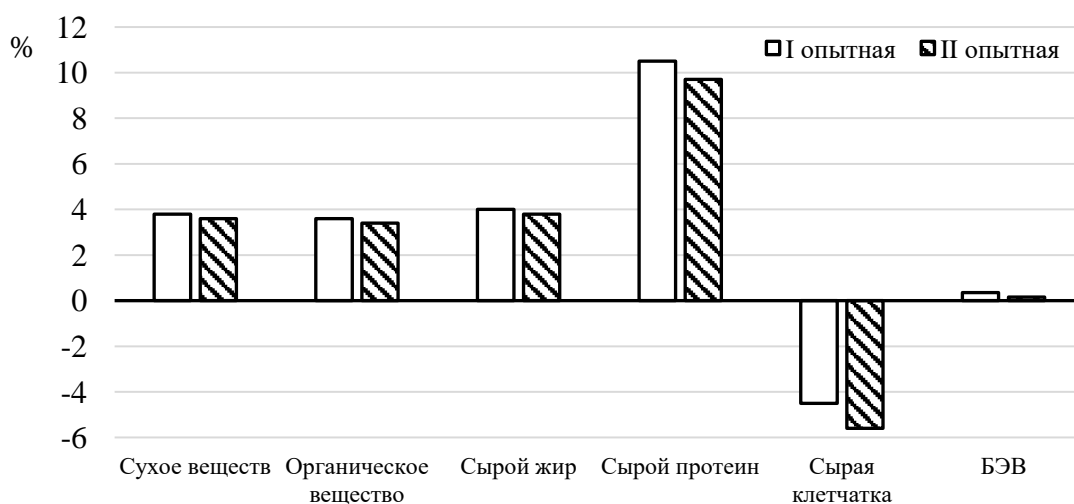


Рисунок 48 – Динамика переваримости питательных веществ рационов подопытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Коэффициент переваримости сырого протеина в I опытной группе достоверно превысил первый контроль на 19,9 % ($p \leq 0,05$) и второй контроль на 11,8 % ($p \leq 0,05$). Во II опытной группе схожая картина, так увеличение уровня сырого жира по отношению к контрольным группам отмечалось на 19,2 % ($p \leq 0,05$) и на 10,9 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Коэффициент

переваримости сырой клетчатки в опытных группах был выше первого контроля на 30,0 % ($p \leq 0,05$) и на 28,4 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, дополнительное введение энтеросорбентов в рацион способствует повышению переваримости всех исследуемых показателей.

3.2.4.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

3.2.4.5.1 Убойные качества и морфологический состав тела бройлеров

По окончанию экспериментального периода был проведен контрольный убой цыплят-бройлеров для оценки влияния апробируемых энтеросорбентов на их убойные показатели (таблица 33).

Таблица 33 – Результаты контрольного убоя цыплят-бройлеров, кг

Показатель	Группа			
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса	2045,3±78,4	2062,1±65,1	1904,7±101,2	2111,1±83,2
Потрошенная тушка	1499,9±83,8	1562,1±29,3	1423,3±71,8	1601,1±74,2
Съедобная часть	1254,8±82,3	1308,7±52,2	1188,7±51,0 ^b	1336,6±61,8
Убойный выход, %	73,2±0,5	75,7±0,4	74,7±0,2	75,8±1,4

Примечание:

a – достоверные изменения с К₁ ($p \leq 0,05$).

b – достоверные изменения с К₂ ($p \leq 0,05$).

Масса потрошенной тушки во II опытной группе была выше на 6,75 %, относительно К₁ и на 2,5 %, в сравнении со вторым контролем. Масса мышечной ткани также во II опытной группе превысила контрольные группы на 7,38 % и на 3,59 %. Масса костной ткани аналогично, во II опытной группе

выше K_1 на 7,92 % и K_2 – на 4,38 %, напротив в I опытной группе была ниже первого контроля на 11,6 % ($p \leq 0,05$).

Убойный выход в опытных группах в абсолютном процентном отношении составил 74,7 % и 75,8 %, отметим, что дополнительное введение активированного угля способствовало лучшему убойному выходу на 2,6 %.

Следовательно, дополнительное включение в рацион активированного угля способствует повышению основных убойных показателей исследуемой птицы при сравнении с контрольными группами.

3.2.4.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров

В ходе наших исследований был проведен анализ аминокислотного состава мышц исследуемой птицы (рисунок 49-50).

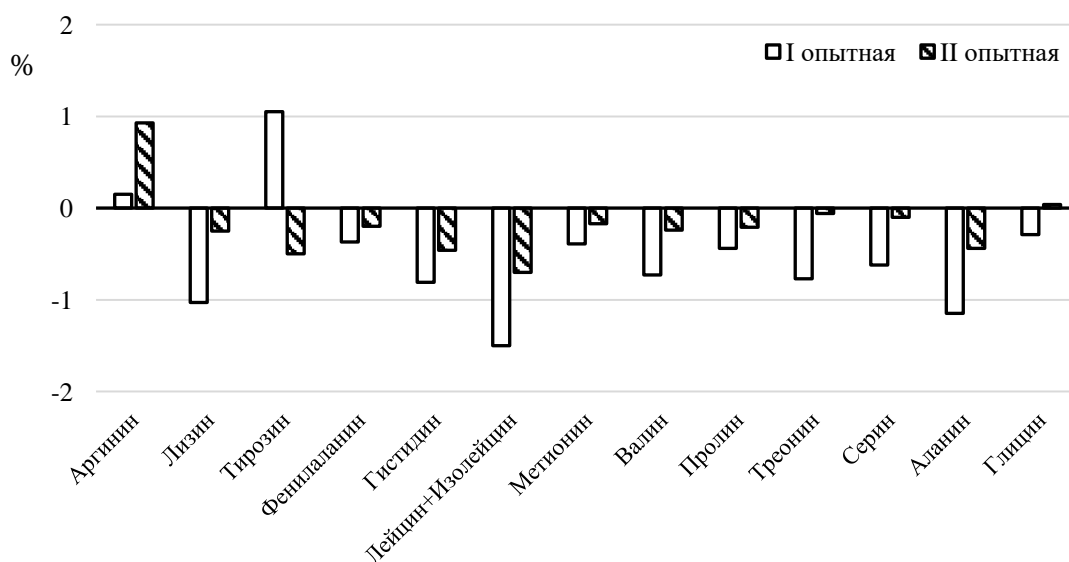


Рисунок 49 – Динамика аминокислотного состава мышц опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

По результатам полученных данных выявлены незначительные изменения во второй опытной группе, при дополнительном введении в рацион активированного угля. В первой опытной группе выявлены достоверные

различия с контрольными группами, так уровень тирозина превысил первый контроль на 22,9 % ($p \leq 0,05$), показатели гистидина, лейцин+изолейцина, треонина, аланина и глицина, напротив, были снижены, на 22,3; 11,5; 17,7; 15,8 и на 14,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

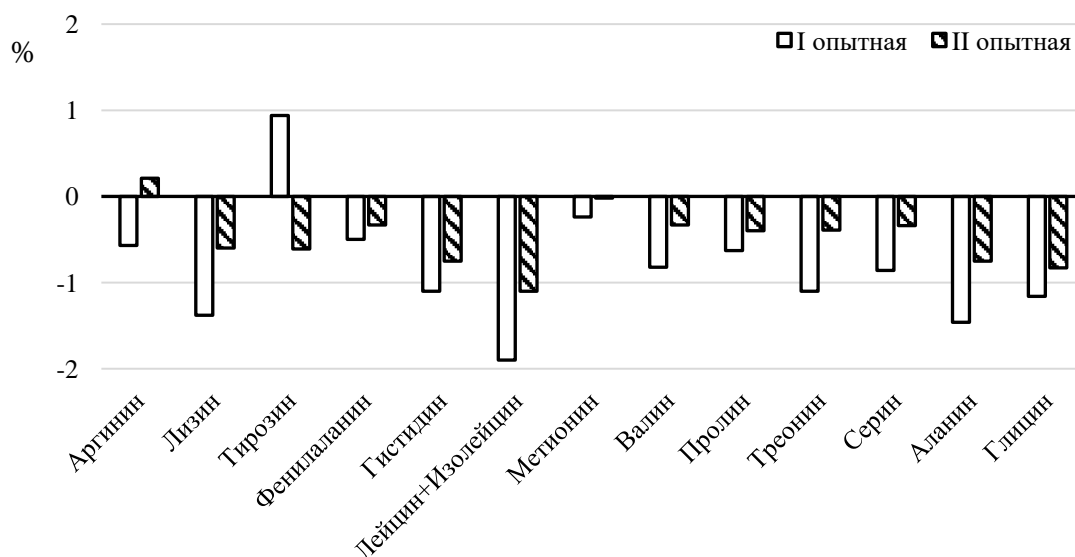


Рисунок 50 – Динамика аминокислотного состава мышц опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

При сравнении с K_2 наблюдалось достоверное снижение таких аминокислот ($p \leq 0,05$), как аргинина на 10,1 %, гистидина на 27,9 %, лейцин+изолейцина на 14,1 %, треонина 23,6 %, серина на 21,2 %, аланина на 19,2 % и глицина на 22,6%.

Таким образом, дополнительное включение энтеросорбентов в рацион способствует снижению уровня аминокислот в мышцах цыплят-бройлеров, ярко выраженная картина наблюдается в группе с энтеросгелем.

При анализе химического состава всего тела экспериментальной птицы был изучен химический состав отдельных тканей и органов (приложение 1).

При химическом анализе мышечной ткани выявлено достоверное увеличение жира во II опытной группе в 1,69 раз ($p \leq 0,05$) относительно

первого контроля и в 1,95 раз ($p \leq 0,05$) по отношению ко второй контрольной группе.

Химический состав мясокостной ткани в I опытной группе: отмечено достоверное увеличение уровня золы на 34,1 % ($p \leq 0,05$) относительно первого контроля. Во II опытной группе выявлено достоверное увеличение сухого вещества, жира, протеина и золы на 20,4; 21,6; 13,7 и на 33,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно, по сравнению с первым контролем, а также достоверное снижение влаги на 14,1 % ($p \leq 0,05$). При сравнении со вторым контролем наблюдается схожая картина, а именно достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение сухого вещества на 13,9 %, протеина на 20,1 % и золы на 16,5 %.

Химический состав внутренних органов характеризовался достоверным увеличением в I опытной группе уровня сухого вещества на 33,2% ($p \leq 0,05$) и жира на 18,3 % ($p \leq 0,05$), а также сухого вещества на 20,6 % ($p \leq 0,05$), относительно второй контрольной группы. Во II опытной группе отмечали снижение влаги на 10,3 % ($p \leq 0,05$), а также увеличение сухого вещества и жира на 27,4 % и на 19,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

Химический состав кожи показал следующие результаты, так в I опытной группе снижение влаги составило в абсолютном значении с 54,2 до 38,3 ($p \leq 0,05$), протеина с 16,0 до 11,6 ($p \leq 0,05$) и золы с 0,71 до 0,5 ($p \leq 0,05$), в сравнении с контрольными группами. Содержание сухого вещества и жира превысило контрольные группы в среднем на 25,7 % и на 41,3 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Во II опытной группе отмечено достоверное увеличение уровня жира на 21,8 % ($p \leq 0,05$) по отношению к первому контролю.

Таким образом, дополнительное введение в рацион энтеросорбентов способствовало повышению уровня протеина и жира в теле опытных группах.

3.2.4.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы

Изучено влияние энтеросорбентов на интенсивность метаболизма (таблица 34).

Таблица 34 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
К ₁	41,034	3,325	36,524	8,111	24,165
К ₂	40,941	3,104	36,133	8,526	25,522
I опытная	40,081	4,348	35,021	12,569	23,66
II опытная	40,847	4,612	34,235	11,713	23,01

Максимальный уровень валовой энергии питательных веществ корма отмечен во II опытной группе и составил 40,847 МДж/гол, что на 6,84 % выше первого контроля и на 3,37 % второго контроля. По содержанию чистой энергии, также максимальное значение зафиксировано во II группе, что на 11,6 % выше первого контроля и на 4,58 % выше второго контроля.

Динамика характеристики межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров представлена следующим образом (таблица 35).

Таблица 35 – Динамика характеристики межуточного обмена

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Обменная энергия для поддержания, МДж/гол	13,56	13,45	12,90	12,56
Обменность ВЭ	91,65	91,16	90,00	89,76
КПИ ОЭ	0,698	0,677	0,630	0,617
Уровень питания	1,342	1,161	1,284	1,477
Коэффициент соответствия	0,046	0,045	0,041	0,036
ЭПО	0,375	0,360	0,397	0,395

Максимальная обменная энергия сверхподдержания выявлена в I опытной группе, превысив первый контроль на 1,3 %. Концентрация обменной энергии также максимальная в I опытной группе – 17,170 МДж/кг СВ.

При расчете трансформации протеина корма выявлено, что уровень последнего выше во II опытной группе, разница с K₁ составила 11,1 % и с K₂ – 9,04%. Коэффициент конверсии во II группе составил 35,5 %, превысив K₁ на 2,4 % и K₂ – на 2,0 %.

Дополнительное включение в рацион экспериментальной птицы энтеросорбентов способствует изменениям в межучточном обмене веществ, что наглядно подтверждается повышением коэффициента конверсии.

3.2.4.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Включение энтеросорбентов в рацион цыплят-бройлеров привело к изменениям уровня макроэлементов в теле экспериментальной птицы (рисунок 51-54).

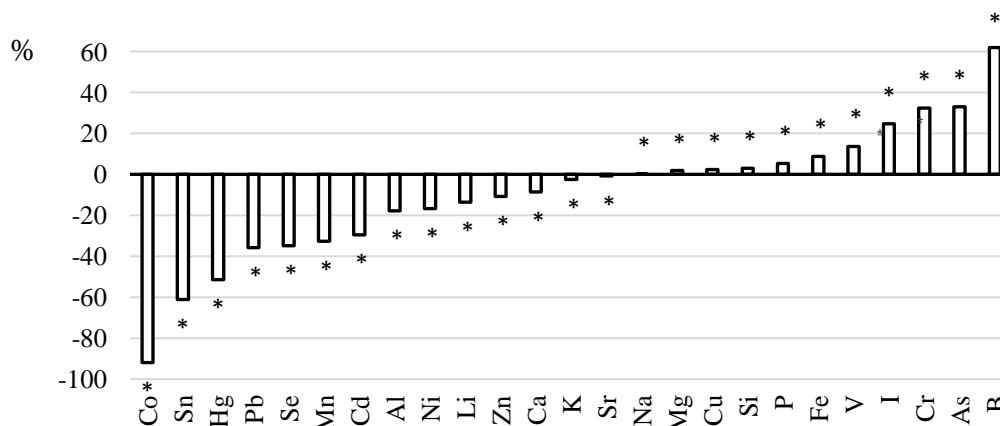


Рисунок 51 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с K₁, %

Выявлено незначительное увеличение содержания фосфора в абсолютном значении с 12,7 до 13,3 г/гол, фосфора с 60,6 г/гол до 68,6 г/гол и магния с 3,91 г/гол до 4,36 г/гол, соответственно, однако все изменения носили недостоверный характер.

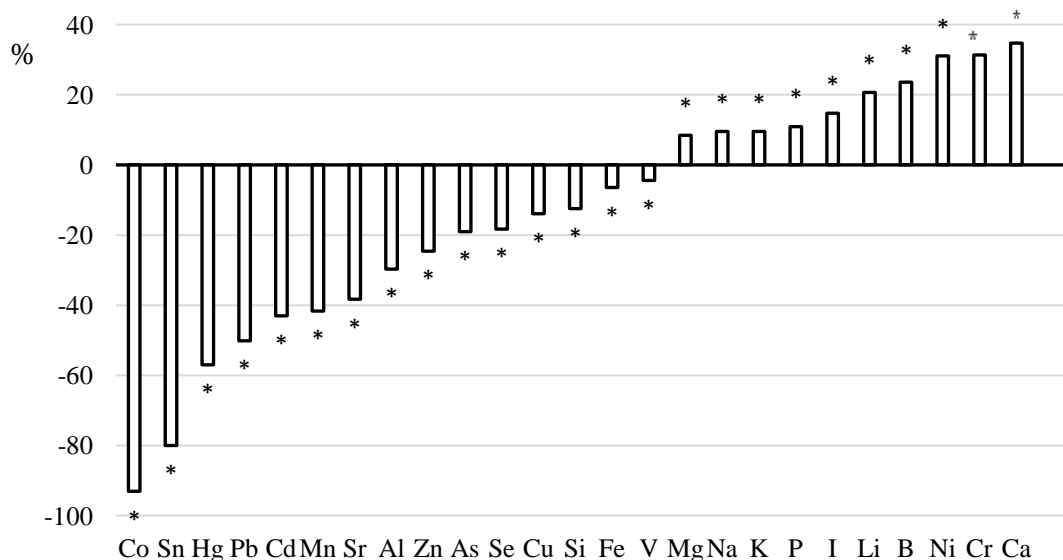


Рисунок 52 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с К₁, %

Уровень кальция достоверно снизился ($p \leq 0,05$) во II опытной группе на 27,9 % в сравнении с первой контрольной группой.

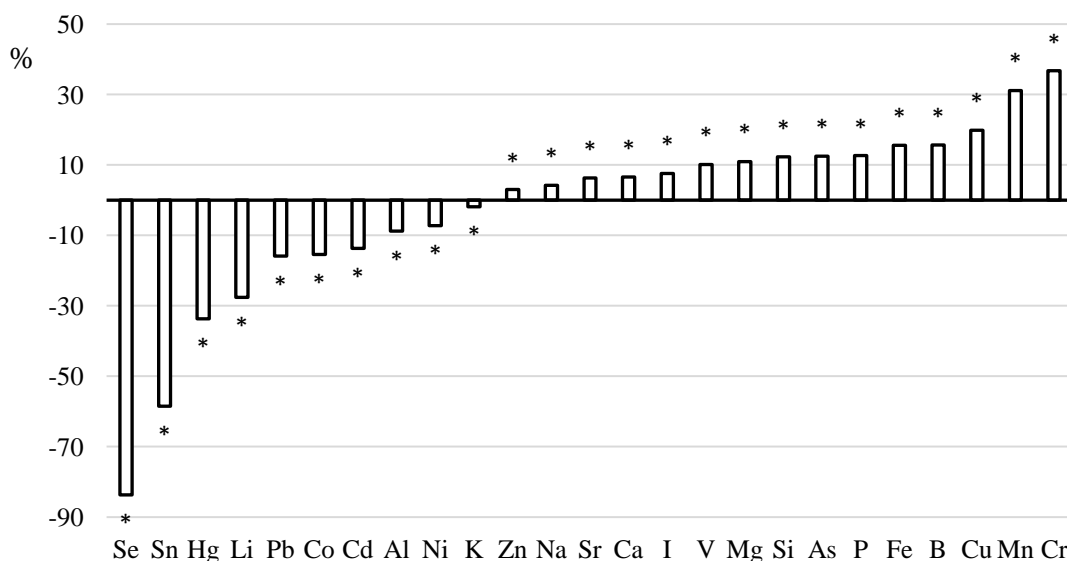


Рисунок 53 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с К₂, %

Введение энтеросорбентов в рацион исследуемой птицы также не оказало ярко выраженных изменений. Так, уровень бора в I опытной группе в 1,67 раз достоверно повысился ($p \leq 0,05$) относительно первой контрольной группы, а во II группе отмечено достоверное снижение последнего в 1,7 раз по

отношению ко второй контрольной группе. Содержание кобальта достоверное снизилось в опытных группах в 11,9 раз ($p \leq 0,05$) в сравнении с K_1 , содержание селена в I опытной группе в 6,09 раза ($p \leq 0,05$) достоверно снизилось по отношению к аналогичной контрольной группе K_2 и во II опытной группе накопление последнего в 2,68 раз ($p \leq 0,05$) – относительно K_1 .

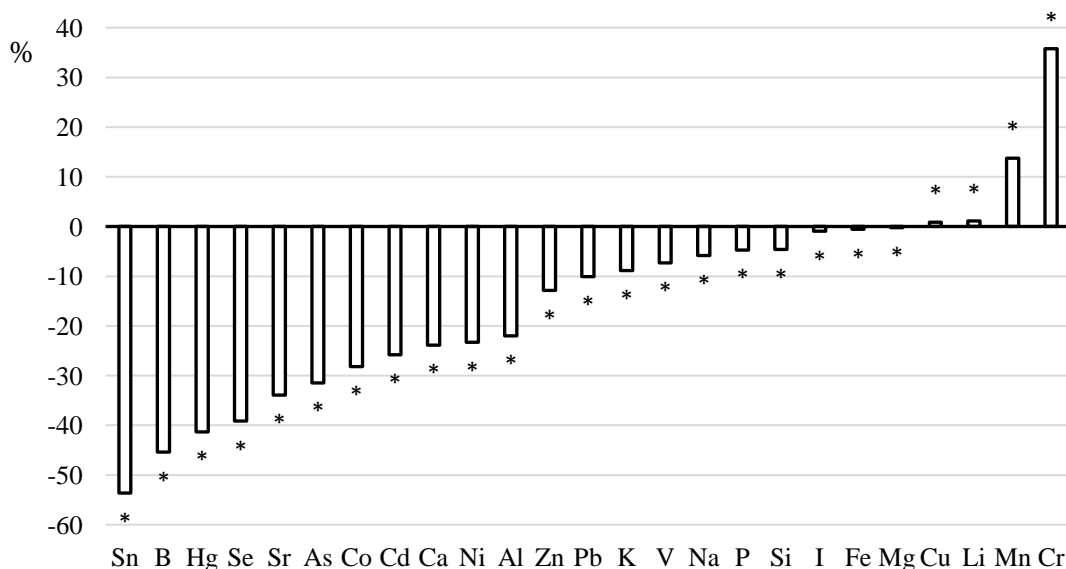


Рисунок 54 – Относительная разница концентрации химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с K_2 , %

Содержание марганца в опытных группах было ниже, чем в K_1 на 44,4 % и на 55,0 %, соответственно, при сравнении с K_2 наблюдается противоположная картина, а именно накопительный эффект на 24,1 % и на 18,5 %, соответственно. Уровень железа в I и во II опытных группах был выше, по отношению к K_1 на 10,7 % и на 3,27 %, соответственно, по сравнению с K_2 на 13,9 % и на 6,77 %, соответственно. Содержание меди в I опытной группе было выше, чем в K_1 на 5,01 % и K_2 на 16,9 %, во II опытной группе отмечено снижение при сравнении с K_1 на 5,12 %, по отношению к K_2 , напротив, увеличение на 8,11 %. Показатель уровня цинка в I опытной группе был ниже в сравнении с K_1 на 8,98 %, по отношению к K_2 на 3,38 %, во II опытной группе отмечалось его снижение на 19,9 % и на 6,35 % по отношению к контрольным группам.

Включение энтеросорбентов оказывало селективное действие на выведение и накопление токсичных элементов. Так, содержание кадмия достоверно превысили K_1 в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) в исследуемых опытных группах, уровень свинца напротив достоверно снизился в 1,5 и в 1,8 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к первой контрольной группе. Содержание ртути достоверно снизилось в 2,0 и в 1,5 раза в сравнении с контрольными группами, по олову следует отметить, что при сравнении с K_1 выявлено достоверное увеличение в 1,5 и 2,0 раза ($p \leq 0,05$), а с K_2 напротив его снижение в 2,4 раза и в 2,0 раза ($p \leq 0,05$).

Картина разницы содержания элементов при включении энтеросорбентов в полусинтетический рацион и дефицитный по микроэлементам полусинтетический рацион представлен в таблице 36.

Таблица 36 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению к группе K_2)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	+31,8	+15,8
Fe	+6,1	-3,3
Co	-15,0	-22,5
Cu	+20,5	+1,1
Zn	+3,5	-13,9
Se	-82,7	-38,3

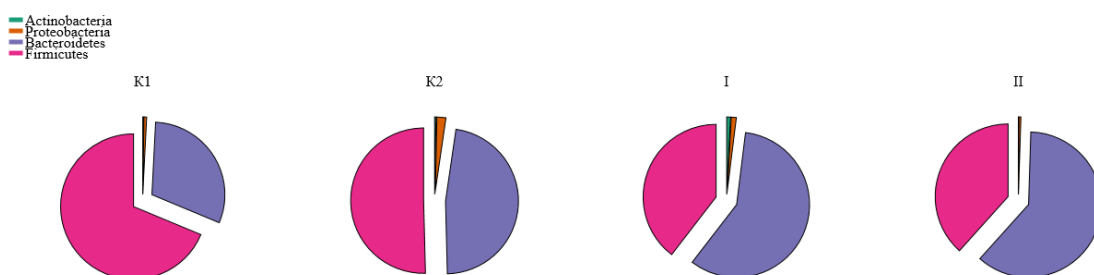
Дополнительное введение активированного угля сопровождается снижением потерь марганца в сравнении с первой контрольной группой, при сравнении со вторым контролем, энтеросорбенты оказывают накопительный эффект. Пул железа в организме птицы I опытной группы несколько увеличивается. Пул кобальта в организме под влиянием скармливания

активированного угля в обоих случаях снижался: при сравнении с K_1 на -92,4 %, с K_2 – на -22,5 %.

3.2.4.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион энтеросорбентов

При анализе бактериального профиля слепой кишки цыплят-бройлеров как в контрольных, так и в опытных группах на 42 сутки эксперимента было выявлено, что доминирующими филумами являются *Bacteroidetes* и *Firmicutes* (рисунок 55, а, б). Однако их соотношение было различным в группах. В опытных группах численность представителей *Bacteroidetes* повышалась: в I опытной группе – в 2,26 раза и в 2,4 раза; во II опытной группе – в 1,6 раза и в 1,78 раза выше, чем в группе K_1 и K_2 , соответственно. Численность представителей *Firmicutes* снижалась: в I опытной группе в 2,69 раза и в 2,7 раза, по сравнению с группами K_1 и K_2 , соответственно.

а



б

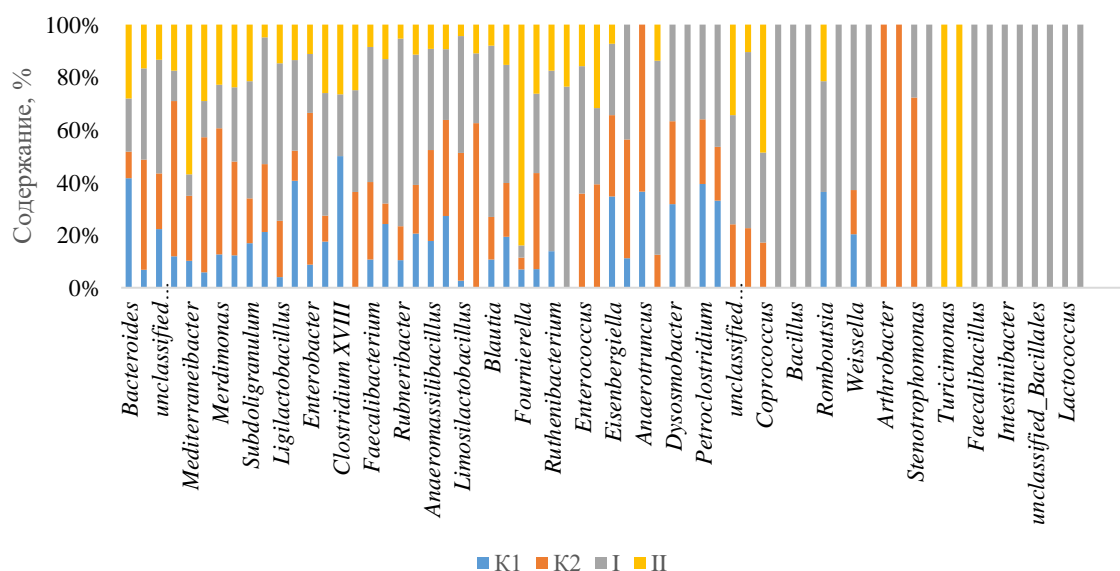


Рисунок 55 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении энтеросорбентов

При анализе микробиального профиля на уровне рода (рисунок Б) было показано, что доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Mediterraneibacter*. Их содержание было различно в зависимости от группы. Так, в группе K_1 содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем в K_2 , при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось более, чем в 5 раз. В опытных группах I и II содержание представителей рода *Bacteroides* было меньше в сравнении с K_1 в 2 и 1,5 раза, соответственно, при этом разница с группой K_2 составила 2 и 2,8 раза, но уже в пользу опытных групп. Разница между опытными группами была незначительной.

Содержание представителей рода *Alistipes* в опытных группах было выше в 5 и 2,4 раза относительно группы K_1 , а вот с группой K_2 разница была минимальна в сравнении с группой I, но была выше в 2,5 раза в сравнении с группой II, а при внутригрупповом анализе, между опытными группами, разница составила 2 раза в пользу I опытной группы.

Разница в содержании микроорганизмов рода *Lactobacillus* между группой K_1 и опытными группами была минимальна, но резко отличалась от

группы K_2 , где общее их количество было в 5 и в 3,4 раза выше, чем в опытных группах I и II соответственно.

В группе II было отмечено высокое содержание представителей рода *Mediterraneibacter*. Так, разница с контрольными группами K_1 и K_2 составила 5,5 и 2,3 раза, а с I опытной группой – 7 раз. Бактерии данного рода являются основными продуцентами уксусной, муравьиной и молочной кислот, что достаточно хорошо способствует ингибированию роста патогенной микрофлоры.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал (таблица 37), что наиболее «бедной» бактериальной флорой является I опытная группа. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуется II опытная группа. После расчетов индекса Chao-1 необходимо оценить равномерность их распределения, что позволит оценить, доминируют ли отдельные виды или все виды находятся в равном соотношении. Для этого был рассчитан коэффициент Simpson 1-D, который учитывает количество присутствующих видов, а также относительную численность каждого вида, и чем выше его значение стремится к 1, тем более равномерным является распределение микроорганизмов. В данном случае можно отметить, что максимальные значения зафиксированы в группах II и K_2 , а минимальное значение характерно для группы K_1 . Это подтверждается приведенными данными выше, где было отмечено высокое содержание отдельного вида *Bacteroides*. По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, что является результатом взаимодействия всех трех индексов альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона. Его значение максимально в группах II и K_2 , а минимально в K_1 .

Исходя из полученных данных, можно сказать, что использование активированного угля в качестве сорбента при кормлении цыплят-бройлеров положительно сказывается на микрофлоре кишечника.

Таблица 37 – Индексы разнообразия микробных сообществ кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Chao-1	61	63	58	80
Simpson_1-D	0,47	0,85	0,70	0,83
Shannon_H	1,37	2,33	1,87	2,49

Численность рода *Bacteroides* при даче энтеросгеля (рисунок 56) прямо коррелировала с накоплением таких химических элементов, как: В (r=0,51), Na (r=0,53), Mg (r=0,57), Al (r=0,50), Si (r=0,53), P (r=0,57), К (r=0,54), Ca (r=0,66), V (r=0,51), Fe (r=0,55), Ni (r=0,61), Cu (r=0,59), Zn (r=0,61), As (r=0,54), Hg (r=0,83) и Pb (r=0,65). Численность семейства обнаруживала сильную корреляцию с пулом в организме Mn (r=0,96), Co (r=0,96) и Sr (r=0,74).

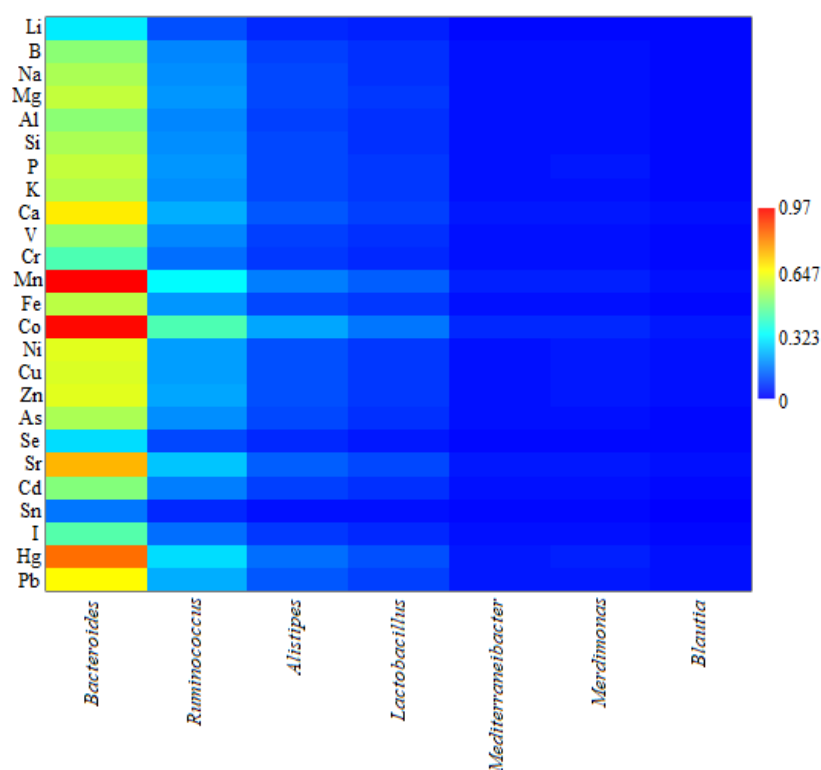


Рисунок 56 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче энтеросгеля

Численность рода *Bacteroides* при даче активированного угля (рисунок 57) прямо коррелировало с накоплением таких химических элементов, как Ca ($r=0,56$), Ni ($r=0,51$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Sr ($r=0,62$), Hg ($r=0,69$) и Pb ($r=0,54$). Численность семейства *Bacteroides* при даче активированного угля обнаруживала сильную корреляцию с Mn ($r=0,81$) и Co ($r=0,96$).

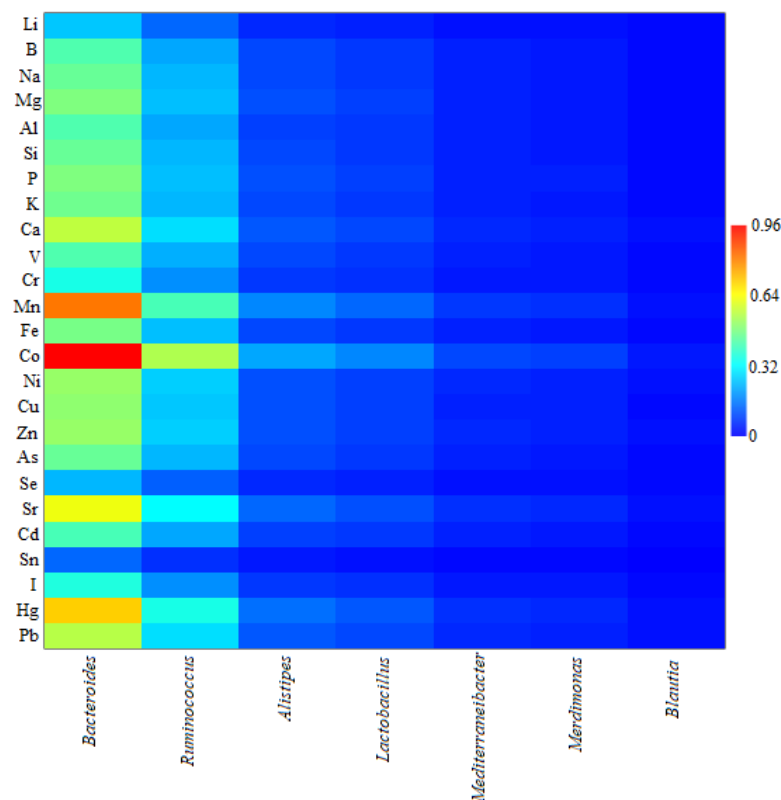


Рисунок 57 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов при даче активированного угля

Была выявлена значимая корреляция таксона *Bacteroides* в К₁ (рисунок 58) с накоплением Co ($r=0,55$), таксона *Ruminococcus* – с Mn ($r=0,68$), Co ($r=0,88$), Sr ($r=0,52$) и Hg ($r=0,58$).

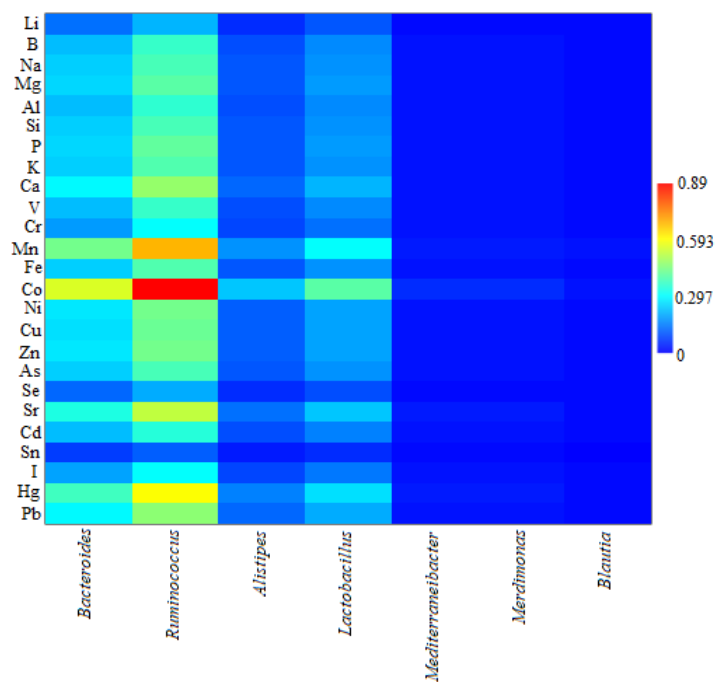


Рисунок 58 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов в K_1

В K_2 была выявлена значимая корреляция таксона *Bacteroides* с накоплением Co ($r=0,53$), *Ruminococcus* – с Mn ($r=0,67$), Co ($r=0,87$), Sr ($r=0,51$) и Hg ($r=0,57$) (рисунок 59).

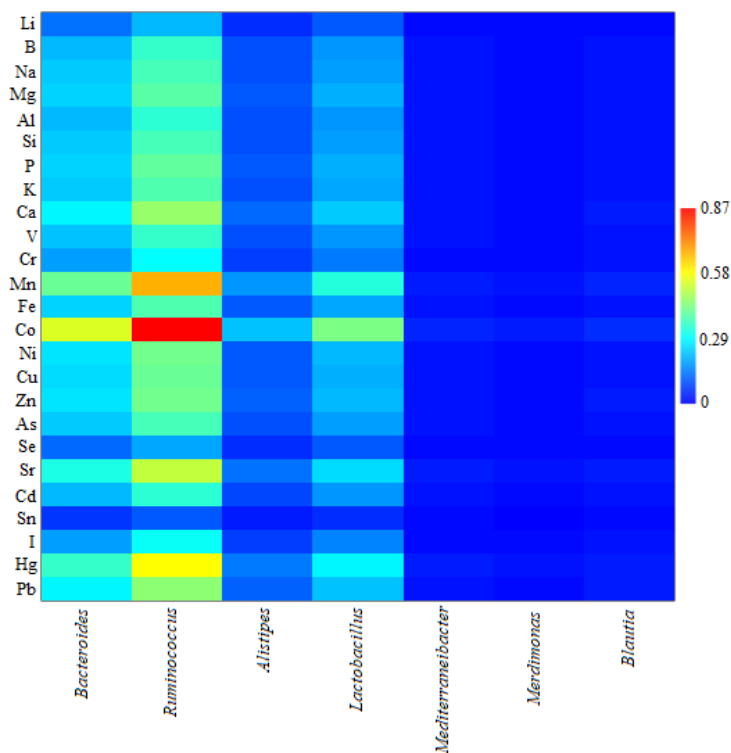


Рисунок 59 – Корреляция численности таксонов и накопления химических элементов в K_2

Точный механизм взаимодействий в системе «бактерии-хозяин» еще полностью не изучен, что открывает широкие перспективы для проведения дальнейших исследований.

3.2.4.8 Резюме по итогам эксперимента

Включение энтерсорбентов в рацион не оказало негативного влияния на сохранность поголовья и продуктивность птицы. Изучение метагенома кишечника опытных групп позволяет охарактеризовать его как оптимальный и здоровый. Это позволяет рекомендовать энтерсорбенты, как нетоксичные добавки, позволяющие модулировать качественный и количественный состав микробиоценоза кишечника птицы.

Энтеросгель и активированный уголь оказывают селективное действие на обмен экзогенных и эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров, с выраженной депрессией размеров пулов ртути, свинца, алюминия и эндогенного пула селена, с увеличением усвояемости и эффективности использования эндогенного марганца, экзогенного кобальта, цинка и меди.

В эксперименте описано воздействие энтеросгеля на свойства микрофлоры кишечника, по её способности влиять на обмен химических элементов в организме исследуемой птицы, выражающееся в активизации микрофлоры таксона *Bacteroides* с проявлением достоверных корреляционных связей последнего с пулом в организме птицы 17 из оцениваемых 25 химических элементов. Аналогичное действие активированного угля на микроэкологический статус цыплят менее выражено и связано с обменом только 9 химических элементов.

3.2.5 Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров

3.2.5.1 Корма и кормление подопытной птицы

С целью оценки действия ультрадисперсных частиц железа и меди на рост и развитие, показатели крови, минеральный обмен и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров было сформировано 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления, I контрольная группа находилась на опытном рационе (K₁), II контрольная на опытном рационе, дефицитной по микроэлементам (K₂). В ходе исследований цыпята I опытной группы получали УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма, II опытной - УДЧ железа в дозировке 17 мг/кг корма.

Максимальная поедаемость корма была установлена в группе с дополнительным включением УДЧ железа, что на 5,44 % превысила K₁ и на 1,91 %, выше, чем в K₂. В I опытной группе поедаемость корма оказалась чуть меньше, так в абсолютном значении составила 3102,5 г/гол, тем самым превысив K₁ на 2,58 %, но ниже, чем в K₂ на 1,04 %.

3.2.5.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

В процессе выращивания цыплят-бройлеров на диете дефицитной по эссенциальным элементам была изучена их живая масса (рисунок 60-61).

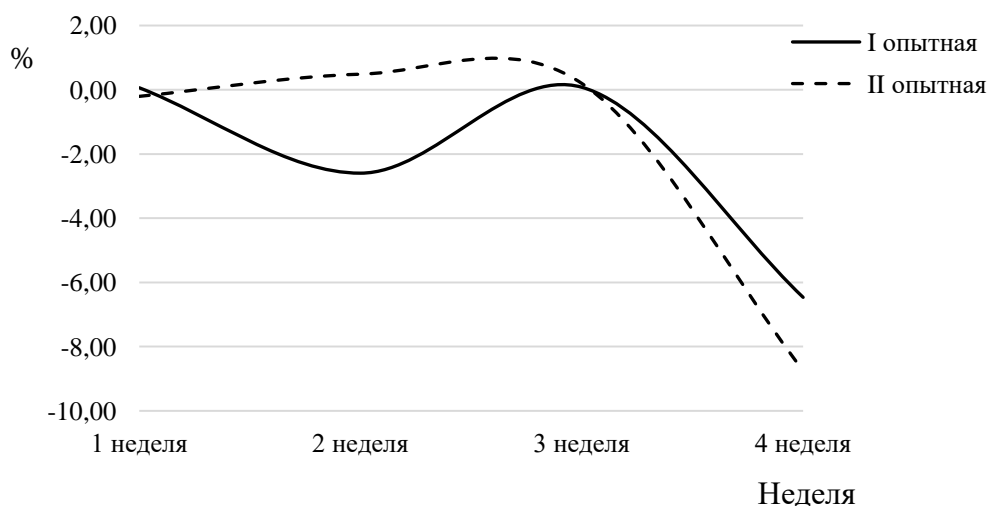


Рисунок 60 – Динамика живой массы опытных цыплят-бройлеров по периодам, в сравнении с K_1

С увеличением возраста, живая масса цыплят-бройлеров I опытной группы была снижена на 2,6 % относительно K_1 и на 2,17 %, в сравнении с K_2 . Во II опытной группе напротив повышение на 0,49 % и на 0,92 %, соответственно по отношению к K_1 и K_2 . На конец экспериментального исследования нами отмечено снижение живой массы в опытных группах, в среднем на 6,47-8,75 % относительно K_1 и K_2 , однако при всем этом следует отметить, что все изменения носили недостоверный характер.

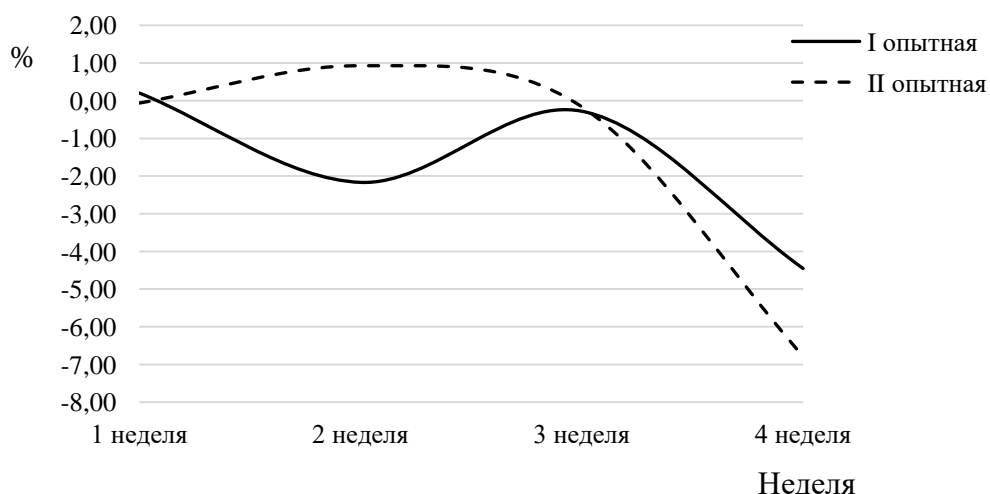


Рисунок 61 – Динамика живой массы опытных цыплят-бройлеров по периодам, в сравнении с K_2

Таким образом, дополнительное включение в рацион ультрадисперсных частиц меди и железа не сопровождалось повышением живой массы цыплят, однако при сравнении опытных групп между собой, выделим, что группа с дополнительным включением в рацион УДЧ меди превышает по живой массе группу с УДЧ железа на 2,44 %, но без достоверных различий.

3.2.5.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Для изучения состава крови нами была взята кровь у цыплят в конце экспериментального исследования (рисунок 62-63).

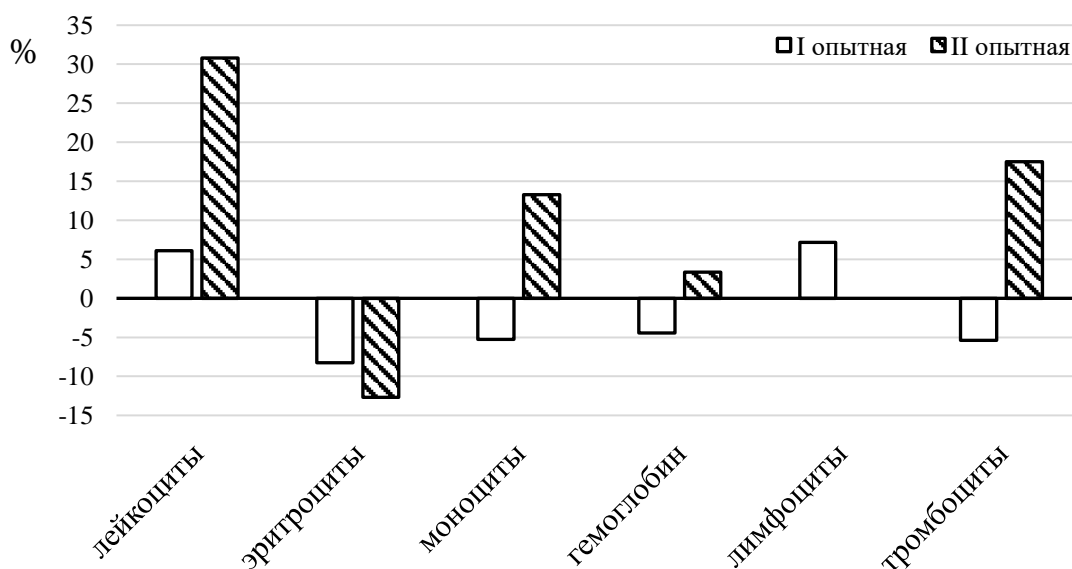


Рисунок 62 – Динамика морфологических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно К₁, %

Дополнительное введение в рацион ультрадисперсных частиц меди и железа в рацион цыплят-бройлеров не оказало существенного влияния на число лейкоцитов в периферической крови, полученные результаты находились в пределах физиологической нормы. Однако было выявлено достоверное снижение последних в I опытной группе на 15,2 % ($p \leq 0,05$) относительно К₂ и достоверное их увеличение во II группе на 23,6 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с К₁.

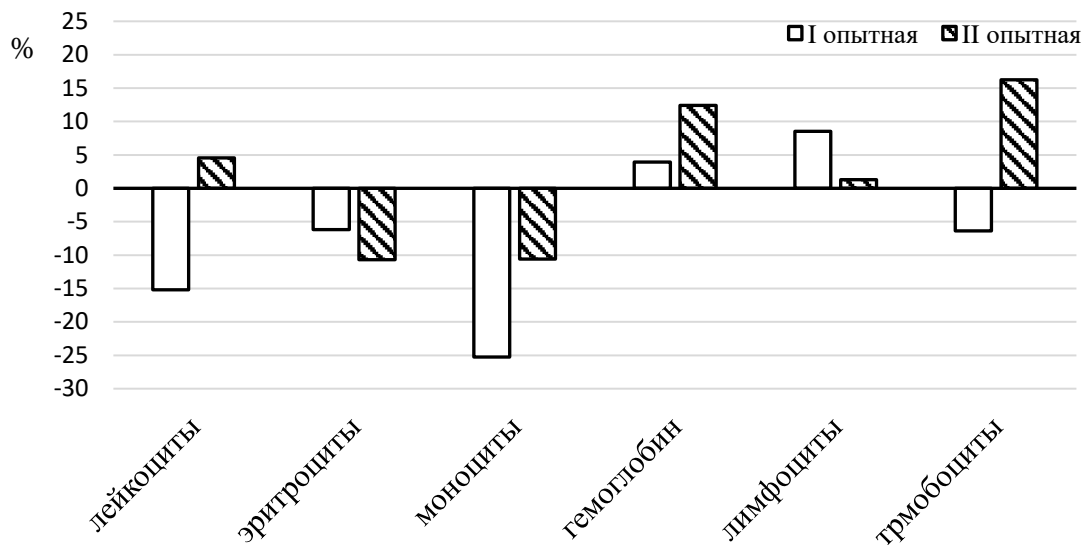


Рисунок 63 – Динамика морфологических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

По нашим результатам, в опытных группах отмечалось их снижение, в абсолютном значении с $3,63 \times 10^{12}/л$ до $3,17 \times 10^{12}/л$, однако без достоверных изменений. По содержанию моноцитов в опытных группах, отметим, что выявлено достоверное их снижение в I опытной группе относительно K_2 на 25,3 % ($p \leq 0,05$).

Биохимический процесс крови постоянен, несмотря на непрерывное поступление и выведение из нее различных веществ, в значительной степени отражает качество обменных процессов, которые протекают в живом организме (рисунок 64-67). В нашем случае, введение УДЧ железа способствовало достоверному увеличению АЛТ ($p \leq 0,05$), превысив K_1 в 1,55 раза, а K_2 в 1,61 раз. Содержание АСТ в I опытной группе напротив достоверно снизилось ($p \leq 0,05$): по сравнению с K_1 на 27,9 % ($p \leq 0,05$), K_2 – на 29,6 % ($p \leq 0,05$).

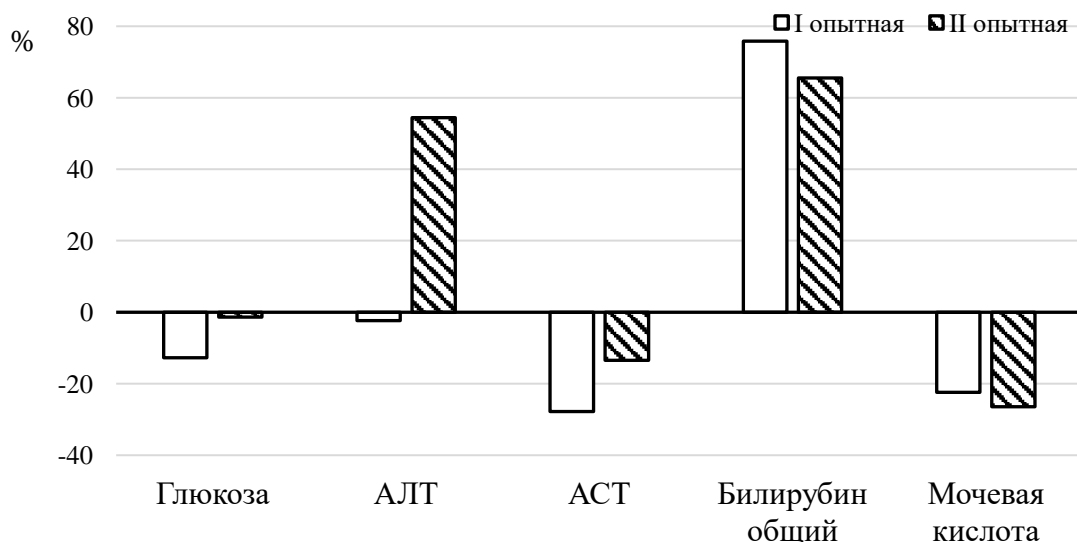


Рисунок 64 – Динамика биохимических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

На фоне дачи ультрадисперсных частиц меди выявлено увеличение билирубина в 1,76 раз ($p \leq 0,05$) относительно K_1 и на 24,5 % в сравнении с K_2 . На фоне введения УДЧ железа отмечена схожая картина, а именно увеличение в 1,66 раз ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и на 19,8 % – к K_2 .

По содержанию мочевой кислоты, выявлено достоверное ее снижение в опытных группах: в I опытной группе на 22,4 %, а во II группе – на 26,4 % ($p \leq 0,05$) относительно K_1 . По отношению к K_2 снижение последнего в I группе – на 26,7 %, во II – на 30,5 % ($p \leq 0,05$).

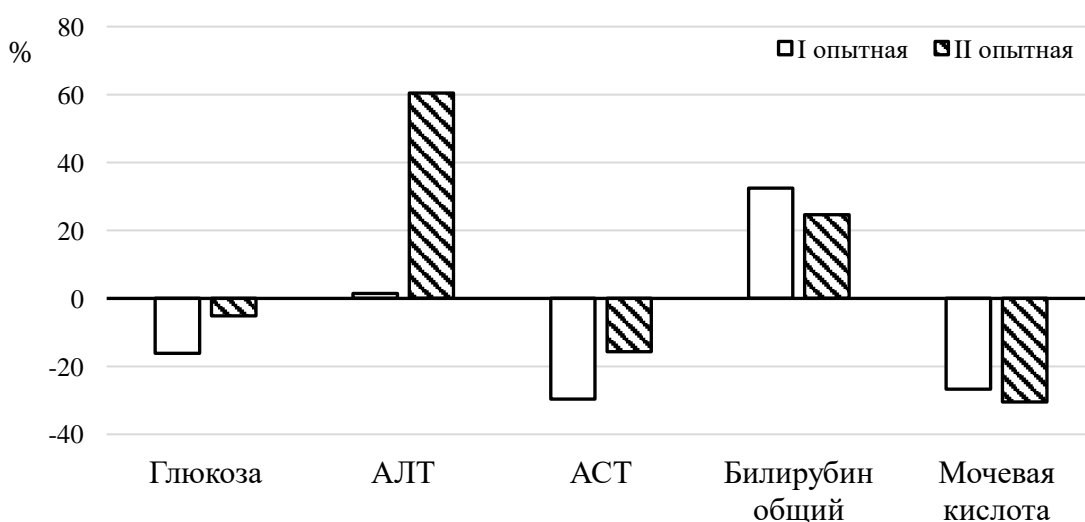


Рисунок 65 – Динамика биохимических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

По уровню мочевины отметим ее достоверное снижение ($p \leq 0,05$) в I опытной группе: по отношению к K_1 – на 20,6 %, к K_2 – на 35,1 %. Содержание креатинина, при включении УДЧ железа в рацион, достоверно снижается: K_1 – на 12,8 % ($p \leq 0,05$) и K_2 – на 16,9 % ($p \leq 0,05$), что вполне можно объяснить тем, что происходит его активный переход в креатинфосфат и поступление в мышцы при интенсификации биохимических процессов.

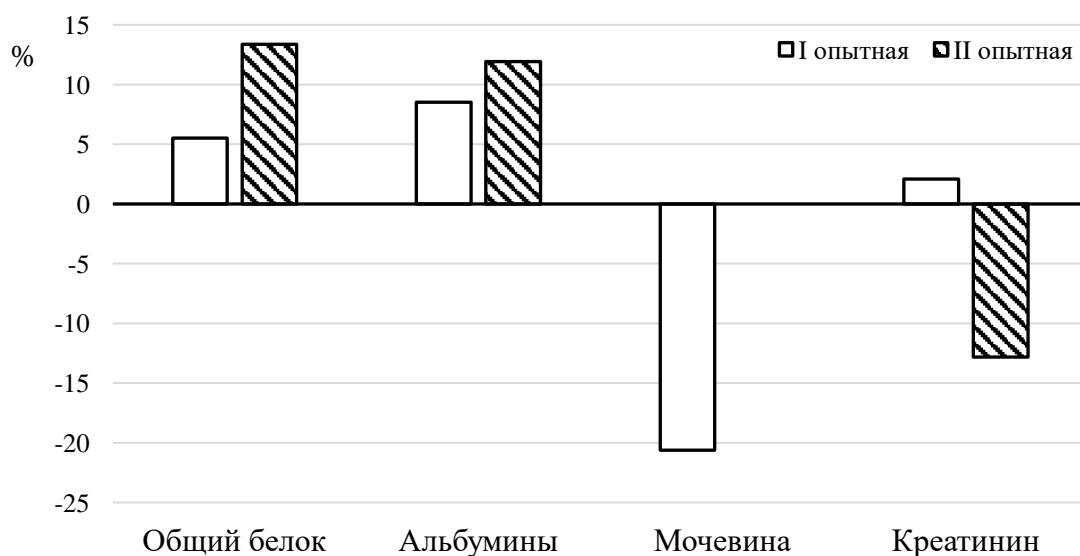


Рисунок 66 – Динамика биохимических показателей крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

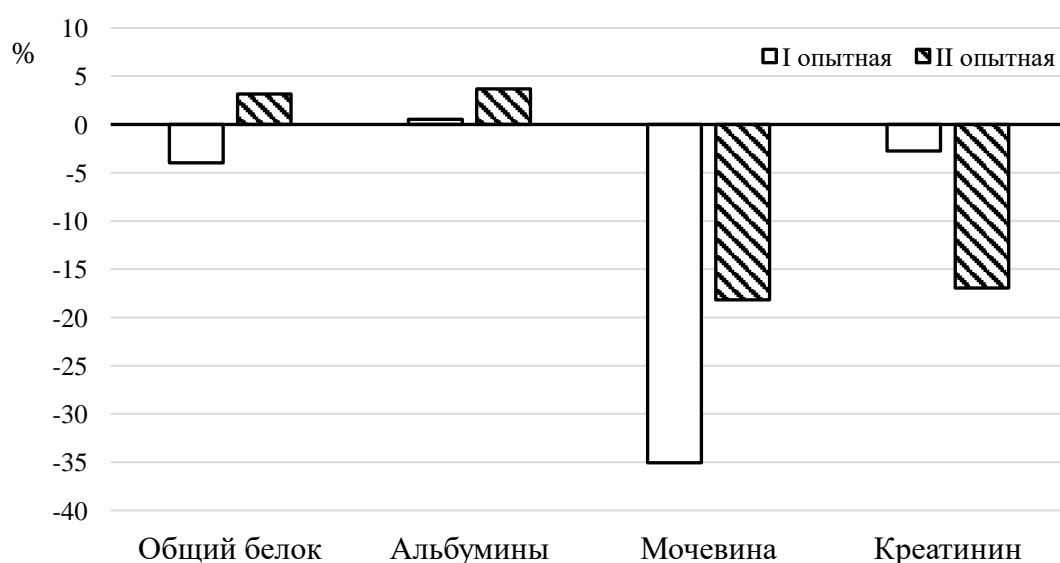


Рисунок 67 – Разница в величинах биохимических параметров сыворотки крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

При анализе сыворотки крови на минеральный состав, определено, что уровень кальция в опытных группах в сравнении с контрольными группами был незначительно выше в абсолютном значении с 2,89 ммоль/л до 3,48 ммоль/л, но без достоверных изменений (рисунок 68-69). Фосфор необходим для нормального усвоения кальция, а также принимает активное участие в формировании коллаген-органического матрикса. В нашем случае показатели содержания фосфора во II опытной группе превысили K_1 и K_2 – на 12,4 % и на 2,66 %, соответственно. В I группе, напротив, отмечали незначительное его снижение.

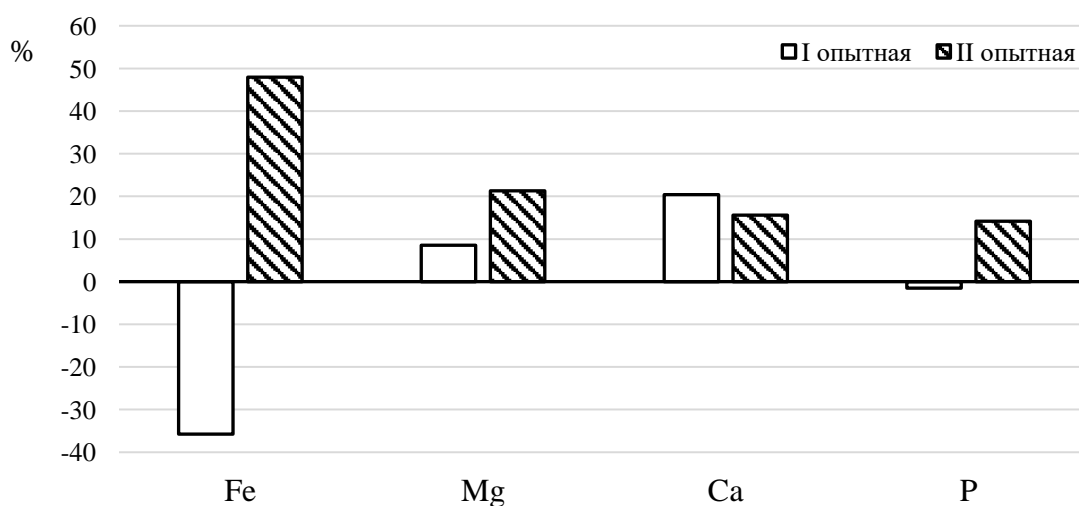


Рисунок 68 – Разница в величинах пула химических элементов в крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_1 , %

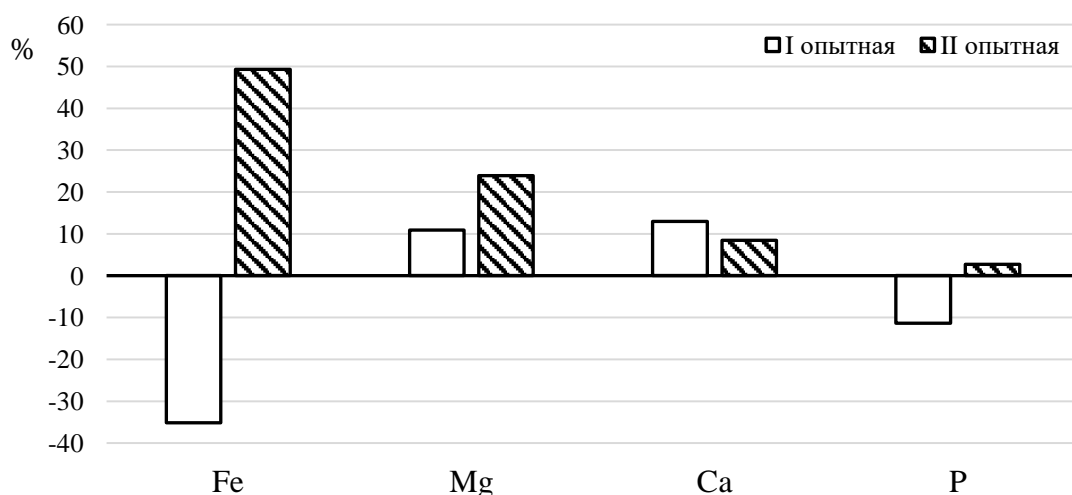


Рисунок 69 – Разница в величинах пула химических элементов в крови опытных цыплят-бройлеров относительно K_2 , %

Однако следует отметить, что уровень железа в опытных группах достоверно изменялся. Так, в I опытной группе выявлено снижение последнего в 1,56 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$) относительно K_1 и K_2 . Во II опытной группе противоположная картина, а именно достоверное его увеличение в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и K_2 , соответственно.

3.2.5.4 Переваримость питательных веществ рационов

В результате проведения физиологического опыта установлено, что цыплята-бройлеры опытных групп лучше контрольных переваривали почти все питательные вещества (рисунок 70-71).

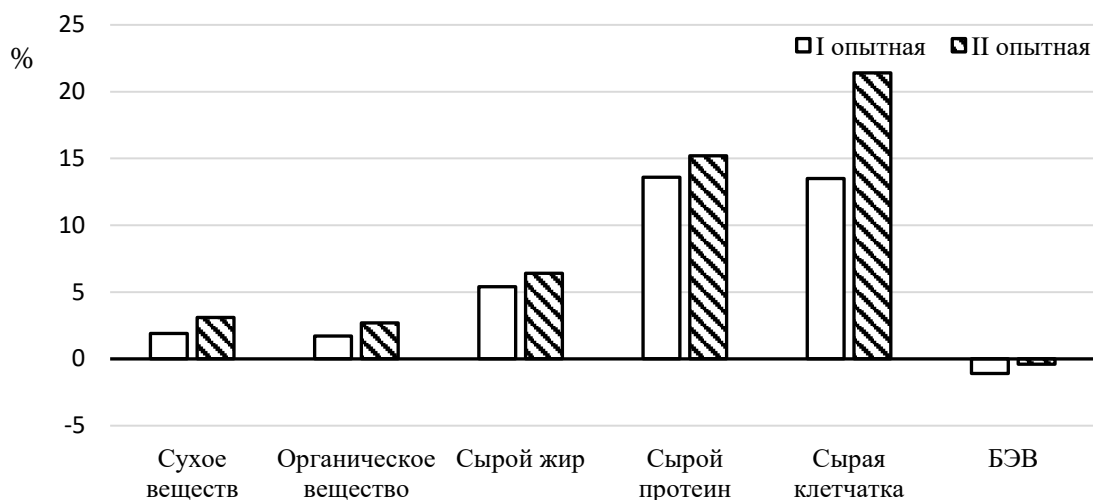


Рисунок 70 – Динамика коэффициентов переваримости питательных веществ корма опытной птицей относительно K_1 , %

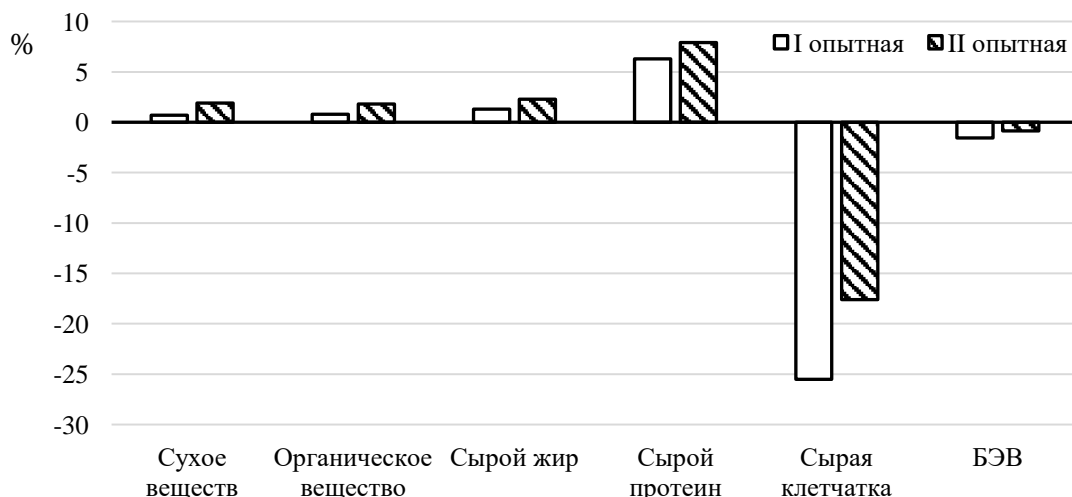


Рисунок 71 – Динамика коэффициентов переваримости питательных веществ корма опытной птицей относительно K_2 , %

По результатам полученных данных установлено, что произошло увеличение органического вещества и сырого жира в среднем на 5,0-8,0 % при сравнении с контрольными группами. В опытных группах отмечено достоверное увеличение сырого протеина на 15,9 и 17,5 % ($p \leq 0,05$), соответственно, относительно первого контроля. Переваримость сырой клетчатки была достоверно ($p \leq 0,05$) выше в I опытной группе почти в 2,55 раза

и во II группе в 2,0 раза ($p \leq 0,05$) в сравнении с первым контролем, относительно второй контрольной группы, напротив, наблюдается достоверное снижение последнего в 1,5 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,93 раза ($p \leq 0,05$), соответственно.

3.2.5.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

3.2.5.5.1 Убойные качества и морфологически состав тела бройлеров

В настоящее время наблюдается значительное сокращение сроков выращивания бройлеров современных кроссов, что связано с их высокой скоростью роста. Многочисленными исследованиями установлено, что, чем короче срок выращивания, тем эффективнее используются производственные ресурсы, так как с увеличением возраста птицы снижаются сохранность поголовья, интенсивность роста и оплата корма продукцией.

Для сравнительной оценки мясных качеств цыплят был проведен контрольный убой (приложение 2)

По результатам наших исследований отмечено достоверное снижение массы костной ткани в I опытной группе на 16,1 % ($p \leq 0,05$) относительно первого контроля. Во II опытной группе аналогичная картина, а именно снижение массы на 25,1 % ($p \leq 0,05$) относительно первого контроля и на 19,2 % ($p \leq 0,05$) в сравнении со вторым контролем.

При расчете убойного выхода в первой опытной группе выявлено его повышение на 1,4 % и на 1,5 % по отношению к контрольным группам, во второй группе, напротив, снижение (не может быть снижение живой массы и увеличение убойного выхода).

3.2.5.5.2 Химический и аминокислотный состав мышц цыплят-бройлеров

Аминокислотный состав мяса цыплят-бройлеров позволил оценить качество белка мяса птицы при дополнительном введении ультрадисперсных частиц меди и железа в рацион (рисунок 72-73).

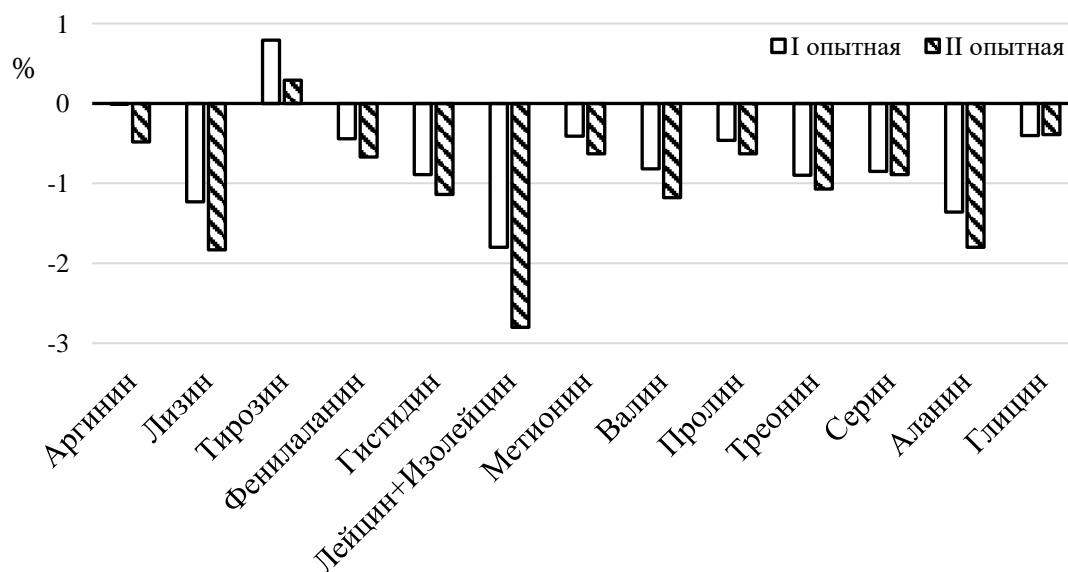


Рисунок 72 – Динамика аминокислотного состава мышц опытных цыплят-бройлеров относительно К₁, %

Следует отметить, что наблюдается снижение уровня аминокислот в опытных группах, так уровень лизина в I опытной группе уменьшился ($p \leq 0,05$) на 13,6 % и на 16,8 % при сравнении с контрольными группами, схожая картина отмечена и во II группе – на 20,2 % и на 23,2 %, соответственно. Содержание гистидина и лейцин+изолейцина также было снижено ($p \leq 0,05$) в среднем на 15-20 % относительно контрольных групп. Во II опытной группе уровень валина уменьшился на 22,0 % и на 23,3 % ($p \leq 0,05$) по отношению к контрольным группам. Также отмечено достоверное снижение таких аминокислот, как треонина в абсолютном значении с 4,67 до 3,27, серина с 5,05 до 2,92, аланина с 7,59 до 5,48 и глицина с 5,13 до 3,86. Только показатель

тирозина в I опытной группе достоверно превысил уровень первого контроля на 18,3 % и второго контроля на 15,8 %.

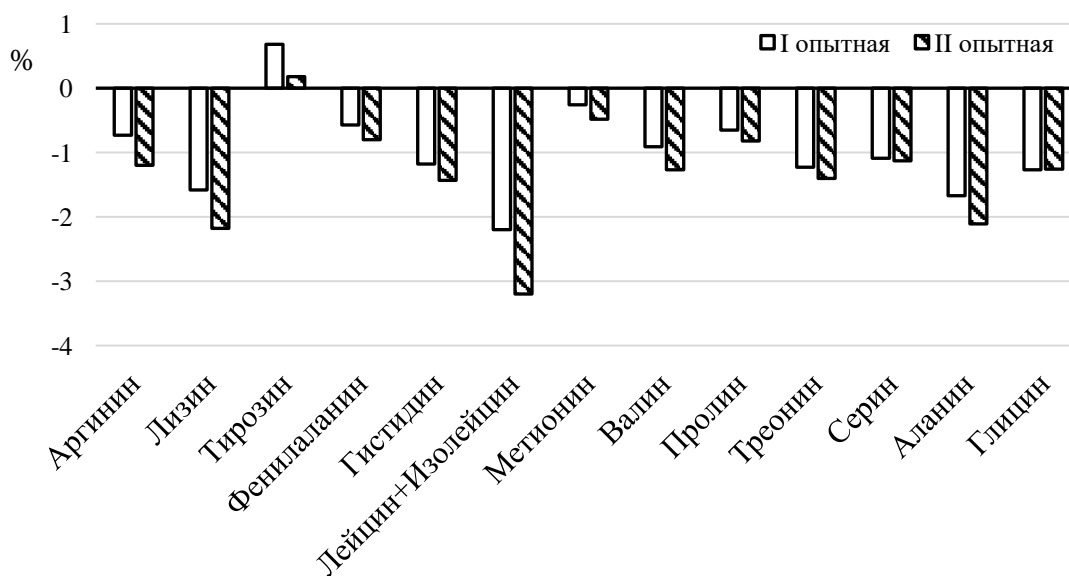


Рисунок 73 – Динамика аминокислотного состава мышц опытных цыплят-бройлеров относительно К₂, %

Таким образом, введение ультрадисперсных частиц способствует максимальному снижению уровня аминокислот в мясе цыплят-бройлеров.

Результаты приведенных исследований указывают на снижение ($p \leq 0,05$) уровня жира в мышечной ткани первой опытной группы на 30,1 % и на 19,4 % относительно контрольных групп, во второй опытной группе, напротив, увеличение последнего ($p \leq 0,05$) составило 1,5 раза и 1,78 раза, соответственно. В мясокостной ткани наблюдается увеличение ($p \leq 0,05$) содержания сухого вещества на 11,9 % в I группе относительно первого контроля, а также золы – ($p \leq 0,05$) в 2,0 раза и в 2,78 раз по отношению к контрольным группам (приложение 3).

Во внутренних органах отметим снижение ($p \leq 0,05$) показателей сухого вещества в I опытной группе на 14,6 % и на 28,2 % по сравнению с первым контролем.

Из выше сказанного следует, что введение ультрадисперсных частиц в рацион способствовало увеличению содержания жира, что свидетельствует о более интенсивном обмене последнего.

3.2.5.5.3 Обмен энергии в организме подопытной птицы

В конце проведенных исследований, в теле подопытной птицы в опытной группе, дополнительно получавшей ультрадисперсные частицы железа, уровень валовой энергии был максимальным и составил 40,24 МДж/гол, что на 5,43 % выше первого контроля и на 1,91 % выше второй контрольной группы (таблица 38).

Таблица 38 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
К ₁	39,529	4,534	36,911	10,536	24,615
К ₂	39,043	4,864	36,526	11,398	24,598
I опытная	40,135	4,671	35,464	12,653	22,811
II опытная	40,240	4,181	36,059	12,617	23,442

Показатель обменной энергии аналогичен и составил 36,059 МДж\гол, превысив первый контроль на 14,6 % и второй контроль на 6,36 %, уровень чистой энергии в I группе составил 22,811 Мдж/гол, а во II – 23,442 МДж/гол.

Изменения характеристик межклеточного обмена представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Динамика характеристик межуточного обмена

Показатель	Группа			
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная
Обменная энергия для поддержания, МДж/гол	13,563	13,754	12,817	12,551
Обменность ВЭ	84,745	84,875	88,361	89,611
КПИ ОЭ	0,656	0,634	0,543	0,559
Уровень питания	1,189	1,186	1,170	1,278
Коэффициент соответствия	0,039	0,035	0,033	0,033
ЭПО	0,362	0,357	0,342	0,394

На основании полученных данных, уровень обменной энергии сверхподдержания в I опытной группе был выше, чем в контрольных группах на 0,66 % и на 1,05 %, соответственно.

В I опытной группе выявлено увеличение уровня протеина на 1,4 %, во II опытной группе наблюдается увеличение последнего на 11,5 % ($p \leq 0,05$) относительно первого контроля. Коэффициент обменной энергии в опытных группах превысил контрольные группы в среднем на 0,5-1,3 %.

3.2.5.6 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

При анализе минерального состава определено, что уровень кальция в опытных группах в сравнении с контрольными группами был незначительно выше, в абсолютном значении с 2,89 до 3,48 ммоль/л, но без достоверных изменений. При этом уровень фосфора во II опытной группе превысил К₁ и К₂

на 12,4 и на 2,66 %, соответственно. В I опытной группе, напротив, нами отмечено незначительное снижение последнего (рисунок 73-76).

Дополнительное включение в рацион цыплят-бройлеров ультрадисперсных частиц железа и меди не привело к значительным изменениям концентраций макроэлементов, за исключением достоверного снижения кальция в I опытной группе ($p \leq 0,05$), где наблюдалось снижение в 1,48 раз в сравнении с K_1 , и в 1,44 раза по отношению к K_2 .

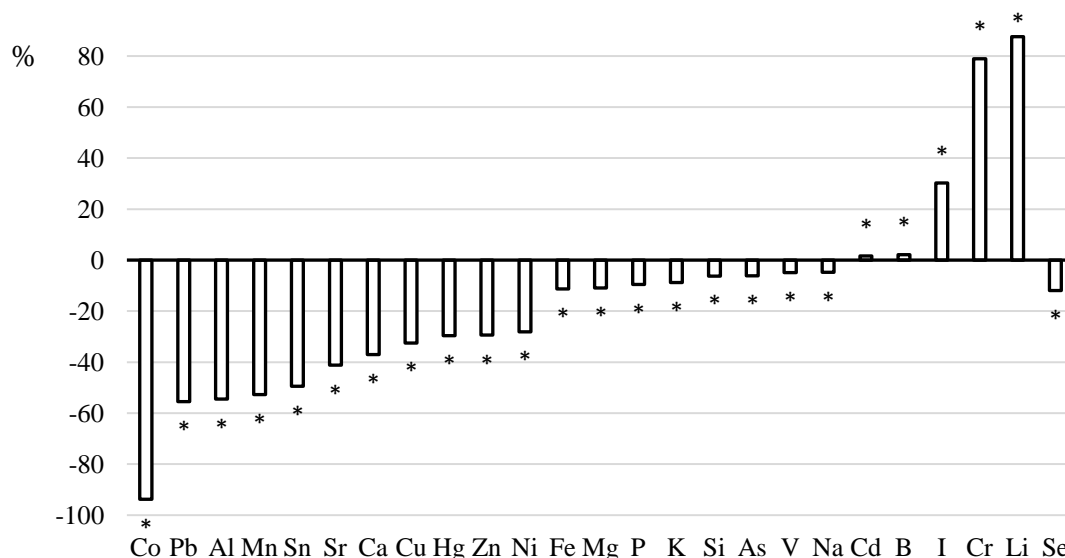


Рисунок 73 – Разница в величине пулов химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы в сравнении с K_1 , %

Однако следует отметить, что уровень железа в опытных группах достоверно изменился. Так, в I опытной группе, выявлено снижение последнего в 1,56 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$), относительно K_1 и K_2 . Во II опытной группе противоположная картина, а именно достоверное его увеличение в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и K_2 , соответственно.

Анализ величины пулов эссенциальных и условно-эссенциальных элементов показал наличие достоверных различий таких элементов, как: литий, бор, хром, марганец, кобальт, медь, мышьяк и селен.

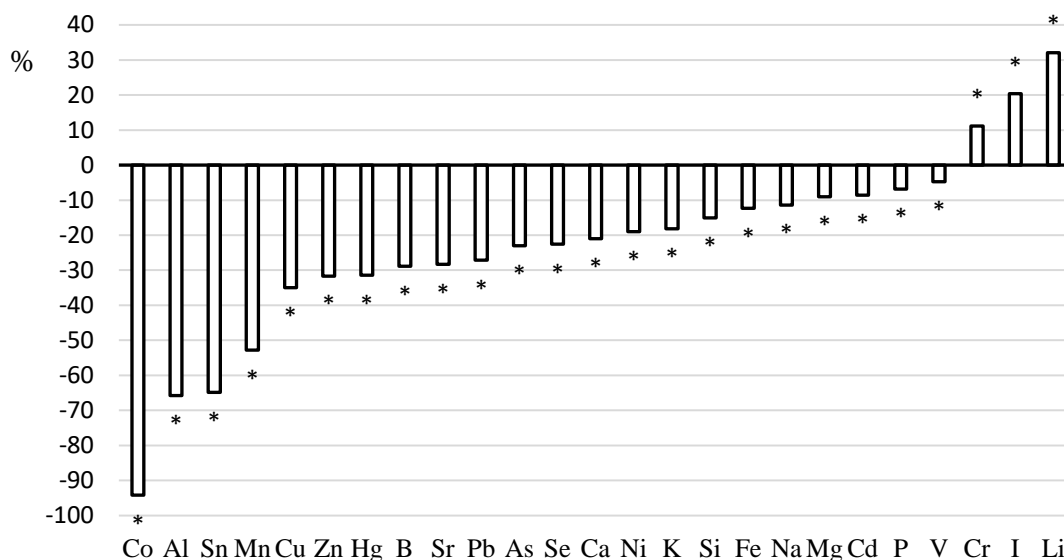


Рисунок 74 – Разница в величине пулов химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы в сравнении с К₁, %

Дополнительное включение УДЧ меди I опытной группы привело к достоверному увеличению ($p \leq 0,05$) лития, в 2 и 1,64 раз, в сравнении с контрольными группами. Применение УДЧ железа способствовало достоверному снижению бора в 1,84 раз ($p \leq 0,05$), по отношению к К₂. Концентрация железа, никеля и цинка в опытных группах была снижена, по отношению к контрольным группам, но изменения носили недостоверный характер.

Включение в рацион УДЧ меди и железа приводит к достоверному снижению ($p \leq 0,05$) марганца в 1,98 и 1,94 раз, кобальта в 15,0 и 15,7 раз и меди в 1,5 раза, соответственно, относительно К₁. По отношению к К₂ отмечено достоверное снижение ($p \leq 0,05$) в опытных группах кобальта в 1,5 раза, селена в 1,5 и 4,83 раза, соответственно, а во II опытной группе мышьяка в 1,5 раза. Однако показатель хрома в I опытной группе превысил контрольные группы в 1,9 раза ($p \leq 0,05$), соответственно.

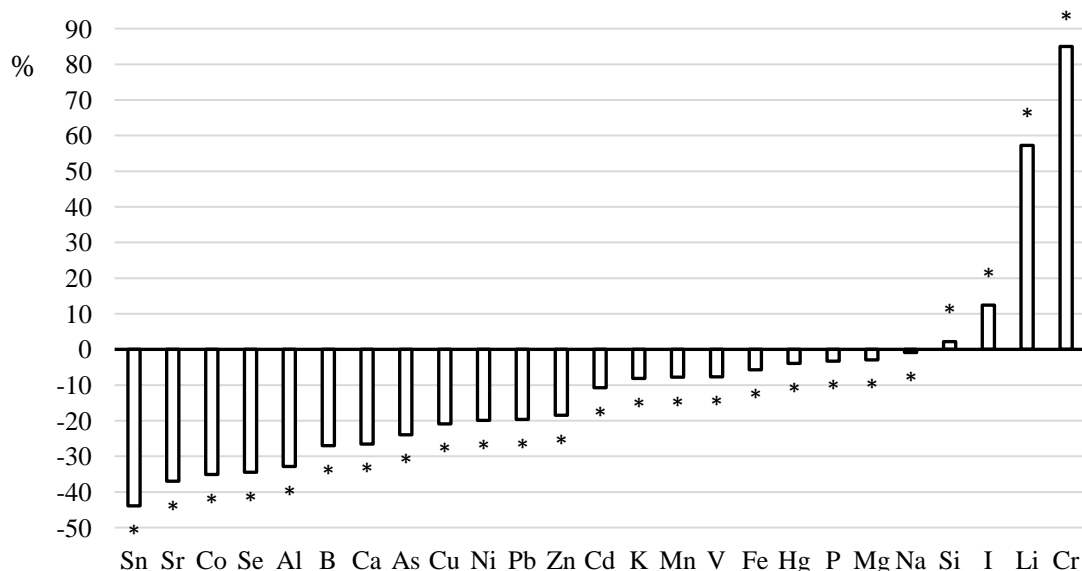


Рисунок 75 – Разница в величине пулов химических элементов в организме цыплят-бройлеров I опытной группы в сравнении с К₂, %

Включение УДЧ меди и железа в рацион цыплят-бройлеров способствовало снижению токсичных элементов. Так, в I опытной группе выявлено достоверное снижение стронция в 1,6 раз и 1,52 раз, ($p \leq 0,05$) соответственно, относительно контрольных групп. Уровень свинца, также достоверно уменьшился в I опытной группе в 2,06 раз ($p \leq 0,05$), относительно К₁.

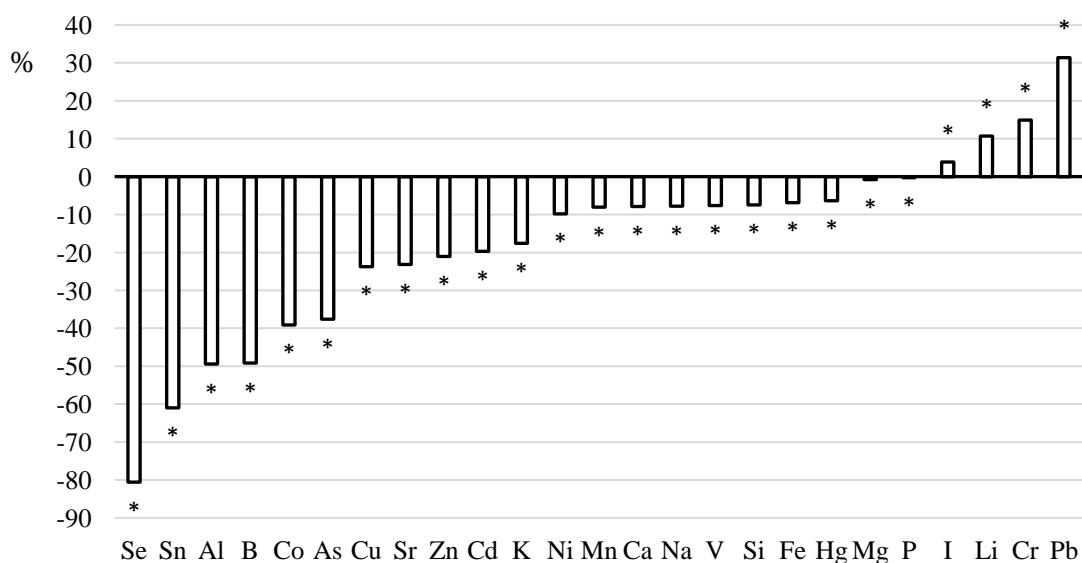


Рисунок 76 – Разница в величине пулов химических элементов в организме цыплят-бройлеров II опытной группы в сравнении с К₂, %

Содержание олова в опытных группах также достоверно снизилось в 1,86 и в 2,6 раз ($p \leq 0,05$), относительно K_1 , а также в 1,71 и в 2,4 раза, соответственно, по отношению к K_2 . Концентрация алюминия также достоверно уменьшилось в 2,06 и в 2,67 раз, соответственно ($p \leq 0,05$), в сравнении с K_1 , а также отмечено достоверное снижение во II опытной группе в 1,85 раз ($p \leq 0,05$), по отношению к K_2 .

В ходе исследований мы оценивали, как влияют исследуемые кормовые добавки на величину эндогенных потерь (таблица 40).

При оценке разницы содержания марганца при сравнении со второй контрольной группой, введение УДЧ меди способствует меньшим потерям, чем включение УДЧ Fe, схожая картина отмечена по разнице содержания кобальта. Разница содержания железа и меди составила при сравнении I опытной группы с K_1 1,09 % и 4,31 %, соответственно, при сравнении II с K_1 , 2,31 % и 35,9 %, соответственно; при сравнении разницы железа со второй контрольной группой, в I на 4,26 %, во II на 5,50 %, при сравнении разницы меди с K_2 , в I группе разница на 12,6 %, во II на 7,91 %. По результатам полученных данных можно сделать вывод о действенном результате при включении УДЧ меди, что способствует меньшим потерям в организме цыплят-бройлеров.

Таблица 40 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению к группе K_2)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	-4,1	-11,8
Fe	-3,3	-9,5
Co	-39,9	-38,0
Cu	-20,6	-23,9
Zn	-18,2	-20,7
Se	-38,2	-63,1

Полученные данные возможно связаны с изменениями биохимических процессов, а также адаптацией организма цыплят-бройлеров к введению исследуемых веществ.

Улучшение показателей роста на полусинтетическом рационе с внесением УДЧ сочеталось с высоким потреблением энергии на массу тела, что также может обуславливать большие эндогенные потери ввиду интенсификации обмена веществ.

Подводя итог, отметим, что полученные результаты за счет внесения УДЧ в составе дефицитных по микроэлементам рационов, показывают, что такая комбинация улучшила показатели энергетических процессов (повышение коэффициента обменной энергии), способствовала интенсификации процессов усвоения корма, то есть кормление рационом, дефицитном по микроэлементам, приводило к изменению параметров минерального обмена, ведя к большим эндогенным потерям при внесении УДЧ, с одновременной интенсификацией обмена веществ. Результаты показывают, что включение УДЧ может увеличивать мясную продуктивность за счет увеличения эндогенных потерь, что обусловлено увеличением потребности использования и мобилизации минералов из их депо в теле цыплят-бройлеров и снижением отрицательной нагрузки токсичными элементами. Эндогенные потери при внесении УДЧ меди и железа также могут быть следствием снижения процентного отношения облигатной микрофлоры ЖКТ (бацилл, лактобацилл, целлюлозоразрушающих бактерий), способной аккумулировать ряд химических элементов, что стало предметом дальнейшего изучения. При этом несбалансированный рацион по микроэлементам мог стать причиной эндогенных потерь при внесении УДЧ за счет инактивации эндогенных ферментов (Liu B. et al., 2018; Liu H. et al., 2018), повышения секреции муцина (Cowieson et al., 2004) или изменении баланса электролитов (Ravindran V. et al., 2008) в желудочно-кишечном тракте птицы

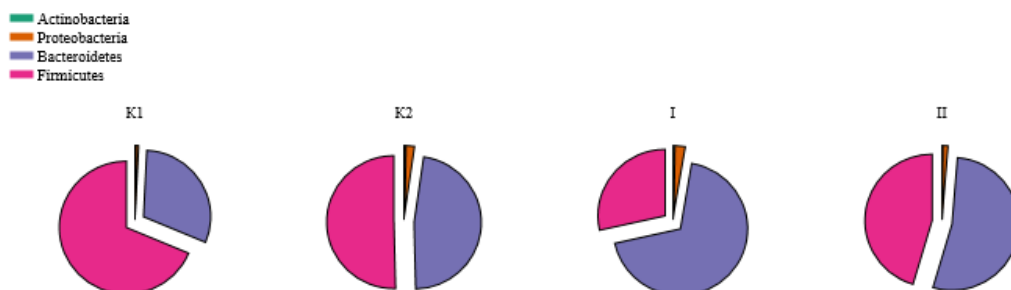
за счет бактерицидного действия исследуемых УДЧ, прежде всего – УДЧ меди.

3.2.5.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион УДЧ Fe и Cu

Анализ полученных данных секвенирования позволил определить наличие 4 основных филумов (рисунок 77, а, б). При этом, доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99%. Их содержание варьировалось в зависимости от группы. В опытных группах I и II в сравнении с контрольной группой K₁ содержание представителей филума *Bacteroidetes* было выше в 1,9 и 2 раза соответственно. Аналогичная картина и наблюдалась в сравнении с K₂, но разница была незначительной. Различие между опытными группами по содержанию представителей данного филума практически не было обнаружено.

Количество представителей филума *Firmicutes*, напротив, в опытных образцах было ниже, чем в контролях, однако различие не превышало в 1,8 раз в сравнении с группой K₁ и в 1,2 раза – с группой K₂. Между группами большой разницы обнаружено не было.

а



б

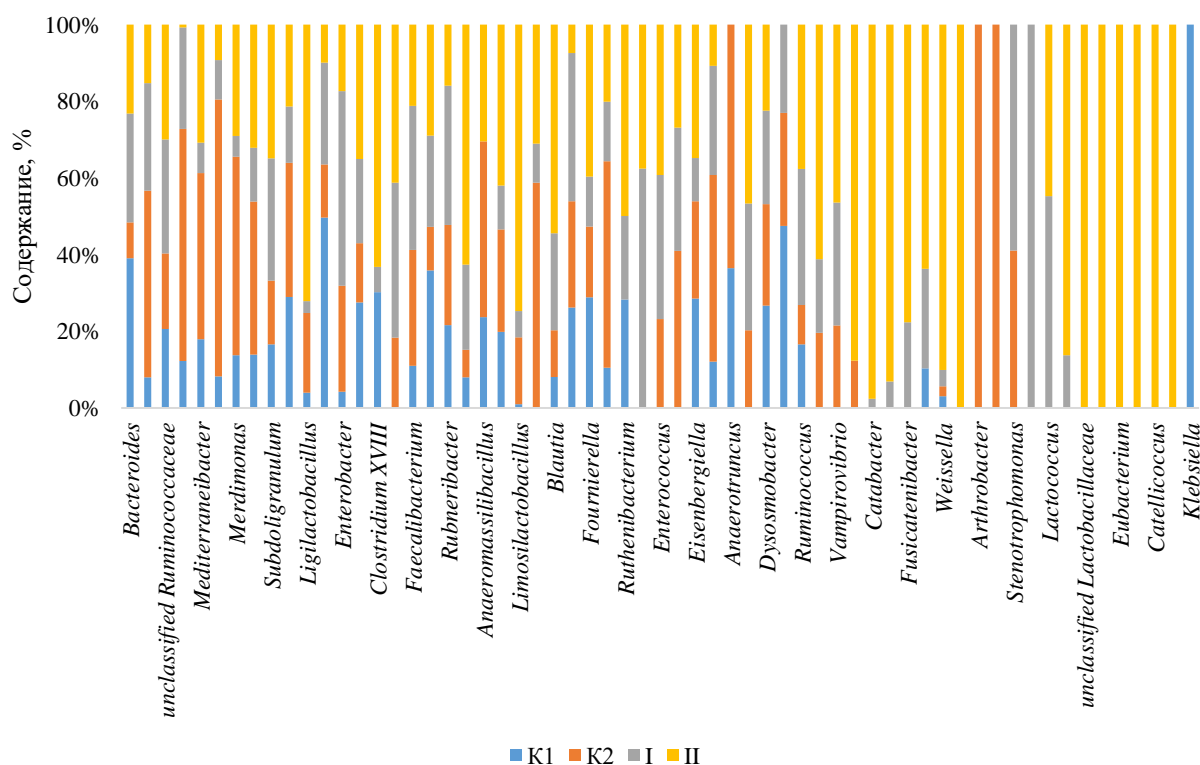


Рисунок 77 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении УДЧ железа и меди

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Bacteroides*, *Lactobacillus*, их содержание превышало 10%. Так, в группе K₁ содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4,0 раза выше, чем в K₂, при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось в более, чем 5,0 раз, а при сравнении с опытными группами I и II данная разница составила 1,4 и 1,7 раз, соответственно.

Содержание представителей рода *Alistipes* было выше в опытных группах I и II относительно группы K₁ в 3,5 и 1,9 раз соответственно, но ниже, чем в группе K₂ в 1,7 и 3,2 раз, соответственно. Количество представителей рода *Lactobacillus* в опытных группах I и II различалось как между собой, как и с контролями. Так, содержание бактерий этого рода в группе I в 9 раз было выше, чем во II и в 2,2 – чем в K₁, но уступало представленности этих микроорганизмов группе K₂ в 2,3 раза. Содержание таких родов как

unclassified Ruminococcaceae, Mediterraneibacter, Limosilactobacillus, Merdimonas как в опытных, так и контрольных группах не превышало 10 %.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является группа К₁. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуются обе опытные группы (таблица 41).

Таблица 41 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	К ₁	К ₂	I опытная	II опытная
Chao-1	60	63	77	77
Simpson_1-D	0,47	0,78	0,80	0,85
Shannon_H	1,37	2,33	2,23	2,33

После расчетов индекса Chao-1 необходимо оценить равномерность их распределения, что позволит оценить, доминируют ли отдельные виды или все виды находятся в равном соотношении. Для этого был рассчитан коэффициент Simpson 1-D, который учитывает количество присутствующих видов, а также относительную численность каждого вида, и чем выше его значение стремится к 1, тем более равномерным является распределение микроорганизмов. В данном случае можно отметить, что максимальное значение зафиксировано во II опытной группе, а минимальное значение характерно для группы К₁. Это подтверждается приведенными данными выше, где было отмечено высокое содержание отдельного вида *Bacteroides*. По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, что является результатом взаимодействия всех трех индексов альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона. Его значение максимально в группах II и К₂, а минимально в К₁.

Исходя из полученных данных, можно сказать, что использование УДЧ железа в качестве добавки при кормлении цыплят-бройлеров может положительно сказываться на микрофлоре кишечника, увеличивая обилие необходимых микроорганизмов.

При введении в рацион птицы УДЧ меди (рисунок 78) численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,50$) и Pb ($r=0,79$).

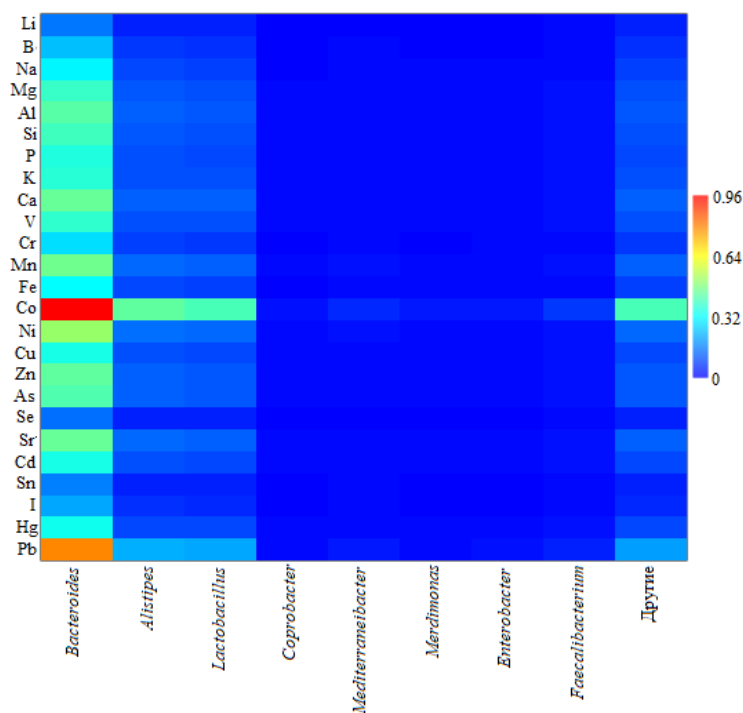


Рисунок 78 – Корреляция численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров при даче УДЧ меди

При введении в рацион птицы УДЧ железа (рисунок 79) численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Al ($r=0,52$), Ca ($r=0,55$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,62$), Zn ($r=0,53$), As ($r=0,51$), Sr ($r=0,55$) и Pb ($r=0,96$).

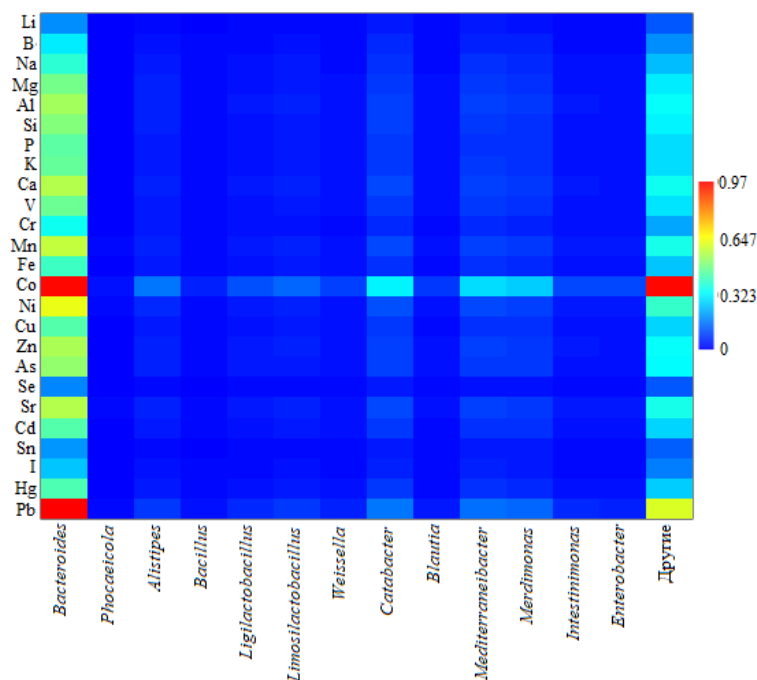


Рисунок 79 – Корреляция численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров при даче УДЧ железа

В K_1 численность таксона *Bacteroides* и *Ruminococcus* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,63$ и $r=90$), соответственно (рисунок 80).

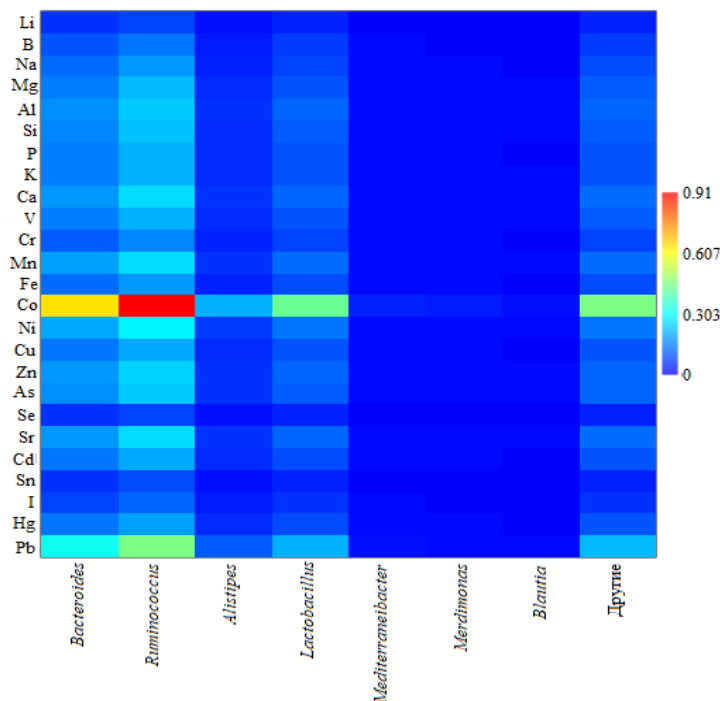


Рисунок 80 – Корреляция численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров в K_1

В K_2 (рисунок 81) численность таксона *Bacteroides* и *Ruminococcus* коррелировала также с накоплением Co ($r=0,58$ и $r=84$, соответственно).

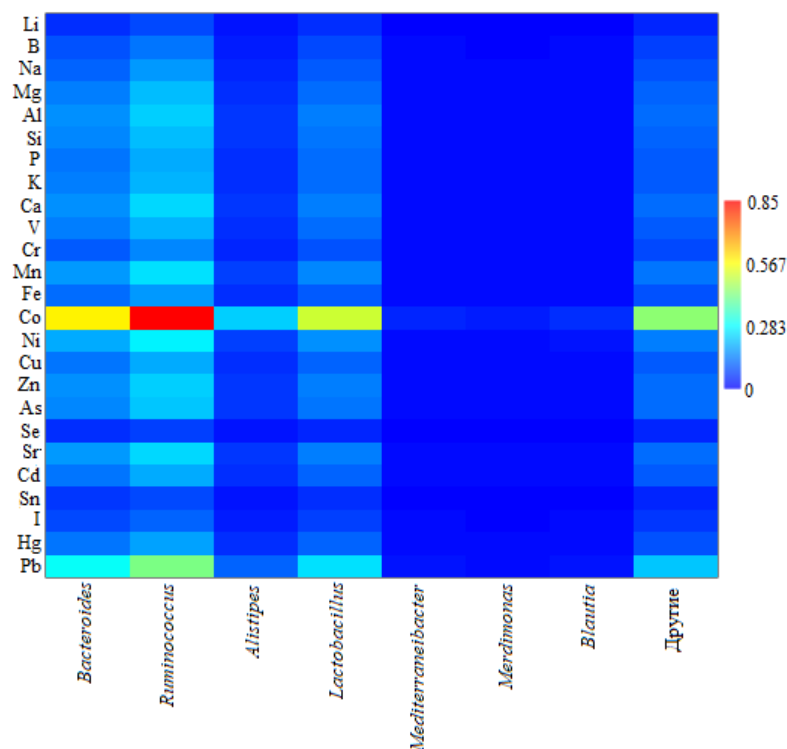


Рисунок 81 – Корреляция численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров в К₂

Полученные результаты свидетельствуют о том, что облигатная микрофлора слепого кишечника птиц может модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении различных веществ. Это открывает новые перспективы в разработке технологий по управлению накопления химических элементов в теле цыплят-бройлеров.

В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, в I опытной группе содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* было более чем в 20 раз выше, чем во II опытной группе. Было показано, что облигатная микрофлора слепого кишечника птиц может модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении УДЧ металлов.

3.2.5.8 Резюме по итогам эксперимента

Включение в рацион УДЧ железа сопровождалось увеличением числа лейкоцитов и уровня АЛТ в крови, в то время как при даче УДЧ меди – снижением этих показателей. Содержание креатинина в сыворотке крови при включении УДЧ железа в рацион достоверно снизилось.

В нашем исследовании было показано, что переваримость сырой клетчатки выше в опытных группах, по сравнению с первым контролем, относительно второй контрольной группы, напротив, наблюдается достоверное снижение переваримости. В опытных группах также отмечено достоверное снижение массы костной ткани и повышение убойного выхода при внесении УДЧ меди, и наоборот – при внесении УДЧ железа. В целом, введение ультрадисперсных части в рацион способствовало увеличению содержания жира, что свидетельствует о более интенсивном обмене последнего и снижению уровня аминокислот в мясе. При изучении состава мышц, было показано увеличение уровня протеина в опытных группах, а также повышение коэффициента обменной энергии в опытных группах.

Минеральный состав сыворотки крови в опытных группах свидетельствовал об изменении в содержании железа. Так, при внесении УДЧ меди, уровень железа в сыворотке крови снижался, а при даче УДЧ железа, напротив, повышался. Включение УДЧ меди и железа в рацион цыплят-бройлеров сопровождалось снижением пулов токсичных элементов.

В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, в I опытной группе содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* было более чем в 20 раз выше, чем во II опытной группе. Было показано, что облигатная микрофлора слепого кишечника птиц может модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении УДЧ металлов.

3.3 Исследования второй серии по оценке действия кормовых добавок на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.1 Изучение влияния ультрадисперсных частиц на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.1.1 Корма и кормление подопытной птицы

В ходе пятого эксперимента (вторая серия исследований) по оценке действия ультрадисперсных частиц меди и железа на рост и развитие, показатели крови, минеральный обмен и микробиоценоз кишечника в организме цыплят-бройлеров, находящихся на сбалансированном рационе, было отобрано 105 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 3 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях кормления и содержания. Продолжительность основного учетного периода составила 28 суток. Птица контрольной группы получала основной рацион (ОР), I опытной – ОР совместно с УДЧ железа в дозировке 17 мг/кг, II опытной – ОР совместно УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма. Дозировка железа и меди были выбраны с учетом ранее установленного положительного эффекта (Sizova E.A. et.al., 2019). Поение вволю из ниппельных поилок.

Состав основного рациона, использованного в стартовом периоде, включал, соответственно: зерно пшеницы – 27,1%, кукуруза – 16%, шрот соевый – 25%, шрот подсолнечный – 18%, масло подсолнечное – 5 %, монохлоргидрат лизина, 98 % – 0,35 %, DL-метионина 0,10 %, L-треонина – 0,03 %, соль поваренная – 0,28 %, монокальций фосфат – 0,7 %, мел кормовой – 0,5 %, известняковая мука – 1,0 %, премикс ООО «Коудайс МКорма», Россия – 2 % (таблица 42).

Таблица 42 – Состав и питательность комбикорма, использованного в учетный период (стартовый), г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса Вещества
Состав комбикорма, %:			
пшеница	27,1	железа, мг	80,0
кукуруза	16,0	марганца, мг	100,0
шрот соевый	25,0	цинка, мг	100,0
шрот подсолнечный	18,0	меди, мг	26,0
масло подсолнечное	5,0	йода, мг	1,25
премикс	2,0		
монохлоргидрат лизина 98%	0,35	ВИТАМИНОВ:	
DL-метионин 98,5	0,10	А, тыс МЕ	15,0
L-треонин 98%	0,03	Д, тыс МЕ	5,0
соль поваренная	0,28	Е, мг	130,0
монокальций фосфат	0,7	В ₁ , мг	3,5
мел кормовой	0,5	В ₂ , мг	11,0
известняковая мука %	1,0	В ₃ , мг	18,0
В комбикорме содержится:		В ₄ , мг	1000,0
обменной энергии, %	295	В ₅ , мг	60,0
сырого протеина, %	22,5	В ₆ , мг	5,0
сырого жира, %	3,5	В ₁₂ , мг	0,02
сырая клетчатка, %	3,8	Вс, мг	2,0
лизина, %	1,44	Е, мг	130,0
метионина, %	0,72	Н, мг	0,2
метионина+цистина, %	1,0	К ₃ , мг	4,0
триптофана, %	0,3		
треонина, %	0,9		
ксиланаза, мг	1000,0		
фитаза, мг	100,0		
Са, %	0,95		
К, %	0,95		
Na, %	0,16		
P, %	0,70		
NaCl, %	0,34		

Состав основного рациона в ростовом периоде включал, соответственно: зерно пшеницы - 41,2 %, кукуруза - 22 %, шрот соевый - 15 %, шрот подсолнечный - 8 %, масло подсолнечное - 2,8 %, монохлоргидрат лизина, 98 % - 0,17 %, DL-метионина - 0,13 %, L-треонина - 0,54 %, соль поваренная - 0,3 %, монокальций фосфат - 0,7 %, мел кормовой - 0,4 %, известняковая мука - 0,7 %, премикс ООО «Коудайс МКорма», Россия – 2 % (таблица 43).

Таблица 43 – Состав и питательность комбикорма, использованного в учетный период (ростовой), г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса Вещества
Состав комбикорма, %:			
пшеница	41,2	железа, мг	20,0
кукуруза	22,0	марганца, мг	120,0
шрот соевый	15,0	цинка, мг	110,0
шрот подсолнечный	8,0	меди, мг	90,0
масло подсолнечное	2,8	йода, мг	1,25
премикс	2,0	селена, мг	0,30
монохлоргидрат лизина 98%	0,17	ВИТАМИНОВ:	
DL-метионин 98,5	0,13	А, тыс МЕ	10,0
L-треонин 98%	0,54	Д, тыс МЕ	4,0
соль поваренная	0,3	Е, мг	55,0
монокальций фосфат	0,7	В ₁ , мг	2,20
мел кормовой	0,4	В ₂ , мг	5,40
известняковая мука %	0,7	В ₃ , мг	13,0
В комбикорме содержится:		В ₄ , мг	350,0
обменной энергии, %	320	В ₅ , мг	40,0
сырого протеина, %	19,5	В ₆ , мг	3,20
сырого жира, %	7,49	В ₁₂ , мг	0,12
сырая клетчатка, %	3,64	Вс, мг	1,60
линолевая кислота, %	4,11	Е, мг	55,0
лизина, %	1,21	Н, мг	0,20
метионина, %	0,58	К ₃ , мг	2,20
метионина+цистина, %	0,94		
триптофана, %	0,22		
треонина, %	0,81		
Са, %	0,74		
К, %	0,69		
Na, %	0,16		
P, %	0,59		
Cl, %	0,19		

По результатам исследований, за весь экспериментальный период I опытной группой было съедено 3454 г/голову (таблица 44).

Таблица 44 – Поедаемость и затраты корма на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Съедено, г	3628	3454	3393
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,80	1,67	1,60

Во II опытной группе в абсолютном значении этот показатель составил 3393 г/гол. Эти величины уступали уровню контроля. Затраты корма в группе, дополнительно получавшей ультрадисперсные частицы меди составили 1,60 кг/кг прироста.

3.3.1.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Дополнительное введение ультрадисперсных частиц меди и железа в рацион повлияло на динамику живой массы подопытной птицы (таблица 45).

Таблица 45 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г ($M \pm m$)

Неделя	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
1	201,2±4,84	201,2±6,44	201,2±3,62
2	467,2±11,2	469,3±11,8	470,7±11,0
3	834,4±29,7	842,9±20,3	856,4±17,3
4	1274,3±52,8	1303,3±34,7	1311,5±38,0
5	1566,2±77,0	1639,2±41,6	1611,1±66,6
6	2015,6±83,2	2068,9±76,2	2118,7±89,1

Со второй недели эксперимента отмечается незначительное повышение живой массы в опытных группах в сравнении с аналогичной группой, на 0,5-0,7 %, схожая картина наблюдается в течение всего экспериментального периода. Так, на третьей недели исследований, в I опытной группе наблюдается увеличение живой массы на 1,01 %, во II опытной группе – на 2,63 %, на четвертой недели эксперимента, на 2,27 % и 2,92 %, соответственно, на конец эксперимента в I опытной группе живая масса увеличилась на 2,64 %, во II опытной группе – на 5,12 %.

Исходя из полученных данных, констатируем факт ростостимулирующего эффекта в течение всего экспериментального исследования, при дополнительном введении ультрадисперсных частиц меди.

3.3.1.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Результаты исследований показали изменение показателей системы гемостаза после введения УДЧ железа и меди (таблица 46).

Таблица 46 – Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» после введения ультрадисперсных частиц Fe и Cu в рацион, (M±m)

Группа	Показатель				
	лейкоциты, 10 ⁹ /л	эритроциты, 10 ¹² /л	гемоглобин, г/л	гематокрит, %	тромбоциты, 10 ⁹ /л
контрольная	50,6±2,36	3,39±0,56	125,3±3,33	23,3±0,37	144,7±1,89
I опытная	41,6±1,81*	3,87±0,03	132,7±1,20	20,5±0,22	133,3±1,53
II опытная	55,7±2,99	3,09±0,56	114,3±2,57	20,1±0,38	177,7±1,33

Примечание: * – результаты являются статистически достоверными (p≤0,05).

В ходе анализа морфологических показателей крови цыплят-бройлеров отмечено снижение лейкоцитов в I опытной группе на 21,6 % (p≤0,05), во II группе, напротив, повышение на 10,1 %. По уровню гемоглобина, группа, дополнительно получавшая УДЧ железа, превышает контроль на 5,90 %. В то же время во II опытной группе данный показатель недостоверно снижался на 8,78 %. Показатель тромбоцитов в I опытной группе был снижен в сравнении с контрольной группой на 7,88 %, во II опытной, напротив, было отмечено повышение на 22,8 %.

В эксперименте в I опытной группе установлено достоверное снижение количества моноцитов на 0,63 % (p≤0,05) (рисунок 82 А, Б).

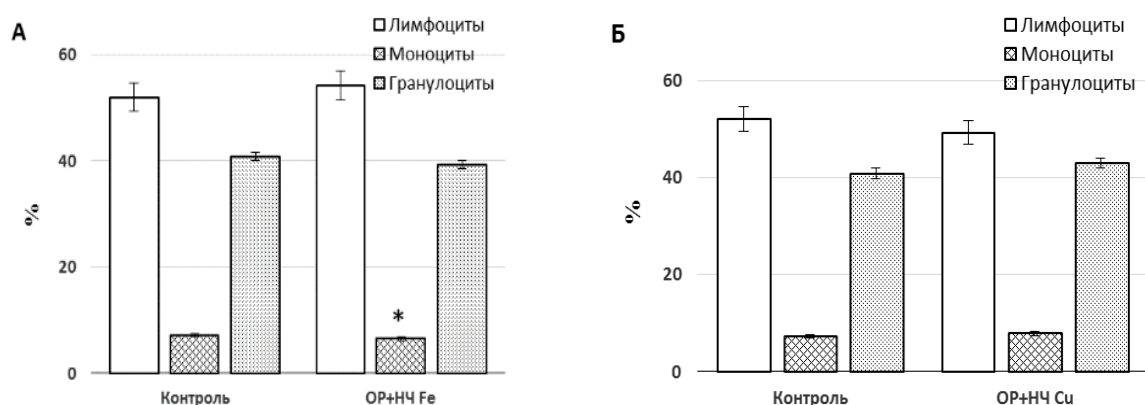


Рисунок 82 – Содержание лимфоцитов, моноцитов и гранулоцитов в крови цыплят-бройлеров после введения. А. I (ОР+УДЧ Fe) Б. II (ОР+УДЧ Cu).

Анализ биохимических параметров сыворотки крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» после введения УДЧ Fe и УДЧ Cu показал изменения в исследуемых параметрах крови (таблица 47).

Таблица 47 – Биохимические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес», (M±m)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Глюкоза, ммоль/л	11,5±0,22	11,8±0,46	12,2±0,35
Креатинин, мкмоль/л	23,1±2,05	33,8±0,43**	33,4±0,10**
Мочевина, Ед/л	0,67±0,05	0,53±0,03**	0,87±0,03
Мочевая кислота, мкмоль/л	161,1±27,8	215,2±10,3*	139,5±21,7
Щелочная фосфатаза, ммоль/л	3446,0±69,6	2500,3±73,1*	3919,3±64,1
Гамма ГТ, Ед/л	16,7±2,85	25,7±2,19*	18,7±1,76
Билирубин общий, мкмоль/л	0,38±0,03	0,73±0,03**	0,74±0,03**
Билирубин прямой, мкмоль/л	0,27±0,05	0,32±0,03	0,25±0,02

Примечание: * – результаты являются статистически достоверными ($p \leq 0,05$); ** – результаты являются статистически достоверными ($p \leq 0,01$).

Как известно, уровень глюкозы является одним из строго регулируемых физиологических параметров, и колебания его значения оказывает существенное влияние на метаболизм мозга и миокарда. Зафиксировано увеличение данного показателя в I группе (ОР+УДЧ Fe) – на 2,61 % и во II (ОР+УДЧ Cu) – на 6,09 % относительно контроля. Однако, изменения носили недостоверный характер.

Определение гамма-ГТ является самым чувствительным тестом при развитии патологии печени, даже более информативным, чем другие маркеры: АлАТ, АсАТ, щелочная фосфатаза. Увеличение гамма-ГТ обусловлено многими факторами: гибелью клеток, застоем внутри протоков и токсическим воздействием на фоне интоксикации. Так, на фоне повышения данного показателя отмечено достоверное увеличение гамма-ГТ на 53,9 % ($p \leq 0,05$) в I опытной группе при сравнении с контролем.

Анализ билирубинового обмена показал достоверное увеличение общего билирубина на 92,1 % ($p \leq 0,01$) и 94,7 % ($p \leq 0,01$) в опытных группах, относительно контрольной группы. В эксперименте установлено увеличение содержания прямого билирубина на 18,5 % в I опытной группе, на фоне снижения данного показателя во II опытной группе на 7,41 %, при сравнении с контрольным аналогом.

Анализ биохимических параметров сыворотки крови цыплят-бройлеров показал значительные сдвиги, в первую очередь, в активности основных энзимов: аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ). При общей картине увеличения активности АЛТ отмечено снижение активности АСТ в I опытной группе на 7,69 %, II – на 9,10 % ($p \leq 0,01$), относительно контроля. Во всех опытных группах отмечена тенденция снижения активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ). Достоверное снижение отмечено в I опытной группе на 15,8 % ($p \leq 0,05$), II на 27,5 % ($p \leq 0,01$).

Таким образом, оценка полученных данных указывает на вариабельность морфологических и биохимических показателей в пределах

физиологической нормы, с тенденцией снижения на фоне введения ультрадисперсных частиц Fe и Cu.

3.3.1.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Включение препарата ультрадисперсных частиц железа и меди в рацион сопровождалось изменениями в элементном статусе бройлеров. По результатам исследований было установлено, что использование УДЧ Fe в кормлении птицы сопровождалось увеличением концентрации Ca – на 78,5 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения концентрации P – на 19,3; K – на 11,8; Na – на 7,05; Mg – на 15,6 % в теле бройлеров, относительно контрольной группы.

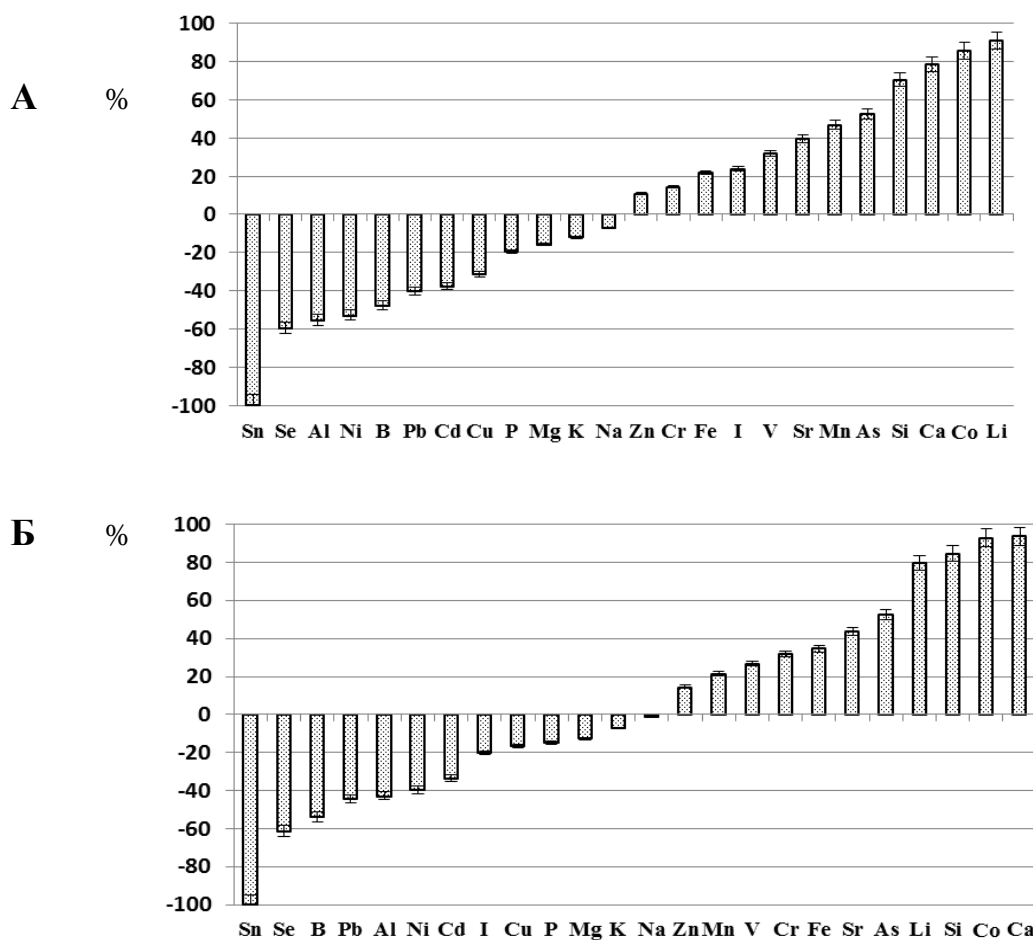


Рисунок 83 – Сравнительная характеристика конверсии химических элементов **А.** I группа (ОР+ УДЧ Fe) **Б.** II группа (ОР+УДЧ Cu).

При анализе концентрации тяжелых металлов установлено, что включение УДЧ Fe в рацион способствовало снижению концентрации Al – на

42,7; Pb – на 40,2; Cd – на 33,3 и Sn – на 99,2 % ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно аналогов из контрольной группы (рисунок 83А).

Снижению концентрации Sn – на 99,8; Pb – на 44,3; Al – на 55,2 и Cd – 37,5 % ($p \leq 0,05$) в теле подопытной птицы по сравнению с аналогами из контрольной группы способствовало введение УДЧ Cu в рацион (рисунок 83 Б).

Определение содержания химических элементов в теле цыплят-бройлеров выявило достоверные отличия, характеризующие изменения в элементном статусе организма птицы в зависимости от введения препарата УДЧ Fe и Cu в рацион, что позволило сформировать элементные профили:

$$\text{ОР+УДЧ Fe} = \frac{\text{Zn,Cr,Fe,I,V,Mn,As,Sr,Si,Cs,Co,Ca,Li}}{\text{Sn,Sr,Se,Al,Э,B,Pb,Cd,Cu,P,Mg,K,Na}}$$

$$\text{ОР+УДЧ Cu} = \frac{\text{Zn,Mn,V,Cr,Fe,As,Li,Si,Ca,Co,Cu}}{\text{Sn,Sr,Se,B,Pb,Al,Э,Cd,I,P,Mg,K,Na}}$$

Таким образом, включение препарата ультрадисперсных частиц Fe и Cu в рацион сопровождалось увеличением концентрации Fe ($p \leq 0,05$) при снижении концентрации Cu ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно контроля.

Аналогичная тенденция в отношении уровня содержания железа и меди в теле исследуемой птицы при введении УДЧ Cu в рацион, различное поведение химических элементов, в зависимости от нутриентной обеспеченности рациона, связано, по-видимому, с интенсивностью протекания биохимических реакций и избирательностью организма при расходовании химических элементов на процессы обмена.

3.3.1.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

Дополнительное включение ультрадисперсных частиц в рацион исследуемой птицы способствовало повышению показателей мясной продуктивности (таблица 48).

Таблица 48 - Результаты контрольного убоя подопытной птицы, г

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса	2015,6±83,2	2068,9±76,2	2118,7±89,1
Потрошенная тушка	1390,2±20,6	1408,9±21,2	1464,0±24,7
Мышечная ткань	835,7±11,2	894,7±9,86	932,6±12,1
Убойный выход, %	68,0±0,54	68,1±0,68	69,1±0,78

Масса потрошенной тушки в I опытной группе превысила контроль на 1,33 %, II группа – на 5,04 %. Аналогичная картина по массе мышечной ткани, а именно повышение в опытных группах на 6,59 % и на 10,4 %, соответственно. Убойный выход в I опытной группе повысился на 0,1 %, во II группе – на 1,1 %.

Таким образом, дополнительное включение в рацион ультрадисперсных частиц меди привело к лучшему убойному выходу, а именно на 1,1 %, в сравнении с аналогичной группой.

3.3.1.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион УДЧ Fe и Cu

В контрольной группе при секвенировании бактериальных геномов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров, были получены следующие результаты (таблица 49). В контроле обнаруживались такие филумы, как *Firmicutes* (71,95 %), *Bacteroidetes* (13,22 %), *Proteobacteria* (4,66 %) и *Nitrospirae* (1,24 %). При этом самым многочисленным классом являлись представители *Clostridia* (65,54 %). Среди семейств наибольшую численность имели представители *Lachnospiraceae* (23,37 %) и *Ruminococcaceae* (17,55 %).

Также в контроле были представлены такие семейства с численностью более 1 % – *Clostridiaceae*, *Bacteroidaceae*, *Heliobacteriaceae*, *Lactobacillaceae* и *Sphingobacteriaceae*. Среди родов наиболее многочисленными были представители рода *Blautia* (16,82 %).

Таблица 49 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров в контрольной группе

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (71,95 %) <i>Clostridia</i> (65,54 %) <i>Bacilli</i> (4,88 %)	<i>Lachnospiraceae</i> (23,37 %) <i>Ruminococcaceae</i> (17,55 %) <i>Clostridiaceae</i> (9,61 %) <i>Heliobacteriaceae</i> (4,37 %) <i>Lactobacillaceae</i> (3,84 %)	<i>Blautia</i> (16,82 %) <i>Faecalibacterium</i> (7,87 %) <i>Ruminococcus</i> (6,79 %) <i>Oscillospira</i> (5,35 %) <i>Clostridium</i> (3,81 %) <i>Heliorestis</i> (4,37 %)
Филум <i>Bacteroidetes</i> (13,22 %) <i>Bacteroidia</i> (6,62 %) <i>Sphingobacteriia</i> (3,38 %) <i>Flavobacteriia</i> (2,88 %)	<i>Bacteroidaceae</i> (6,45 %) <i>Sphingobacteriaceae</i> (3,10 %)	<i>Bacteroides</i> (6,45 %)
Филум <i>Proteobacteria</i> (4,66 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (1,75 %) <i>Gamma proteobacteria</i> (1,29 %)	Нет данных	Нет данных
Филум <i>Nitrospirae</i> (1,24 %)	Нет данных	Нет данных
Филум <i>Неклассифицированные</i> (6,52 %) Неклассифицированные (8,74 %)	Неклассифицированные (16,00 %)	Неклассифицированные (19,79 %)
<i>Другие</i> (2,41 %)* Другие (4,92 %)*	Другие (15,71 %)*	Другие (28,75 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

В опытной группе, получавшей с кормом препарат УДЧ железа (таблица 50), среди представителей филумов доминировали *Firmicutes* (63,42 %), также присутствовали *Bacteroidetes* (17,34 %) и *Proteobacteria* (7,43 %). Среди семейств преобладали *Ruminococcaceae* (23,03 %) и *Lachnospiraceae* (13,05 %), также в данном образце были обнаружены представители *Clostridiaceae*, *Lactobacillaceae*, *Bacteroidaceae*, *Sphingobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae* и *Enterobacteriaceae*. При этом самым многочисленным среди родов были представители *Faecalibacterium* (13,53 %), *Blautia* (9,62 %) и *Bacteroides* (9,89 %).

Таблица 50 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров при добавлении в рацион УДЧ железа

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (63,42 %) <i>Clostridia</i> (55,28 %) <i>Bacilli</i> (5,49 %)	<i>Clostridiaceae</i> (10,60 %) <i>Ruminococcaceae</i> (23,03 %) <i>Lachnospiraceae</i> (13,05 %) <i>Lactobacillaceae</i> (3,11 %)	<i>Clostridium</i> (3,33 %) <i>Faecalibacterium</i> (13,53 %) <i>Oscillospira</i> (6,49 %) <i>Ruminococcus</i> (3,28 %) <i>Blautia</i> (9,62 %)
Филум <i>Bacteroidetes</i> (17,34 %) <i>Bacteroidia</i> (9,98 %) <i>Sphingobacteriia</i> (3,85 %) <i>Flavobacteriia</i> (3,03 %)	<i>Bacteroidaceae</i> (9,89 %) <i>Sphingobacteriaceae</i> (3,57 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (3,03 %)	<i>Bacteroides</i> (9,89 %) <i>Flavobacterium</i> (2,86 %)
Филум <i>Proteobacteria</i> (7,43 %) <i>Betaproteobacteria</i> (2,84 %) <i>Gamma</i> proteobacteria (2,25 %)	<i>Enterobacteriaceae</i> (1,51 %)	Нет данных
Филум <i>Неклассифицированные</i> (8,49 %) Неклассифицированные (11,65 %)	Неклассифицированные (17,71 %)	Неклассифицированные (22,22 %)
<i>Другие</i> (3,32 %)* <i>Другие</i> (5,63 %)*	<i>Другие</i> (14,5 %)*	<i>Другие</i> (28,78%)*

* - таксоны с численностью >1 %

В слепой кишке цыплят-бройлеров, получавших УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма (таблица 51) присутствовали представители филумов

Firmicutes (67,36 %), *Bacteroidetes* (19,48 %) и *Proteobacteria* (5,23 %). Среди семейств наиболее многочисленными были такие таксоны как *Ruminococcaceae* (21,58 %), *Lachnospiraceae* (18,67 %) и *Sphingobacteriaceae* (13,10 %). Среди родов были идентифицированы представители *Ruminococcus*, *Oscillospira*, *Faecalibacterium*, *Blautia*, *Lactobacillus*, *Pedobacter* и *Flavobacterium*.

Таблица 51 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров при добавлении в рацион УДЧ меди (II опытная группа)

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (67,36 %) <i>Clostridia</i> (57,44 %) <i>Bacilli</i> (8,10 %)	<i>Ruminococcaceae</i> (21,58 %) <i>Lachnospiraceae</i> (18,67 %) <i>Clostridiaceae</i> (7,19 %) <i>Lactobacillaceae</i> (5,95 %) <i>Heliobacteriaceae</i> (2,74 %)	<i>Ruminococcus</i> (7,37 %) <i>Oscillospira</i> (8,96 %) <i>Faecalibacterium</i> (7,57 %) <i>Blautia</i> (12,37 %) <i>Lactobacillus</i> (5,30 %)
Филум <i>Bacteroidetes</i> (19,48 %) <i>Sphingobacteriia</i> (13,29 %) <i>Flavobacteriia</i> (3,84 %) <i>Bacteroidia</i> (1,90 %)	<i>Sphingobacteriaceae</i> (13,10 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (3,84 %)	<i>Pedobacter</i> (10,42 %) <i>Flavobacterium</i> (3,52 %)
Филум <i>Proteobacteria</i> (5,23 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (2,13 %) <i>Gammaproteobacteria</i> (2,02 %)	Нет данных	Нет данных
Филум <i>Неклассифицированные</i> (5,72 %) Неклассифицированные (8,54 %)	Неклассифицированные (13,97 %)	Неклассифицированные (18,00 %)
Другие (2,21 %)* Другие (2,74 %)*	Другие (12,96 %)*	Другие (26,49 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

Учитывая вышеизложенные результаты, было показано, что добавление в рацион УДЧ меди привело к увеличению числа лактобацилл, что является

благоприятным для состояния желудочно-кишечного-тракта птиц и метаболических процессов в целом.

Введение же ультрадисперсных частиц железа приводило к увеличению *Proteobacterium* и *Bacteroidetes*, что может приводить к снижению конверсии корма и увеличению числа условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике.

Таким образом, результаты нашего исследования демонстрируют необходимость изучения бактериального разнообразия в кишечнике цыплят-бройлеров для изучения влияния различных кормовых добавок на метаболизм и состояние желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы.

3.3.1.7 Результаты производственной проверки

В ходе проведенных исследований с декабря 2019 года по январь 2020 года, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней, в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы (таблица 52).

Таблица 52 – Техничко-экономические показатели производства мяса бройлеров на основе введения УДЧ меди

Наименование показателя	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	495
Сохранность, %	97,2	98,1
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2078,9
Убойных вес общий, кг	982,7	1029,1
Убойный выход, %	68,0	69,1
Производственные затраты, руб.	89248,7	93115,2
Себестоимость продукции, руб.	133,5	137,9
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	117348,0
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	24232,8
Уровень рентабельности, %	23,6	26,0

В ходе производственной проверки была дана оценка эффективности включения УДЧ меди в рацион цыплятам-бройлерам в дозировке 1,7 мг/кг

корма. Контрольная группа при этом получала рацион, сформированный по рекомендациям и нормам ВНИТИП (2009).

В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья была высокой, отмечалось увеличение выхода продукции.

Таким образом, введение в рацион опытной группы УДЧ Си в дозировке 1,7 мг/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,0 %, убойный выход на 1,1 %, тем самым получено больше продукции на 42,9 кг, прибыль от реализации составила 3212,2 руб. и на 2,47 % повысился уровень рентабельности производства мяса птицы.

3.3.2 Изучение влияния ультрадисперсных кормовых добавок и пробиотических препаратов (штаммы *B. longum* и *B. subtilis*) на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.2.1 Корма и кормление подопытной птицы

В ходе шестого эксперимента с целью оценки действия ультрадисперсных кормовых добавок и пробиотических препаратов на рост и развитие, показатели крови, минеральный обмен и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров было отобрано 175 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 5 групп (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Птица контрольной группы получала основной рацион (ОР), I опытной группы – ОР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма, II – ОР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Cu, в дозировке 1,7 мг/кг корм, III – ОР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Fe, в дозировке 17,0 мг/кг корм, IV – ОР совместно с пробиотическим препаратом «Споробактерин» (штамм «*B. subtilis*»). Поение вволю из nipple-поилок.

Состав основного рациона, использованного в стартовом периоде представлен в таблице 53. В стартовом полнорационном комбикорме содержалось 12,4 МДж/кг обменной энергии, 22,5 % сырого протеина, 3,5 % сырого жира и 3,8 % сырой клетчатки.

Таблица 53 – Состав и питательность комбикорма, использованного в учетный период (стартовый), г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса Вещества
Состав комбикорма, %:			
пшеница	27,1	железа, мг	80,0
кукуруза	16,0	марганца, мг	100,0
шрот соевый	25,0	цинка, мг	100,0
шрот подсолнечный	18,0	меди, мг	26,0
масло подсолнечное	5,0	йода, мг	1,25
премикс	2,0		
монохлоргидрат лизина 98%	0,35	ВИТАМИНОВ:	
DL-метионин 98,5	0,10	А, тыс МЕ	15,0
L-треонин 98%	0,03	Д, тыс МЕ	5,0
соль поваренная	0,28	Е, мг	130,0
монокальций фосфат	0,7	В ₁ , мг	3,5
мел кормовой	0,5	В ₂ , мг	11,0
известняковая мука %	1,0	В ₃ , мг	18,0
В комбикорме содержится:		В ₄ , мг	1000,0
обменной энергии, МДж	12,4	В ₅ , мг	60,0
сырого протеина, %	22,5	В ₆ , мг	5,0
сырого жира, %	3,5	В ₁₂ , мг	0,02
сырая клетчатка, %	3,8	Вс, мг	2,0
лизина, %	1,44	Е, мг	130,0
метионина, %	0,72	Н, мг	0,2
метионина+цистина, %	1,0	К ₃ , мг	4,0
триптофана, %	0,3		
треонина, %	0,9		
ксиланаза, мг	1000,0		
фитаза, мг	100,0		
Са, %	0,95		
К, %	0,95		
Na, %	0,16		
Р, %	0,70		
NaCl, %	0,34		

Состав основного рациона в ростовом периоде представлен в таблице 54. По питательности в ростовом комбикорме содержалось 13,4 МДж/кг обменной энергии; 19,5 % сырого протеина, 7,49 % сырого жира и 3,64 % сырой клетчатки.

Таблица 54 – Состав и питательность комбикорма, использованного в учетный период (ростовой), г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса Вещества
Состав комбикорма, %:			
пшеница	41,2	железа, мг	20,0
кукуруза	22,0	марганца, мг	120,0
шрот соевый	15,0	цинка, мг	110,0
шрот подсолнечный	8,0	меди, мг	90,0
масло подсолнечное	2,8	йода, мг	1,25
премикс	2,0	селена, мг	0,30
моноклоргидрат лизина 98%	0,17	ВИТАМИНОВ:	
DL-метионин 98,5	0,13	А, тыс МЕ	10,0
L-треонин 98%	0,54	Д, тыс МЕ	4,0
соль поваренная	0,3	Е, мг	55,0
монокальций фосфат	0,7	В ₁ , мг	2,20
мел кормовой	0,4	В ₂ , мг	5,40
известняковая мука %	0,7	В ₃ , мг	13,0
В комбикорме содержится:		В ₄ , мг	350,0
обменной энергии, МДж	13,4	В ₅ , мг	40,0
сырого протеина, %	19,5	В ₆ , мг	3,20
сырого жира, %	7,49	В ₁₂ , мг	0,12
сырая клетчатка, %	3,64	Вс, мг	1,60
линолевая кислота, %	4,11	Е, мг	55,0
лизина, %	1,21	Н, мг	0,20
метионина, %	0,58	К ₃ , мг	2,20
метионина+цистина, %	0,94		
триптофана, %	0,22		
треонина, %	0,81		
Са, %	0,74		
К, %	0,69		
Na, %	0,16		
Р, %	0,59		
Cl, %	0,19		

При расчете поедаемости корма и затрат корма на прирост живой массы экспериментальной птицы отметим, что максимальная поедаемость корма наблюдалась во II и IV опытных группах, затраты корма составили 1,75 кг/на 1 кг прироста (таблица 55).

Таблица 55 – Поедаемость и затраты корма на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа				
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Съедено, г	3688	3670	3708	3689	3707
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,79	1,73	1,75	1,74	1,75

Минимальные затраты корма были получены в группе с дополнительным введением *B. longum* – 1,73 кг/кг прироста, при фактической поедаемости за эксперимент – 3670 г/гол.

3.3.2.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Дополнительное введение пробиотического штамма *B. longum* сопровождалось повышением живой массы в течение всего эксперимента (таблица 56).

Таблица 56 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Неделя эксперимента	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
1	188,2±4,8	190,20±4,9	193,20±3,8	187,10±4,1	185,20±4,7
2	459,1±9,9	470,7±11,0	454,3±7,0	453,6±11,7	468,8±13,2
3	823,2±16,5	842,9±10,3	809,7±16,8	814,9±11,8	836,4±12,9
4	1252,1±21,2	1311,5±28,0	1232,9±22,9	1251,0±20,5	1302,0±21,3
5	1542,3±25,3	1611,1±26,6	1576,4±27,5	1577,9±27,0	1604,8±21,2
6	2060,3±22,6	2121,1±24,2	2118,9±24,8	2120,1±22,6	2114,8±22,4

В результате к окончанию эксперимента живая масса цыплят-бройлеров в I опытной группе выросла до 2121,1 г, что превысило уровень контроля на

2,95 %. Живая масса в других опытных группах так же превысила контрольные значения на 2,36 % во II опытной группе, 2,90 % в III и на 2,64 % в IV.

Фактически за период исследований в контрольной группе был получен прирост живой массы - 1872,1 г/гол, что уступало интенсивности роста птицы в опытных группах на 3,1 % в I опытной группе, на 2,9 % во II, на 3,3 % в III и 3,1 % в IV опытной группе.

С учетом показателя окупаемости корма приростом живой массы, наиболее рациональным представляется применение пробиотического штамма *B. longum*.

3.3.2.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Результаты дополнительного включения пробиотических штаммов *Bifidobacterium longum* и *Bacillus subtilis* в рацион птицы, содержащий ультрадисперсные частицы железа и меди, оцениваемые по гематологическим показателям, представлены в таблице 57.

Таблица 57 – Морфологические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Показатель				
	лейкоциты, 10 ⁹ /л	эритроциты, 10 ¹² /л	гемоглобин, г/л	гематокрит, %	тромбоциты, 10 ⁹ /л
контрольная	50,6±6,36	3,39±0,56	125,3±8,33	23,3±1,37	144,7±9,82
I опытная	38,0±5,22	3,89±0,04	134,7±1,33	21,0±0,79	129,3±8,21
II опытная	45,2±5,31	2,61±0,49*	117,0±10,4	21,8±1,91	141,7±8,22
III опытная	38,9±8,33	3,10±0,55	118,0±7,00	19,6±1,34*	127,0±7,23
IV опытная	46,4±4,98	2,11±0,24	112,0±10,4	24,2±2,64	133,4±9,11

Примечание: * – результаты являются статистически достоверными (p≤0,05).

Дополнительное введение в рацион экспериментальной птицы пробиотического штамма *B. longum* сопровождалось достоверным снижением уровня лейкоцитов на 24,9 %. При совместном скармливании препаратов

Bifidobacterium longum и УДЧ железа нами фиксировалось снижение уровня лейкоцитов на 23,1 %. Показатель гемоглобина был в пределах физиологической нормы, отмечено незначительное снижение последнего во II и III опытных группах, в то время как в I опытной группе отмечался максимальный рост последнего до 134,7 г/л, что на 7,50 % превысило уровень контроля, в ходе исследований выявлено повышение уровня лимфоцитов во II и III опытных группах.

Содержание глюкозы в I опытной группе отличалась от аналогичной на 14,4 % (таблица 58).

Таблица 58 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Глюкоза, ммоль/л	11,1±0,11	12,7±0,16	11,9±0,89	11,8±0,19	10,1±1,91
Креатинин, мкмоль/л	22,8±2,05	33,7±0,23**	30,5±3,73	33,8±0,13**	26,4±0,38
Мочевина, Ед/л	0,59±0,05	0,70±0,06	0,67±0,03	0,67±0,03	0,63±0,09
Мочевая кислота, мкмоль/л	159,3±63,5	161,9±58,3	156,6±39,9	285,9±25,9**	226,8±36,4
ЩФ, ммоль/л	3512,1±54,3	3488,0±351,7	3366,7±550,1	2847,7±1071,0*	2964,4±658,6
Гамма-ГТ, Ед/л	17,3±1,99	22,0±1,53	25,7±4,37*	22,0±0,58	24,6±1,24
Билирубин общий, мкмоль/л	0,33±0,02	0,67±0,07*	0,70±0,03*	0,67±0,07*	0,58±0,04*
Билирубин прямой, мкмоль/л	0,28±0,04	0,30±0,01	0,35±0,04	0,29±0,02	0,26±0,03

Уровень креатинина в I и III опытных группах превысил показатель контроля на 32,3 % ($p \leq 0,01$). На фоне повышения концентрации мочевой кислоты в сыворотке крови птицы III опытной группы на 44,3 % ($p \leq 0,01$), наблюдается снижение щелочной фосфатазы на 18,9 % ($p \leq 0,05$), относительно контроля, также определено повышение гамма-ГТ во II группе в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) и повышение общего билирубина во II и III опытных группах в 2,12 раз ($p \leq 0,05$), в сравнении с контролем.

Результаты полученных данных указывает на изменения гематологических показателей крови в пределах физиологической нормы.

3.3.2.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Использование пробиотического штамма *B. longum* в кормлении подопытной птицы сопровождалось достоверным снижением пулов фосфора и магния, на фоне увеличения пула кальция, относительно контроля. При этом имело место значительное изменение пулов микроэлементов в организме опытной птицы, получавшей данный пробиотический препарат. Установлено увеличение пула Si – на 94,2 %; Co – на 64,3; Li – на 46,1; Cr – на 34,9; Mn – на 26,9 и Zn – на 8,59 % ($p \leq 0,05$) при снижении пула Cu – на 15,1 %; V – на 26,5; I – на 49,6; B – на 53,5; Ni – на 55,6 и Se – на 63,5 % ($p \leq 0,05$) в теле бройлеров, относительно аналогов из контрольной группы.

Введение пробиотического подавляло обмен токсических элементов. В частности, общий пул Sn и Pb в организме опытной птицы был снижен на 99,4 и 56,7 % ($p \leq 0,05$), соответственно, при увеличении концентрации Sr – на 51,4 % (рисунок 84-87).

Введение композиции штамм *B. longum* и препарата УДЧ Cu в рацион сопровождалось ростом общего пула Ca в организме птицы на 71,9 % ($p \leq 0,05$), что имело место на фоне снижения пулов Mg, K и P на 23,3; 20,9 и 19,6 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

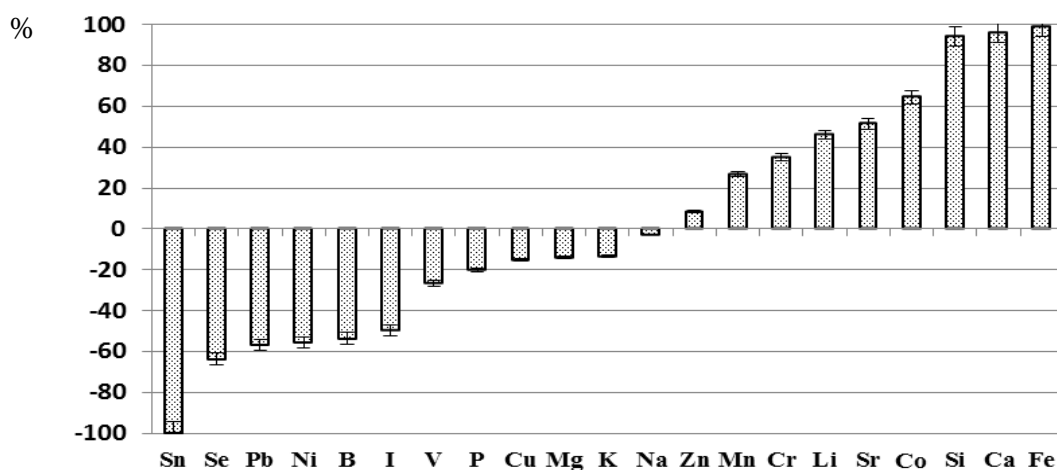


Рисунок 84 – Сравнительная характеристика конверсии химических элементов в I опытной группе относительно контрольной группы

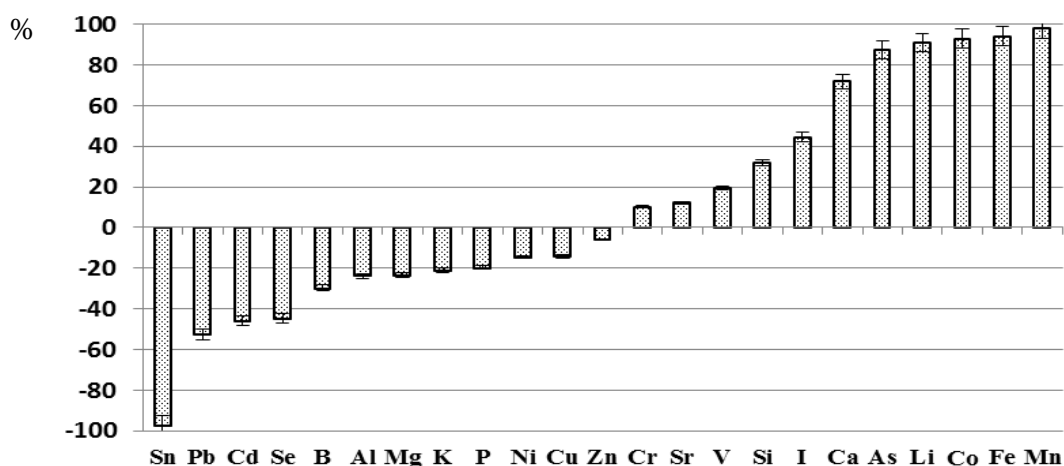


Рисунок 85 – Сравнительная характеристика конверсии химических элементов II опытной группы относительно контрольной группы

Использование композиции штамма *B. longum* и препарата УДЧ Cu в кормлении птицы сопровождалось увеличением общих пулов в организме цыплят-бройлеров Cr, V, Si, I, As, Li, Co, Fe и Mn на 10,4; 19,4; 32,0; 44,6; 87,5; 91,0; 92,9; 94,1 и 98,2 % ($p \leq 0,05$), при снижении концентрации Se, B, Ni, Cu и Zn на 44,7; 29,8; 14,6; 14,2 и 5,94 % ($p \leq 0,05$), соответственно, относительно контроля.

На фоне этого отмечалось снижение пулов четырех токсических металлов Sn, Pb, Cd и Al на 97,6; 52,6; 45,8 и 23,7 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

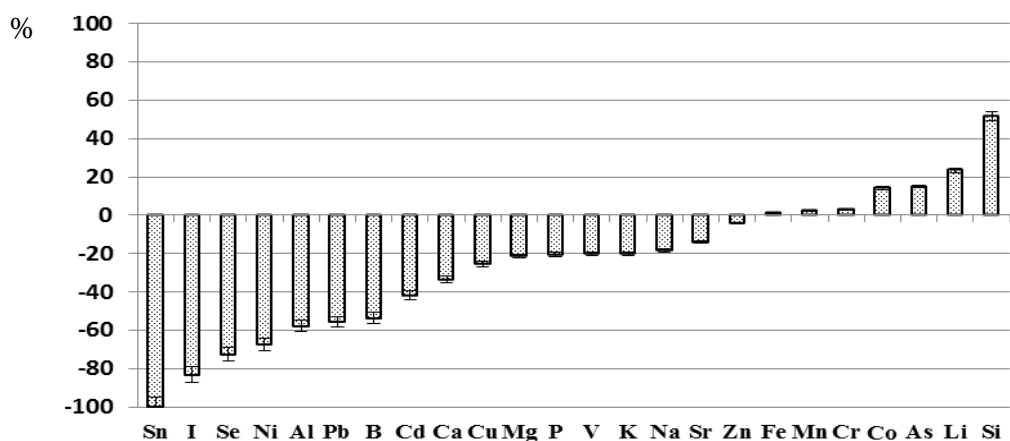


Рисунок 86. – Сравнительная характеристика конверсии химических элементов III опытной группы относительно контрольной группы

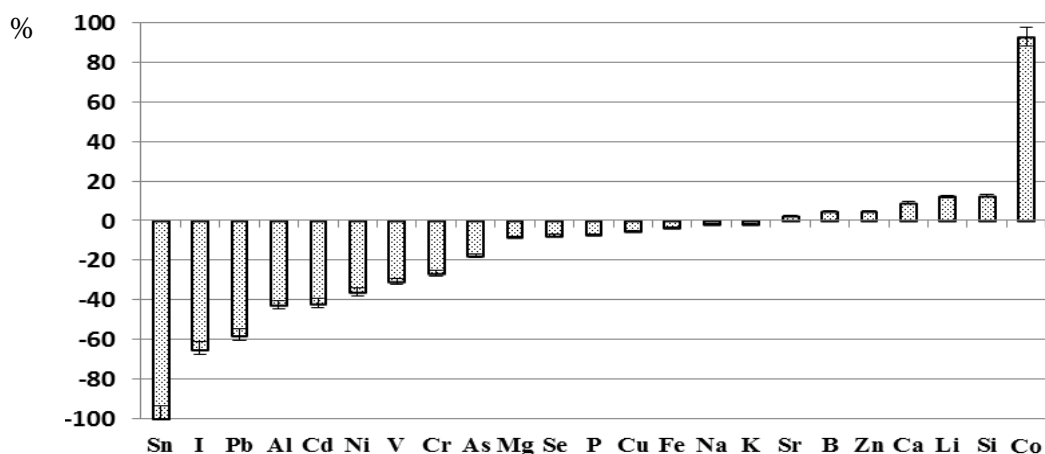


Рисунок 87. – Сравнительная характеристика конверсии химических элементов IV опытной группы относительно контрольной группы

Скармливание опытной птице композиции штамма *B. longum* и препарата УДЧ Fe привело к увеличению пулов макроэлементов Ca, Mg, P, K и Na на 33,5; 21,2; 20,4; 19,9 и 18,2 % ($p \leq 0,05$), соответственно. При этом нами констатирован факт увеличение пулов Si, Li, As, Co, Cr, Mn и Fe на 51,7; 23,6; 15,0; 14,2; 2,88; 2,39 и 1,47 % ($p \leq 0,05$), на фоне снижения концентрации I, Se, Ni, B, Cu, V и Zn на 83,0; 72,3; 67,3; 53,5; 25,4; 20,1 и 4,02 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

При анализе содержания токсических металлов установлено снижение пулов всех пяти анализируемых элементов - Sn, Al, Pb, Cd и Sr на 99,7; 57,5; 55,7; 41,7 и 13,9 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

Скармливание птице штамма *B. subtilis* привело к увеличению пула в организме Ca на 9,26 % ($p \leq 0,05$), при снижении совокупного количества Mg, K, P и Na на 8,33; 1,54; 7,06 и 1,76 %, соответственно.

Значительные изменения в элементном статусе подопытной птицы отмечались нами при включении в рацион композиции ЭКД, Бифидум и УДЧ Cu.

Обработка полученных данных позволила сформировать элементные профили подопытной птицы:

$$OP + Bifidobacterium\ longum = \frac{Zn, Mn, Cr, Li, Sr, Co, Si, Ca, Fe}{Sn, Se, Pb, \text{Э}, B, I, V, P, Cu, Mg, K, Na}$$

$$OP + Bifidobacterium\ longum + \text{УДЧ Cu} = \frac{Cr, Sr, V, Si, I, Ca, As, Li, Co, Fe, Mn}{Sn, Pb, Cd, Se, B, Al, Mg, K, P, \text{Э}, Cu, Zn}$$

$$OP + Bifidobacterium\ longum + \text{УДЧ Fe} = \frac{Fe, Mn, Cr, Co, As, Li, Si}{Sn, I, Se, \text{Э}, Al, Pb, B, Cd, Ca, Cu, P, V, K, Na, Sr, Zn}$$

$$OP + Bacillus\ subtilis = \frac{Sr, B, Zn, Ca, Li, Si, Co}{Sn, I, Pb, Al, Cd, \text{Э}, V, Cr, As, Mg, Se, P, Ca, Fe, Na, K}$$

3.3.2.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

В ходе исследований были получены данные мясной продуктивности птицы (таблица 59).

Таблица 59 – Результаты контрольного убоя подопытной птицы, г

Показатель	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Предубойная живая масса	2060,3±22,6	2121,1±24,2	2118,9±24,8	2120,1±22,6	2114,8±22,4
Потрошенная тушка	1401,0±19,2	1469,9±20,1	1449,3±19,7	1456,5±20,4	1444,4±19,9
Мышечная ткань	868,8±9,63	939,3±10,1	921,8±9,97	927,8±10,8	915,8±11,2
Убойный выход	68,0±0,63	69,1±0,72	68,4±0,65	68,7±0,58	68,3±0,71

Масса потрошенной тушки в опытных группах превысила контрольную группу – на 4,69 %, 3,33 %, 3,81 % и на 3,00 %, соответственно. Аналогичная картина по массе мышечной ткани, а именно повышение в I опытной группе на 7,51 %, во II – на 5,75 %, в III – на 6,36 % и в IV – на 5,13 %, по отношению к контролю. Убойный выход в I опытной группе повысился на 1,3 %, во II группе – на 0,4 %, в III – на 0,7 % и в IV – на 0,3 %.

Таким образом, дополнительное включение в рацион пробиотического препарата «Соя-бифидум» привело к лучшему убойному выходу, а именно на 1,3 %, в сравнении с аналогичной группой.

3.3.2.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион оцениваемых кормовых добавок

В контрольной группе при секвенировании бактериальных геномов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров, были получены следующие результаты (таблица 60).

Таблица 60 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров контрольной группы

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (71,95 %) <i>Clostridia</i> (65,54 %)	<i>Lachnospiraceae</i> (23,37 %) <i>Ruminococcaceae</i> (17,55 %)	<i>Blautia</i> (16,82 %) <i>Faecalibacterium</i> (7,87 %) <i>Ruminococcus</i> (6,79 %) <i>Oscillospira</i> (5,35 %) <i>Clostridium</i> (3,81 %)
<i>Bacilli</i> (4,88 %)	<i>Heliobacteriaceae</i> (4,37 %) <i>Lactobacillaceae</i> (3,84 %)	<i>Heliorestis</i> (4,37 %)
Филум <i>Bacteroidetes</i> (13,22 %) <i>Bacteroidia</i> (6,62 %) <i>Sphingobacteriia</i> (3,38 %) <i>Flavobacteriia</i> (2,88 %)	<i>Bacteroidaceae</i> (6,45 %) <i>Sphingobacteriaceae</i> (3,10 %)	<i>Bacteroides</i> (6,45 %)

Продолжение таблицы 60		
Филум <i>Proteobacteria</i> (4,66 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (1,75 %) <i>Gammaproteobacteria</i> (1,29 %)	Нет данных	Нет данных
Филум <i>Nitrospirae</i> (1,24 %)	Нет данных	Нет данных
Филум Неклассифицированные (6,52 %) Неклассифицированные (8,74 %)	Неклассифицированные (16,00 %)	Неклассифицированные (19,79 %)
<i>Другие</i> (2,41 %)* Другие (4,92 %)*	Другие (15,71 %)*	Другие (28,75 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

При применении пробиотического препарата I опытной группы было показано, что среди представителей бактериальных таксонов на уровне филума преобладали представители *Firmicutes* (63,82 %). Также выделяли представителей *Bacteroidetes* (19,27 %) и *Proteobacteria* (7,25 %) (таблица 61).

В образце преобладали такие семейства как *Ruminococcaceae* (18,58 %) и *Lachnospiraceae* (14,31 %), а также обнаруживались *Clostridiaceae*, *Lactobacillaceae*, *Heliobacteriaceae*, *Sphingobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae* и *Enterobacteriaceae*. Наиболее многочисленными видами в данной опытной группе были *Oscillospira* (8,14 %) и *Flavobacterium* (7,46 %).

Таблица 61 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров I опытной группы

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (63,82 %) <i>Clostridia</i> (54,83 %)	<i>Ruminococcaceae</i> (18,58 %)	<i>Oscillospira</i> (8,14 %) <i>Ruminococcus</i> (5,57 %) <i>Faecalibacterium</i> (5,70 %) <i>Blautia</i> (10,37 %)
<i>Bacilli</i> (7,21 %)	<i>Lachnospiraceae</i> (14,31 %) <i>Clostridiaceae</i> (8,02 %) <i>Lactobacillaceae</i> (5,25 %) <i>Heliobacteriaceae</i> (5,36 %)	<i>Heliorestis</i> (5,36 %)

Продолжение таблицы 61		
Филум <i>Bacteroidetes</i> (19,27 %) <i>Sphingobacteriia</i> (9,12 %) <i>Flavobacteriia</i> (7,73 %) <i>Bacteroidia</i> (1,74 %)	<i>Sphingobacteriaceae</i> (8,67 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (7,73 %)	<i>Pedobacter</i> (5,10 %) <i>Flavobacterium</i> (7,46 %)
Филум <i>Proteobacteria</i> (7,25 %) <i>Gamma</i> proteobacteria (3,58 %) <i>Delta</i> proteobacteria (2,18 %)	<i>Enterobacteriaceae</i> (1,89 %)	Нет данных
Неклассифицированные (6,54 %) Неклассифицированные (9,67 %)	Неклассифицированные (16,8 %)	Неклассифицированные (22,19%)
Другие (3,12 %)* Другие (3,94 %)*	Другие (13,39 %)*	Другие (30,11 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

В содержимом слепой кишки цыплят-бройлеров II опытной группы преобладали представители филума *Firmicutes* (52,25 %), при этом, по сравнению с контролем увеличилась численность *Bacteroidetes* (34,83 %), а также в образце присутствовали представители *Proteobacteria* (таблица 62).

Таблица 62 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров II опытной группы

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (52,25 %) <i>Clostridia</i> (45,55 %)	<i>Ruminococcaceae</i> (19,89 %) <i>Lachnospiraceae</i> (11,52%) <i>Clostridiaceae</i> (6,76%)	<i>Oscillospira</i> (8,16 %) <i>Ruminococcus</i> (6,11 %) <i>Faecalibacterium</i> (6,50 %) <i>Blautia</i> (6,57 %)
<i>Bacilli</i> (5,61 %)		
Филум <i>Bacteroidetes</i> (34,83 %) <i>Bacteroidia</i> (13,99 %) <i>Sphingobacteriia</i> (12,04 %) <i>Flavobacteriia</i> (7,65 %)	<i>Bacteroidaceae</i> (8,75 %) <i>Porphyromonadaceae</i> (5,00 %) <i>Sphingobacteriaceae</i> (11,77 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (7,65 %)	<i>Bacteroides</i> (8,75 %) <i>Pedobacter</i> (7,29 %) <i>Flavobacterium</i> (7.31 %)

Продолжение таблицы 62		
Филум <i>Proteobacteria</i> (5,40 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (2,19 %) <i>Betaproteobacteria</i> (1,46 %)	Нет данных	Нет данных
Неклассифицированные (5,34 %) Неклассифицированные (8,28 %)	Неклассифицированные (13,49 %)	Неклассифицированные (18,56%)
Другие (2,18 %)* Другие (3,23 %)*	Другие (15,17 %)*	Другие (30,75 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

Наиболее многочисленным из представленных семейств было *Ruminococcaceae* (19,89 %), *Sphingobacteriaceae* (11,77 %) и *Lachnospiraceae* (11,52%). Среди видового разнообразия бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров стоит говорить о присутствии таких многочисленных видов, как *Oscillospira*, *Ruminococcus*, *Faecalibacterium*, *Blautia*, *Bacteroides*, *Pedobacter* и *Flavobacterium*.

Микрофлора слепых кишек цыплят-бройлеров III опытной группы была представлена филумом *Firmicutes* (73,64 %), представителями *Bacteroidetes* (12,44 %) и *Proteobacteria* (6,06 %) (таблица 63).

Таблица 63 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров III опытной группы

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (73,64 %) <i>Clostridia</i> (60,96 %) <i>Bacilli</i> (10,66 %)	<i>Ruminococcaceae</i> (25,04 %) <i>Lachnospiraceae</i> (17,50 %) <i>Clostridiaceae</i> (9,29 %) <i>Lactobacillaceae</i> (9,05 %)	<i>Oscillospira</i> (9,60 %) <i>Faecalibacterium</i> (9,56 %) <i>Ruminococcus</i> (7,26 %) <i>Blautia</i> (12,07 %) <i>Clostridium</i> (4,38 %) <i>Lactobacillus</i> (8,24 %)
Филум <i>Bacteroidetes</i> (12,44 %) <i>Bacteroidia</i> (4,67 %) <i>Flavobacteriia</i> (3,86 %) <i>Sphingobacteriia</i> (3,52 %)	<i>Bacteroidaceae</i> (4,49 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (3,86 %) <i>Sphingobacteriaceae</i> (3,24 %)	<i>Bacteroides</i> (4,49 %)

Продолжение таблицы 63		
Филум <i>Proteobacteria</i> (6,06 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (2,77 %) <i>Betaproteobacteria</i> (1,62 %)	Нет данных	Нет данных
Неклассифицированные (5,48 %) Неклассифицированные (7,89%)	Неклассифицированные (13,63 %)	Неклассифицированные (17,32 %)
Другие (2,38 %)* Другие (4,05 %)*	Другие (13,9 %)*	Другие (27,08 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

Наиболее многочисленные классы были представлены *Clostridia* (60,96 %), *Bacilli* (10,66 %), *Bacteroidia* (4,67 %), *Flavobacteriia* (3,86 %), *Sphingobacteriia* (3,52 %), *Deltaproteobacteria* (2,77 %) и *Betaproteobacteria* (1,62 %). Среди семейств доминировали представители *Lachnospiraceae*, среди родов – *Blautia*.

При добавлении в рацион пробиотического штамма *Bacillus subtilis* было показано, что среди представителей бактериальных таксонов наиболее многочисленным филумом были *Firmicutes* (61,88 %), семейства – *Ruminococcaceae* (20,57 %), рода – *Oscillospira* (8,36 %) (таблица 64).

Таблица 64 – Представленность бактериальных таксонов в кишечнике цыплят-бройлеров IV опытной группы

Филум, класс	Семейство	Род
Филум <i>Firmicutes</i> (61,88 %) <i>Clostridia</i> (55,10 %)	<i>Ruminococcaceae</i> (20,57 %)	<i>Oscillospira</i> (8,36 %) <i>Faecalibacterium</i> (6,00 %)
	<i>Clostridiaceae</i> (10,87 %)	<i>Clostridium</i> (4,47 %)
	<i>Lachnospiraceae</i> (10,54 %)	<i>Blautia</i> (7,06 %)
<i>Bacilli</i> (4,08 %)	<i>Lactobacillaceae</i> (2,00 %)	

Продолжение таблицы 64		
Филум <i>Bacteroidetes</i> (19,56 %) <i>Sphingobacteriia</i> (7,09 %) <i>Bacteroidia</i> (6,65 %) <i>Flavobacteriia</i> (5,11 %)	<i>Sphingobacteriaceae</i> (6,62 %) <i>Bacteroidaceae</i> (5,99 %) <i>Flavobacteriaceae</i> (5,11 %)	<i>Pedobacter</i> (4,11 %) <i>Bacteroides</i> (5,99 %) <i>Flavobacterium</i> (4,87 %)
Филум <i>Proteobacteria</i> (6,59 %) <i>Deltaproteobacteria</i> (2,08 %) <i>Betaproteobacteria</i> (2,05 %)	Нет данных	Нет данных
Неклассифицированные (8,31 %) Неклассифицированные (11,99 %)	Неклассифицированные (20,53 %)	Неклассифицированные (25,98 %)
Другие (3,66 %)* Другие (5,85 %)*	Другие (17,77 %)*	Другие (33,16 %)*

* - таксоны с численностью >1 %

Результаты нашего исследования демонстрируют необходимость изучения бактериального разнообразия в кишечнике цыплят-бройлеров для изучения влияния различных кормовых добавок на метаболизм и состояние желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы.

3.3.2.7 Результаты производственной проверки

В ходе проведенных исследований и полученных положительных результатов от включения в рацион птицы пробиотического препарата *Соя бифидум*, в дозировке 0,7 мл/кг корма, в период с февраля 2020 г. по март 2020 г. в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы (таблица 65).

Таблица 65 – Техничко-экономические показатели производства мяса бройлеров

Показатель	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	495
Сохранность, %	97,3	99
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2111,2
Убойных вес общий, кг	982,7	1045,0
Убойный выход, %	68,0	69,3
Получено продукция, кг	668,3	724,2
Производственные затраты, руб.	89248,7	93567,9
Себестоимость продукции, руб.	133,5	129,2
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	119493,0
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	25925,1
Уровень рентабельности, %	23,6	27,7

Контрольная группа при этом получала рацион, согласно рекомендациям и нормам ВНИТИП (2009).

В процессе производственной проверки установлено, что сохранность поголовья увеличилась с 97,3 % до 99,0 %.

Таким образом, введение в рацион пробиотического препарата «Соя-бифидум» (штамм *B. Longum*) в дозировке 0,7 мл/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,7 %, убойного выхода – на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 55,9 кг, прибыли от реализации 4904,5 руб. и на 4,1 % повысится уровень рентабельности производства мяса птицы.

3.3.3 Изучение влияния пищевых волокон на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.3.1 Корма и кормление подопытной птицы

В ходе седьмого эксперимента с целью оценки действия пищевых волокон на рост и развитие, показатели крови, минеральный обмен и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Птица контрольной группы получала основной рацион (ОР), I опытной группы – ОР совместно с микрокристаллической целлюлозой (E460), в дозировке 0,25 г/кг корма, II – ОР совместно с лактулозой, в дозировке 1,0 г/кг корма, III – ОР совместно с хитозаном, в дозировке 0,5 г/кг корма. Поение вволю из ниппельных поилок.

Состав основного рациона (ОР) в стартовый и ростовой период был идентичен составу комбикормов, использованных при выполнении пятого и шестого эксперимента, и включал: зерно пшеницы (27,1 и 41,2 %), кукурузы (16 и 22 %), шрот соевый (25 и 15 %), шрот подсолнечный (18 и 8 %), масло подсолнечное (5 и 2,8 %), монохлоргидрат лизина, 98 % (0,35 и 0,17 %), DL-метионина (0,10 и 0,13 %), L-треонина (0,03 и 0,54 %), соль поваренная (0,28 и 0,3 %), монокальций фосфат (0,7 и 0,7 %), мел кормовой (0,5 и 0,4 %), известняковую муку (1,0 и 0,7 %). Минеральная питательность полнорационных комбикормов нормировалась введением премикса (2%) производства ООО «Коудайс МКорма», (Россия).

Дополнительное включение пищевых волокон сопровождалось увеличением поедаемости корма в I и III опытных группах на 15,2 % и на 1,39 %, соответственно, в сравнении с контролем, во II опытной группе поедаемость была ниже с аналогичной группой на 3,26 % (таблица 66).

Таблица 66 – Поедаемость и затраты корма на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Съедено, г	3549	4186	3433	3599
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,79	1,63	1,72	1,71

Расчет расхода кормов на производство прироста массы тела показал, что минимальным этот показатель оказался в I опытной группе – 1,63 кг/кг, что на 5,2 % и 4,7 % было меньше, чем во II и III опытных группах, соответственно. В контроле расход кормов на производство прироста живой массы оказался наибольшим – 1,79 кг/кг.

3.3.3.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Введение пищевых волокон в сбалансированный рацион оказывало ростостимулирующий эффект (таблица 67).

Таблица 67 – Живая масса цыплят-бройлеров по периодам, г

Группа	Неделя эксперимента					
	1	2	3	4	5	6
контрольная	188,2 ±5,41	311,2 ±22,5	562,5 ±35,2	965,6 ±72,8	1601,4±5 2,2	1982,5 ±56,4
I опытная	188,2 ±4,32	392,4 ±16,0*	742,1 ±47,2*	1316,8 ±78,4*	1972,1±9 6,2*	2267,7 ±81,4*
II опытная	188,2 ±3,81	313,6 ±18,3	560,8 ±27,2	944,3 ±53,7	1521,2±8 8,3	1995,9 ±74,6
III опытная	188,2 ±4,22	336,4 ±26,8	610,2 ±44,6	988,4 ±62,1	1687,4±4 5,5	2104,5 ±54,8

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Так, на 2 неделе эксперимента в опытных группах отмечено увеличение живой массы, во II и III опытных группах, в абсолютном значении на 1,4-25,2 г, в I опытной группе на 81,2 г ($p \leq 0,05$), в сравнении с контролем. В конце третьей недели эксперимента введение лактулозы способствовало повышению живой массы, в III опытной группе на 9,15 %, в I опытной группе на 25,3 % ($p \leq 0,01$). В конце 4-й и 5-й недели экспериментального периода во II опытной группе отмечено незначительно снижение массы цыплят-бройлеров на 2,21 и 5,01 %, соответственно, относительно контроля, в III группе было отмечено повышение на 2,35 % и на 5,37 %, соответственно. В I опытной группе нами определено также достоверное повышение ($p \leq 0,01$) живой массы на 36,3 % и на 23,2 %, соответственно. В конце исследования во всех опытных группах выявлено повышение живой массы в сравнении с аналогичной группой, достоверное повышение было в I опытной группе, на 14,4 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, из всех используемых пищевых волокон, отметим, что кормовая добавка целлюлозы оказывала благоприятное влияние на рост и развитие цыплят-бройлеров.

3.3.3.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

В ходе исследований морфологических показателей крови, были получены следующие результаты (таблица 68).

Во всех опытных группах отмечено незначительное повышение уровня лейкоцитов в крови, в I опытной группе на 2,91 %, во II – на 9,89 %, в III – на 587 %, и отметим факт, что все изменения носили недостоверный характер. Содержание гемоглобина повышалось в крови птицы опытных групп. Однако, достоверным это повышение было только в I опытной группе на 10,5 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 68 – Морфологические показатели крови экспериментально

ПТИЦЫ

Группа	Показатель					
	WBC, 10 ⁹ /л	RBC, 10 ¹² /л	MON, %	HGB, г/л	LYM, %	PLT, 10 ⁹ /л
контроль	40,1 ±0,85	2,13 ±0,06	2,13 ±0,09	114,7 ±3,93	25,4 ±3,21	4,67 ±1,67
I опытная	41,3 ±4,26	2,25 ±0,04	3,27 ±0,09	128,1 ±3,46*	21,0 ±3,13	3,33 ±0,88
II опытная	44,5 ±3,18	2,21 ±0,08	2,52 ±0,08	121,1 ±2,14	20,5 ±2,14	3,15 ±1,02
III опытная	42,6 ±2,44	2,18 ±0,06	3,11 ±0,04	120,4 ±3,16	22,1 ±3,14	2,84 ±2,05*

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Результаты исследований биохимического состава сыворотки крови при включении пищевых волокон представлены в таблице 69.

Таблица 69 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в конце эксперимента

Группа	Показатель				
	глюкоза, ммоль/л	АЛТ, Ед/л	АСТ, Ед/л	билирубин общий, мкмоль/л	мочевая кислота, мкмоль/л
контроль	12,8±0,12	10,4±0,18	375,8±97,1	0,35±0,16	158,5±44,1
I опытная	12,1±0,29	16,3±2,51*	330,2±47,5	0,27±0,04	162,9±36,8
II опытная	11,9±0,55	16,1±1,32*	313,7±26,1	0,27±0,06	156,9±30,1
III опытная	12,0±0,34	14,5±2,01*	321,4±32,4	0,29±0,08	158,6±28,8

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Среди опытных групп выявлено снижение уровня глюкозы, но все результаты были близки к контрольной группе, в абсолютном значении снижение было от 12,8 ммоль/л до 11,9 ммоль/л, по содержанию АЛТ и АСТ,

на фоне достоверного повышения ($p \leq 0,05$) АЛТ в опытных группах на 36,2 %, 35,4 % и на 28,3 %, соответственно в сравнении с контролем, наблюдалось достоверное снижение ($p \leq 0,05$) АСТ во всех экспериментальных группах, на 12,1 %, 16,5 % и на 14,5 %, соответственно. Уровень общего билирубина был снижен во всех группах, в абсолютном значении с 0,35 мкмоль/л до 0,27 мкмоль/л, без достоверных различий.

Выявлено, что на фоне введения целлюлозы и хитозана, достоверно повышается уровень общего белка на 23,6 % ($p \leq 0,05$) и на 22,8 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю (таблица 70).

Таблица 70 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров на конец эксперимента

Группа	Показатель			
	общий белок, г/л	альбумины, г/л	мочевина, ммоль/л	креатинин, мкмоль/л
контрольная	23,7±0,99	15,3±0,67	0,57±0,12	29,1±1,32
I опытная	29,3±1,30*	16,0±0,48	0,57±0,07	34,2±2,31
II опытная	28,7±0,71	14,3±0,44	0,67±0,08	41,2±3,12*
III опытная	29,1±1,01*	15,6±0,58	0,58±0,12	38,6±2,95*

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

По содержанию креатинина в сыворотке крови выявлено достоверное его повышение во II опытной группе на 29,4 % ($p \leq 0,05$) и в III группе – на 24,6 % ($p \leq 0,05$), относительно контроля.

В ходе исследований выявлено снижение содержания железа в сыворотке крови опытной птицы с 19,8 до 15,2 мкмоль/л (таблица 71). Включение в рацион цыплят-бройлеров сравниваемых кормовых добавок не оказало влияние на содержание в сыворотке крови птицы магния, кальция и фосфора.

Таблица 71 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров на конец эксперимента

Группа	Показатель			
	Fe, мкмоль/л	Mg, мкмоль/л	Ca, ммоль/л	P, ммоль/л
контрольная	19,8±0,32	1,12±0,04	4,21±0,05	1,99±0,15
I опытная	17,1±1,29	1,14±0,02	4,23±0,02	2,01±0,08
II опытная	15,9±3,29	1,01±0,06	3,99±0,11	2,15±0,07
III опытная	15,2±0,37	1,07±0,05	3,45±0,04	2,01±0,18

Таким образом, включение пищевых волокон, в частности целлюлозы, оказывает влияние на морфологические и биохимические параметры крови, способствуя увеличению гемоглобина, общего белка, креатинина, а также накоплению химических элементов.

3.3.3.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Дополнительное включение пищевых волокон в рацион экспериментальной птицы повлияло на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров (таблица 72).

Таблица 72 – Содержание макроэлементов в теле цыплят-бройлеров, г/гол

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Na	5,82±0,51	8,01±0,55*	7,81±0,46*	8,02±0,62*
P	22,9±2,01	37,0±3,21**	28,2±4,12	31,4±6,55*
K	15,8±1,31	20,7±1,34*	19,8±1,66	20,1±2,01
Ca	24,2±2,04	33,0±6,44*	28,4±5,86	22,1±6,11
Mg	1,58±0,22	2,13±0,16*	1,62±0,22	1,64±0,18

Примечание: - * $p \leq 0,05$; - ** $p \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой

Дополнительное введение целлюлозы в рацион цыплятам-бройлерам способствует накоплению макроэлементов: так, натрия – на 27,3 % ($p \leq 0,05$), фосфора – на 38,1 % ($p \leq 0,01$), калия – на 23,7 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 26,7 % ($p \leq 0,05$) и магния – на 25,8 % ($p \leq 0,05$). Лактулоза способствовала достоверному повышению натрия – на 25,5 % ($p \leq 0,05$); по остальным макроэлементам был отмечен накопительный эффект, но без достоверных различий; введение хитозана привел к увеличению содержания натрия – на 27,4 % ($p \leq 0,05$) и фосфора – на 27,1 % ($p \leq 0,05$). Уровень накопления эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов в исследуемых группах (таблица 73)

Таблица 73 – Содержание эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/кг

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Li	0,06±0,002	0,07±0,009	0,06±0,001	0,06±0,004
B	3,1±0,32	3,60±0,44	3,81±0,32	3,51±0,48
Si	274,9±29,1	311,2±20,1	312,4±32,1	298,2±24,1
V	0,11±0,01	0,12±0,02	0,11±0,01	0,11±0,01
Cr	17,0±1,22	18,1±2,01	18,4±2,11	20,0±1,16
Mn	4,62±0,41	5,21±0,36	4,81±1,01	4,76±1,18
Fe	414,8±42,1	469,0±38,2	452,0±44,1	436,4±32,1
Co	0,09±0,008	0,11±0,01	0,10±0,01	0,11±0,01
Ni	2,11±0,19	3,31±0,54*	3,12±0,52*	3,28±0,36*
Cu	17,0±1,16	21,7±0,58*	17,4±0,32	17,9±1,12
Zn	98,0±8,11	128,7±12,4*	124,1±14,6	120,4±10,7
As	0,02±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001
Se	0,80±0,06	1,11±0,05*	1,02±0,08	0,98±0,04
I	1,11±0,09	1,12±0,06	1,12±0,05	1,12±0,04

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Дополнительное введение целлюлозы в рацион птице способствовало достоверному увеличению таких элементов, как никель – на 36,3 % ($p \leq 0,05$), медь – на 21,7 % ($p \leq 0,05$), цинк – на 23,9 % ($p \leq 0,05$) и селен – на 27,9 % ($p \leq 0,05$). Включение лактулозы повлияло на повышение пула никеля при сравнении с контролем на 32,4 % ($p \leq 0,05$), схожая картина и по хитозану – увеличение последнего на 35,7 % ($p \leq 0,05$). В целом представленная картина указывал на факт того, что пищевые волокна в большей степени способствуют накоплению эссенциальных элементов, в частности: марганца, железа, кобальта, меди, цинка, селена, кремния, по остальным элементам изменения были незначительными.

На обмен токсичных элементов в организме подопытной птицы пищевые волокна повлияли следующим образом (таблица 74).

Таблица 74 – Содержание токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/гол

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Sr	25,4±2,15	21,2±6,12	22,41±5,14	23,6±4,33
Cd	0,007±0,001	0,004±0,001*	0,006±0,001	0,006±0,001
Sn	0,019±0,0013	0,013±0,003*	0,018±0,002	0,016±0,004
Hg	0,009±0,004	0,008±0,001	0,008±0,001	0,008±0,001
Pb	0,31±0,028	0,29±0,013	0,28±0,015	0,29±0,022
Al	36,1±3,55	34,5±2,13	35,0±2,55	34,1±3,04

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

В целом скормливание пищевых волокон сопровождалось снижением пулов токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров. Однако, в большинстве случаев влияние пищевых волокон на размер общих пулов токсических элементов в организме птицы оказалось недостоверным. Только в первой опытной группе изменения кадмия и олова были достоверными, так при сравнении с контрольной группы, наблюдалось уменьшение их уровня на 42,9 % и на 31,6 % ($p \leq 0,05$).

3.3.3.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

Дополнительное включение пищевых волокон в рацион исследуемой птицы способствовало повышению показателей мясной продуктивности (таблица 75).

Таблица 75 - Результаты контрольного убоя подопытной птицы, г

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Предубойная живая масса	1982,5±56,4	2267,7±81,4*	1995,9±74,6	2104,5±54,8
Потрошенная тушка	1348,1±19,6	1571,5±15,6*	1365,2±20,1	1445,8±21,1
Мышечная ткань	853,3±10,3	1004,2±11,2*	866,9±10,8	920,9±11,1
Убойный выход	68,0±0,54	69,3±0,61	68,4±0,58	68,7±0,57

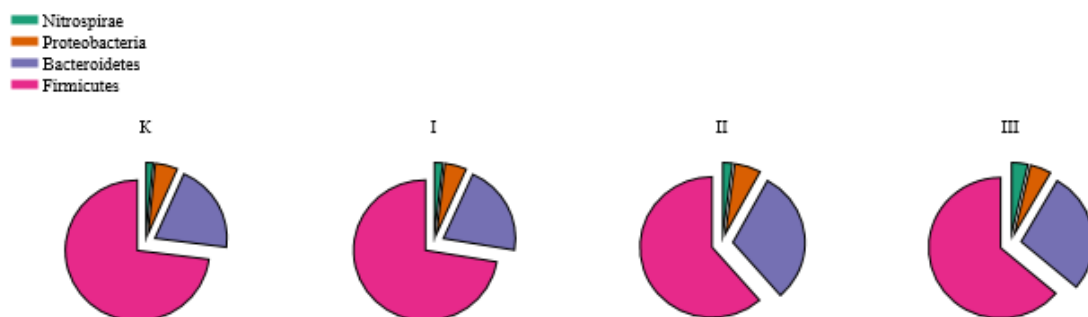
Масса потрошенной тушки в опытных группах превысила контрольную группу – на 14,2 % ($p \leq 0,05$), 1,25 % и на 6,76 % соответственно. Аналогичная картина по массе мышечной ткани, а именно повышение в I опытной группе на 15,0 % ($p \leq 0,05$), во II – на 1,57 % и в III – на 7,34 %, по отношению к контролю. Убойный выход в I опытной группе повысился на 1,3%, во II группе – на 0,4 %, в III – на 0,7 %.

Таким образом, дополнительное включение в рацион целлюлозы привело к лучшему убойному выходу, а именно на 1,3 %, в сравнении с аналогичной группой.

3.3.3.6 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пищевых волокон

Анализ полученных данных секвенирования позволит определить наличие 4 основных филумов (рисунок 88 а,б). При этом, доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99%. Содержание данных таксономических категорий варьировалось в зависимости от группы. Доля представленности представителей филума *Firmicutes* во всех группах была в пределах одного уровня, и если разница была, то минимальной. Представленность филума *Bacteroidetes* в группах была различна, максимальные значения были зафиксированы в опытных группах II, III, а минимальные в контроле и I группе. Разница составила 1,5 раза.

А



Б

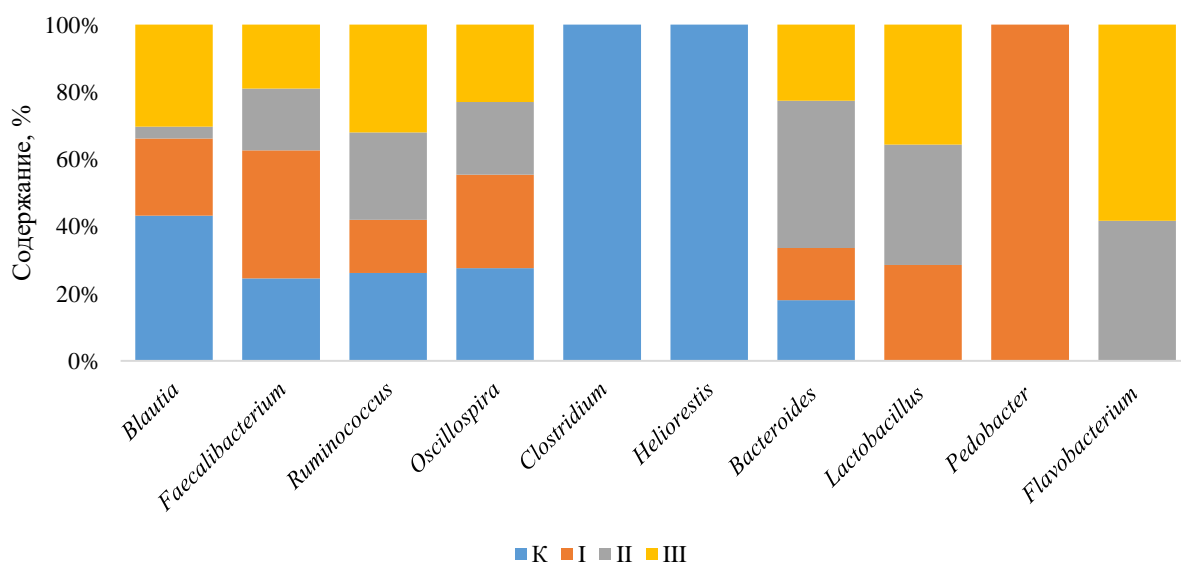


Рисунок 88 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении пищевых волокон

При анализе микробиального профиля на уровне рода было показано, что доминирующими родами являлись *Blautia*, *Faecalibacterium*, *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Ruminococcus*. Их содержание было различно в зависимости от группы. Так, в контрольной группе отмечаются высокие значения представителей рода *Blautia*, их содержание было в 12 раз во II опытной группе, в 1,9 раз в I группе, а в III разница была незначительной. Более равномерное распределение во всех группах было характерно для представителей рода *Ruminococcus*. Высокие значения содержания представителей рода *Faecalibacterium* отмечены в I опытной группе, разница с другими группами не превышала 2 раза.

Присутствие микроорганизмов рода *Lactobacillus* отмечено в опытных группах I, II и III, отличие в содержании было минимальным. В контроле данный род не представлен.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является группа K₁. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуются опытные группы, в частности, I опытная группа (таблица 76)

Таблица 76 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Chao-1	65	78	70	74
Simpson_1-D	0,67	0,81	0,71	0,72
Shannon_H	1,87	2,52	2,48	2,33

Максимальное значение коэффициента альфа-разнообразия зафиксировано в I опытной группе, а минимальное значение характерно для контрольной группы. Это подтверждается полученными выше данными. По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, что подтверждается динамикой всех трех индексов альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона, его значение максимально в I опытной группе, а минимально в контроле.

3.3.3.7 Результаты производственной проверки

В ходе проведенных исследований и полученных положительных результатов от включения в рацион птицы микрокристаллической целлюлозы (Е460), в дозировке 0,25 г/кг корма, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы (таблица 77).

Таблица 77 – Техничко-экономические показатели производства мяса бройлеров

Показатели	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	495
Сохранность, %	98	99
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2089,9
Убойных вес общий, кг	982,7	1034,5
Убойный выход, %	68,0	69,3
Получено продукция, кг	668,3	716,9
Производственные затраты, руб.	89248,7	92367,8
Себестоимость продукции, кг/руб.	133,5	128,8
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	118288,5
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	25920,7
Уровень рентабельности, %	23,6	28,1

Контрольная группа при этом получала рацион, согласно рекомендациям и нормам ВНИТИП (2009).

В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,0 %, увеличение продукции с 668,3 кг до 716,9 кг.

Таким образом, введение в рацион целлюлозы в дозировке 2,5 г/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,0 %, убойный выход на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 48,6 кг, прибыли от реализации 4900,1 руб. и на 4,5 % повысится уровень рентабельности производства мяса ПТИЦЫ.

3.3.4 Изучение влияния энтеросорбентов на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.4.1 Корма и кормление подопытной птицы

В ходе восьмого эксперимента с целью оценки действия энтеросорбентов на рост и развитие, показатели крови, минеральный обмен и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров было отобрано 105 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 3 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность основного учетного составила 28 суток. Птица контрольной группы получала основной рацион (ОР), I опытной группы – ОР совместно с энтеросгелем, в дозировке 6,0 г/кг корма, II – ОР совместно с активированным углем, в дозировке 3,0 г/кг корма. Поение вволю из nipple-поилок.

Состав основного рациона (ОР) в стартовый и ростовой периоды включал: зерно пшеницы (27,1 и 41,2 %) и кукурузы (16 и 22 %), шрот соевый (25 и 15 %), шрот подсолнечный (18 и 8 %), масло подсолнечное (5 и 2,8 %), монохлоргидрат лизина, 98 % (0,35 и 0,17 %), DL-метионина (0,10 и 0,13 %), L-треонина (0,03 и 0,54 %), соль поваренную (0,28 и 0,3 %), монокальций фосфат (0,7 и 0,7 %), мел кормовой (0,5 и 0,4 %), известняковую муку (1,0 и 0,7 %), а так же минеральный премикс (2%) производства ООО «Коудайс МКорма», (Россия).

Введение энтеросорбентов в рацион цыплятам-бройлерам повлияло на поедаемость корма и затраты корма на прирост живой массы следующим образом (таблица 78).

Таблица 78 – Поедаемость и затраты корма на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Съедено, г	3561	3782	3815
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,88	1,89	1,88

Включение энтеросгеля в рацион повысило поедаемость корма у опытной птицы на 6,21 %, активированный уголь на 7,13 %. При этом затраты корма во всех сравниваемых группах оказались примерно одинаковыми 1,88-1,89 кг на 1 кг прироста.

3.3.4.2 Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров

Оценка динамики живой массы экспериментальной птицы при введении в рацион энтеросорбентов позволила установить следующие закономерности (таблица 79).

Таблица 79 – Живая масса цыплят-бройлеров по периодам, г

Группа	Неделя эксперимента					
	1	2	3	4	5	6
контроль	188,2 ±5,41	305,6 ±38,9	554,4 ±69,2	959,6 ±89,8	1531,4 ±62,4	2082,5 ±56,4
I опытная	188,2 ±3,81	348,2 ±54,9	664,5 ±44,6	1088,8 ±64,2	1624,8 ±32,2	2189,4 ±54,3
II опытная	188,2 ±4,32	374,6 ±17,8	730,2 ±25,4	1170,4 ±32,0*	1788,2 ±42,7*	2217,2 ±68,2

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

В конце второй недели эксперимента отмечается повышение живой массы в опытных группах: в I опытной на 12,2 %, во II – на 18,4 %, схожая картина в конце третьей недели исследования. В конце 4-й недели отмечено достоверное повышение массы в группе, получавшая активированный уголь, разница с контролем составила 18,0 % ($p \leq 0,05$), схожие изменения в конце 5-й недели исследования, а именно достоверное увеличение последнего на 14,4 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю. К концу выращивания птица I опытной группы превысила контроль по живой массе на 4,89 %, II опытной группы – на 6,08 %.

Таким образом, включение активированного угля дает лучшие показатели роста и развития исследуемой птицы, в сравнении с другими группами.

3.3.4.3 Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров

Результаты морфологического анализа крови цыплят-бройлеров, при введении энтеросорбентов представлены в таблице 80.

Таблица 80 – Морфологические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Показатель					
	лейкоциты, 10 ⁹ /л	эритроциты, 10 ¹² /л	моноциты, , %	гемоглобин, г/л	лимфоциты, %,	тромбоциты, 10 ⁹ /л
контроль	40,1 ±0,84	2,12 ±0,08	0,12 ±0,09	113,5 ±4,12	64,0 ±6,18	4,72 ±1,78
I опытная	42,1 ±4,82	1,87 ±0,18	0,28 ±0,22**	111,2 ±6,12	65,9 ±3,44	4,87 ±1,54
II опытная	43,1 ±5,02	2,02 ±0,22	0,14 ±0,18	114,1 ±4,81	66,1 ±2,44	4,78 ±1,19

Примечание: - * $p \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой

Как следует из полученных данных в крови птицы опытных групп отмечается незначительное повышение лейкоцитов, в I опытной группе – на 4,75 %, во II – на 6,96 %. Аналогичные различия по уровню эритроцитов составили 11,8 и 4,72 %, соответственно. По показателям лимфоцитов и тромбоцитов выявлены небольшие колебания, в I опытной группе – на 2,88 и 3,08 %, во II – на 3,08 и 1,26 %, соответственно. Содержание моноцитов в крови опытной птицы I опытной группы было достоверно выше в 2,33 раза ($p \leq 0,05$), относительно контроля.

Анализ биохимического состава крови показал достоверное снижение уровня глюкозы в опытных группах, на 28,1 % и на 20,0 %, соответственно, в сравнении с контролем (таблица 81).

Таблица 81 – Биохимические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Показатель				
	глюкоза, ммоль/л	АЛТ, Ед/л	АСТ, Ед/л	билирубин общий, мкмоль/л	мочевая кислота, мкмоль/л
Контроль	12,3±0,22	13,0±0,20	376,0±24,1	0,36±0,14	199,1±22,1
I опытная	8,84±1,01*	15,0±0,64	286,1±28,2	0,23±0,01*	168,9±26,9
II опытная	9,84±0,94*	14,7±0,88	288,4±32,1	0,33±0,06	173,2±26,1

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

На фоне незначительного повышения АЛТ в I опытной группе – на 13,3 %, во II – на 11,6 %, в сравнении с контролем, выявлено небольшое снижение АСТ – на 23,9 % и на 23,3 %, соответственно. Показатели общего билирубина в I опытной группе достоверно снизились в 1,57 раз ($p \leq 0,05$), относительно контроля. Уровень мочевой кислоты в опытных группах был ниже, чем в контроле – на 15,2 % и на 13,0 %.

Содержание общего белка во всех группах варьировало в пределах физиологической нормы, с небольшой разницей на 1,1 и 2,3 г/л, соответственно (таблица 82).

Таблица 82 – Биохимические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Показатель			
	общий белок, г/л	альбумины, г/л	мочевина, ммоль/л	креатинин, мкмоль/л
Контроль	31,1±1,22	15,4±0,88	0,58±0,11	30,1±1,12
I опытная	32,2±1,01	13,4±0,62	0,61±0,12	31,2±2,11
II опытная	33,4±0,22	13,2±0,38	0,60±0,10	31,5±1,91

Уровень альбуминов в сыворотке крови птицы опытных групп снижался в абсолютном значении с 15,4 до 13,2 г/л, без достоверных различий. Показатели мочевины и креатинина незначительно отличались от контрольной группы. Содержание железа в сыворотке крови I и II опытных групп достоверно превысило контроль, на 22,5 % и 30,1 %, соответственно (таблица 83).

Таблица 83 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес»

Группа	Показатель			
	Fe, мкмоль/л	Mg, мкмоль/л	Ca, ммоль/л	P, ммоль/л
Контроль	17,9±0,45	0,92±0,03	3,08±0,08	2,20±0,19
I опытная	23,1±2,29*	1,02±0,03	2,94±0,17	1,91±0,34
II опытная	25,6±3,29*	0,98±0,07	3,22±0,03	2,07±0,09

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Уровень магния варьирует в пределах 0,92 до 1,02 мкмоль/л, разница между птицей опытных групп составила 0,1 мкмоль/л и 0,06 мкмоль/л, соответственно. Высокое содержание кальция отмечено в сыворотке крови птицы II опытной группы - 3,22 ммоль/л, что на 4,35 %, превысило контроль. Показатели фосфора были снижены, в I опытной группе – на 13,2 %, во II – на 5,91 %, относительно контроля.

Характеристики минерального обмена, установленные при изучении состава сыворотки крови, были дополнены нами при изучении элементного статуса птицы по 25 показателям.

3.3.4.4 Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров

Анализ минерального обмен в организме цыплят-бройлеров, при включении энтеросорбентов позволил установить следующие закономерности (таблица 84).

Таблица 84 – Содержание макроэлементов в теле цыплят-бройлеров, г/гол

элемент	группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Na	5,63±0,41	6,88±0,16	6,48±0,22
P	21,8±1,99	27,0±0,61*	29,0±0,58*
K	15,8±1,31	20,2±0,58*	20,0±0,28*
Ca	24,2±2,04	28,7±0,64*	30,4±0,84*
Mg	1,58±0,22	1,88±0,08	2,01±0,06

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Включение энтеросгеля в сбалансированный рацион цыплятам-бройлерам сопровождалось достоверным увеличением пула фосфора – на 19,3 % ($p \leq 0,05$), калия – на 21,8 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 15,7 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контрольной группе.

По содержанию эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров выявлено достоверное снижение ванадия в I опытной группе – на 18,2 %, относительно контроля (таблица 85).

Таблица 85 – Содержание эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/кг

Элемент	группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Li	0,030±0,002	0,033±0,003	0,032±0,004
B	3,11±0,32	3,51±0,09	3,60±0,07
Si	274,9±29,1	322,9±24,1	294,1±28,7
V	0,11±0,01	0,09±0,001*	0,11±0,002
Cr	14,0±1,22	15,0±0,44	15,2±0,36
Mn	4,62±0,41	5,68±0,13 *	5,72±0,16*
Fe	414,8±42,1	428,8±10,2	434,6±22,8
Co	0,09±0,008	0,11±0,004*	0,12±0,005*
Ni	2,11±0,19	2,18±0,048	2,12±0,08
Cu	17,0±1,16	18,2±0,84	20,5±1,12*
Zn	98,0±8,11	118,2±4,16	121,7±6,42*
As	0,02±0,001	0,02±0,0005	0,02±0,0006
Se	0,80±0,06	0,86±0,06	0,87±0,03
I	1,11±0,09	0,88±0,06	1,08±0,04

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Содержание марганца превысило контроль – на 18,7 % и на 19,2 % ($p \leq 0,05$), кобальта – на 18,2 % и на 25,0 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Во II группе выявлено достоверное повышение меди – на 17,1 % ($p \leq 0,05$) и цинка – на 19,5 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю. В целом отметим, что наибольший накопительный эффект эссенциальных элементов наблюдался при включении активированного угля в рацион цыплятам-бройлерам.

Таблица 86 – Содержание токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/кг

Элемент	Группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Sr	25,4±2,15	24,0±1,12	23,9±1,16
Cd	0,007±0,001	0,007±0,0006	0,006±0,0002
Sn	0,019±0,0003	0,018±0,001	0,016±0,0002*
Hg	0,009±0,004	0,003±0,0001***	0,003±0,0001***
Pb	0,31±0,008	0,25±0,005**	0,22±0,007*
Al	36,1±0,55	30,5±1,14*	31,4±0,88**

Примечание: - *** $p \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой

По содержанию токсичных элементов, энтеросорбенты оказывая сорбционный эффект, способствуют выведению токсичных элементов из организма птицы, в том числе стронция, олова, ртути, свинца и алюминия. Это сопровождается повышением качества получаемой продукции. В частности, при использовании активированного угля содержание алюминия в продукции птицы снижается на 15% ($p \leq 0,01$), свинца на 40,8% ($p \leq 0,01$), ртути в 3 раза ($p \leq 0,001$), олова на 18,8% ($p \leq 0,05$).

3.3.4.5 Мясная продуктивность подопытной птицы

В ходе исследований нами проведен контрольный убой подопытной птицы, полученные результаты в целом подтвердили полученные ранее результаты (таблица 87).

Таблица 87 - Результаты контрольного убоя подопытной птицы, г

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса	2082,5±56,4	2189,4±54,3	2217,2±68,2
Потрошенная тушка	1416,1±19,8	1504,1±20,1	1536,5±20,4
Мышечная ткань	896,4±10,2	955,1±9,82	978,8±10,6
Убойный выход	68,0±0,57	68,7±0,65	69,1±0,67

Масса потрошенной тушки в опытных группах превысила контрольную группу – на 5,85 % и на 7,84 % соответственно. Аналогичная картина по массе мышечной ткани, а именно повышение в I опытной группе на 6,15 %, во II – на 8,42 %, по отношению к контролю. Убойный выход в I опытной группе повысился на 0,7 %, во II группе – на 1,3 %.

Таким образом, дополнительное включение в рацион активированного угля привело к лучшему убойному выходу, а именно на 1,3 %, в сравнении с аналогичной группой.

3.3.4.7 Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион энтеросорбентов

Анализ полученных данных секвенирования определил наличие 4 основных филумов и одного филума неклассифицированных форм (рисунок 89 а, б). При этом, доминирующими таксономическими категориями также были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 85 %. Содержание данных таксономических категорий варьировалось в зависимости от группы. Доля представленности представителей филума *Firmicutes* была максимальной в контрольной группе, а минимальной – в опытной II группе. Представленность филума *Bacteroidetes* в группах была

различна, максимальные значения были зафиксированы в опытной группе II, а минимальные в контроле и I группе. Разница составила 1,2 раза. Неклассифицированные формы во всех группах были обнаружены, их разница в содержании между группами была незначительной.

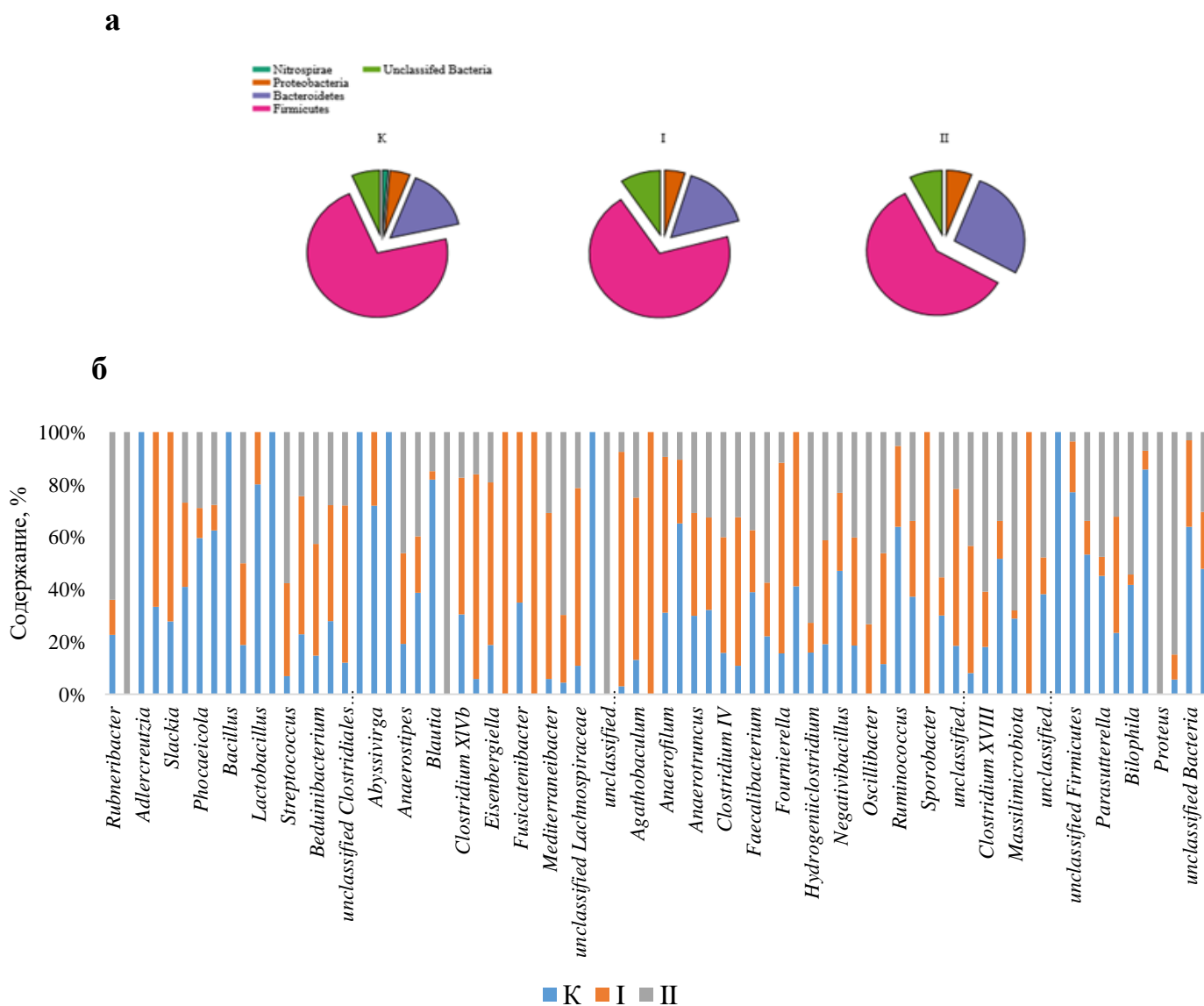


Рисунок 89 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении энтеросорбентов

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Phocaeicola*, *Mediterraneibacter*, *unclassified Ruminococcaceae* – их содержание превышало 10%. Так, в контроле содержание представителей рода *Phocaeicola*

было в 2 раза больше, чем во II группе и в 5,2 – чем в I. Количество представителей рода *Alistipes* также было выше в контрольной группе более чем в 6 раз, чем в I опытной группе, и в более чем в 2 раза, чем во II. Содержание представителей рода *Mediterraneibacter* было максимально в I опытной группе относительно К в 10 раз и относительно II группы в 2 раза соответственно. Количество представителей рода *unclassified Ruminococcaceae* в опытных группах I и II различалось как между собой, как и с контролями. Так, содержание бактерий этого рода в группе I в 2,77 раз было выше, чем во II и в 3,25 раза, чем в контроле. Содержание таких родов как *unclassified Ruminococcaceae*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus*, *Merdimonas* как в опытных, так и контрольных группах не превышало 10 %.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является группа II. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуются опытные группы, в частности, I опытная группа (таблица 88).

Таблица 88 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Chao-1	70	76	72
Simpson_1-D	0,59	0,79	0,61
Shannon_H	2,01	2,78	2,28

Максимальное значение коэффициента зафиксировано в I опытной группе, а минимальное значение характерно для контроля. По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, что является результатом взаимодействия всех трех индексов альфа-разнообразия. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона. Его значение максимально в группе I, а минимально в контроле.

3.3.4.7 Результаты производственной проверки

В ходе проведенных исследований и полученных положительных результатов от включения в рацион птицы активированного угля, в дозировке 3,0 г/кг корма, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы (таблица 89).

Таблица 89 – Техничко-экономические показатели производства мяса бройлеров

Наименование показателя	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	496
Сохранность, %	98	99,2
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2098,4
Убойных вес общий, кг	982,7	1040,8
Убойный выход, %	68,0	69,3
Производственные затраты, руб.	89248,7	92981,2
Себестоимость продукции, руб.	133,5	128,9
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	119014,5
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	26033,3
Уровень рентабельности, %	23,6	28,0

Контрольная группа при этом получала рацион, согласно рекомендациям и нормам ВНИТИП (2009).

В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,2 %.

Таким образом, введение в рацион активированного угля в дозировке 3,0 г/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,2 %, убойный выход на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 53,0 кг, прибыли от реализации 5012,7 руб., и на 4,4 % повысится уровень рентабельности производства мяса птицы.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Птицеводство, как наиболее наукоемкая и устойчиво функционирующая отрасль животноводства, вносит весомый вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. На современном этапе развития птицеводства стоит проблема не только дальнейшего увеличения производства продукции, но и повышения ее качества.

При планировании исследований мы опирались на ранее полученные результаты (Кван О.В., 2007), данные других исследователей (Синещеков А. Д., 1965; Алиев А.А., 1985), в которых убедительно показана роль эндогенной компоненты в формировании продуктивности животных. Учитывая энергозатратность процессов переваривания корма и всасывания нутриентов, с высокой очевидностью можно утверждать, что сохранение эндогенного материала значительно более выгодно для организма в сравнении с процессом извлечения необходимых комплексов веществ из корма.

Вклад эндогенного вещества в формирование продуктивности хорошо виден при анализе процессов энтерального гомеостаза. Так, на 1 г экзогенного азота пищи организм в процессе пищеварения выделяет более 1 г эндогенного азота. У крупного рогатого скота эндогенная секреция фосфора только в 12-перстную кишку превышает экзогенное поступление этого элемента в 2-4 раза (Ansia L. et al., 2020). По калию этот показатель составляет 4 раза, магния – 3, натрия – 13 раз (Udén P. et al., 1980).

Это вполне закономерно с позиции того, что биологический смысл совокупности всех функций пищеварительной системы заключается в образовании плазмы крови (Алиев, А.А., 1985). Именно через введение в химус «недостающих» эндогенных веществ организм и формирует среду, которая идентична по своему составу плазме крови. В связи с этим эффективность пищеварения может рассматриваться не только как результат переваривания и всасывания экзогенных веществ, а процесс возврата в

межуточный обмен ранее выделеного в пищеварительную трубку эндогенного вещества.

На основании этого постулата, дальнейшее развитие учения о кормлении сельскохозяйственных животных должно быть направлено на разработку комплекса мероприятий, сводящих к минимуму потери эндогенного жизненно необходимого вещества. Это в полной мере будет соответствовать общему пониманию рационального, сбалансированного кормления (Bassi L. et al., 2021).

Разрабатывая методику исследований, на предварительном этапе, мы проанализировали большое число экспериментальных работ, направленных на изучение роли и особенностей обмена эндогенного веществ в энтеральной сфере. По итогам этой работы нами разработана методика, основанная на использовании полусинтетических рационов дефицитных по отдельным химическим элементам, в том числе Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Se. В этом случае, проводя исследования на модели птицы при дефиците выше перечисленных элементов в рационе, мы оцениваем действие отдельных кормовых фактов именно на уровень потерь эндогенных веществ. Сходные исследования позже были проведены R. K. Mutucumarana, V. Ravindran (2021).

В пилотных исследованиях была изучена толерантность *E. coli* M-17 и *B. subtilis* 534 ко всем использованным химическим соединениям исследуемых микроэлементов. Как следует из полученных результатов, минимальные не ингибирующие рост бактериальной популяции клеток для *E. coli* M-17 составили в отношении FeSO_4 – 0,063 М/л, MnSO_4 – 0,125 М/л, CoSO_4 – 0,016 М/л, CuSO_4 – 0,063 М/л и ZnSO_4 – 0,063 М/л, для штамма *B. subtilis* 534 данные значения составили 0,125 М/л, 0,500 М/л, 0,031 М/л, 0,016 М/л и 0,031 М/л, соответственно. Штамм *L. acidophilus* проявляет умеренную толерантность к используемым в экспериментальном исследовании солям микроэлементов, при этом наиболее чувствительным штаммом является *B. Longum*, имеющий минимальные показатели резистентности по отношению к другим исследуемым тест-организмам. Проведенные исследования позволили нам

определить оптимальные рабочие концентрации исследуемых химических соединений микроэлементов в отношении тестируемых бактериальных штаммов для проведения дальнейших исследований.

Далее для прогнозирования уровня эндогенных потерь микроэлементов из организма птицы проведена серия исследований по оценке способности микрофлоры к инкорпорации химических элементов. Проведенный анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о выраженной биоаккумуляции железа всеми исследуемыми штаммами с максимальным уровнем для *B. subtilis* 534 (до 67,4 % от внесенной рабочей концентрации сульфата цинка). Проведенный анализ позволяет нам отобрать для проведения дальнейших исследований штаммы *B. subtilis* 534 и *B. longum*.

В первой серии экспериментов на цыплятах-бройлерах нами изучено влияние различных кормовых добавок на продуктивность цыплят-бройлеров и величину эндогенных потерь химических элементов. При изучении влияния пробиотических препаратов (*B. subtilis* и *B. longum*) установлено, что дефицит микроэлементов во II контрольной группе привел к недостоверному снижению живой массы. При этом введение пробиотических препаратов сопровождалось повышением уровня чистой энергии в I опытной группе на 0,8 МДж/гол, во II на 1,3 МДж/гол в сравнении со II контрольной группой. Между тем эффективность межзачернового обмена в опытных группах оказалась ниже контрольных значений, что подтверждается снижением коэффициента соответствия до 0,03, против 0,04 во II и 0,044 в I контрольной группах. Кстати, если детально проанализировать результаты всех четырех первых экспериментов, то можно установить, что во всех случаях эффективность межзачернового обмена при использовании оцениваемых кормовых добавок оказалась ниже контрольных значений.

Изменение эффективности межзачернового обмена на фоне введения пробиотиков можно объяснить влиянием последних на процессы пищеварения и всасывание веществ. Имеются многочисленные данные о том, что пробиотики оказывают влияние на функционирование печени (Salem R. et

al., 2018; Śliżewska K. et al., 2019; Hashem M.A. et al., 2022); снижают поступление липополисахаридов из кишечника (Gratz S.W. et al., 2010; Cho Y.A. et al. 2015), что способно приводить к снижению концентрации холестерина в крови (Alkhalaf A. et al. 2010)

Введение Споробактерина (штамм *B. subtilis*) в рацион сопровождалось достоверным снижением пула натрия в организме птицы на 27,3 % и на 26,1 % ($p \leq 0,01$), в сравнении с контрольными группами. При этом абсолютное содержание фосфора, снизилось на 38,7 % ($p \leq 0,001$), относительно K_1 и на 30,2 % ($p \leq 0,001$), по отношению к K_2 . Совокупный пул в организме марганца и меди снизился во II опытной группе в 2,69 раз и в 1,5 раза ($p \leq 0,05$), относительно K_1 , соответственно, а в I опытной группе – в 2,07 раз и в 1,5 раза ($p \leq 0,05$), соответственно, по отношению к K_1 . Содержание никеля достоверно уменьшилось в 1,64 раз ($p \leq 0,05$), по сравнению с первой контрольной группой.

Отметим, что содержание кремния и кобальта снижается в обеих опытных группах по отношению к контрольным аналогичным группам, в абсолютном значении с 488,3 до 340,4 мг/кг и с 4,0 до 0,23 мг/кг ($p \leq 0,05$). Уровень железа в опытных группах был снижен в сравнении с K_1 на 33,5 % ($p \leq 0,05$) в I опытной группе и на 12,6 % во II опытной группе. При сравнении с K_2 схожая картина – снижение на 28,7 % ($p \leq 0,05$) и на 8,57 %, соответственно. Показатель цинка варьировал в абсолютном значении с 383,4 мг/кг при сравнении с K_1 и с 339,9 мг/кг при сравнении с K_2 до 233,4 мг/кг в I группе и до 271,4 мг/кг во II группе.

Дополнительное введение пробиотических препаратов способствовало достоверному снижению пулов токсичных элементов: олово в 4,0 и 2,0 раза, относительно K_2 и ртути в 10,0 раз и в 2,0 раза ($p \leq 0,05$), в сравнении с K_1 и в 7,5 раза и 1,5 раза, по отношению к K_2 . Аналогичные результаты ранее были получены в исследованиях M. Monachese et al., (2012); Q. Zhai et al., (2014); R.Chen et al., (2022).

В наших исследованиях выявленные ОТЕ были отнесены к 4 филумам: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. При этом,

доминирующими таксономическими категориями были именно *Firmicutes* и *Bacteroidetes*.

Оценивая родовое разнообразие в контрольных и опытных группах, можно отметить различия в содержании отдельных представителей. Так, в контроле K_1 доминирующее положение занимал род *Bacteroides* (72,3%), содержание других варьировалась от 4,7% (unclassified *Ruminococcaceae*) до 1,0% (*Pseudoflavonifractor*). В группе K_2 основными доминирующими являлись представители родов *Bacteroides* (17,4%), *Lactobacillus* (20,3 %) и *Alistipes* (26,5%). В I опытной группе наибольшую представленность имели бактерии рода *Lactobacillus* (32,5 %), что в 8 и 1,6 раз больше, чем в группах K_1 и K_2 , соответственно. Численность *Alistipes* составляла 11,8%, что был в 2,7 раз больше, чем в группе K_1 , и в 2,2 раза меньше, чем в K_2 . На фоне этого стоит отметить увеличение процента содержания представителей рода *Faecalibacterium* (10,5 %) в 26,3 и 9,5 раз относительно групп K_1 и K_2 соответственно. Данный факт заслуживает особого внимания, поскольку представители рода *Faecalibacterium* повышают способность клеток кишечника в приодалении окислительного стресса. Во II опытной группе также доминировали представители рода *Lactobacillus* (59,8 %). Их содержание было выше в 14,6, 2,9 и 1,8 раз в сравнении с группами K_1 , K_2 и I опытной группы, соответственно. Количество представителей *Bacteroides* составило 26%, что было выше в 1,6 и 1,5 раз в сравнении с группами I и K_2 , но все равно в 2,8 раз было ниже, чем в K_1 . Следует отметить, что в составе микрофлоры содержимого слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров появились микроорганизмы рода *Bacillus*, несмотря на то, что их количество не превышало 0,1%.

При проведении анализа корреляционных взаимосвязей было установлено, что существует значимая корреляция таксона *Lactobacillus* с пулом в организме Mn ($r=0,63$), Hg ($r=0,54$) и Co ($r=0,81$). Присутствие таксона *Ruminococcus* было сопряжено с наличием значимой корреляции с пулом Mn ($r=0,52$) и Co ($r=0,67$), таксона *Alistipes* – с Co ($r=0,53$). При даче препарата

«Споробактерина» была выявлена значимая корреляция таксона *Lactobacillus* с пулом Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$), Hg ($r=0,57$) и Co ($r=0,87$), таксон *Ruminococcus* коррелировал с накоплением Co ($r=0,62$). Была выявлена значимая корреляция таксона *Lactobacillus* в K_1 с такими элементами, как В ($r=0,54$), Na ($r=0,57$), Mg ($r=0,61$), Al ($r=0,53$), Si ($r=0,57$), P ($r=0,61$), К ($r=0,58$), V ($r=0,54$), Fe ($r=0,60$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,65$), Cu ($r=0,64$), Zn ($r=0,65$), As ($r=0,57$), Cd ($r=0,52$), Sn ($r=0,16$), Pb ($r=0,69$); сильная – с Ca ($r=0,71$), Mn ($r=0,96$), Sr ($r=0,79$), Hg ($r=0,89$). Численность таксона *Ruminococcus* в K_1 прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,56$). Во II контрольной группе (K_2), численность рода *Lactobacillus* коррелировала с накоплением Co ($r=0,87$), Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$) и Hg ($r=0,57$), численность *Ruminococcus* – с Co ($r=0,73$) и Mn ($r=0,56$).

Предубойная живая масса птицы I опытной группы превысила уровень II контрольной группы на 7,6 %, II опытной на 7,8%. Масса съедобной части в абсолютном значении в I опытной группе составила 1170,5 г, во II – 1252,5 г, против 987,3 г во II контрольной группе. Убойный выход у опытной птицы оказался выше контрольных значений на 0,7-0,8 %. Исследование аминокислотного состава мышечной ткани птицы показали, что во II опытной группе уровень тирозина и фенилаланина превысил уровень I контрольной группы на 49,7 % ($p \leq 0,001$) и на 18,1 % ($p \leq 0,01$), соответственно. При сравнении со II контрольной группой аналогичная разница составила 45,2 % ($p \leq 0,001$) и 13,9 % ($p \leq 0,01$), соответственно. Уровень глицина в мышечной ткани I опытной группы при сравнении со II контрольной группой снизился на 10,1 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, становится очевидным, что пробиотики через коррекцию микрофлоры кишечника оказывают влияние и на минеральный обмен в организме птицы, в том числе и на эндогенные потери веществ.

Второй эксперимент первой серии был направлен на изучение влияния пищевых волокон на продуктивность и обмен веществ в организме цыплят-бройлеров. Как следует из полученных данных цыплята-бройлеры, получавшие с рационом лактулозу, уступали в живой массе аналогам из II

контрольной группы на 1,44 %. Максимальное снижение живой массы отмечено в III опытной группе, при дополнительном включении в рацион хитозана, на 4,74 % относительно II контрольной группы. При сравнении опытных групп между собой, что повышение живой массы выявлено в группе, дополнительно, получавшая целлюлозу.

В ходе исследований установлен факт повышения потерь энергии с теплопродукцией в опытных группах. Влияние пищевых волокон на межклеточный обмен сопровождалось снижением эффективности последнего.

Скармливание пищевых волокон сопровождалось достоверным увеличением общего пула кальция при скармливании целлюлозы на 18,9 % ($p \leq 0,05$), по сравнению с K_2 .

Содержание олова в группах, получавших пищевые волокна в 4 раза ($p \leq 0,05$) была меньше, чем во второй контрольной группе. Содержание свинца в теле птицы было на 93 % и 107 % ниже в I и III опытных группах, по сравнению с первой контрольной группой, соответственно ($p \leq 0,05$). Схожая тенденция была свойственна алюминию. Так, в I опытной группе в 3,19 раз и в 2,22 раз ($p \leq 0,05$), соответственно, в сравнении с контрольными группами. Во II опытной группе – в 2,51 раз и в 1,74 раз ($p \leq 0,05$), по отношению к K_1 и K_2 , а также в III группе, в 2,23 раза ($p \leq 0,05$), относительно к K_1 и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$), по сравнению с K_2 .

Использование пищевых волокон не однозначно отразилось на эндогенных потерях химических элементов, так, введение целлюлозы позволило уменьшить эндогенные потери марганца, железа, кобальта и цинка, в то время как пул меди и селена, напротив, снизился. При внесении лактулозы увеличились потери кобальта и селена, а при введении хитозана – всех элементов, кроме марганца.

Анализ результатов секвенирования образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров контрольных и опытных групп позволил определить, что выявленные ОТЕ можно отнести к 4 филумов: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. При этом, доминирующими

таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99%. При этом были отмечены различия в содержании отдельных филумов. Так, если разница между контролями в процентном содержании представителей филума *Firmicutes* была незначительно, то в сравнении с опытными I и II группами разница составляла почти в 2 раза (1,7) в случае сравнения с K_1 . Несмотря на то, что их соотношение различалось в зависимости от группы, разница не превышала 10%. Аналогичная ситуация наблюдается и с представителями филума *Bacteroidetes*. В опытных группах I и II наблюдается увеличение представителей данной таксономической категории в сравнении с контрольной группой K_1 , разница составила 1,9 раз, разница между контролями и III опытной группой минимально.

Можно отметить различия в содержании отдельных представителей. Так, во всех группах кроме III опытной доминировали 3 рода: *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Alistipes*, однако их соотношение в группах различалось. Так, в группе K_1 содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза больше, чем во II контрольной группе, а содержание бактерий родов *Lactobacillus* и *Alistipes*, наоборот, было ниже (более, чем в 5 раз). По сравнению с контрольными значениями, при даче опытных рационов повышалось содержание бактерий рода *Lactobacillus* и *Alistipes* в 3 раза, по отношению к I контрольной группе. Содержание в образцах таких родов, как *Mediterraneibacter*, *Merdimonas*, *unclassified Bacteroidaceae*, *Limosilactobacillus* составляла до 10% и варьировалась от 7,5% до 2%. Данные различия полностью объяснимы изменением рациона путем добавления пищевых волокон, среди которых также наблюдаются различия в действии. В частности, происходит увеличение численности бактерий, способных утилизировать сложные углеводы и клетчатку. Особенно это заметно при добавлении целлюлозы.

В целом, добавление в рацион пищевых волокон благоприятно сказалось на структуре микрофлоры кишечника, поскольку значения индексов Chao-1 в

II и III группах также выше, чем в контрольных. Коэффициент Simpson 1-D, показатель также выше в группах I и III, а минимальное значение характерно для группы K₁.

При введении в рацион целлюлозы, численность таксона *Alistipes* и *Bacteroides* прямо коррелировала с пулом Co ($r=0,84$ и $r=0,80$). При добавлении в рацион птицы лактулозы была отмечена прямая корреляция численности таксона *Bacteroides* с накоплением таких химических элементов, как Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,70$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,53$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,50$), Hg ($r=0,65$) и Pb ($r=0,55$), таксона *Alistipes* – с Co ($r=0,66$). При введении в корм птице хитозана отмечали прямую корреляцию между численностью таксона *Bacteroides* и накоплением Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,71$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,54$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Hg ($r=0,66$) и Pb ($r=0,56$), таксона *Alistipes* – с Mn ($r=0,58$), Co ($r=0,96$) и Hg ($r=0,54$).

Убойный выход у цыплят опытных групп оказался выше уровня II контроля на 3,6 - 4,6 %. Уровень аргинина в мышечной ткани птицы I опытной группы превысил I контрольную группу на 13,8 % ($p \leq 0,05$). Содержание лизина, гистидина, лейцин+изолейцина и аланина так же достоверно превышало контрольные группы, в среднем на 10,2-12,3 % ($p \leq 0,05$). Содержание тирозина в опытных группах в сравнении с первым контролем было выше на 14,1 % и на 19,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно. В то же время содержание в мясе опытной птицы фенилаланина, пролина, треонина и серина, напротив, было снижено, по отношению к контрольным группам ($p \leq 0,05$).

По наблюдениям ряда исследователей, включение в рацион пищевых волокон позволяет повысить мясную продуктивность птицы. Объясняется это улучшением пищеварительных процессов, с изменениями в морфологии ворсинчатого аппарата (увеличение площади ворсинок) ЖКТ птицы (Yason C.V. et al., 1987; Awad W.A. et al., 2006; Ramirez S. et al., 2021). Это согласуется с данными Guerra-Ordaz A. et al. (2014). Существуют данные, свидетельствующие о положительном влиянии на морфологию кишечника ряда пребиотических препаратов (Baurhoo B., 2007; Marković Z., 2009).

При оценке содержания элементов в организме бройлеров, было показано, что в крови отмечалось снижение концентрации железа во всех опытных группах. Это может объясняться введением пищевым волокон, нарушающих процессы всасывания железа в ЖКТ (Rios A.C. et al., 2016). Рассматривая это явление, отметим, что сегодня не изученными остаются процессы, сопровождающие пищеварительные процессы в присутствии пребиотиков, а именно усвояемость и эндогенные потери минералов. Постулируется, что возможности пребиотиков адсорбировать минералы уменьшают доступность элементов для животного (Cowieson A.J. et al., 2004; Kumar V. et al., 2010; Oatway L. 2014).

Ранее установлено, что включение непереваримых растительных волокон изменяет усвояемость железа, особенно если это включение происходит на фоне богатого полноценным белком рациона (Bosscher et al., 2001; Drago C, Valencia M., 2004).

Перспективным является применение пребиотиков не только для повышения продуктивности, но и оптимизации использования отдельных питательных веществ корма. В работе Хаушманд и др. (Houshmand M. et al., 2011) показано, что введение пребиотиков позволило преодолеть дефицит кальция у бройлеров. В дефицитной по кальцию диете, введение пребиотиков нивелировало данный эффект и у птицы не обнаруживалось уменьшение содержания кальция в теле. Тако и коллегами в 2014 году показано, что введение пищевых волокон увеличивало содержание молочнокислых бактерий в ЖКТ бройлеров и повышало усвояемость железа. Ранее указанная специфика пребиотиков улучшать микробиоценоз ЖКТ также сопряжена с возможностью регулировать уровень железа в кратко- и долгосрочной перспективе.

Таким образом, введение пребиотиков позволяет регулировать обмен элементов в теле птицы, повышая содержание эссенциальных элементов и снижая – токсичных металлов. Поэтому актуальным является изучение действия пребиотиков на продуктивность и минеральный обмен у птицы.

Достаточно часто в один ряд с пребиотиками ставят и сорбенты, обладающие схожим механизмом действия на ЖКТ птицы (Temirgaev R. B. с соавторами, 2020)

В рамках третьего эксперимента первой серии исследований было изучено влияние энтеросорбентов на продуктивность цыплят-бройлеров. Установлено, что к концу второй недели эксперимента живая масса опытных групп была выше, в сравнении с аналогичными контрольными группами. Так при сравнении с K_1 выявлено повышение на 3,27 и на 2,01 %, соответственно. Относительно K_2 также отмечено повышение, так в I опытной группе на 3,69 % и во II группе – на 2,45 %, но без достоверных различий. В конце третьей недели исследований контроль взвешиваний показал, что живая масса в I группе была выше K_1 – на 4,07 % и K_2 – на 3,73 %, во II опытной группе напротив наблюдается незначительное снижение относительно контрольных групп на 0,26 % и на 0,62 %, соответственно. В конце экспериментальных исследований в I опытной группе выявлено повышение массы в абсолютном значении 2059,7 г до 2145,3, во II группе отмечено достоверное снижение по отношению к K_1 – на 9,47 % ($p \leq 0,05$) и на 7,53 %, в сравнении с K_2 .

Максимальный уровень валовой энергии корма отмечен во II опытной группе – 40,85 МДж/гол, что 6,84 % выше I и на 3,37 % II контроля. При расчете трансформации протеина корма выявлено, что уровень последнего выше во II опытной группе, разница с первым контролем составила 11,1% и со вторым контролем – 9,04%. Коэффициент конверсии во II группе составил 35,5 %, превысив первый контроль на 2,4 % и второй – на 2,0 %.

Включение энтеросорбентов в рацион цыплят-бройлеров привело к изменениям в элементном статусе птицы. Общий пул бора в I опытной группе в 1,67 раз ($p \leq 0,05$), повысился уровень II контрольной группы. Содержание кобальта достоверно снизилось в опытных группах в 11,9 раз ($p \leq 0,05$), в сравнении с K_1 и содержание селена в I опытной группе в 6,09 раза ($p \leq 0,05$) достоверно снизилось, по отношению к аналогичной контрольной группе K_2 и

во II опытной группе накопление последнего в 2,68 раз ($p \leq 0,05$), относительно первой контрольной группы.

Содержание меди в I опытной группе выше, чем в K_1 на 5,01 % и K_2 на 16,9 %, во II опытной группе отмечено снижение при сравнении с K_1 на 5,12 %, по отношению к K_2 , напротив, увеличение на 8,11 %.

Дополнительное введение энтеросорбентов сопровождалось снижением эндогенных потерь марганца и меди.

В опытных группах численность представителей *Bacteroidetes* повышалась: в I опытной группе – в 2,26 раза и в 2,4 раза; во II опытной группе – в 1,6 раза и в 1,78 раза выше, чем в группе K_1 и K_2 , соответственно. Численность представителей *Firmicutes* снижалась, так в I опытной группе в 2,69 раза и в 2,7 раза, по сравнению с группами K_1 и K_2 , соответственно

При изучении влияния энтеросорбентов на микробиоценоз слепой кишки цыплят-бройлеров в нашей работе было показано возрастание численности *Bacteroidaceae*, *Rikenellaceae* и *Ruminococcaceae*, которые осуществляют катаболизм полимеров с одновременной эрадикацией патогенных и условно-патогенных бактерий. В целом, изучение метагенома опытных групп позволяет охарактеризовать его как оптимальный и здоровый. Это позволяет рекомендовать энтеросорбенты как нетоксичные добавки, позволяющие модулировать качественный и количественный состав микробиоценоза кишечника птицы.

Обсуждая возможность использования энтеросорбентов как перспективных кормовых добавок с широким спектром действия, отметим, что актуальность данного вопроса возрастает ввиду имеющейся тенденции отказа от использования кормовых антибиотиков в животноводстве и птицеводстве и начала поиску надежных альтернативных стимуляторов роста, обладающих антимикробными и антиоксидантными свойствами, улучшающих усвояемость пищевых веществ, подавляющих рост болезнетворных микроорганизмов и т. д. (Фисинин В.И. и др., 2014).

Содержание представителей рода *Alistipes* в опытных группах было выше в 5,0 и 2,4 раза относительно группы K_1 , а вот с группой K_2 разница была минимальна в сравнении с группой I, но была выше в 2,5 раз в сравнении с группой II, а при внутригрупповом анализе между опытными группами разница составила 2 раза в пользу I опытной группы. Разница в содержании микроорганизмов рода *Lactobacillus* между группой K_1 и опытными группами была минимальна, но резко отличалась от группы K_2 , где общее их количество было в 5 и в 3,4 раз было выше, чем в опытных группах I и II соответственно. В группе II было отмечено высокое содержание представителей рода *Mediterraneibacter*. Разница с контрольными группами K_1 и K_2 составила 5,5 и 2,3 раза, а с опытной группой I – 7 раз. Бактерии данного рода являются основными продуцентами являются уксусная, муравьиная и молочная кислоты, что достаточно хорошо способствует ингибированию развития патогенной микрофлоры.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является I опытная группа. Данный вывод сделан на основе значения индекса Чжао-1, а наибольшим «богатством» характеризуется II опытная группа. Коэффициент Симпсона 1-D, максимальные значения зафиксированы в группах II и K_2 , а минимальное значение характерно для группы K_1

Численность рода *Bacteroides* при даче энтеросгеля прямо коррелировало с накоплением таких химических элементов, как: В ($r=0,51$), Na ($r=0,53$), Mg ($r=0,57$), Al ($r=0,50$), Si ($r=0,53$), P ($r=0,57$), К ($r=0,54$), Са ($r=0,66$), V ($r=0,51$), Fe ($r=0,55$), Ni ($r=0,61$), Cu ($r=0,59$), Zn ($r=0,61$), As ($r=0,54$), Hg ($r=0,83$) и Pb ($r=0,65$). Численность семейства обнаруживала сильную корреляцию с Mn ($r=0,96$), Co ($r=0,96$) и Sr ($r=0,74$).

Численность рода *Bacteroides* при даче активированного угля прямо коррелировало с пулом в организме Са ($r=0,56$), Ni ($r=0,51$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Sr ($r=0,62$), Hg ($r=0,69$) и Pb ($r=0,54$). Численность семейства

Bacteroides при даче активированного угля обнаруживала сильную корреляцию с Mn ($r=0,81$) и Co ($r=0,96$).

Живая масса цыплят-бройлеров в I опытной группе перед убоем оказалась ниже уровня II контрольной группы на 8,3 %. При этом убойный выход в контрольной и опытных группах различался незначительно, на 0,1-0,2 %.

Дополнительное включение энтеросорбентов в рацион сопровождалось снижением уровня аминокислот в мясе цыплят-бройлеров. Так в мясе I опытной группы содержание гистидина, лейцин+изолейцина, треонина, аланина и глицина были снижены, на 22,3; 11,5; 17,7; 15,8 и 14,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно, в сравнении с I контрольной группой.

Учитывая важность для современного птицеводства применение перспективных препаратов микроэлементов, нами были предприняты исследования по оценке воздействия на организм птицы ультрадисперсных частиц металлов-микроэлементов, в том числе УДЧ меди и железа. Как известно, медь необходима для различных биохимических реакций и физиологических функций, этот элемент входит в состав компонентов (например, церулоплазмин) и кофакторы нескольких ферментных систем (цитохром С-оксидаза), отвечает за формирование иммунного ответа, развития соединительной ткани и костей, внутриутробное и раннее постнатальное развитие (Scott et al., 2018). Недавно УДЧ Cu были исследованы из-за лучшего всасывания в кишечнике, с целью снижения норм этого элемента в кормлении животных и уменьшения ее выведение в окружающую среду (Salvo J., Sandoval C., 2022).

Железо (Fe) в виде УДЧ также было использовано в нашем исследовании. Как известно этот элемент необходим для синтеза гемоглобина и миоглобина, которые транспортируют кислород в организме. Исследования показали, что добавление железа повышает прирост живой массы, снижает расход корма и улучшает яйценоскость и плодовитость птицы (Rehman H. et al., 2020). Е.В. Яушева и др. (2015) отметили улучшение прироста массы тела

и удержания железа в тканях цыплят-бройлеров при использовании УДЧ Fe. Сходные результаты получены Rahmatnejad E, Saki AA. (2016).

В ходе наших исследований отмечено достоверное увеличение содержания креатинина в сыворотке крови птицы I опытной группы на 46,3 % ($p \leq 0,01$), II опытной – на 44,6 % ($p \leq 0,01$). Увеличение содержания в крови креатинина является одним из критериев, подтверждающим изменения в функционировании почек (Пурсанов К.А., 2012).

Изучение концентрации мочевой кислоты в биохимическом анализе крови показало, что концентрация в I опытной группе достоверно превысило контроль на 33 %. Увеличение концентрации мочевой кислоты можно считать признаком патологических изменений почечной системы, однако, существует и противоположное мнение. Так, Комаров Ф.И. (2002) считает, что наличие пуринов в крови, превышающую норму, является необходимым условием преодоления ряда патологий. Также в нашей работе активность щелочной фосфатазы достоверно уменьшалась, по сравнению с контролем (на 27 %).

В норме при билирубиновом обмене в кровь попадает очень незначительное количество прямого билирубина. Однако, при патологических сбоях, концентрация последнего может значительно возрасти как в крови (гипербилирубинемия), так и в моче (билирубинурия), проникая в окружающие ткани и вызывая пожелтение кожного покрова, склер глаз и слизистых оболочек (Тихомирова Е.В., Кацева Е.В., 2001; Koivikko M.L., 2005).

При общей картине увеличения активности АЛТ отмечено снижение активности АСТ в I опытной группе на 7,69 %, II на 9,10 % ($p \leq 0,01$), относительно контроля. При добавлении в рационы изучаемых веществ, отмечено уменьшение активности фермента лактатдегидрогеназы (ЛДГ) – в I опытной группе на 15,8 % ($p \leq 0,05$), II на 27,5 % ($p \leq 0,01$).

Использование препаратов ультрадисперсных металлов привело к некоторому повышению эффективности пищеварения, но при этом потери с теплопродукцией возрастали. Как и в трех предыдущих исследованиях

коэффициент соответствия в опытных группах оказался ниже контроля, что указывает на факт снижения межклеточного обмена

Уровень железа в опытных группах достоверно изменился. Так, в I опытной группе, выявлено снижение последнего в 1,56 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$), относительно K_1 и K_2 . Во II опытной группе противоположная картина, а именно достоверное его увеличение в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K_1 и K_2 , соответственно.

Дополнительное включение УДЧ меди в рацион I опытной группы привело к достоверному увеличению пула в организме лития, в 2 и 1,64 раз, в сравнении с контрольными группами. Применение УДЧ железа, способствовало достоверному снижению бора в 1,84 раз ($p \leq 0,05$), по отношению к K_2 .

Включение в рацион УДЧ меди и железа приводит к достоверному снижению ($p \leq 0,05$) пула марганца в 1,98 и 1,94 раз, кобальта в 15,0 и 15,7 раз и меди в 1,5 раза, соответственно, относительно K_1 . По отношению к K_2 отмечено достоверное снижение ($p \leq 0,05$) в опытных группах: кобальта в 1,5 раза, селена в 1,5 и 4,83 раза, соответственно, а во II опытной группе мышьяка в 1,5 раза. Пул хрома в организме птицы I опытной группы превысил контрольные значения в 1,9 раза ($p \leq 0,05$).

Анализ полученных данных секвенирования позволил определить наличие 4 основных филумов. При этом, доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. В опытных группах I и II в сравнении с контрольной группой K_1 содержание представителей филума *Bacteroidetes* было выше в 1,9 и 2 раза соответственно. Аналогичная картина и наблюдалась в сравнении с K_2 , но разница была незначительной. Различие между опытными группами по содержанию представителей данного филума практически не было обнаружено.

Количество представителей филума *Firmicutes*, напротив, в опытных образцах было ниже, чем в контролях, однако различие не превышало в 1,8 раз

в сравнении с группой К₁ и в 1,2 раза – с группой К₂. Между группами большой разницы обнаружено не было.

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Bacteroides*, *Lactobacillus*, их содержание превышало 10%. Так, в группе К₁ содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем в К₂, при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось в более, чем 5 раз, а при сравнении с опытными группами I и II данная разница составила 1,4 и 1,7 раз соответственно.

Содержание представителей рода *Alistipes* было выше в I и II опытных группах относительно группы К₁ в 3,5 и 1,9 раз соответственно, но ниже, чем в группе К₂ в 1,7 и 3,2 раз. Содержание таких родов как *unclassified Ruminococcaceae*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus*, *Merdimonas* не превышало 10 %.

На фоне применения УДЧ Cu численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,50$) и Pb ($r=0,79$). При введении в рацион птицы УДЧ железа численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Al ($r=0,52$), Ca ($r=0,55$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,62$), Zn ($r=0,53$), As ($r=0,51$), Sr ($r=0,55$) и Pb ($r=0,96$).

В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, в I опытной группе содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* значительно увеличивалось.

При анализе аминокислотного состава мяса птицы установлено, что уровень лизина в I опытной группе снизился на 13,6-16,8 % ($p \leq 0,05$), в сравнении с контрольными группами. Во II опытной группе данная разница оказалась ещё более значительной 20,2 и 23,2 %, соответственно. Содержание гистидина и лейцин+изолейцина в мясе опытной птицы снижалось в среднем на 15-20 % ($p \leq 0,05$). Отмечено достоверное снижение таких аминокислот, как треонина в абсолютном значении с 4,67 до 3,27, серина с 5,05 до 2,92, аланина

с 7,59 до 5,48 и глицина с 5,13 до 3,86. Только показатель тирозина в мясе птицы I опытной группы превышал показатель I контроля на 18,3 %, II контроля – на 15,8 %.

В ходе проведения эксперимента было показано, что скормливание цыплятам-бройлерам препарата *Bacillus subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма, в отличие от *Bifidobacterium longum*, в частности, марганца на 17-18 %, железа на 9-10 %, кобальта на 24-25 %, цинка 11-12 %. А скормливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон – целлюлозы, лактулозы и хитозана сопровождается неоднозначными изменениями в обмене эндогенных химических элементов. Включение же в рацион цыплят-бройлеров энтеросгеля и активированного угля оказывает селективное действие на обмен химических элементов в организме. В свою очередь, скормливание препаратов УДЧ меди или железа сопровождается снижением пула кобальта и селена с интенсивностью эндогенных потерь этих элементов из организма птицы на величину 9-10 и 9-15 % в неделю, соответственно.

Обсуждая зафиксированные эндогенные потери микроэлементов, стоит упомянуть, что они, по мнению исследователей, в основном, зависят от качественного и количественного состава рациона, что справедливо и для нашего исследования. Так, известно, что рацион определенного состава, с определенным уровнем белка, типа клетчатки и антипитательных факторов влияет на специфические эндогенные потери, которые определяются как часть эндогенного потока веществ, превышающие базальные потери (Cowieson A. J., Ravindran V., 2007). Под базальными эндогенными потерями понимаются потери, которые считаются неизбежными в ходе жизнедеятельности организма и не зависят от состава рациона (Kong C., Adeola O., 2014). Известно, что переваримость и всасываемость питательных веществ рациона всегда снижаются с увеличением эндогенных потерь аминокислот (Soomro R. N. et al., 2018). Включение в рацион белков может увеличить специфические

эндогенные потери аминокислот, поскольку секреция пищеварительных ферментов в пищеварительном тракте будет повышена в ответ на высокое потребление белка (Owusu-Asiedu A., Nyachoti C.M., Marquardt R.R., 2003). Аналогичным образом, содержание и тип клетчатки также могут влиять на специфические эндогенные потери путем изменения вязкости и скорости прохождения дигеста в тонком кишечнике, что может влиять на секрецию муцина и обмен эпителиальных клеток (Mosenthin and Sauer, 1991), что справедливо и при внесении пищевых волокон в нашей работе. Так, в нашей работе было показано, что внесение целлюлозы повышает количество аминокислот в теле цыплят-бройлеров.

В целом, на эндогенные потери организма могут влиять различные факторы, которые необходимо учитывать. Так, оценка потребности жвачных животных в кальции и фосфоре основана на оценке их чистых потребностей, включая эндогенные потери, и корректировке этой оценки с учетом истинного поглощения минерала. Эндогенные потери фосфора почти полностью происходят с фекалиями и связаны с потреблением фосфора. Однако из-за высокой скорости секреции фосфора слюнными железами на эндогенные потери могут влиять факторы, влияющие на эту секрецию или на его реабсорбцию. Так, обнаружено, что эндогенные потери кальция связаны с приемом пищи, и эндогенные потери фосфора с фекалиями также связаны с приемом пищи, поскольку как секреция слюны (Wilson T.H., 1962; Kramer, J.M. et al., 1989), так и потеря сухого вещества с фекалиями связаны с приемом пищи.

На основании результатов первой серии исследований нами запланирована и проведена вторая серия экспериментов. При этом в качестве основного рациона был использован рацион, уже сбалансированный по основным показателям. Это принципиально изменило и продуктивное действие оцениваемых кормовых добавок. Так в ходе изучения влияния ультрадисперсных частиц металлов на продуктивность цыплят-бройлеров на третьей неделе исследований, в I опытной группе нами наблюдалось

увеличение живой массы на 1,01 %, во II опытной группе – на 2,63 %, на четвертой недели эксперимента, на 2,27 и 2,92 %, соответственно, на конец эксперимента в I опытной группе живая масса увеличилась на 2,64 %, во II опытной группе – на 5,12%. Исходя из полученных данных, ростостимулирующий эффект в течение всего экспериментального исследования отмечен при дополнительном введении ультрадисперсных частиц меди. Различия второго цикла исследований с первым состояли в использовании сбалансированного рациона. Как ранее было показано нами и рядом других исследователей, использование ультрадисперсных частиц металлов-микроэлементов эффективно в комбинации с рядом биологически активных веществ, коих не было в полусинтетическом рационе, использованным в первом опыте.

У моногастричных животных введение пробиотиков в рацион связано с изменением показателей обмена минеральных веществ в теле (Skrypnik K, Suliburska J., 2018), что определяется инкрустированием бактериальных стенок химическими элементами, связыванием веществ в ЖКТ (Kvan O.V. et al., 2017), действием микробного сообщества ЖКТ на обмен минеральных веществ в теле через избирательное воздействие на эндогенные потери при пищеварительных процессах (Miroshnikov S et al., 2015) и т.д. Это ведет к уменьшению влияния пробиотиков на рост и развитие птицы (Кван О.В., 2007), что стало предпосылками к исследованию действия пробиотиков в рационе совместно с лимитирующими минералами. Поэтому, целью нашей диссертационной работы стало исследование особенностей метаболизма и морфологических характеристик сельскохозяйственной птицы при введении в рацион пробиотических штаммов (на примере *B. longum*) в совокупности с УДЧ Cu или Fe. Данные УДЧ были выбраны исходя из предварительных опытов, в ходе которых выявили повышение продуктивных показателей животных при введении в рационы *Bifidobacterium longum* с железосодержащими (Мирошникова Е.П., 2018) и медьсодержащими добавками (Domínguez Vera J.M. et al., 2014). Однако, по литературным

данным, нами не был обнаружен механизм, который бы смог объяснить потенцирующий эффект добавок, наблюдаемый нами. Можно предположить, что железо является необходимым элементом для пробиотического штамма, что одновременно влияет и на процессы, протекающие у птицы (Lee S. et al., 2003). Также имеются данные о том, что УДЧ Си являются бактерицидными препаратами, угнетая рост и развития штаммов бактерий, которые бы могли конкурировать в ЖКТ птицы с пробиотическим штаммом (Veerapandian M. et al., 2012). Однако, такое наблюдение не может быть объяснено простым увеличением концентрации меди в питании бройлеров II и IV групп. Ognik K. с соавторами (Ognik K et al., 2018) показал данный эффект при введении птице на 50 % больше меди, чем рекомендуемое нормирование данного элемента в кормах. При этом добавка в виде ультрадисперсных железных частиц позволила зафиксировать повышение содержания эритроцитов и гемоглобина (на 14 % и 6 %, соответственно). Изменялись под воздействием вносимых УДЧ железа и показатели биохимического анализа крови. Увеличение содержания креатинина и мочевины может быть связано со снижением функции почечного аппарата. Так, на 30 % при введении УДЧ железа уменьшилась концентрация креатинина в крови ($P \leq 0,01$). Введение УДЧ меди имело прямо противоположный эффект, что привело к достоверному повышению показателей мочевины также на 30 %. Интересно, что совместное введение пробиотика и УДЧ меди вело к незначительному повышению уровня креатинина (на 5 %). То есть, УДЧ меди обладают более негативным воздействием на обменные процессы в теле птицы, чем УДЧ железа. Обратим внимание на уменьшение активности фермента щелочной фосфатазы на 27 % ($P \leq 0,05$) при введении УДЧ железа. При добавлении пробиотика активность уменьшилась только на 17 % ($P \leq 0,05$). Внесение УДЧ меди вело к увеличению данного показателя на 13 %.

По результатам исследований было установлено, что использование УДЧ Fe в кормлении птицы сопровождалось увеличением концентрации Са – на 78,5 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения концентрации Р – на 19,3; К – на 11,8; Na

– на 7,05; Mg – на 15,6 % в теле бройлеров, относительно контрольной группы. Отмечено увеличение концентрации эссенциальных элементов Zn – на 10,9; Si – на 70,5; Mn – на 46,7; Fe – на 21,8; Cr – на 14,4; I – на 23,6; Mn – на 46,7; As – на 52,5 и V – на 31,8 % ($p \leq 0,05$), при снижении концентрации Cu – на 31,3; Se – на 59,5; Ni – на 52,7 и B – на 47,8 % ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно контроля. При анализе концентрации тяжелых металлов установлено, что включение УДЧ Fe в рацион способствовало снижению концентрации Al – на 42,7; Pb – на 40,2; Cd – на 33,3 и Sn – на 99,2 % ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно аналогов из контрольной группы.

Включение ультрадисперсных частиц Fe и Cu в рацион сопровождалось увеличением пула Fe ($p \leq 0,05$) и снижением уровня Cu ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно контроля. Аналогичная тенденция в отношении уровня содержания железа и меди в теле исследуемой птицы при введении УДЧ Cu в рацион.

В опытной группе, получавшей с кормом препарат УДЧ железа среди представителей филумов, доминировали *Firmicutes* (63,42 %), также присутствовали *Bacteroidetes* (17,34 %) и *Proteobacteria* (7,43 %). Среди семейств преобладали *Ruminococcaceae* (23,03 %) и *Lachnospiraceae* (13,05 %). При этом самым многочисленным среди родов были представители *Faecalibacterium* (13,53 %), *Blautia* (9,62 %) и *Bacteroides* (9,89 %).

В слепой кишке цыплят-бройлеров, получавших УДЧ меди, присутствовали представители филумов *Firmicutes* (67,36 %), *Bacteroidetes* (19,48 %) и *Proteobacteria* (5,23 %). Среди семейств наиболее многочисленными были такие таксоны как *Ruminococcaceae* (21,58 %), *Lachnospiraceae* (18,67 %) и *Sphingobacteriaceae* (13,10 %). Среди родов были идентифицированы представители *Ruminococcus*, *Oscillospira*, *Faecalibacterium*, *Blautia*, *Lactobacillus*, *Pedobacter* и *Flavobacterium*. Учитывая вышеизложенные результаты, было показано, что добавление в рацион УДЧ меди привело к увеличению числа лактобацилл, что является благоприятным

для состояния желудочно-кишечного-тракта птиц и метаболических процессов в целом.

В условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» была дана оценка эффективности включения УДЧ меди в рацион цыплятам-бройлерам. Введение в рацион опытной группы УДЧ Cu способствует повышению сохранности птицы и убойного выхода с общим ростом уровня рентабельности производства мяса птицы.

Опираясь на экспериментальные данные целого ряда исследователей, констатирующих эффективность совместного скармливания сельскохозяйственным животным комплекса пробиотиков и ультрадисперсных частиц, нами предприняты исследования по оценке влияния ультрадисперсных кормовых добавок и пробиотических препаратов (штаммы *B. longum* и *B. subtilis*) на минеральный обмен и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров.

В ходе эксперимента нами установлено, что к окончанию эксперимента живая масса цыплят-бройлеров в I опытной группе выросла до 2121,1 г, что превысило уровень контроля на 2,95 %. Живая масса в других опытных группах так же превысила контрольные значения на 2,36 % во II опытной группе, 2,90 % в III и на 2,64 % в IV. С учетом показателя окупаемости корма приростом живой массы, наиболее рациональным представляется применение пробиотического штамма *Bifidobacterium longum*.

Использование пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* в кормлении подопытной птицы сопровождалось увеличением пула Si – на 94,2; Co – на 64,3; Li – на 46,1; Cr – на 34,9; Mn – на 26,9 и Zn – на 8,59 % ($p \leq 0,05$) при снижении пула Cu – на 15,1; V – на 26,5; I – на 49,6; B – на 53,5; Ni – на 55,6 и Se – на 63,5 % ($p \leq 0,05$) в теле бройлеров, относительно аналогов из контрольной группы. Введение композиции штамм *Bifidobacterium longum* и препарата УДЧ Cu в рацион сопровождалось ростом общего пула Ca в

организме птицы на 71,9 % ($p \leq 0,05$), что имело место на фоне снижения пулов Mg, K и P на 23,3; 20,9 и 19,6 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

Скармливание опытной птице композиции штамма *Bifidobacterium longum* и препарата УДЧ Fe привело к увеличению пулов макроэлементов Ca, Mg, P, K и Na на 33,5; 21,2; 20,4; 19,9 и 18,2 % ($p \leq 0,05$), соответственно. При этом нами констатирован факт увеличения пулов Si, Li, As, Co, Cr, Mn и Fe на 51,7; 23,6; 15,0; 14,2; 2,88; 2,39 и 1,47 % ($p \leq 0,05$), на фоне снижения концентрации I, Se, Ni, B, Cu, V и Zn на 83,0; 72,3; 67,3; 53,5; 25,4; 20,1 и 4,02 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

Скармливание птице штамма *Bacillus subtilis* привело к увеличению пула Ca на 9,26 % ($p \leq 0,05$), при снижении совокупного количества Mg, K, P и Na на 8,33; 1,54; 7,06 и 1,76 %, соответственно.

При сравнении с имеющими литературными данными, нами были отмечены схожие наблюдения, описанные исследователями (Ghasemi-Sadabadi M et al., 2019; Khoobani, 2019; El-Moneim, 2019).

При применении пробиотического препарата в I опытной группе было установлено, что среди представителей бактериальных таксонов на уровне филума преобладали представители *Firmicutes* (63,82 %). Также выделяли представителей *Bacteroidetes* (19,27 %) и *Proteobacteria* (7,25 %). В образце преобладали такие семейства как *Ruminococcaceae* (18,58 %) и *Lachnospiraceae* (14,31 %), а также обнаруживались *Clostridiaceae*, *Lactobacillaceae*, *Heliobacteriaceae*, *Sphingobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae* и *Enterobacteriaceae*. В содержимом слепой кишки цыплят-бройлеров II опытной группы преобладали представители филума *Firmicutes* (52,25 %), при этом, по сравнению с контролем увеличилась численность *Bacteroidetes* (34,83 %), а также в образце присутствовали представители *Proteobacteria*. Наиболее многочисленным из представленных семейств было *Ruminococcaceae* (19,89 %), *Sphingobacteriaceae* (11,77 %) и *Lachnospiraceae* (11,52%). В III опытной группе выявлялись представители филумом *Firmicutes* (73,64 %) и представители *Bacteroidetes* (12,44 %) и *Proteobacteria* (6,06 %). Наиболее

многочисленные классы были представлены *Clostridia* (60,96 %), *Bacilli* (10,66 %), *Bacteroidia* (4,67 %), *Flavobacteriia* (3,86 %), *Sphingobacteriia* (3,52 %), *Deltaproteobacteria* (2,77 %) и *Betaproteobacteria* (1,62 %). При добавлении в рацион *Bacillus subtilis* было показано, что среди представителей бактериальных таксонов наиболее многочисленным филумом были *Firmicutes* (61,88 %), семейства – *Ruminococcaceae* (20,57 %), рода – *Oscillospira* (8,36 %). Результаты нашего исследования демонстрируют необходимость изучения бактериального разнообразия в кишечнике цыплят-бройлеров для анализа влияния различных кормовых добавок на метаболизм и состояние желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы.

В ходе эксперимента по изучению влияния пищевых волокон на минеральный обмен и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров нами установлен ростостимулирующий эффект. Так на второй неделе эксперимента в опытных группах отмечено увеличение живой массы, во II и III опытных группах, в абсолютном значении на 1,4-25,2 г, в I опытной группе на 81,2 г ($p \leq 0,05$), в сравнении с контролем. В конце третьей недели эксперимента введение лактулозы способствовало повышению живой массы, в III опытной группе на 9,15 %, в I опытной группе на 25,3 % ($p \leq 0,01$). В конце 4-й и 5-й недели экспериментального периода во II опытной группе отмечено незначительно снижение массы цыплят-бройлеров на 2,21 и 5,01 %, соответственно, относительно контроля, в III группе было отмечено повышение на 2,35 % и на 5,37 %, соответственно. В I опытной группе нами определено также достоверное повышение ($p \leq 0,01$) живой массы на 36,3 % и на 23,2 %, соответственно. В конце исследования во всех опытных группах выявлено повышение живой массы в сравнении с аналогичной группой, достоверное повышение было в I опытной группе, на 14,4 % ($p \leq 0,05$).

Дополнительное введение целлюлозы в рацион цыплятам-бройлерам способствует накоплению макроэлементов, так натрия – на 27,3 % ($p \leq 0,05$), фосфора – на 38,1 % ($p \leq 0,01$), калия – на 23,7 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 26,7 % ($p \leq 0,05$) и магния – на 25,8 % ($p \leq 0,05$). Лактулоза способствовала

достоверному повышению натрия – на 25,5 % ($p \leq 0,05$), по остальным макроэлементам был отмечен накопительный эффект, но без достоверных различий, введение хитозана привел к увеличению содержания натрия – на 27,4 % ($p \leq 0,05$) и фосфора – на 27,1 % ($p \leq 0,05$).

При анализе микробиального профиля установлено, что доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99%. Представленность филума *Bacteroidetes* в группах была различна, максимальные значения были зафиксированы в опытных группах II, III, а минимальные в контроле и I группе. Разница составила 1,5 раза. На уровне рода было показано, что доминирующими родами являлись *Blautia*, *Faecalibacterium*, *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Ruminococcus*. Их содержание было различно в зависимости от группы. Так, в группе K₁ отмечается высокие значения представителей рода *Blautia*, их содержание было в 12 раз во II опытной группе, а в III разница была незначительной. Более равномерное распределение во всех группах было характерно для представителей рода *Ruminococcus*. Высокие значения содержания представителей рода *Faecalibacterium* отмечены в I опытной группе, разница с другими группами не превышала 2 раза. Присутствие микроорганизмов рода *Lactobacillus* отмечено в опытных группах I, II и III, отличие в содержании было минимальным. В контроле данный род не представлен.

Коэффициент Simpson 1-D, максимальное значение зафиксировано в группе I, а минимальное значение характерно для контрольной группы. Это подтверждается приведенными данными выше, где было отмечено высокое содержание отдельного вида *Bacteroides*. По мере увеличения видового богатства и равномерности увеличивается и разнообразие микрофлоры, этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона, его значение максимально в группе I, а минимально в контроле.

Аналогичный результат был также получен Chen и коллегами (Chen et al., 2015) при использовании в кормлении олигосахаридом. Более того,

внесение непереваримых волокон в рацион несушек положительно влияло на активность амилазы и протеазы в ЖКТ птицы (Xu et al., 2003). Аналогичным образом, исследование Abazari и соавторами (2016) также показали, что добавление волокон может способствовать росту полезных бактерий *Lactobacillus* и уменьшать популяцию патогенных бактерий, таких как *Escherichia coli*, в подвздошной и слепой кишке бройлеров в возрасте 42 дней при скармливании 7,5 и 15 г/кг кормов с размером частиц 1-2 мм и менее 1 мм. Также было показано, что комбинация маннан-олигосахаридов и β -глюканов в форме цельных дрожжей увеличивает количество бактерий *Lactobacillus* в кишечнике (Liu et al., 2018).

Йоргенсен и др. (Jørgensen H. et al., 1996) наблюдали, что степень деградации пищевых волокон в результате микробной ферментации тесно связана с экскрецией H_2 и КЦЖК (в основном молочной и уксусной кислоты). Являясь одним из важнейших субстратов бактериальной ферментации, пищевые волокна модулируют баланс между микробиотой кишечника и слизистой оболочкой кишечника, включая слой слизи, пищеварительный эпителий и лимфоидные ткани, связанные с кишечником. Как упоминалось выше, физическая форма пищевых волокон важна, так как влияет на морфологические и физиологические характеристики кишечного тракта, что также может влиять на микробиоту кишечника (Montagne et al., 2003).

Ву и др. (Wu et al., 2011) показали, что включение большого количества пищевой растворимой клетчатки (7%) в рационы бройлеров значительно увеличивает содержание уксусной, пропионовой, изомасляной и масляной кислот, молочной и янтарной кислот в содержимом слепой кишки и снижает выработку муравьиной кислоты по сравнению с диетой с низким содержанием клетчатки. при заражении *Clostridium perfringens*. Исследование Валугембе и соавторов (Walugembe et al., 2015) показало, что увеличение клетчатки в рационе снижает содержание масляной кислоты, не вызывая каких-либо изменений концентраций других КЦЖК. Анализ микробиома слепой кишки показал, что наблюдалось увеличение относительной численности отрядов

Selenomonadales, *Enterobacteriales* и *Campylobacterales* в образцах слепой кишки от цыплят, которым добавляли в корм высокий уровень пищевых волокон, по сравнению с бройлерами, которым вносили небольшое количество сырой клетчатки в корма. Выработка летучих жирных кислот в кишечнике способствовала уменьшению численности представителей *Faecalibacterium*. Кроме того, внесение небольшого количества целлюлозы в рацион вело к уменьшению содержания представителей рода *Bacteriodes* как у бройлеров, так и у кур-несушек.

Но увеличение численности *Escherichia coli* и рода *Campylobacter* наблюдалось у птиц, получавших диету с высоким содержанием клетчатки. Растворимая клетчатка (β -глюканы ячменя или арабиноксиланы пшеницы) в рационе оказывает негативное влияние на рост. Также доказано, что она способствует распространению потенциальных патогенов, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, а иногда ворсинки могут атрофироваться из-за воздействия клетчатки в кишечнике в течение длительного времени (Shakouri M.D. et al., 2009).

Действие пищевых волокон в кишечнике определяется степенью переваримости и влиянием на микрофлору ЖКТ. Пищевые волокна могут быть частично переваримыми – при содержании в них олигосахаров, пектина, инулина и т.д., и непереваримыми – полисахаридов. Последние могут расщепляться лишь ограниченным числом видов бактерий (Simmering, R., Blaut M., 2001). В целом, под пребиотиками понимают пищевые волокна, которые не перевариваются в ЖКТ, но положительно влияют на облигатную микрофлору кишечника (Van Loo et al., 1995).

Планируя исследования по использованию адсорбентов в кормлении цыплят-бройлеров, мы исходили из того, адсорбенты характеризуются синергетическим действием с широким спектром различных биологически активных добавок, в том числе с ингибиторами плесени, которые успешно применяются для снижения накопления микотоксинов в кормах, что

положительно влияет на метаболизм бройлеров и биологическую ценность мяса птицы (Кизинов и др., 2007; Кокаева и др., 2017; Темираев и др., 2017).

Энтеросорбция представляет собой метод снижения содержания различных токсикантов, присутствующих в просвете ЖКТ. Это связано с тем, что сорбенты обладают высокой возможностью к связыванию различных веществ, при этом сами не участвуют в процессе пищеварения. При этом несомненными достоинствами являются их селективность, нетоксичность, дешевизна и относительная простота включения в рационы и диеты (Fatullayeva S. et al., 2021).

Известно, что сорбенты на основе активированного угля могут снижать активность свободно-радикальных процессов в организме. Так, в опыте показано, что введение такого сорбента после окислительного стресса позволяло восстановить пространственную структуру белков крови (Ryabinina E.I., Zotova E.E., 2021). Кроме того, сорбенты, при диарее препятствуют потере жидкости с калом, благотворно влияя на эпителий кишечника (Tishin A.N. et al., 2017). Для лечения дизентерии свиней предложены энтеросорбенты на основе монтмориллонитсодержащих минералов. Показано, что их применение нормализует функцию кишечника, увеличивает прирост живой массы, повышает воспроизводительную способность и резистентность организма (Nikolaevich T.A. et al., 2017).

Энтеросорбция является эффективным механизмом коррекции патологий в ЖКТ, благодаря чему адсорбенты включаются в состав диеты, соблюдаемой при отравлениях, инфекционных заболеваниях, непереносимости ряда веществ (Ryabinina E.I., Zotova E.E., 2021). Энтеросорбенты не перевариваются, но за счет высокой удельной площади поверхности эффективно связывают ксенобиотики, способствуя их выведению. Это возможно благодаря наличию ряда особых физико-химических свойств сорбентов.

При проведении наших исследований было установлено, что в конце 4-й недели основного учетного периода отмечено достоверное повышение

массы в группе, получавшая активированный уголь, разница с контролем составила 18,0 % ($p \leq 0,05$), схожие изменения в конце 5-й недели исследования, а именно достоверное увеличение последнего на 14,4 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю. К концу выращивания птица I опытной группы превысила контроль по живой массе на 4,89 %, II опытной группы – на 6,08 %. Включение активированного угля дает лучшие показатели роста и развития исследуемой птицы, в сравнении с другими группами. При включении энтеросорбентов позволил установить следующие закономерности. Включение энтеросгеля в сбалансированный рацион цыплятам-бройлерам сопровождалось достоверным увеличением пула фосфора – на 19,3 % ($p \leq 0,05$), калия – на 21,8 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 15,7 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контрольной группе.

По содержанию токсичных элементов, энтеросорбенты оказывая сорбционный эффект, способствуют выведению токсичных элементов из организма птицы, по результатам табличных данным, можно выделить такие элементы, как стронций, олово, ртуть в 3,0 раза ($p \leq 0,001$), свинец и алюминий.

Анализ полученных данных секвенирования определил наличие 4 основных филумов и одного филума неклассифицированных форм. При этом, доминирующими таксономическими категориями также были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 85 %. Содержание данных таксономических категорий варьировалось в зависимости от группы. Доля представленности представителей филума *Firmicutes* была наибольшей в контроле, а наименьшее содержание отмечали во II опытной группе. Содержание бактерий филума *Bacteroidetes* было неодинаково в опытных группах. Так, образцы от II опытной группы содержали наибольшее число представителей филума, а I опытная группа и контрольные группы показывали наименьшее содержание указанных бактерий. Также обнаруживались бактерии, которые не были отнесены к тому или иному таксону. Их содержание не отличалось между группами.

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Phocaeicola*, *Mediterraneibacter*, *unclassified Ruminococcaceae* их содержание превышало 10%. Так, в контроле содержание представителей рода *Phocaeicola* было в 2 раза больше, чем во II группе и в 5,2 – чем в I. Количество представителей рода *Alistipes* также было выше в контрольной группе более чем в 6 раз, чем в I опытной группе, и в более чем в 2 раза, чем во II. Содержание представителей рода *Mediterraneibacter* было максимально в I опытной группе относительно К в 10 раз и относительно II группы в 2 раза соответственно. Количество представителей рода *unclassified Ruminococcaceae* в опытных группах I и II различалось как между собой, как и с контролями. Так, содержание бактерий этого рода в группе I в 2,77 раз было выше, чем во II и в 3,25 раза, чем в контроле. Содержание таких родов как *unclassified Ruminococcaceae*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus*, *Merdimonas* не превышало 10 %.

Таким образом, в ходе нашей работы было показано, что кормовые добавки оказывают значительное влияние на микробиоценоз цыплят. При этом состав микрофлоры тесно коррелирует с элементным статусом птицы, ввиду действия микрофлоры на минеральный обмен и обмен эндогенных химических элементов, в частности. Исследования могут быть продолжены в рамках разработки мер по снижению эндогенных потерь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Продуктивность цыплят-бройлеров определяется сбалансированностью рациона, влиянием отдельных кормовых добавок на микробиом кишечника цыплят-бройлеров и опосредованным действием последней, на биодоступность и обмен отдельных химических элементов в организме птицы. В частности, при скармливании препаратов *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum* пул марганца в организме цыплят коррелирует с численностью *Lactobacillus*, пул кобальта с численностью *Lactobacillus* и *Ruminococcus* в кишечнике птицы. Лактулоза и хитозан в рационе цыплят-бройлеров оказывают значительное влияние на минеральный обмен и скармливание последних сопряжено с проявлением достоверных корреляционных связей численности таксона *Bacteroides* с пулом в организме Ca, Mn, Ni, Cu, Zn, Hg и Pb. При скармливании птице целлюлозы, лактулозы или хитозана размер пула эндогенного кобальта коррелирует с численностью таксонов *Alistipes* и *Bacteroides*. Применение энтеросгель в исследуемой дозировке сопряжено с появлением достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с пулом в организме птицы B, Na, Mg, Al, Si, P,

2. K, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr. Аналогичное действие активированного угля на микробиологический статус цыплят менее выражено и связано с возникновением достоверной связи численности таксона *Bacteroides* с обменом Ca, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Hg, Pb.

3. Минимально-подавляющие концентрации солей макроэлементов на рост *B. Subtilis*, *B. Longum*, *Lactobacilli*, *Escherichia coli* M-17, для дигидроортофосфата калия – 21,3 мг/мл, монофосфата калия – 42,5 мг/мл, хлорида кальция – 8,6 мг/мл, хлорида натрия – 72,5 мг/мл, сульфата магния – 76,9 мг/мл. При изучении влияния солей макроэлементов на динамику роста *B. subtilis* 534 было выявлено, что соли KH_2PO_4 , CaCl_2 , NaCl в исследуемых дозировках оказывают стимулирующее действие на рост *E. coli*.

4. Скармливание цыплятам-бройлерам препарата *Bifidobacterium longum* сопровождается ростом переваримости сухого вещества корма на 2-3%, сырого протеина на 5,5-6,5 %. Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотика *Bacillus subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма, в отличие от *Bifidobacterium longum*, в частности марганца на 17-18%, железа на 9-10%, кобальта на 24-25%, цинка 11-12%. При этом введение пробиотических препаратов приводит к снижению пулов токсичных элементов в организме: олово на величину от 2,0 до 4,0 раз. Скармливание цыплятам-бройлерам препаратов *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum* сопровождается увеличением в кишечнике птицы численности представителей *Rikenellaceae*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*.

5. Введение в рацион цыплят-бройлеров кристаллической целлюлозы сопровождается повышением содержания общего белка в сыворотке крови на величину до 23,6 %, увеличивается ретенция меди на 21,7 %, цинка на 23,9 %, селена из рациона на 27,9 % и, напротив, снижается уровень в организме кадмия на 70-75% и олова на 46-47%. При этом повышается сохранность цыплят-бройлеров, увеличивается интенсивность роста птицы на величину до 14 %, повышается убойный выход на 1,2-1,3 %, и уровень рентабельности производства мяса птицы на 4,5 %. Использование в кормлении цыплят лактулозы и хитозана в исследуемых дозировках не позволяет достоверно изменить интенсивность роста птицы, с незначительными изменениями в элементном статусе птицы - повышении пула никеля.

6. Скармливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон – целлюлозы, лактулозы и хитозана сопровождается не однозначными изменениями в обмене эндогенных химических элементов. Использование этих кормовых добавок сопряжено со снижением эндогенных потерь марганца на величину 3-4% в неделю и увеличением потерь селена на величину до 20% в неделю. При этом эндогенный кобальт при даче целлюлозы сохраняется на

3-4% лучше, а при скармливании лактулозы снижается на 2-3%, хитозана на 5-6% в неделю.

7. Включение в рацион цыплят-бройлеров препаратов – энтеросгеля и активированного угля оказывает селективное действие на обмен химических элементов в организме, что позволяет повысить качество продукции, получаемой от цыплят-бройлеров со снижением уровне в мясе токсических элементов: ртути в 3 раза, свинца на 19,4-40,8 %, алюминия на 13,0-15,5 %, олова на 18,8 % ($p \leq 0,05$) за четыре недели скармливания. Причем сорбционные свойства активированного угля в исследованных дозировках оказываются выше чем у энторосгеля. Между тем на фоне применения сорбентов отмечается рост усвояемости марганца из кормов на 22,9-23,8 % и повышение использования эндогенного пула этого микроэлемента на 15-32 %. Так же отмечается рост усвояемости из корма кобальта, цинка и меди. На фоне снижения пула селена с интенсивностью 5-12 % в неделю.

8. Скармливание препаратов УДЧ меди или железа сопровождается снижением пула кобальта и селена с интенсивностью эндогенных потерь этих элементов из организма птицы на величину 9-10 и 9-15% в неделю, соответственно. При этом присутствие в рационе УДЧ меди определяет проявление достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с размером пула в организме Ni и Pb. Аналогичное действие УДЧ железа распространяется на данную связь с пулом Al, Ca, Ni, Zn, As, Pb. При этом действие УДЧ меди и железа депрессировало связь численности таксона *Ruminococcus* с пулом кобальта в организме птицы. В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, при скармливании УДЧ меди содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

9. Включение в рацион цыплят-бройлеров УДЧ меди и железа сопровождается увеличением конверсии обменной энергии на 1,8-2,6 %, протеина на 1,2 - 2,6 %. При этом в кишечнике цыплят-бройлеров, получавших

препарат УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* снижается в сравнении с группой, получавшей УДЧ железа. В тоже время, содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

10. Введение в рацион УДЧ меди повышает сохранность птицы на 1-2 %, убойный выход на 1,1% и уровень рентабельности производства мяса повысится на 2,7%. Включение пробиотического препарата Соя-бифидум повышает сохранность птицы на 1-2 %, убойный выход на 1,3 % и уровень рентабельности на 3,5%.

11. При включении в рацион микрокристаллической целлюлозы, сохранность птицы увеличивается на 1-2 %, убойный выход на 1,3 % и уровень рентабельности на 4,3-4,4 %. Дополнительное введение активированного угля повышает сохранность цыплят-бройлеров на 1-2 %, убойный выход увеличится на 1,3 % и уровень рентабельности на 4,4 %. Введение в рацион Соя-бифидум позволяет повысить сохранность поголовья на 1-2 %, убойный выход на 1,4 % и уровень рентабельности производства мяса на 4,0-4,1 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях повышения продуктивности и улучшения качества продукции, получаемой от цыплят-бройлеров, целесообразно в рацион птицы вводить активированный уголь в дозировке 3,0 г/кг корма, что позволяет повысить сохранность птицы на 1-2 % и обеспечить рост рентабельности производства на 4,4 %, при снижении содержания токсических элементов в мясе птицы: по алюминию на 14-15%, свинцу на 40-41%, ртути в 3 раза, олову на 18-19% за четыре недели применения.

Скармливание цыплятам-бройлерам микрокристаллической целлюлозы, в дозировке 0,25 г/кг корма позволяет повысить сохранность птицы на 1,0-1,1 % и увеличить выход продукции на 5-7%, с совокупным ростом рентабельности производства на 4,3-4,5 %. При этом качество продукции повышается с увеличением содержания в мясе птицы металлов-микроэлементов: меди на 21-22 %, цинка на 23-24 %, селена на 27-30 %, со снижением содержания кадмия на 70-75% и олова на 46-47%

Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотического препарата Соя бифидум, в дозировке 0,7 мл/кг корма, сопровождается оптимизацией микрофлоры кишечника птицы и повышением эффективности использования корма на 2,0-3,0 % по сухому веществу и на 5,5-6,5 % по сырому протеину. При этом сохранность цыплят возрастает на 1,5-1,7 %, а убойный выход на 1,0-1,3 % с ростом рентабельности производства мяса 4,0-4,1 %.

В целях повышения экономической эффективности производства мяса птицы целесообразно включение в рацион цыплят-бройлеров препарата ультрадисперсных частиц меди в дозировке 1,7 мг/кг корма, что способствует повышению сохранности птицы на 1,0-1,2 %. При этом продуктивность птицы повышается по уровню убойного выхода на 1,1-1,3 %, с общим ростом рентабельности производства мяса птицы на 2,47 %.

Снижение эндогенных потерь жизненно необходимых химических элементов из организма цыплят-бройлеров через оптимизацию микрофлоры

кишечника путем скармливания пробиотических препаратов позволяет снизить нормы минеральных веществ в рационе птицы на 10-15%, что позволит создать предпосылки к снижению экологической нагрузки промышленных птицеводческих предприятий.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Тема диссертационной работы перспективная к дальнейшим исследованиям, направленные на:

- разработка новых подходов к изучению метаболизма в организме сельскохозяйственной птицы на основе знаний о влиянии пробиотических штаммов микроорганизмов, энтеросорбентов, пищевых волокон, ультрадисперсных частиц металлов на обмен веществ, элементный статус и продуктивность;

- дальнейших исследований микробиоценоза кишечника сельскохозяйственной птицы;

- создание новых кормовых добавок, оказывающее селективное влияние на минеральный обмен в организме сельскохозяйственной птицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев А.А. Лимфа и лимфообращение у продуктивных животных. Л.: Наука, 1982. – 288 с.
2. Алиев А.А. Современные концепции пищеварения. Энтеральный гомеостаз и плазмформирующая функция пищеварительной системы // Роль ж.к.т. в межклеточном обмене веществ. Сб. науч. тр. ВНИИФБиП т. XXX. Боровск, 1985. – С.3-10.
3. Алиев А.А. Печеночно-кишечный круговорот общих липидов у крупного рогатого скота / А.А. Алиев, З.М. Алиева // Бюл. ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. 1971. – № 3. – С.20-23.
4. Алиев А.А. Обмен и синтез плазменных белков в стенке кишечника у моно- и полигастрических животных / А.А. Алиев, У.И. Атаев // Докл. Всесоюз. Акад. с.-х. наук, 1972. – № 5. – С.27-29.
5. Алиев А.А. Обмен плазменных белков 14С глицина и 35S метионина в стенке кишечника у свиней и овец / А.А. Алиев, У.И. Атаев, В.И. Блинов // Науч. тр. ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных, 1974. Т.13. С.49-62.
6. Алиев А.А. Синтез плазменных белков в желудочно-кишечном тракте животных / А.А. Алиев, У.И. Атаев, В.И. Блинов // Вестник с.-х. наук. 1978. № 1. С.54-62.
7. Алиев А.А. Динамика обмена плазменных белков между пищеварительным трактом и кровью при включении в рацион смеси мочевины, фосфата аммония и сульфата аммония / А.А. Алиев, В.К. Васин // Бюл. ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. 1966. № 3. С.3-5.
8. Бузолёва Л.С. Влияние тяжёлых металлов на размножение патогенных бактерий / Л.С. Бузолева, А.М. Кривошеева // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 7. – С. 30-33.
9. Казачкова Н.М. Влияние экстракта *Quercus cortex* на биохимические показатели крови цыплят бройлеров / Н.М. Казачкова, С.В. Нотова, Г.К.

Дускаев, Т.В. Казакова, О.В. Маршинская // Вестник мясного скотоводства. – 2017. - №4 (100). - С.213-219.

10. ВОЗ. Устойчивость к противомикробным препаратам. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/ru/>.

11. Мирошникова Е.П. Гематологические параметры молоди стерляди на фоне совместного использования культуры *Bacillus subtilis* и наночастиц сплава Cu-Zn / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова, М.С. Мирошникова, К.А. Маленкина, И.С. Мирошников // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №3 (101). – С. 100-109.

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

13. ГОСТ 13496.15-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания жира. – М.: Стандартинформа, 2011. – 12 с.

14. ГОСТ 23042-86. Мясо и мясные продукты. Метод определения жира. – М.: Стандартинформа, 2010. – 4 с.

15. ГОСТ 25011-81. Мясо и мясные продукты. Метод определения белка. – М.: Стандартинформа, 2010. – 8 с.

16. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. – М.: Стандартинформа, 2012. – 11 с.

17. ГОСТ 32044.1.2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля. – М.: Стандартинформа, 2014. – 15 с.

18. ГОСТ 51479-99. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. – М.: Стандартинформа, 2010. – 6 с.

19. ГОСТ 55569-2013. Корма, комбикорма и сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза. – М.: Стандартинформа, 2014. – 18 с.

20. ГОСТ Р 53642-2009. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. – М.: Стандартинформа, 2010. – 11 с.

21. Джавадов Э.Д. Инфекционная патология в промышленном птицеводстве / Джавадов, Э.Д, Дмитриева М.Е., Трефилов Б.Б., Новикова О.Б., Титова Т.Г. // Ветеринария и кормление. – 2016. – № 2. – С. 24-27.
22. Дускаев Г.К. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) / Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т.102. – №1. – С.136-148.
23. Дускаев Г.К. Оценка воздействия на кишечную микрофлору птицы веществ, обладающих антибиотическим, пробиотическим и anti-quorum sensing эффектами / Г.К. Дускаев, Е.А. Дроздова, Е.С. Алешина, А.С. Безрядина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 11(211). – С. 84-87.
24. Егоров И. Новые тенденции в кормлении птицы // И. Егоров, Н. Селина / И. Егоров // Комбикорма. – 2004. – № 6. – 5 с.
25. Егоров И. Современные тенденции в кормлении птицы / И. Егоров, Т. Папазян // Птицеводство. – 2007. – № 8. – С. 9-11
26. Егоров И.А. Значение минеральных веществ в кормлении птицы / И.А. Егоров // Ценовик. – 2004. – № 4. – С. 11.
27. Егоров И.А. Итоги и перспективы исследований по кормлению птицы высокопродуктивных кроссов / И.А. Егоров // Сборник научных трудов ВНИТИП: сб.науч.трудов / Под ред. В.И.Фисинина. Сергиев Посад: ВНИТИП. – 2005. – С. 98-103.
28. Егоров И.А. Методические рекомендации по проведению научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / Разраб И.А. Егоров Т.М. Околелова В.И. Ермакова А.В. Езерская П.Н. Паньков Т.Н. Ленкова // под общей редакцией д-ра с.-х. наук, академика В.И. Фисинина и канд. биол. наук И.А. Егорова // ВНИТИП – Сергиев Посад: МНТЦ «Племптица». – 2019. – 24 с.
29. Егоров И.А. Современные подходы к кормлению птицы / И.А. Егоров // Птицеводство. – 2014. – №4. – С. 11-16.

30. Зирук И.В. Влияние комплекса микроэлементов на микрофлору кишечника подсвинков / И.В. Зирук, Г.А. Кутузова, Т.Р. Кулахметова, А.С. Козлова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения – 2012. – Т. 1. – С. 254-256.
31. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Баканов и др. // Справочное пособие. М. – 2003. – 396 с.
32. Кван О.В. Действие пробиотических препаратов на основе культур *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum* на продуктивность, обмен веществ и минеральный статус организма курнесушек: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2007. – 22 с.
33. Кван О.В. Неоднозначность влияния пробиотиков на обмен токсических элементов в организме кур-несушек / О.В. Кван, С.А. Мирошников, Д.Г. Дерябин, В.Н. Беседин // Вестник Оренбургского государственного университета – 2006. – № 2S (52). – С. 28-30.
34. Комаров Ф.И. Биохимические показатели в клинике внутренних болезней»: справочник / Ф.И. Комаров, Б.Ф. Коровкин. – М.: «МЕДпресс - информ», 2002. – С.134 – 136.
35. Кудрин А.В. Иммунофармакология микроэлементов / А.В. Кудрин, А.В. Скальный, А.А. Жаворонков, М.Г. Скальная, О.А. Громова // М. – 2000. – 537 с.
36. Кузнецов С.Г. Микроэлементы в кормлении животных / С.Г. Кузнецов // Животноводство России. – 2003. – №3. – С. 16-17.
37. Лавинский Х.Х. Эндогенные потери белков пациентами с хроническим панкреатитом / Х.Х Лавинский, Н.В. Рябова // Здоровье и окружающая среда. – 2016. – №26. – С. 140-143.
38. Левахин В.И. Воздействие ферментных препаратов на обмен энергии в организме цыплят-бройлеров / В.И. Левахин, Г.И. Левахин, С.А. Мирошников // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук – 2002. – № 1. – С. 84-85.

39. Малюшин Е. Ферментный препарат в рационе курочек / Е. Малюшин, А. Осипов, Г. Левахин, С. Мирошников // Птицеводство. – 2001. – № 4. – С. 29-31.
40. Мартыненко С.С. Продолжительность скормливания бройлерам ферментного препарата / С.С. Мартыненко, С.А. Мирошников // Птицеводство. – 1999. – № 2. – С. 24-25.
41. Методические указания по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова, Т.М. Околелова, Г.В. Игнатова. – М.: ВНИТИП., 2009. – 23 с.
42. Мирошников С.А. Гигиеническая оценка селенового статуса Оренбургского региона / С.А. Мирошников, Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, С.В. Нотова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – № 12 (94). – С. 95-98.
43. Мирошников С.А. Оценка величины эндогенных потерь ионов Рb и Sn на фоне перорального приема пробиотического препарата / С.А. Мирошников С.А., Кван О.В. // Вестник Оренбургского государственного университета – 2012. – №4(78). – С. 91-93.
44. Мирошников С.А. Влияние перорального введения *Bifidobacterium longum* на величину эндогенные потери ионов тяжелых металлов / С.А. Мирошников, О.В. Кван, Д.Г. Дерябин, С.В. Нотова // Вестник Оренбургского государственного университета – 2005 – 2:44–46.
45. Мирошников С.А. Роль нормальной микрофлоры в минеральном обмене животных / С.А. Мирошников, О.В. Кван, Б.С. Нуржанов // Вестник Оренбургского государственного университета – 2010. – № 6 (112). – С. 81-83.
46. Мирошников С.А. Влияние пробиотических препаратов на обмен тяжелые металлы / С.А. Мирошников, О.В., А.В. Скальный, С.В. Лебедев // Микроэлементы в медицине – 2007 – 3:43–44.

47. Мирошников С.А. Наноматериалы в животноводстве (обзор) / С.А. Мирошников, Е.А. Сизова // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 3(99). С. 7-22
48. Мирошников С.А. Особенности влияния биологически активных препаратов на содержание химических элементов в теле кур-несушек / С.А. Мирошников, О.Н. Суханова, С.В. Лебедев, О.В. Кван, О.Ю. Сипайлова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6. – С. 244 – 247.
49. Мирошникова Е.П. Влияние пробиотических препаратов и наномеди на гематологические показатели крови цыплят / Е.П. Мирошникова, О.В. Кван, В.А. Сердаева, М.С. Мирошникова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – №9 (209). – С. 27-33.
50. Пешков С.А. Исследование биоаккумуляции тяжелых металлов бактериями рода *Bacillus* с использованием рентгенофлуоресцентного анализа и атомно-силовой микроскопии / С.А. Пешков, А.Н. Сизенцов, А.Н. Никиян, Г.И. Кобзев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 7.
51. Пурсанов К.А. Модификация гепарином активности аминотрансфераз при действии пчелиного яда и этанола / К.А. Пурсанов, З.В. Перепелюк // Заоч. науч.-пркт. конф. – 2012. – С. 156-160.
52. Сизенцов А. Н. Аккумуляция тяжелых металлов пробиотическими препаратами на основе бактерий рода *Bacillus* в условиях *in vitro* / А.Н. Сизенцов, Т.А. Гальченко, Ю.И. Мартынович // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2013. – Т. 216. – №. 4.
53. Сизенцов А.Н. Способность пробиотических препаратов на основе бактерий рода *bacillus* к биоаккумуляции ионов тяжелых металлов в организме лабораторных животных / А.Н. Сизенцов, Е.С. Барышева, А.Е. Бабушкина // Российский иммунологический журнал. – 2015. – Т. 9. – № 2(1) (18). – С. 753-755.

54. Сизова Е.А. К разработке критериев безопасности наночастиц металлов при введении их в организм животных / Е.А. Сизова, Т.Н. Холодилина, С.А. Мирошников, В.С. Полякова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 1. – С. 40-42.

55. Сизова Е.А. Сравнительная продуктивность цыплят-бройлеров при инъекционном введении разноразмерных ультрадисперсных частиц железа / Е.А. Сизова, Е.В. Яушева // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102. – № 1. – С. 6-21. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-6

56. Сизова Е.А. Влияние многократного введения наночастиц меди на элементный состав печени крыс / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Н.Н. Глущенко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 142. – С. 188-190.

57. Синещков А.Д. Биология питания с.-х. животных. – М.: Колос, 1965. – 399 с.

58. Сурай П. Ф. От регуляции витагенов к оптимизации микробиоты: новые подходы к поддержанию здоровья кишечника птиц / П.Ф. Сурай, В.И. Фисинин, А.А. Грозина, И.И. Кочиш, И.Н. Никонов, М. Н. Романов // Материалы XIX Международной конференции ВНАП «Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего», Сергиев Посад. – 2018. — С. 55—66.

59. Суслов А.В. Качественный и количественный состав микрофлоры кишечника крыс линии *Wistar* / А.В. Суслов, Е.Ф. Семенова, Н.Н. Маркелова, Ю.Е. Смолькова, А.Н. Митрошин, И.Я. Моисеева // Успехи современной науки. – 2016. – №10. – Т. 6. – С. 55-59.

60. Суханова О.Н. Влияние группы факторов на обмен химических элементов в организме / О.Н. Суханова, С.А. Мирошников, О.В. Кван // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – №3(64). – С. 87-92.

61. Тимошко М.А. Микрофлора кишечника - зеркало состояния здоровья организма человека и животных / М.А. Тимошко, А. Велчу, В.К. Богдан // SCIENCE TIME. – 2017. – 8(44). – С. 24-31.

62. Тихомирова Е.В. Эффективность применения препаратов йода и кобальта при выращивании молодняка крупного рогатого скота / Е.В. Тихомирова, Е.В. Кацева // Материалы 55-й науч. конф. молодых ученых и студентов СПбГАВМ. – СПб., 2001. – С. 90-91.

63. Фисинин В. И. Пробиотики комплексного действия в комбикормах для цыплят-бройлеров / В.И. Фисинин // Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК. – 2014. – С. 299-304.

64. Фисинин В.И. Методические указания по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы. / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова, Т.М. Околелова, Г.В. Игнатова, А.Н. Шевяков и др. ВНИТИП – М., 2009 – 80 с.

65. Фисинин В.И. Кормление сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, Ш.А. Имангулов // ВНИТИП – Сергиев Посад. – 2010. – 375 с.

66. Фисинин В.И. Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин с соавт. // ВНИТИП – Сергиев Посад. – 2010. – 349 с.

67. Фисинин В.И. Программа кормления от ВНИТИП / В.И. Фисинин // Птицеводство. – 2011. – № 6. – С. 21-24.

68. Фисинин В.И. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров // Птица и птицеводство. – 2015. – № 3. – С. 27-29.

69. Шендеров Б. А. Базовые механизмы регуляции гомеостаза и их модуляция нутриентами / Б. А. Шендеров // Клиническое питание. – 2004. – №3. – С. 14-19.

70. Шупик М. В. Кормление сельскохозяйственных животных. Методика и техника составления рационов для крупного рогатого скота: учебное пособие / М. В. Шупик, А. Я. Райхман. – Горки: БГСХА, 2013. – 123 с.

71. Щербаков Г.Г. Влияние йода на резорбцию фосфора в тонком кишечнике у коров / Г.Г. Щербаков, А.А. Ефимов // Материалы науч. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. – СПб., 2002. – С. 114-115.
72. Яушева Е.В. Оценка влияния наночастиц металлов на морфологические показатели периферической крови животных / Е.В. Яушева, С.А. Мирошников, О.В. Кван // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 12 (161). – С. 203-207.
73. Яушева Е.В. Наночастицы Fe в сочетании с аминокислотами изменяют продуктивные и иммунологические показатели у цыплят-бройлеров / Е.В. Яушева, С.А. Мирошников, Д.Б. Косян, Е.А. Сизова // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 6. – С. 912-920.
74. Abakari G. et al. The use of biochar in the production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc technology system // BFT. Aquacult Eng. – 2020. – 91:102123. doi: 10.1016/j.aquaeng.2020.102123.
75. Abazari A. et al. The effect of rice husk as an insoluble dietary fiber source on intestinal morphology and *Lactobacilli* and *Escherichia coli* populations in broilers // Iranian Journal of Veterinary Medicine. – 2016. – Т. 10. – №. 3.
76. Abd El-Hack M. E. et al. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review // Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2020. – Т. 104. – №. 6. – С. 1835-1850.
77. Abdurrahman Z.H. Meat characteristic of crossbred local chicken fed inulin of dahlia tuber and *lactobacillus sp.* / Z.H. Abdurrahman, Y. B. Pramono, N. S. Suthama // Media Peternakan. – 2016. – 39:112–118.
78. Abranches J. *Escherichia coli* challenge and one type of smectite alter intestinal barrier of pigs / J. Abranches, S. Almedia, Y. Liu, M. Song, J.J. Lee, R. Gaskins, C.W. Maddox et al. // J Animal Sci Biotechnol. – 2013. – 4:1–8. 10.1186/2049-1891-4-52

79. Abreu A.C. Plants as sources of new antimicrobials and resistance-modifying agents / A.C. Abreu, A.J. McBain, M. Simoes // *Natural Product Reports*. – 2012. – V.29 (9). – P.1007-1021. doi: 10.1039/c2np20035j

80. Abuga I. In vitro antibacterial effect of the leaf extract of *Murraya koenigii* on cell membrane destruction against pathogenic bacteria and phenolic compounds identification. / I. Abuga, S.F. Sulaiman, R.A. Wahab, K.L. Ooi, M.S.B.A. Rasad // *European Journal of Integrative Medicine*. – 2020. – 33:101010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.101010>

81. A de Souza Simões L. Micro- and nano bio-based delivery systems for food applications: In vitro behavior / L. A de Souza Simões, D.A. Madalena, A.C. Pinheiro, J.A. Teixeira, A.A. Vicente, Ó.L. Ramos // *Adv Colloid Interface Sci*. – 2017. – 243:23-45.

82. Achtman M. Metagenomics of the modern and historical human oral microbiome with phylogenetic studies on *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* / M. Achtman, Z. Zhou // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. – 2020. – T. 375. – №. 1812. – C. 20190573.

83. Afriyie-Gyawu E. Chronic toxicological evaluation of dietary NovaSil Clay in Sprague-Dawley rats / E. Afriyie-Gyawu, J. Mackie / *B. Dash Food Addit Contam*. 2005 22:259–69. 10.1080/02652030500110758.

84. Afsharmanesh M. Effects of dietary alternatives (probiotic, green tea powder, and Kombucha tea) as antimicrobial growth promoters on growth, ileal nutrient digestibility, blood parameters, and immune response of broiler chickens / M. Afsharmanesh, B. Sadaghi // *Comp Clin Pathol*. – 2014. – 23(3):717–724. <https://doi.org/10.1007/s00580-013-1676-x>

85. Ahmad A. M. R. Prebiotics and iron bioavailability? Unveiling the hidden association-A review / A.M.R. Ahmad // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – T. 110. – C. 584-590.

86. Ahmad R. et al. Probiotics as a friendly antibiotic alternative: assessment of their effects on the health and productive performance of poultry // *Fermentation*. – 2022. – T. 8. – №. 12. – C. 672.

87.

88. Ahmadian A., Seidavi A., Phillips C. J. C. Growth, carcass composition, haematology and immunity of broilers supplemented with sumac berries (*Rhus coriaria L.*) and thyme (*Thymus vulgaris*) / A. Ahmadian, A. Seidavi, C.J.C. Philips // *Animals*. – 2020. – T. 10. – №. 3. – C. 513.

89. Al-Azzawi M, et al. Addition of activated carbon into a cattle diet to mitigate GHG emissions and improve production. *Sustainability*. – 2021. – 13:8254. doi: 10.3390/su13158254.

90. Al-Fatah A. et al. Probiotic modes of action and its effect on biochemical parameters and growth performance in poultry // *Iranian Journal of Applied Animal Science*. – 2020. – T. 10. – №. 1. – C. 9-15.

91. Alipour F. Effect of plant extracts derived from thyme on male broiler performance / F. Alipour, A. Hassanabadi, A. Golian, H. Nassiri-Moghaddam // *Poultry Science*. – 2015. – 94(11):2630-2634. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev220>

92. Al-Khalaifa H. et al. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens // *Poultry science*. – 2019. – T. 98. – №. 10. – C. 4465-4479.

93. Alkhalaf A. Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens / A. Alkhalaf, M. Alhaj, I. Al-Homidan // *Saudi journal of biological sciences*. – 2010. – T. 17. – №. 3. – C. 219-225.

94. Alkhulaifi M. M. et al. Influence of prebiotic yeast cell wall extracts on growth performance, carcass attributes, biochemical metabolites, and intestinal morphology and bacteriology of broiler chickens challenged with *Salmonella typhimurium* and *Clostridium perfringens* // *Italian Journal of Animal Science*. – 2022. – T. 21. – №. 1. – C. 1190-1199.

95. Almeida F. N. Standardized total tract digestibility of phosphorus in blood products fed to weanling pigs / F.N. Almeida, H.H. Stein // *Rev. Colomb Cienc Pecu*. – 2011. – 24. – 617-622.

96. Andrieu M. Ecological risk assessment of the antibiotic enrofloxacin applied to *Pangasius catfish* farms in the Mekong Delta, Vietnam. / Andrieu M., Rico A., Phu T.M., Huong D.T.T., Phuong N.T., Van den Brink P.J. // *Chemosphere*. – 2015. – 119:407-414.
97. Angel R. Performance of broilers chickens fed diets supplemented with a direct-fed microbial / R. Angel, R.A. Dalloual, J. Doerr // *Poultry Science*. – 2005. – Vol.84. – pp. 1222-1231, 2005, ISSN 1525-3171
98. Anil K.A. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery / K.A. Anil, S. Harjinde // *Trends Food Sci Technol* 2007 18:240–251. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.004>
99. Arana S. Evaluation of the efficacy of hydrated sodium aluminosilicate in the prevention of aflatoxin-induced hepatic cancer in rainbow trout / S. Arana, M. Dagli, M. Sabino, Y.A. Tabata // *Pesqui. Veterinária Bras.* – 2011. – 31:751–755. doi: 10.1590/S0100-736X2011000900005
100. Arboleya S. Bosom Buddies: the symbiotic relationship between infants and *Bifidobacterium longum* ssp. *longum* and ssp. *Infantis* / S. Arboleya, C. Stanton, C.A. Ryan, E. Dempsey, P.R. Ross // *Genetic and probiotic features. Annu Rev Food Sci Technol.* – 2016. – 7:1–21. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-041715-033151>
101. Aruwa C. E. et al. Poultry gut health–microbiome functions, environmental impacts, microbiome engineering and advancements in characterization technologies // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. – 2021. – T. 12. – C. 1-15.
102. Awad W. A. et al. Effect of addition of a probiotic microorganism to broiler diets contaminated with deoxynivalenol on performance and histological alterations of intestinal villi of broiler chickens // *Poultry Science*. – 2006. – T. 85. – №. 6. – C. 974-979.
103. Awad W.A. Effect of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens / W.A. Awad, K. Ghareeb, S. Abdel-Raheem, J. Böhm // *Poultry Science*. – 2009. – 88(1):49-56. doi:<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>.

104. Badawy A. M. In *The Role of the Gastrointestinal Tract in Protein Metabolism* [H. N. Munro, editor]. Oxford: Blackwell Scientific Publications. – 1964. – p. 175
105. Baesman S. M. Formation of tellurium nanocrystals during anaerobic growth of bacteria that use the oxyanions as respiratory electron acceptors / S.M. Baesman, T.D. Bullen, J. Dewald, D. Zhang, S. Curran, F.S. Islam et al. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2007. – 73. – 2135–2143.
106. Baeva A. A. et al. Effect of mold inhibitor and adsorbent on digestive processes and consumer quality of broiler meat // *Journal of Livestock Science* (ISSN online 2277-6214). – 2021. – T. 12. – C. 367-371.
107. Bailey C.A. Efficacy of Montmorillonite Clay (NovaSil PLUS) for Protecting Full-Term Broilers from Aflatoxicosis / C.A. Bailey, G.W. Latimer, A.C. Barr, W.L. Wigle, A.U. Haq, J.E. Balthrop // *J. Appl. Poult. Res.* – 2006. – 15:198–206. doi: 10.1093/japr/15.2.198.
108. Bajagai Y. S. et al. Layer chicken microbiota: a comprehensive analysis of spatial and temporal dynamics across all major gut sections // *Journal of Animal Science and Biotechnology.* – 2024. – T. 15. – №. 1. – C. 20.
109. Banerjee G. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. / Banerjee G., Ray A.K. // *Res Vet Sci.* – 2017. – 115:66-77. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.01.016. Epub 2017 Jan 23
110. Barbalho R. L. C. et al. B-glucans and MOS, essential oil, and probiotics in diets of broilers challenged with *Eimeria* spp. and *Clostridium perfringens* // *Poultry Science.* – 2023. – T. 102. – №. 4. – C. 102541.
111. Baurhoo B. et al. Cecal populations of lactobacilli and bifidobacteria and *Escherichia coli* populations after in vivo *Escherichia coli* challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides // *Poultry Science.* – 2007. – T. 86. – №. 12. – C. 2509-2516.
112. Bednarczyk M. Influence of different prebiotics and mode of their administration on broiler chicken performance / M. Bednarczyk, K. Stadnicka, I.

Kozłowska, C. Abiuso, S. Tavaniello, A. Dankowiakowska // *Animal*. – 2016. – 10:1271–1279.

113. Bergamaschi M. et al. Gut microbiome composition differences among breeds impact feed efficiency in swine // *Microbiome*. – 2020. – T. 8. – №. 1. – С. 110.

114. Beyersmann D. Functions of zinc in signaling, proliferation and differentiation of mammalian cells / D. Beyersmann, H. Haase // *Biometals*. – 2001. – 14:331–341.

115. Bischoff S.C. Gut health: a new objective in medicine? *BMC Med* 20119:24. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-24>

116. Bist P., Choudhary S. Impact of heavy metal toxicity on the gut microbiota and its relationship with metabolites and future probiotics strategy: a review / P. Bist, S. Choudhary // *Biological trace element research* – 2022. – T. 200. – №. 12. – P. 5328-5350.

117. Boler Vester B.M., Digestive physiological outcomes related to polydextrose and soluble maize fibre consumption by healthy adult men / B.M. Boler Vester, M.C. Rossoni Seroo, L.L. Bauer, M.A. Staeger, T.W. Boileau, K.S. Swanson, G.C. Fahey // *Br J Nutr*. – 2011. – 106:1864-71.

118. Bolton W. In *The Role of the Gastrointestinal Tract in Protein Metabolism* p. 117 [H. N. Munro, editor]. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1964

119. Booijink C. Microbial communities in the human small intestine: coupling diversity to metagenomics / C. Booijink, E.G. Zoetendal, M. Kleerebezem, W.M. de Vos // *Fut. Microbiol*. – 2007. – 2:285–295.

120. Bosi P. Effects of doses of ZnO or Zn-glutamate on growth performance, gut characteristics, health and immunity of early weaned pigs orally challenged with *E. coli* K88 / P. Bosi, G. Merialdi, G. Sarli, L. Casini, C. Gremokolini, R. Preziosi, B. Brunetti, T.P. Trevisi // In: *Proceedings of the A.S.P.A., 15th Congress, Parma, Italy. Journal of Animal Science*. – 2003. – 2, 361–363.

121. Bosscher D. Effect of thickening agents, based on soluble dietary fiber, on the availability of calcium, iron, and zinc from infant formulas / D. Bosscher, M. Van Caillie-Bertrand, H. Deelstra // *Nutrition*. – 2001. – T. 17. – №. 7-8. – С. 614-618.
122. Breton J. Ecotoxicology inside the gut: impact of heavy metals on the mouse microbiome // J. Breton, S. Massart, P. Vandamme, E. De Brandt, B. Pot, B. Foligne // *BMC Pharmacol Toxicol*. – 2013. – #14. – P. 62.
123. Briffa J. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans / J. Briffa, E. Sinagra, R. Blundell // *Heliyon*. – 2020. – T. 6. – №. 9.
124. Broaders E. Mobile genetic elements of the human gastrointestinal tract: potential for spread of antibiotic resistance genes / Broaders E., Gahan C.G., Marchesi J.R. // *Gut Microbes*. – 2013. – 4(4):271-80. doi: 10.4161/gmic.24627.
125. Brownawell A.M. Prebiotics and the health benefits of fiber: Current regulatory status, future research, and goals / A.M. Brownawell, W. Caers, G.R. Gibson, C.W.C. Kendall, K.D. Lewis, Y. Ringel, J.L. Slavin // *J. Nutr*. – 2012. – 142:962–974.
126. Brugger D. Development of an experimental model to assess the bioavailability of zinc in practical piglet diets / D. Brugger, M. Buffler, W. Windisch // *Archives of animal nutrition*. – 2014. – T. 68. – №. 2. – С. 73-92.
127. Bryden W.L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Anim. Feed Sci. Technol*. – 2012. – 173:134–158. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014.
128. Budhavaram N.K. Production of lactic acid from paper sludge using acid-tolerant, thermophilic *Bacillus coagulans* strains / N.K. Budhavaram, Z. Fan // *Bioresour Technol*. – 2009. – 100:5966–5972.
129. Cabello F.C. Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health / Cabello F.C., Godfrey H.P., Tomova A., Ivanova L., Dolz H., Millanao A., Buschmann A.H. // *Environ. Microbiol*. – 2013. – 15(7):1917–1942

130. Caballero-Franco C. The VSL#3 probiotic formula induces mucin gene expression and secretion in colonic epithelial cells / C. Caballero-Franco, K. Keller, C. De Simone, K. Chadee // *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* – 2006. – 292:315–322. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00265.2006>
131. Calik A. Effect of lactulose supplementation on growth performance, intestinal histomorphology, cecal microbial population, and short-chain fatty acid composition of broiler chickens / A. Calik, A. Ergün // *Poultry science.* – 2015. – T. 94. – №. 9. – C. 2173-2182.
132. Cao J. et al. Metagenomic analysis reveals the microbiome and resistome in migratory birds // *Microbiome.* – 2020. – T. 8. – C. 1-18.
133. Carter S. Estimation of manure nutrient excretion from swine based upon diet composition and feed intake / S. Carter, P. Westerman, T. Van Kempen, G. Cromwell, G. Hill, G. Shurson, B. Richert, K. Casey // *Journal of Animal Scienc.* – 2002. – 80, 137–138.
134. Carvalho I.T. Antibiotics in the aquatic environments: a review of the European scenario / I.T. Carvalho, L. Santos // *Environ Int.* – 2016. – 94:736–757.
135. Case C.L. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs / C.L. Case, M.S. Carlson // *Journal of Animal Science.* – 2002. – 80, 1917–1924.
136. Castillo M. Use of mannan-oligosaccharides and zinc chelate as growth promoters and diarrhea preventative in weaning pigs: Effects on microbiota and gut function / M. Castillo, S.M. Martin-Orue, J.A. Taylor-Pickard, J.F. Perez, J. Gasa // *Journal of Animal Science.* – 2008. – 86, 94–101.
137. Chalvatzi S. Dietary supplementation with the clay mineral palygorskite affects performance and beneficially modulates caecal microbiota in laying pullets / S. Chalvatzi, M. Kalamaki, G. Arsenos, P. Fortomaris // *J. Appl. Microbial.* // – 2016. – 10.1111/jam.13041
138. Chaney W. E. et al. Dietary inclusion of a *Saccharomyces cerevisiae*-derived postbiotic is associated with lower salmonella enterica burden in broiler

chickens on a commercial farm in Honduras // *Microorganisms*. – 2022. – T. 10. – №. 3. – C. 544.

139. Chattopadhyay M.K. Use of antibiotics as feed additives: a burning question. *Front Microbiol.* – 2014. – 5:334.

140. Chen R. Potential application of living microorganisms in the detoxification of heavy metals / R. Chen, H. Tu, T. Chen // *Foods*. – 2022. – T. 11. – №. 13. – C. 1905.

141. Chen S. Interaction of particles with mucosae and cell membranes / S. Chen, H. Guo, M. Cui, R. Huang, R. Su, W. Qi et al. // *Colloids Surf B: Biointer.* – 2020 – 186:110657. [10.1016/j.colsurfb.2019.110657](https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110657)

142. Chen W. Effects of *Bacillus subtilis* var. natto and *Saccharomyces cerevisiae* fermented liquid feed on growth performance, relative organ weight, intestinal microflora, and organ antioxidant status in Landes geese / W. Chen, X.Z. Zhu, J.P. Wang, Z.X. Wang, Y.Q. Huang // *J Anim Sci.* – 2013. – 91(2):978–985. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5148>

143. Chen W. L. et al. Enzyme treatment enhances release of prebiotic oligosaccharides from palm kernel expeller // *BioResources*. – 2015. – T. 10. – №. 1. – C. 196-209

144. Chen Y. Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin / Y. Chen, C. Nakthong, T. Chen // *Int. J. Poult. Sci.* – 2005. – 4. – pp. 103-108, [10.3923/ijps.2005.103.108](https://doi.org/10.3923/ijps.2005.103.108)

145. Cheng Y. H. et al. Optimization of surfactin production from *Bacillus subtilis* in fermentation and its effects on *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis and growth performance in broilers // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 2018. – T. 102. – №. 5. – C. 1232-1244.

146. Chichlowski M. Microarchitecture and spatial relationship between bacteria and ileal, cecal and colonic epithelium in chicks fed a direct-fed microbial, PrimaLac, and salinomycin / M. Chichlowski, W.J. Croom, F.W. Edens, B.W. McBride, R. Qiu, C.C. Chiang, L.R. Daniel, G.B. Havenstein, M.D. Koci // *Poult Sci.* – 2007. – 86:1121–1132. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1121>

147. Cho Y. A. Effect of probiotics on blood lipid concentrations: a meta-analysis of randomized controlled trials / Y.A. Cho, J.E. Kim // *Medicine*. – 2015. – T. 94. – №. 43.
148. Choi J.H. Spatial heterogeneity and stability of bacterial community in the gastrointestinal tracts of broiler chickens / J.H. Choi, G.B. Kim, C.J. Cha // *Poult Sci*. – 2014. – 93:1942–50. 10.3382/ps.2014-03974.
149. Chu G.M. Effects of Dietary Bamboo Charcoal on the Carcass Characteristics and Meat Quality of Fattening Pigs / G.M. Chu, J.H. Kim, S.N. Kang, Y.M. Song // *J. Food Sci. Anim. Resour.* – 2013. – 33:348–355. doi: 10.5851/kosfa.2013.33.3.348
150. CK Rajendran S. R. et al. Structural features underlying prebiotic activity of conventional and potential prebiotic oligosaccharides in food and health // *Journal of Food Biochemistry*. – 2017. – T. 41. – №. 5. – C. e12389.
151. Clavijo V. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review / V. Clavijo, M.J.V. Florez // *Poultry science*. – 2018. – T. 97. – №. 3. – C. 1006-1021.
152. Clement J. Nature and importance of endogenous fatty acids during intestinal absorption of fats. *Wld Rev Nutr Diet*. 1975; 21:281–307.
153. Cowieson A. J. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of growing broiler chickens / A.J. Cowieson, V. Ravindran // *Br. J. Nutr.* – 2007. – 98(4). – p. 745-52.
154. Cowieson A.J. Evolving enzyme technology: impact on commercial poultry nutrition / A.J. Cowieson, M. Hruby, E.E. Pierson // *Nutr Res Rev*. – 2006. – 19:90–103.
155. Cowieson A.J. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens / A.J. Cowieson, T. Acamovic, M.R. Bedford // *Br Poult Sci*. – 2004. – 45(1):101-8.

156. Lohith Kumar D.H. Encapsulation of bioactive compounds using nanoemulsions / D.H. Lohit Kumar, S. Preetam // *Environmental Chemistry Letters*. – 2018. – 16 (1). – pp 59–70

157. Daković A. et al. Preparation and characterization of zinc-exchanged montmorillonite and its effectiveness as aflatoxin B 1 adsorbent. *Mater Chem Phys*. – 2012. – 137:213–20. 10.1016/j.matchemphys.2012.09.010

158. Daković A. Aflatoxin B1 adsorption by natural and copper modified montmorillonite / A. Daković, S. Matijašević, G.E. Rottinghaus, D.R. Ledoux, P. Butkeraitis, Ž. Sekulić // *Coll Surf B: Biointerfaces*. – 2008. – 66:20–5. 10.1016/j.colsurfb.2008.05.008

159. Danzeisen J.L., Modulations of the chicken cecal microbiome and metagenome in response to anticoccidial and growth promoter treatment // J.L. Danzeisen, H.B. Kim, R.E. Isaacson, Z.J. Tu, T.J. Johnson // *PLoS One*. – 2011. – 6

160. David L. S. et al. True ileal calcium digestibility in soybean meal and canola meal, and true ileal phosphorous digestibility in maize-soybean meal and maize-canola meal diets, without and with microbial phytase, for broiler growers and finishers // *British Poultry Science*. – 2021. – T. 62. – №. 2. – C. 293-303.

161. David, L.A., Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome L.A. David, C.F. Maurice, R.N. Carmody et al. // *Nature*. – 2014. – 505:559–563.

162. De Maesschalck C., Effects of xylo-oligosaccharides on broiler chicken performance and microbiota / C. De Maesschalck, V. Eeckhaut, L. Maertens, L. De Lange et al. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2015. – 81. – pp. 5880-5888, 10.1128/AEM.01616-15.

163. Deng H. Nanoparticles considered as mixtures for toxicological research / H. Deng, Y. Zhang, H. Yu // *J Environ Sci Health Pt C – Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* – 2018. – 36(1):1- 20. doi: <https://doi.org/10.1080/10590501.2018.1418792>

164. Deryabin D.G. Comparative Sensitivity of the Luminescent *Photobacterium phosphoreum*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* Strains to Toxic Effects of Carbon-Based Nanomaterials and Metal Nanoparticles / D.G. Deryabin, L.V. Efremova, I.F. Karimov, I.V. Manukhov, E.Y. Gnuchikh, S.A. Miroshnikov // Mikrobiologiya; 2016 - 85(2):177-86.
165. Deryabin D. et al. Broiler Chicken Cecal Microbiome and Poultry Farming Productivity: A Meta-Analysis // Microorganisms. – 2024. – T. 12. – №. 4. – C. 747.
- 166.
167. Diarra M.S. Antibiotics in canadian poultry productions and anticipated alternatives / M.S. Diarra, F. Malouin // Front Microbiol. – 2014. – 5:282.
168. Dibner J.J. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action / J.J. Dibner, J.D. Richards // Poult Sci. – 2005. – 84:634–643.
169. Dietary Administration of Lactobacillus plantarum Enhanced Growth Performance and Innate Immune Response of Siberian Sturgeon, *Acipenser baerii*. / Pourgholam M.A., Khara H., Safari R., Sadati M.A., Aramli M.S. // Probiotics Antimicrob Proteins. 2016. 8(1):1-7. doi: 10.1007/s12602-015-9205-7.;
170. Ding S. et al. The impact of probiotics on gut health via alternation of immune status of monogastric animals //Animal nutrition. – 2021. – T. 7. – №. 1. – C. 24-30.
171. Dittoe D. K., Olson E. G., Ricke S. C. Impact of the gastrointestinal microbiome and fermentation metabolites on broiler performance / D.K. Dittoe, E.G. Olson, S.C. Ricke // Poultry Science. – 2022. – T. 101. – №. 5. – C. 101786.
172. Döll S. The efficacy of a modified aluminosilicate as a detoxifying agent in Fusarium toxin contaminated maize containing diets for piglets / S. Döll, S. Gericke, S. Dänicke, J. Raila, K.H. Ueberschär, H. Valenta et al. // J Anim Physiol Anim Nutr. – 2005. – 89:342–58. 10.1111/j.1439-0396.2005.00527.x
173. Dore J. The human gut microbiome as source of innovation for health: which physiological and therapeutic outcomes could we expect? / J. Dore, M.C.

Multon, J.M. Behier // Therapie. – 2017. – 72(1):21–38.
<https://doi.org/10.1016/j.therap.2016.12.007>

174. Dorozhkin V. I. et al. Effect of Diatomite on the Accumulation of Lead and Cadmium in the Body of White Rats // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 37. – C. 00144.

175. Drago S. R., Valencia M. E. Influence of components of infant formulas on in vitro iron, zinc, and calcium availability / S.R. Drago, M.E. Valencia // Journal of agricultural and food chemistry. – 2004. – T. 52. – №. 10. – C. 3202-3207.

176. Dumonceaux T.J. Characterization of intestinal microbiota and response to dietary virginiamycin supplementation in the broiler chicken / T.J. Dumonceaux, J.E. Hill, S.M. Hemmingsen, A.G. van Kessel // Appl Environ Microbiol. – 2006. – 72:2815–2823.

177. Dunislawska A. et al. Synbiotics for broiler chickens—in vitro design and evaluation of the influence on host and selected microbiota populations following in ovo delivery // PloS one. – 2017. – T. 12. – №. 1. – C. e0168587.

178. Duskaev G.K. The effect of purified Quercus cortex extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens / G.K. Duskaev, N.M. Kazachkova, A.S. Ushakov, B.S Nurzhanov, A.F. Rysaevn // Veterinary World. – 2018. – 11(2): 235-239. doi: 10.14202/vetworld.2018.235-239

179. Dwyer J.T. Fortification and health: challenges and opportunities / J.T. Dwyer, K.L. Wiemer, O. Dary, C.L. Keen, J.C. King, K.B. Miller, M.A. Philbert, V. Tarasuk, C.L. Taylor, P.C. Gaine, A.B. Jarvis, R.L. Bailey // Adv Nutr. – 2015 – 6(1):124-31. doi: 10.3945/an.114.007443

180. Eberhard M. Effect of inulin supplementation on selected gastric, duodenal, and caecal microbiota and short chain fatty acid pattern in growing piglets / M. Eberhard, U. Hennig, S. Kuhla, R.M. Brunner, B. Kleessen, C.C. Metges // Arch. Animal Nutr. – 2007. – 61:235–246.

181. Elliott C.T. Potential adverse effects on animal health and performance caused by the addition of mineral adsorbents to feeds to reduce mycotoxin

exposure/ C.T. Elliott, L. Connoly, O. Kolawole // *Mycotoxin Res.* – 2019. – 36:115–26. 10.1007/s12550-019-00375-7

182. El-Moneim A. E. M. E. A. et al. Assessment of in ovo administration of *Bifidobacterium bifidum* and *Bifidobacterium longum* on performance, ileal histomorphometry, blood hematological, and biochemical parameters of broilers // *Probiotics and antimicrobial proteins.* – 2020. – T. 12. – C. 439-450.

183. Eraslan G. Effects of dietary aflatoxin and sodium bentonite on some hormones in broiler chickens / G. Eraslan, D. Essiz, M. Akdogan, F. Sahindokuyucu, L. Altintas, S.E. Hismiogullari // *Bull Vet Inst Pulawy.* – 2005. – 49:93–6.

184. Erdoğ an Z. et al. Effects of dietary supplementation of synbiotics and phytobiotics on performance, caecal coliform population and some oxidant/antioxidant parameters of broilers // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* – 2010. – T. 94. – №. 5. – C. e40-e48.

185. European Commission. The Rapid Alert System for Food Feed (RASFF) Annual Report 2019. (2020). Available online at: <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/2c5c7729-0c31-11eb-bc07-01aa75ed71a1>

186. Fang H. et al. Microbiota and Nod-like receptors balance inflammation and metabolism during obesity and diabetes // *Biomedical journal.* – 2023. – P. 100610.

187. Farkas V. et al. Microbiota composition of mucosa and interactions between the microbes of the different gut segments could be a factor to modulate the growth rate of broiler chickens // *Animals.* – 2022. – T. 12. – №. 10. – C. 1296.

188. Fatullayeva S. A review on enterosorbents and their application in clinical practice: Removal of toxic metals / S. Fatullayeva, D. Tagiyev // *Colloid and Interface Science Communications.* – 2021. – T. 45. – C. 100545.

189. Fazeli M. Cadmium chloride exhibits a profound toxic effect on bacterial microflora of the mice gastrointestinal tract / M. Fazeli, P. HAssanzadeh // *Hum Exp Toxicol.* – 2011. – 30(2). – P. 152-159. doi: 10.1177/0960327110369821.

190. Fein J.B. Metal adsorption onto bacterial surfaces: development of a predictive approach / J.B. Fein, A.M. Martin, P.G. Wightman // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2001. – 65. – P. 4267-4273.

191. Ferdous M.F. Beneficial effects of probiotic and phytobiotic as growth promoter alternative to antibiotic for safe broiler production / M.F. Ferdous, M.S. Arefin, M.M. Rahman, M.M.R. Ripon, M.H. Rashid, M.R. Sultana, M.T. Hossain, M.U. Ahammad, K. Rafiq // *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research.* – 2019. – 6(3): 409-415. doi: <http://doi.org/10.5455/javar.2019.f361>

192. Finegold Sydney PM, Linking the chemistry and physics of food with health and nutrition Xylooligosaccharide increases bifidobacteria but not lactobacilli in human gut microbiota / P.M. Finegold Sydney, S.M. Finegold, A. Zhaoping Li, H. Paula Summanen bde, J. Downes, G. Thames, D. Karen Corbett, S. Dowd, M. Krak de, D. Heber // *Food Funct.* – 2014. – 5:403-614.

193. Fisinin V.I. Metal particles as trace-element sources: current state and future pro-spects / V.I. Fisinin, S.A. Miroshnikov, E.A. Sizova, A.S. Ushakov, E.P. Miroshnikova // *World's Poultry Science Journal.* – 2018. – T. 74. – № 3. – P. 523-540.

194. Flores-Santin J. Beyond the Chicken: Alternative Avian Models for Developmental Physiological Research / J. Flores-Santin, W W. Burggren // *Front Physiol.* – 2021. – V. 12. – P.712633. -DOI:10.3389/fphys.2021.712633.

195. Forgetta V. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken / V. Forgetta, H. Rempel, F. Malouin, R. Vaillancourt et al. // *Poult Sci.* – 2012. – 91:512–525.

196. Franciscato C. et al. Seric mineral concentrations and hepatic and renal functions of chickens intoxicated by aflatoxin and treated with sodic montmorillonite // *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* – 2006. – 41:1573–7. 10.1590/S0100-204X2006001100001

197. François IEJA et al. Effects of wheat bran extract containing arabinoxylan oligosaccharides on gastrointestinal parameters in healthy preadolescent children // *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* – 2014. – 58:647-53.

198. Froebel L. K. et al. Administration of dietary prebiotics improves growth performance and reduces pathogen colonization in broiler chickens // Poultry science. – 2019. – T. 98. – №. 12. – C. 6668-6676.
199. Fuller R. Probiotics in man and animals / R. Fuller // J Appl Bacteriol. – 1989. – 66:365–378. doi: 10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x.
200. Fuller R. What is a probiotic? Biologist. 2004; 51:232.
201. Fung S. “Ceca microbiome of mature broiler chickens fed with or without salinomycin,” in the gut microbiome: the effector/regulatory immune network conference / S. Fung, H. Rempel, V. Forgetta, E.T.K. Dewar, M.S. Diarra // Keystone symposia on molecular and cellular biology (Taos)
202. Furtula V., Antimicrobial resistance in *Enterococcus* spp. isolated from environmental samples in an area of intensive poultry production / V. Furtula, C.R. Jackson, E.G. Farrell, J.B. Barrett, L.M. Hiott, P.A. Chambers // Int J Environ Res Publ Health. – 2013. – 10:1020–1036.
203. Gaggia F. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production / F. Gaggia, P. Mattarelli, B. Biavati // Int J Food Microbiol. – 2010. – 141:S15–S28. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031.
204. Gao T. L-lactic acid production by *Bacillus subtilis* MUR1 / T. Gao, Y.K. Wong, C. Ng, K. Ho // Bioresour Technol. – 2012. – 121:105–110.
205. García-Aljaro C. Antimicrobial resistance and presence of the SXT mobile element in *Vibrio* spp. isolated from aquaculture facilities / C. García-Aljaro, J. Riera-Heredia, A.R. Blanch // New Microbiol. – 2014 – 37(3):339-46.
206. Geraylou Z. Effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) and endogenous probiotics on the growth performance, non-specific immunity and gut microbiota of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / Z. Geraylou, C. Souffreau, E. Rurangwa, L. De Meester, C.M. Courtin, J.A. Delcour, J. Buyse, F. Ollevier // Fish Shellfish Immunol. – 2013. – 35(3):766-75. doi: 10.1016/j.fsi.2013.06.014.
207. Ghasemi R., Evaluation of Probiotic, Prebiotic, and Synbiotic on Performance, Immune Responses, and Gastrointestinal Health of Broiler Chickens / R.

Ghasemi, M. Sedghi, A.H. Mahdavi //Poultry Science Journal. – 2020. – T. 8. – №. 2. – C. 175-188.

208. Ghasemi-Sadabadi M, The effects of fermented milk products (kefir and yogurt) and probiotic on performance, carcass characteristics, blood parameters, and gut microbial population in broiler chickens / M. Ghasemi-Sadabadi, Y. Ebrahimnezhad, A. Shaddel-Tili, V. Bannapour-Ghaffari, M. Kozehgari, M. Didehvar // Arch Anim Breed. – 2019. – 62(1):361-374. doi: <https://doi.org/10.5194/aab-62-361-2019>

209. Ghazalah A.A. Effect of Nanosilica and Bentonite as Mycotoxins Adsorbent Agent in Broiler Chickens' Diet on Growth Performance and Hepatic Histopathology / A.A. Ghazalah, M.O. Abd-Elsamee, K. Elkloub, M.E. Moustafa, M.A. Khattab, A.A.A. Rehan // Animals (Basel). – 2021. –11(7): 2129. doi: 10.3390/ani11072129

210. Giannenas I. Assessment of dietary supplementation with probiotics on performance, intestinal morphology and microflora of chickens infected with *Eimeria tenella* // I. Giannenas, E. Papadopoulos, E. Tsalie, E. Triantafillou, S. Henikl, K. Teichmann // Vet Parasitol. – 2012. – 188:31–40.

211. Gibson G.R., Roberfroid M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics // G.R. Gibson, M.B. Roberfroid // J Nutr. – 1995. – 125:1401.

212. Gilroy R. et al. Extensive microbial diversity within the chicken gut microbiome revealed by metagenomics and culture // PeerJ. – 2021. – T. 9. – C. e10941.

213. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure / H. Gleiter // Acta mater. – 2000. – V. 48. – P.1-29.

214. Global trends in antimicrobial use in food animals / Van Boeckel T.P., Brower C., Gilbert M., et al. // Proc Natl Acad Sci. 2015.

215. Goiri I. et al. Assessing the potential use of a feed additive based on biochar on broilers feeding upon productive performance, pH of digestive organs,

cecum fermentation and bacterial community // *Anim Feed Sci Technol.* – 2021. – 279:115039. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115039

216. Gong J. 16s rRNA gene-based analysis of mucosa-associated bacterial community and phylogeny in the chicken gastrointestinal tracts: From crops to ceca. / J. Gong, W. Si, R.J. Forster, R. Huang, H. Yu, Y. Yin et al. // *FEMS Microbiol Ecol.* – 2007. – 59:147–57. 10.1111/j.1574-6941.2006.00193.x

217. Gonzales-Vega, J. C., Walk, C. L., Liu, Y., Stein, H. H. (2013). Endogenous intestinal losses of calcium and true total tract digestibility of calcium in canola meal fed to growing pigs. *J. anim. Sci.*, 91(10), 4807-16.

218. Gonzalez Ronquillo M., Angeles Hernandez J.C. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods / M. Gonzales Ronquillo, J.C. Angeles Hernandez // *Food Contr.* – 2017. – 72:255–267. Part B.

219. Grond K. et al. The avian gut microbiota: community, physiology and function in wild birds // *Journal of Avian Biology.* – 2018. – T. 49. – №. 11. – P. e01788.

220. Grosicki A, Kowalski B. Influence of bentonite on trace element kinetics in rats / A. Grosicki, B. Kowalski // *I Iron Bull Vet Institute Pulawy.* – 2003. – 47:555–8.

221. Gueimonde M. Antibiotic resistance in probiotic bacteria / M. Gueimonde, B. Sánchez, C. de Los Reyes-Gavilán, A. Margolles // *Front Microbiol.* – 2013. 18;4:202. doi: 10.3389/fmicb.2013.00202. eCollection 2013.

222. Guerra-Ordaz A. A. et al. Lactulose and *Lactobacillus plantarum*, a potential complementary synbiotic to control postweaning colibacillosis in piglets // *Applied and environmental microbiology.* – 2014. – T. 80. – №. 16. – C. 4879-4886.

223. Hai, N.V. The use of probiotics in aquaculture. / N.V. Hai // *J Appl Microbiol.* 119(4):917-35. doi: 10.1111/jam.12886. Epub 2015 Aug 2.

224. Han Y.K. Performance, nutrient digestibility and nutrient balance in weaned pigs fed diets supplemented with antibiotics or zinc oxide / Y.K. Han, P.A. Thacker // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. – 2009. – 8, 868–875.
225. Hashem M. A. et al. Modulatory effect of dietary probiotic and prebiotic supplementation on growth, immuno-biochemical alterations, DNA damage, and pathological changes in *E. coli*-infected broiler chicks // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2022. – T. 9. – C. 964738.
226. Hashemi S.R. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition / S.R. Hashemi, H. Davoodi // *Veterinary Research Communications*. -2011. – V.35 (3). - P.169-180. doi: 10.1007/s11259-010-9458-2
227. Hassanein S.M. Effect of probiotic (*Saccharomyces Cerevisiae*) adding to diets on intestinal microflora and performance of hy-line layers hens / S.M. Hassanein, N.K. Soliman // *J Am Sci*. – 2010;6
228. Hattori M. The human intestinal microbiom: a new frontier of a human biology / M. Hattori, T.D. Taylor // *DNA Res*. – 2009. – 1, 1-12.
229. Havenaar R., Veld J.H.J. Probiotics: a general view. In: Wood BJB, editor. *Lactic acid bacteria in health and disease*. London: Elsevier Applied Science Publishers; 1992. pp. 151–170.
230. Hedemann MS, Jensen BB (2004): Variations in enzyme activity in stomach and pancreatic tissue and digesta in piglets around weaning. *Archives of Animal Nutrition* 58, 47-59.
231. Hedemann M.S. The thickness of the intestinal mucous layer in the colon of rats fed various sources of non-digestible carbohydrates is positively correlated with the pool of SCFA but negatively correlated with the proportion of butyric acid in digesta / M.S. Hedemann, P.K. Theil, K.E.B. Knudsen // *British Journal of Nutrition*. – 2009. – 102, 117–125.
232. Heinritz S.N. Use of pigs as a potential model for research into dietary modulation of the human gut microbiota / S.N. Heinritz, R. Mosenthin, E. Weiss // *Nutr. Res. Rev*. – 2013. – 26:191–209.

233. Helal F.I.S. Productive performance of lactating ewes fed diets supplementing with dry yeast and/or bentonite as feed additives / F.I.S. Helal, K.A. Abdel-Rahman // *World J Agricult Sci.* – 2010. – 6:489–98.
234. Hering N.A. Determinants of colonic barrier function in inflammatory bowel disease and potential therapeutics / N.A. Hering, M. Fromm, J.D. Schulzke // *J Physiol.* – 2012. – #590. P. 1035-1044.
235. Hintze K.J. Broad scope method for creating humanized animal models for animal health and disease research through antibiotic treatment and human fecal transfer / K.J. Hintze, J.E. Cox, A.D. Benninhoff, R.E. Ward, J. Broadbent, M. Lefevre // *Gut Microbes.* – 2014. – 5:183–191.
236. Hoffmann C. Archaea and fungi of the human gut microbiome: Correlations with diet and bacterial residents / C. Hoffmann, S. Dollive, S. Grunberg, J. Chen, H. Li, G.D. Wu, J.D. Lewis, and F.D. Bushman. – *PLoS One.* – 2013. – 8:e66019.
237. Hojberg O. Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets / O. Hojber, N. Canibe, H.D. Poulsen, M.S. Hedemann, B.B. Jensen // *Applied and Environmental Microbiology.* – 2005. – 71:2267–2277.
238. Hollis M.E. Improvements of in situ degradability of grass hay, wet brewer's grains, and soybean meal with addition of clay in the diet of Holstein cows / M.E. Hollis, R.P. Pate, S. Sulzberger, A. Pineda, Y. Khidoyatov, M.R. Murphy et al. // *Anim Feed Sci Technol.* – 2020. – 259:114331
239. Hong S. Interaction of Poly (amidomine) dendrimers with supported lipid bilayers and cells: hole formation and the relation to transport / S. Hong, A. U. Bielinska, A. Mecke, B. Keszler, J. L. Beals et al. // *Bioconjugate Chemistry.* – 2004. – 15(4). – P. 774-782.
240. Hooda P.S. The potential impact of soil ingestion on human mineral nutrition / P.S. Hooda, C.J.K. Henry, T.A. Seyoum, L.D.M. Armstrong, M.B. Fowler // *Sci Total Environ.* (2004) 333:75–87.

241. Hooper L.V. Interactions between the microbiota and the immune system / L.V. Hooper, D.R. Littman, A.J. Macpherson // *Science*. – 2012. – 336:1268–1273.
242. Horky P., Skalickova S., Baholet D., Skladanka J. Nanoparticles as a solution for eliminating the risk of mycotoxins // P. Horky, S. Skalickova, D. Baholet, J. Skladanka // *J. Nanomater.* – 2018. – 8:727.
243. Hossain M.M. Effect of *Bacillus subtilis*, *Clostridium butyricum* and *Lactobacillus acidophilus* endospores on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, microbial shedding and excreta noxious gas emission in broilers / M.M. Hossain, M. Begum, I.H. Kim // *Veterinarni Medicina*. – 2015. – 60(2):77–86.
244. Hosseini S.A. Effects of ground thyme and probiotic supplements in diets on broiler performance, blood biochemistry and immunological response to sheep red blood cells // S.A. Hosseini, A. Meimandipour, F. Alami, A. Mahdavi, M. Mohiti-Asli, H. Lotfollahian, D. Cross // *Italian Journal of Animal Science*. – 2013. – 12(1):116-120.
245. Houshmand M. et al. Effects of non-antibiotic feed additives on performance, tibial dyschondroplasia incidence and tibia characteristics of broilers fed low-calcium diets // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 2011. – T. 95. – №. 3. – C. 351-358.
246. Huang C. et al. Effects of subchronic copper poisoning on cecal histology and its microflora in chickens // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – T. 12. – C. 739577.
247. Hume M. E. Historic perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics. – 2011. – vol. 90. – p. 2663-2669.
248. Hunt R.H. The stomach in health and disease / R.H. Hunt, M. Camilleri, S.E. Crowe, et al. // *Gut*. – 2015. – 64:1650–1668.
249. Huse S.M. A core human microbiome as viewed through 16S rRNA sequence clusters / S.M. Huse, Y. Ye, Y. Zhou, A.A. Fodor // *PLoS ONE*. – 2012. – 7:e34242.

250. Huttenhower C. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome / C.D. Huttenhower, R. Gevers, R. Knight et al. // *Nature*. – 2012. – 486:207–214.

251. Hyde E.R. Characterization of the rat oral microbiome and the effects of dietary nitrate / E.R. Hyde, B. Luk, S. Cron et al. // *Free Radic. Biol. Med.* – 2014. – 77:249–257.

252. Ibrahim F. Probiotic bacteria as potential detoxification tools: assessing their heavy metal binding isotherms / F. Ibrahim, T. Halttunen, R. Tahvonen, S. Salminen // *Can. J. Microbiol.* – 2006. – #52. – P. 877-885.

253. Imperial I.C.V.J. Addressing the antibiotic resistance problem with probiotics: reducing the risk of its double-edged sword effect / I.C.V.J. Imperial, J.A. Ibane // *Front Microbiol.* – 2016. – 7:1983.

254.

255. Islam F. Neuropharmacological and Antidiabetic Potential of *Lansea Coromandelica* (Houtt.) Merr. Leaves Extract: An Experimental Analysis. Evid Based Complement / F. Islam, S. Mitra, M.H. Nafady, M.T. Rahman, V. Tirth, A. Akter et al. // *Alternat. Med.* – 2022. – 1–10.

256. Jahan A. A. et al. Role of supplemental oligosaccharides in poultry diets // *World's Poultry Science Journal*. – 2022. – T. 78. – №. 3. – C. 615-639.

257. Jankovic I. Application of probiotics in food products-challenges and new approaches / Jankovic I., Sybesma W., Phothirath P., Ananta E., Mercenier A. // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2010. – 21:175–181. doi: 10.1016/j.copbio.2010.03.009.

258. Jha R. et al. Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: A systematic review // *Animals*. – 2020. – T. 10. – №. 10. – C. 1863.

259. JøRgensen H. et al. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens // *British Journal of Nutrition*. – 1996. – T. 75. – №. 3. – C. 379-395.

260. Kalus K, et al. Laying hens biochar diet supplementation - effect on performance, excreta N content, NH₃ and VOCs emissions, egg traits and egg consumers acceptance // *Agriculture*. – 2020. – 10:237.
261. Kamphues J. et al. Investigations on potential dietetic effects of lactulose in pigs // *Livestock Science*. – 2007. – T. 109. – №. 1-3. – C. 93-95.
262. Kang K. et al. Comparative metagenomic analysis of chicken gut microbial community, function, and resistome to evaluate noninvasive and cecal sampling resources // *Animals*. – 2021. – T. 11. – №. 6. – C. 1718.
263. Keerqin C. et al. Probiotic *Bacillus subtilis* 29,784 improved weight gain and enhanced gut health status of broilers under necrotic enteritis condition // *Poultry Science*. – 2021. – T. 100. – №. 4. – C. 100981.
264. Kempf I. Coût biologique De La résistance aux antibiotiques: analyse et conséquences / I. Kempf, S. Zeitouni // *Pathol Biol*. – 2012. – 60:e9–e14.
265. Kheradmand E. The antimicrobial effects of selenium nanoparticle-enriched probiotics and their fermented broth against *Candida albicans* / E. Kheradmand, F. Rafii, M.H. Yazdi, A.A. Sepahi, A.R. Shahverdi, M.R. Oveisi // *DARU J Pharmac Sci*. – 2014. – 22:48.
266. Khishtan A. T. M. Delivery route of chamomile on the growth and subsequent physiology of broiler chickens under *E. coli* challenge / A.T.M. Khishtan, S.S.M. Beski // *The Iraqi Journal of Agricultural Science*. – 2020. – 51(4) – P. 1058-1073.
267. Khodambashi E.N. The effect of peppermint essential Oil and fructooligosaccharides, as alternatives to virginiamycin, on growth performance, digestibility, gut morphology and immune response of male broilers / E.N. Khodambashi, A. Samie, H.R. Rahmani, C.A. Ruiz-feria // *Anim Feed Sci Technol*. – 2012. – 175:57–64.
268. Khoobani M. Effects of Dietary Chicory (*Chicorium intybus* L.) and Probiotic Blend as Natural Feed Additives on Performance Traits, Blood Biochemistry, and Gut Microbiota of Broiler Chickens / M. Khoobani, S.H. Hasheminezhad, F. Javandel, M. Nosrati, A. Seidavi, et al. // *Antibiotics (Basel)*. – 2019. – 9(1):5.

269. Kil D.Y. et al. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs // *J Anim Sci.* – 2010. – 88:2959–67.
270. Kim S. H. et al. Histopathological Findings and Metagenomic Analysis of Esophageal Papillary Proliferation Identified in Laying Broiler Breeders // *Veterinary Sciences.* – 2022. – T. 9. – №. 7. – C. 332.
271. Kim S.-H. Effects of Bamboo Charcoal and Bamboo Leaf Supplementation on Performance and Meat Quality in Chickens / S.H. Kim, I.C. Lee, S.S. Kang, C. Moon, S.H. Kim, D.H. Sjin et al // *J. Life Sci.* – 2011. – 21:805–810.
272. Kirchgessner B. M. Homeostatic adjustments of iodine metabolism and tissue iodine to widely varying iodine supply in ¹²⁵I labeled rats / B. Kirchgessner, J. He, W. Windisch // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* – 1999. – 82 (5). – C. 238-250.
273. Klaassens E.S. Metaproteomics approach to study the functionality of the microbiota in the human infant gastrointestinal tract / E.S. Klaassens, W.M. de Vos, E.E. Vaughan // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2007. – 73. – 1388-1392.
274. Kleerebezem M. Probiotic and gut *Lactobacilli* and *Bifidobacteria*: Molecular approaches to study diversity and activity / M. Kleerebezem, E.E. Vaughan // *Ann. Rev. Microbiol.* – 2009. – 63:269–290.
275. Kleessen B. Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora / B. Kleessen, L. Hartmann, M. Blaunt // *British Journal of Nutrition.* – 2001. – 86 (2). – P. 291-300.
276. Knudsen K.E.B. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions: 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents / K.E.B. Knudsen, I. Hansen // *Brit J Nutr.* – 1991. – 65:217–32.
277. Koh K.H. Screening of traditional Chinese medical plants for quorum-sensing inhibitors activity / K.H. Koh, F.Y. Tham // *Journal of Microbiology, Immunology and Infection.* – 2011. – V. 44. – P. 144-148.

278. Koivikko M.L. Effects of sustained insulin-induced hypoglycemia on cardiovascular autonomic regulation in type 1 diabetes / M.L. Koivikk, P.I. Salmela, K.E. Airaksinen, J.S. Tapanainen, A. Ruokonen, T.H. Mäkikallio, H.V. Huikuri // *Diabetes*. – 2005. – 54(3). – P. 744-50.
279. Kong C. Evaluation of amino acid and energy utilization in feedstuff for swine and poultry diets / C. Kong, O. Adeola // *Asian Australas J. Anim. Sci.* – 2014. – 27, 917-925.
280. Konorev M. R. Clinical pharmacology of enterosorbents of new generation // *Vestnik Pharmacy*. – 2013. – T. 4. – №. 62. – C. 79-85.
281. Kramer J.M. *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species, in Foodborne Bacterial Pathogens ed. Doyle M. P. / Kramer J. M., Gilbert R. J. editor. (Boca Raton, FL: CRC Press;), 1989 – P.21–70.
282. Krawczyk B. et al. The many faces of *Enterococcus spp.*—commensal, probiotic and opportunistic pathogen // *Microorganisms*. – 2021. – 9 (9). – p. 1900.
283. Krebs N. F. Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract // *The Journal of nutrition*. – 2000. – T. 130. – №. 5. – P. 1374S-1377S.
284. Kumar P. et al. Fenugreek as a phytogetic feed additive in poultry feed—A review // *The Pharma Innovation Journal*. – 2021. – T. 10. – P. 33-38.
285. Kumar V. et al. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review // *Food chemistry*. – 2010. – T. 120. – №. 4. – P. 945-959.
286. Kummerer K. Antibiotics in the aquatic environment—a review—part I. *Chemosphere*, 2009. – 75:417–434.
287. Kurekci C. Effects of feeding plant-derived agents on the colonization of *Campylobacter jejuni* in broiler chickens / C. Kurekci, R. Al Jassim, E. Hassan, S.L. Bishop-Hurley, J. Padmanabha, C.S. McSweeney // *Poult Science*. – 2014. – 93(9):2337-2346.
288. Kvan O. Effect of probiotics on the basis of *Bacillus subtilis* and *Bifidobacterium longum* on the biochemical parameters of the animal organism /

O. Kvan, I. Gavrish, S. Lebedev, A. Korotkova, E. Miroshnikova, V. Serdaeva, A. Bykov, N. Davydova // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2018. –V. 25. –P. 2175-2183.

289. Kvan O. The influence of the culture *Bacillus subtilis* 534 and *Bifidobacterium longum* on the strength of laboratory animals' tubular bones / O. Kvan, M. Fomina, S. Lebedev, S. Miroshnikov, A. Bykov, A. Sizentsov et al. // Life Science Journal. – 2013. –10(4). – P. 2311-2314.

290. Lamendella R. Comparative fecal metagenomics unveils unique functional capacity of the swine gut / R. Lamendella, J.W.S. Domingo, S. Ghosh, J. Martinson, D.B. Oerthet // BMC Microbiol. – 2011. – 11:103.

291. Lan G.Q. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets / G.Q. Lan, N. Abdullah, S. Jalaludin, Y.W. Ho // Poultry Science. 2002. – Vol.81, No.10. – pp. 1773–1780.

292. Landersjo C, Yang Z, Huttunen E, Widmalm G. Structural studies of the exopolysaccharide produced by *Lactobacillus rhamnosus* strain GG (ATCC 53103) / C. Landersjo, Z. Yang, E. Huttunen, G. Widmalm // Biomacromolecules. – 2002. – №3. – P. 880-884.

293. Landgridge G. Testing the water: marine metagenomics / G. Landgridge // Nat Rev Microbiol, 2009. – 7: 552

294. Laptev G.Yu. Examination of the Expression of Immunity Genes and Bacterial Profiles in the Caecum of Growing Chickens Infected with *Salmonella Enteritidis* and Fed a Phytobiotic / G.Yu. Laptev, V.A. Filippova, I.I. Kochish, E.A. Yildirim, L.A. Ilina, A.V. Dubrovin, E.A. Brazhnik, N.I. Novikova, O.B. Novikova, M.E. Dmitrieva, V.I. Smolensky, P.F. Surai, D.K. Griffin, M.N. Romanov. // Animals. - 2019. - V.9(9). – P.615.

295. Latha S. *In vitro* probiotic profile based selection of indigenous actinobacterial probiont *Streptomyces* sp. Jd9 for enhanced broiler production / S. Latha, G. Vinothini et al. // J Biosci Bioeng. – 2016. –121:124-131.

296. Lee A.J. The ability of zinc to inhibit the sporulation and viability of *Clostridium sporogenes* and growth of other bacteria / A.J. Lee, B.Y. Byun, D.H. Kang, J. Tang, Y.W. et al. // Int J Food Sci Tech. – 2011. – 46:1494-1501.
297. Lee K.W., Ho Hong Y., Lee S.H., Jang S.I., Park M.S., Bautista D.A. Effects of anticoccidial and antibiotic growth promoter programs on broiler performance and immune status / K.W. Lee, Y. Ho Hong, S.H. Lee, S.I. Jang, M.S. Park, D.A. Bautista // Res Vet Sci. – 2012. – 93:721–728.
298. Lee KW, Everts H, Kappert HJ, Frehner M, Losa R, Beynen AC. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens / K.W. Lee, H. Everts, H.J. Kappert, M. Frehner, R. Losa, A.C. Beynen // British Poultry Science. – 2003. – 44(3):450-457.
299. Lee S. Synergistic effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* WB60 and mannanoligosaccharide (MOS) on growth performance, immunity and disease resistance in Japanese eel, *Anguilla japonica* / S. Lee, A.C. Katya, A. Hmidoghli, J. Hong, D.J. Kim, S.C. Bai // Fish Shellfish Immunol. – 2018. – 83:283-291.
300. Levkut M. Leukocytic responses and intestinal mucin dynamics of broilers protected with *Enterococcus faecium* Ef55 and challenged with salmonella enteritidis / M. Levkut, V. Revajova, A. Laukova, Z. Sevcikova, V. Spisakova, Z. Faixova // Res Vet Sci. – 2012. – 93:195–201.
301. Levy R. Metabolic modeling of species interaction in the human microbiome elucidates community-level assembly rules / R. Levy, E. Borenstein // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 2013. – 110:12804–12809.
302. Li K. et al. Effects of short-chain fatty acid modulation on potentially diarrhea-causing pathogens in yaks through metagenomic sequencing // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2022. – T. 12. – C. 805481.
303. Li S.P. Synergy of Astragalus polysaccharides and probiotics (*Lactobacillus* and *Bacillus cereus*) on immunity and intestinal microbiota in chicks / S.P. Li, X.J. Zhao, J.Y. Wang // Poult Sci. – 2009. – 88:519–525.

304. Li X.L. Dietary supplementation with zinc oxide increases IGF-I and IGF-I receptor gene expression in the small intestine of weanling piglets / X.L. Li, J.D. Yin, D.F. Li, X.J. Chen, J.J. Zang, X. Zhou // Journal of Nutrition. – 2006. – 136, 1786–1791.
305. Li Z.C. Effects of lipid form and source on digestibility of fat and fatty acids in growing pigs / Z.C. Li, Y.B. Su, X.H. Bi, Q.Y. Wang, J. Wang, J.B. Zhao et al. // J Anim Sci. – 2017. – 95:3103–9.
306. Lilly DM, Stillwell RH. Probiotics: growth promoting factors produced by microorganisms. Science. 1965. – 147:747–748.
307. Lin J. Response of intestinal microbiota to antibiotic growth promoters in chickens / J. Lin, A.A. Hunkapiller, A.C. Layton, Y.J. Chang, K.R. Robbins // Foodb Pathog Dis. – 2013. – 10:331–337.
308. Linetzky W.D. Microbiota benefits after inulin and partially hydrolyzed guar gum supplementation – a randomized clinical trial in constipated women / P.C.C. Alves, L. Logullo, J. T. Manzoni, D. Almeida, M.L. de Teixeira da Silva et al. // Nutr Hosp. – 2012. – 27:123-9
309. Liu B. et al. Response of gut microbiota to dietary fiber and metabolic interaction with SCFAs in piglets // Frontiers in microbiology. – 2018. – T. 9. – P. 2344.
310. Liu D. formation and transmission of *Staphylococcus Aureus* (including mrsa) aerosols carrying antibiotic-resistant genes in a poultry farming environment / D. Liu, T. Chai, X. Xia, Y. Gao, Y. Cai, X. Li // Sci Total Environ. – 2012. – 426:139–145.
311. Liu G. et al. Gut microbiota correlates with fiber and apparent nutrients digestion in goose // Poultry Science. – 2018. – T. 97. – №. 11. – P. 3899-3909.
312. Liu H. et al. The role of the gut microbiota in coronary heart disease //Current Atherosclerosis Reports. – 2020. – T. 22. – P. 1-12.
313. Liu J.H. On how montmorillonite as an ingredient in animal feed functions / J.H. Liu, W.K. Cai, N. Khatoon, W.H. Yu, C.H. Zhou // Appl Clay Sci. – 2021. – 202:105963.

314. Liu X. Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with *Bacillus licheniformis* in drinking water / X. Liu, H. Yan, L. Lv, Q. Xu, C. Yin, K. Zhang // *Asian-Australas J Anim Sci.* – 2012. – 25:682–689.
315. Liu Y. et al. Age-associated changes in caecal microbiome and their apparent correlations with growth performances of layer pullets // *Animal Nutrition.* – 2021. – T. 7. – №. 3. – P. 841-848.
316. Liu Y. Exposing to cadmium stress cause profound toxic effect on microbiota of the mice intestinal tract / Y. Liu, Y. Li, K. Liu, J. Shen // *PLoS One.* – 2014. – 9:e85323.
317. Liu Z. Y. et al. Sanguinarine modulate gut microbiome and intestinal morphology to enhance growth performance in broilers // *PloS one.* – 2020. – T. 15. – №. 6. – P. e0234920.
318. Liu H. Yeast culture dietary supplementation modulates gut microbiota, growth and biochemical parameters of grass carp / H. Liu, J. Li, X. Guo, Y. Liang, W. Wang // *Microbial biotechnology.* – 2018. – 11(3), 551-565.
319. Liu Y. Nanoparticles in waste waters: hazards, fate and remediation / Y. Liu, M. Tourbin, S. Lachaize, P. Guiraud // *Powder Technol.* – 2014. – № 255. – P. 149-156.
320. Lloyd J.R. Microbial reduction of metals and radionuclides // *FEMS Microbiol Rev*, 2003. – №27. – P. 411-425.
321. Lodachev K. Influence of substrates on toxicity of ruminal fluid of cattle / K. Logachev, I. Karimov, G. Duskaev, S. Notova, O. Kvan // *Journal of applied sciences.* – 2015. – 15(3). – 610-612.
322. Lomer M.C. Iron requirements based upon iron absorption tests are poorly predicted by haematological indices in patients with inactive inflammatory bowel disease / M.C. Lomer, W.B. Cook, H.J. Jan-Mohamed // *Br. J. Nutr.* 2012. –107:1806-1811.
323. Lou C. et al. Exploring the Microbial Community Structure in the Chicken House Environment by Metagenomic Analysis // *Animals.* – 2023. – T. 14. – №. 1. – C. 55.

324. Lu C. M. Research of the effect of nanometer materials on germinations and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism / C. M. Lu, C. Y. Zhang, J. Q. Wen, G. R. Wu, M. X. Tao // *Soybean Sci.* – 2002. – № 21. – P. 168-172.
325. Luise D. et al. *Bacillus spp.* probiotic strains as a potential tool for limiting the use of antibiotics, and improving the growth and health of pigs and chickens // *Frontiers in Microbiology.* – 2022. – T. 13. – C. 801827.
326. Lyon G.J. Peptide signaling in *Staphylococcus aureus* and other gram-positive bacteria / G.J. Lyon, R.P. Novick // *Peptides.* 2004. – V. 25. – P. 1389-1403;
327. Ma J. et al. The interaction among gut microbes, the intestinal barrier and short chain fatty acids // *Animal Nutrition.* – 2022. – T. 9. – P. 159-174.
328. Maares M. A guide to human zinc absorption: general overview and recent advances of in vitro intestinal models / M. Maares, H. Haase // *Nutrients.* – 2020. – T. 12. – №. 3. – C. 762.
329. Maathuis A. The effect of the undigested fraction of maize products on the activity and composition of the microbiota determined in a dynamic *in vitro* model of the human proximal large intestine / A. Maathuis, A. Hoffman, A. Evans, L. Sanders, K. Venema // *J. Am. Coll. Nutr.* – 2009. – 28:657–666.
330. Mahboubi M. Antimicrobial activity and chemical composition of mentha pulegium L. *Essential oil* / M Mahboubi, G. Haghi // *J Ethnopharmacol.* – 2008. – 119:325–327.
331. Mahesh M. Effect of zinc on Bacterial communities in the Gut of *Pontosclex corethrurus*/ M. Mahesh, A. Sharma, Sh.S. Hasan // *Research Journal of Recent Sciences.* – 2014. – Vol. 3. – P. 380-384.
332. Majewski M. et al. Effect of dietary copper nanoparticles versus one copper (II) salt: Analysis of vasoreactivity in a rat model // *Pharmacological Reports.* – 2017. – T. 69. – №. 6. – C. 1282-1288.
333. Malachová K. Activity of antibacterial compounds immobilised on montmorillonite / K. Malachová, P. Praus, Z. Pavlíčková, M. Turicová // *Appl Clay Sci.* – 2009. – 43:364–8. 10.1016/j.clay.2008.11.003

334. Mallek Z. Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid / Z. Mallek, I. Fendri, L. Khannous, A. Ben Hassena, A. I. Traore, M.A. Ayadi et al. // *Lipids Health Dis.* – 2012. – 11:35.
335. Man K.Y. et al. Use of biochar as feed supplements for animal farming // *Crit Rev Environ Sci Technol.* – 2021. – 51:187–217.
336. Mandey J. S., Sompie F. N. Phytogetic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in poultry nutrition / J.S. Mandey, F.N. Sompie // *Adv. Stud. 21st Century Anim. Nutr.* – 2021. – T. 8. – P. 19.
337. Marappan G. et al. Role of nanoparticles in animal and poultry nutrition: modes of action and applications in formulating feed additives and food processing // *International Journal of Pharmacology.* – 2017. – T. 13. – №. 7. – C. 724-731.
338. Marcolla C. S., Ju T., Willing B. P. Cecal Microbiota development and physiological responses of broilers following early life microbial inoculation using different delivery methods and microbial sources / C.S. Marcolla, T. Ju, B.P. Willing // *Applied and Environmental Microbiology.* – 2023. – T. 89. – №. 5. – P. e00271-23.
339. Maret W. The metals in the biological periodic system of the elements: concepts and conjectures // *International journal of molecular sciences.* – 2016. – T. 17. – №. 1. – C. 66.
340. Marengo M. Comparison of elemental composition in two wild and cultured marine fish and potential risks to human health. / M. Marengo, E.D.H. Durieux, S. Ternengo, P. Lejeune, E. Degrange, V. Pasqualini, S. Gobert // *Ecotoxicol Environ Saf.* – 2018. – 30;158:204-212. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.04.034. Epub 2018 Apr 25
341. Marková K. Are There Consistent Effects of Gut Microbiota Composition on Performance, Productivity and Condition in Poultry? / K. Markolova, J. Kreisinger, M. Vinkler // *Poultry Science.* – 2024. – P. 103752.

342. Marković Z. et al. Carp production intensification in traditional semi-intensive culture systems by application of extruded feed and selected fish fry // *Aquaculture Europe*, August. – 2009. – C. 14-17.
343. Marroquín-Cardona A.G., Aflatoxin B1 sorption and safety of dietary sodium bentonite in Sprague-Dawley rats / A.G. Marroquín-Cardona, Y. Deng, J.F. García-Mazcorro, N.M. Johnson, N.J. Mitchell, L. Tang et al. // *Clays Clay Min.* – 2022.
344. Marroquín-Cardona A, Characterization and safety of uniform particle size novasil clay as a potential aflatoxin enterosorbent / A. Marroquín-Cardona, Y. Deng, J. García-Mazcorro, N.M. Johnson, N. Mitchell, A. Tang et al. // *Appl Clay Sci.* – 2011. – 54:248–57.
345. Martens E.C. et al. Recognition and degradation of plant cell wall polysaccharides by two human gut symbionts // *PLoS Biol.* – 2011. – №9.
346. Marx F.R. Endogenous fat loss and true total tract digestibility of poultry fat in adult dogs / F.R. Marx, L. Trevizan, M.O.B. Saad, K.G. Lisenko, J.S. Reis, A.M. Kessler // *J Anim Sci.* – 2017. – 95:2928–35.
347. Matsche M.A. Determination of hematology and plasma chemistry reference intervals for 3 populations of captive Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). / M.A. Matsche, J. Arnold, E. Jenkins, H. Townsend, K. Rosemary // *Vet Clin Pathol.* – 2014. – 43(3):387-96. doi: 10.1111/vcp.12174.
348. McCuaig B. Immunostimulating Commensal Bacteria and Their Potential Use as Therapeutics / B. McCuaig, Y. Goto // *International Journal of Molecular Sciences.* – 2023. – T. 24. – №. 21. – C. 15644.
349. McKenzie C. The Nutrition-Gut Microbiome-Physiology Axis and Allergic Diseases / C. McKenzie, J. Tan, L. Macia, C.R. Mackay // *Immunol. Rev.* – 2017. – 278, 277–295.
350. Meimandipour A. et al. Selected microbial groups and short-chain fatty acids profile in a simulated chicken cecum supplemented with two strains of *Lactobacillus* // *Poultry Science.* – 2010. – T. 89. – №. 3. – C. 470-476.

351. Michalak I. et al. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry // *Veterinary Quarterly*. – 2022. – T. 42. – №. 1. – C. 68-94.
352. Miller J. L. Iron deficiency anemia: a common and curable disease // *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*. – 2013. – T. 3. – №. 7. – C. a011866.
353. Miroshnikov S. Endogenous Losses of Chemical Elements in the Digestive Tract and Their Correction / S. Miroshnikov, O. Kvan, G. Duskaev, E. Rusakova, N. Davydova // *Modern Applied Science*. – 2015. – 9(9). – P. 72-79.
354. Miroshnikov S.A. Comparative assessment of effect of copper nano- and microparticles in chicken / Miroshnikov S.A., Yausheva E.V., Sizova E.A. // *Oriental Journal of Chemistry*. – 2015. – 31(4): 2327-2336.
355. Miroshnikova E.P. Antagonist metal alloy nanoparticles of iron and cobalt: impact on trace element metabolism in carp and chicken / E.P. Miroshnikova, A. Arinzhanov, Yu. Kilyakova, E. Sizova, S.A. Miroshnikov // *Human and Veterinary Medicine*. – 2015. – 7(4):253-259.
356. Mizhevikina A. S. et al. Quality of broiler chicken meat when applying supplement Mintreks // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / IOP Publishing*. – 2021. – T. 624. – №. 1. – P. 012147.
357. Mohammadagheri N., Najafi R., Najafi G. Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers / N. Mohammadagheri, R. Najafi, G. Najafi // *Vet Res Forum*. – 2016. – 7:189–195.
358. Mohammadi G. M. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review / G.M. Mohammadi, I.H. Kim // *Italian Journal of Animal Science*. – 2018. – 17(1). – 92-99.
359. Moita V. H. C. Supplemental effects of phytase on modulation of mucosa-associated microbiota in the jejunum and the impacts on nutrient digestibility, intestinal morphology, and bone parameters in broiler chickens / V.H.C. Moita, M.E. Duarte, S.W. Kim // *Animals*. – 2021. – T. 11. – №. 12. – P. 3351.

360. Monachese M. Bioremediation and tolerance of humans to heavy metals through microbial processes: a potential role for probiotics? / M. Monachese, J.P. Burton, G. Reid // *Applied and environmental microbiology*. – 2012. – T. 78. – №. 18. – C. 6397-6404.

361. Montagne L. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals / L. Montagne, J.R. Pluske, D.J. Hampson // *Animal feed science and technology*. – 2003. – T. 108. – №. 1-4. – P. 95-117.

362. Morales-Lopez R. Use of yeast cell walls; Beta-1, 3/1, 6-glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets / R. Morales-Lopez, E. Auclair, F. Garcia, E. Esteve-Garcia, J. Brufau // *J. Poult Sci.* – 2009. – 88:601–607.

363. Morovat M. Dietary but not in ovo feeding of *Silybum marianum* extract resulted in an improvement in performance, immunity and carcass characteristics and decreased the adverse effects of high temperatures in broilers / M. Morovat, M. Chamine, A. Zarei. A.A. Sadeghi // *Br Poult Sci.* –2016. – 57(1):105-113.

364. Moss A. F. et al. Responses in digestibilities of macro-minerals, trace minerals and amino acids generated by exogenous phytase and xylanase in canola meal diets offered to broiler chickens // *Animal Feed Science and Technology*. – 2018. – T. 240. – C. 22-30.

365. Mountzouris K.C. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities / P. Tsirtsikos, E. Kalamara, S. Nitsch, G. Schatzmayr, K. Fegeros // *Poult Sci.* – 2007. – 86(2):309–317.

366. Mtei A. W. et al. Dietary inclusion of fibrous ingredients and bird type influence apparent ileal digestibility of nutrients and energy utilization // *Poultry Science*. – 2019. – T. 98. – №. 12. – C. 6702-6712.

367. Nadziakiewicza M. Physico-chemical properties of clay minerals and their use as a health promoting feed additive / M. Nadziakiewicza, S. Kehoe, P. Micek // *Animals*. – 2019. – 9:1–15.

368. Nanda R.K. An effective mannosylated chitosan nanoparticle DNA vaccine for FMD virus / R.K. Nanda, B.M. Edao, I.A. Hajam, S.C. Sekar, K. Ganesh, V. Bhanuprakash, S. Kishor // *Viol Sin.* – 2012. – 6:373–376.
369. Nereyda N.M. Molecular Mechanisms of Bacterial Resistance to Metal and Metal Oxide Nanoparticles / N.M. Nereyda, F.S.O. Marco, M.C. Gabriel-Alejandro, T.M. Fernando, R. Facundo // *Int J Mol Sci.* – 2019. – 20(11): 2808.
370. Neveling D. P. et al. Effect of a multi-species probiotic on the colonisation of Salmonella in broilers // *Probiotics and antimicrobial proteins.* – 2020. – T. 12. – C. 896-905.
371. Nikolaevich T. A. et al. Preclinical study of pharmacological activity of enterosorbente on the basis of montmorillonite // *Research Results in Pharmacology.* – 2017. – T. 3. – №. 3. – C. 37-54.
372. Oatway L. Phytic acid / L. Oatway, T. Vasanthan, J. Helm // *Food Reviews International.* – 2001. – T. 17. – №. 4. – P. 419-431.
373. Ochieng P. E. et al. Mycotoxins in poultry feed and feed ingredients from Sub-Saharan Africa and their impact on the production of broiler and layer chickens: a review // *Toxins.* – 2021. – T. 13. – №. 9. – P. 633.
374. Ognik K. The effect of administration of copper nanoparticles to chickens in drinking water on estimated intestinal absorption of iron, zinc, and calcium / K. Ognik, A. Stępniewska, E. Cholewińska, K. Kozłowski // *Poultry Science.* – 2016. – 95(9):2045-2051. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pew200>
375. Oguz H. A review from experimental trials on detoxification of aflatoxin in poultry feed / *Eurasian J Vet Sci.* – 2011. – 27:1–12.
376. Ohh S.J. Meta-analysis to draw the appropriate regimen of enzyme and probiotic supplementation to pigs and chicken diets // *Asian Australas J Anim Sci.* – 2011. – 24:573–586. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.r.06>
377. Onel S. E. et al. The Effects of Dietary Clinoptilolite Supplementation on Fattening Performance, Some Blood and Visceral Organ Parameters in Japanese Quails // *Brazilian Journal of Poultry Science.* – 2022. – T. 24. – P. eRBCA-2021-1466.

378. Oni, O. O., Alabi, J. O., Adewole, M. A., Adegbenjo, A. A. Effect of phytobiotics (mixture of garlic, ginger and Chaya leaf) on growth performance, haematological and biochemical indices of pullet chicks / O.O. Oni, J.O. Alabi, M.A. Adewole, A.A. Adegbenjo // Slovak Journal of Animal Science. – 2018. – 51(2). – P. 69-78.
379. Opinion S. Scientific Opinion on the efficacy of Bentonite (dioctahedral montmorillonite) for all species // EFSA J. – 2011. – 9:1–9
380. Oren, A. Valid publication of the names of forty-two phyla of prokaryotes / A. Oren, G.M. Garrity // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2021. – 71. – 005056. doi: 10.1099/ijsem.0.005056.
381. O'Riordan K. J. et al. Short chain fatty acids: microbial metabolites for gut-brain axis signalling // Molecular and Cellular Endocrinology. – 2022. – T. 546. – C. 111572.
382. Osman A. I. Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review / A.I. Osman, S. Fawzy, M. Farghali, M. El-Azazy, A.M. Elgarahy, R.A. Fahim, M.I.A. Abdel Maksoud, A.A. Ajlan, M. Yousry, Y. Saleem, D.W. Rooney // Environ Chem Lett. – 2022. – 20(4): 2385–2485. doi: 10.1007/s10311-022-01424-x
383. Otludil B. The Effects on Extracellular and Membrane in Amylase Production of the Tetradentate Schiff Base, Its Mn(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) Complexes and Metal Ions in *Bacillus subtilis* / B. Otludil, B. Ağuloğlu Otludil, R. Demir, V. Tolan, H. Temel // Biotechnol Biotec Eq. – 2005. – 2:105–110.
384. Ouhida I., Perez J.F., Gasa J., Puchal F. Enzymes (β -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barley-wheat based diets for broiler chickens / I. Ouhida, J.F. Perez, J. Gasa, F. Puchal // Br. Poult. Sci. – 2000. – 41:617–624. doi: 10.1080/713654974
385. Ouwehend A. C. et al. Probiotic approach to prevent antibiotic resistance // Annals of Medicine. – 2016. – T. 48. – №. 4. – C. 246-255.

386. Ouwehend A. C. Probiotics: an overview of beneficial effects / A.C. Ouwehend, S. Salminen, E. Isolauri // *J. Microbiol.* – 2003. – 41 (2). – P. 63–72.
387. Owusu-Asiedu A. Response of early weaned pigs to an enterotoxigenic *Echerichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic / A. Owusu-Asiedu, C.M. Nyachoti, R.R. Marquardt // *Journal of Animal Science.* – 2003. – 81, 1790–1798.
388. Pan D. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet / D. Pan, Z. Yu // *Gut Microb.* – 2014. – 5:108–119.
389. Papaioannou D. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: a review. / D. Papaioannou, P. Katsoulos, N. Panousis, H. Karatzias // *Microporous Mesoporous Mater.* – 2005. – 84:161–170. doi: 10.1016/j.micromeso.2005.05.030.
390. Pappas A.C. Effects of palygorskite on broiler performance, feed technological characteristics, and litter quality / A.C. Pappas, E. Zoidis, N. Theophilou, G. Zervas, K. Fegeros // *Appl. Clay Sci.* – 2010. – 49:276–280. doi: 10.1016/j.clay.2010.06.003.
391. Park S.H., Lee S.I., Ricke S.C. Microbial populations in naked neck chicken ceca raised on pasture flock fed with commercial yeast cell wall prebiotics via an illumina miseq platform / S.H. Park, S.I. Lee, S.C. Ricke // *PLoS One.* – 2016. – 11.
392. Parker R.B. Probiotics, the other half of the antibiotic story. *Anim Nutr Health.* – 1974. – 29:4–8.
393. Patterson J. A. Application of prebiotics and probiotics in poultry production / J.A. Patterson, K. Burkholder // *Poult. Sci.* – 2003. – vol. 82. – P. 627–631.
394. Pedersen R. Characterisation of gut microbiota in Ossabaw and Göttingen minipigs as models of obesity and metabolic syndrome / R. Pedersen, H.C. Ingerslev, M. Sturek, M. Alloosh, S. Cirera, B.O. Christoffersen, S.G. Moesgaard, N. Larsen, M. Boye // *PLoS One.* – 2013. – 8:e 0056612.

395. Peixoto R. S. Advances in microbiome research for animal health / R.S. Peixoto, D.M. Harkins, K.E. Nelson // Annual Review of Animal Biosciences. – 2021. – T. 9. – P. 289-311.
396. Phillipsoe A.T. Endogenous losses of nutrients. Symposium proceeding «Problems in the assessment of nutrient requirements». Two hundred and twenty-seventh scientific meeting ninetieth scottish meeting institute of biochemistry, Glasgo W University. – 1971. – Vol. 30. – P. 61-66.
397. Pieper R. Ecophysiology of the developing total bacterial and *Lactobacillus* communities in the terminal small intestine of weaning piglets / R. Pieper, P. Janczyk, A. Zeyner, H. Smidt, V. Guiard, W.B. Souffrant // Microb. Ecol. – 2008. – 56:474–483.
398. Podolian J. N. Effect of probiotics on the chemical, mineral, and amino acid composition of broiler chicken meat //Ukrainian journal of ecology. – 2017. – T. 7. – №. 1. – P. 61-65.
399. Popova T. Effect of probiotics in poultry for improving meat quality. Curr Opin Food Sci. 2017. – 14:72-77.
400. Possemiers S. The intestinal environment in health and disease-recent insights on the potential of intestinal bacteria to influence human health / S. Possemiers, C. Grootaert, J. Vermeiren, G. Gross, M. Marzorati, W. Verstraete, T. Van de Wiele // Curr. Pharm. Des. – 2009. – 15. – 2051-2065.
401. Pourabedin M. Prebiotics and gut microbiota in chickens / M. Pourabedin, X. Zhao // FEMS microbiology letters. – 2015. – T. 362. – №. 15. – P. 122.
402. Pozzo M.D. The effect of mycotoxins ad-sorbents beta glucans or montmorillonite on bovine ruminal fermentation in vitro / M.D. Pozzo, J. Viegas, G.V. Kozloski, C.M. Stefanello, A.M. Silveira, C. Bayer, J.M. Santurio // Acta Sci.Vet. – 2016. – 44:1342
403. Preira D.I. Caco-2 cellacquisition of dietary iron (III) invokes a nanoparticle at endocytic pathway / D.I. Pereira, B.I. Mergler, N. Faria // PLoS ONE. – 2013. – 8:81250.

404. Qi Lin. Rare earth oxide nanoparticles promote soil microbial antibiotic resistance by selectively enriching antibiotic resistance genes / Qi, Lin & Ge, Yuan & Xia, Tian & He, Ji-Zheng & Shen, Congcong & Jianlei, Wang & Liu, Yong-Jun. // *Environmental Science: Nano*. 2018. 6. 10.1039/C8EN01129J.
405. Rabee R.H.S. The study of different growth promoters on growth performance, intestinal bacteriology and haematological characteristics / R.H.S. Rabee, Y.S. Abdulameer // *Journal of Pure and Applied Microbiology*. – 2018. –12(4):2069-2076. doi: <http://dx.doi.org/10.22207/JPAM.12.4.43>
406. Rahimi S. Effect of a direct-fed microbial (Primalac) on structure and ultrastructure of small intestine in turkey poults / S. Rahimi, J.L. Grimes, O. Fletcher, E. Oviedo, B.W. Sheldon // *Poult Sci*. – 2010. – 88:491–503. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00272>
407. Rahman M. Effects of probiotics and enzymes on growth performance and haematobiochemical parameters in broilers / M. Rahman, A. Mustari, M. Sa-lauddin, M. Rahman // *J Bangladesh Agric Univ*. – 2013. – 11(1):111–118. <https://doi.org/10.3329/jbau.v11i1.18221>
408. Rahman M. M. Multifunctional Therapeutic Approach of Nanomedicines Against Inflammation in Cancer and Aging / M.M. Rahman, F. Islam, S. Af-sana Mim, M.S. Khan, M.R. Islam, M.A. Haque et al. // *J. Nanomater*. – 2022. – P. 1–19. doi: 10.1155/2022/4217529
409. Rahmatnejad E. Effect of dietary fibres on small intestine histomorphology and lipid metabolism in young broiler chickens / E. Rahmatnajad, A.A. Saki // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. – 2016. –100(4):665-72.
410. Ramirez S. Y. Effects of oregano (*Lippia organoides*) essential oil supplementation on the performance, egg quality, and intestinal morphometry of Isa Brown laying hens / S.Y. Ramirez, L.M. Peñuela-Sierra, M.A. Ospina // *Veterinary World*. – 2021. – T. 14. – №. 3. – P. 595.
411. Rathnayake I.V.N. Tolerance of heavy metals by gram positive soil bacteria / M. Megharaj, N. Bolan, R. Naidu // *Environ Eng*. – 2010. – 4:191-195.

412. Ravindran V. et al. Influence of an *Escherichia coli*-derived phytase on nutrient utilization in broiler starters fed diets containing varying concentrations of phytic acid // *Poultry Science*. – 2006. – T. 85. – №. 1. – P. 82-89.

413. Rebolé A. et al. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat-and barley-based diet // *Poultry Science*. – 2010. – T. 89. – №. 2. – P. 276-286.

414. Rehman H. et al. Effects of dietary inulin on the intestinal short chain fatty acids and microbial ecology in broiler chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis // *Poultry Science*. – 2008. – T. 87. – №. 4. – C. 783-789.

415. Rehman H.U. Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens / H.U. Rehman, W. Vahjen, W.A. Awad, J. Zentek // *Arch Anim Nutrit*. – 2007. – 61:319–35. 10.1080/17450390701556817

416. Rehman A. Multiple metal resistance and uptake by a ciliate, *Stylonychia mytilus*, isolated from industrial effluents and its possible use in wastewater treatment / A. Rehman, F.R. Shakoory, A.R. Shakoory // *Bull Environ Contam Toxicol*. – 2007. – 79(4):410-4.

417. Richards P. J. et al. Galacto-oligosaccharides modulate the juvenile gut microbiome and innate immunity to improve broiler chicken performance // *Msystems*. – 2020. – T. 5. – №. 1. – C. 10.1128/msystems. 00827-19.

418. Ricke S. C. et al. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome // *Poultry science*. – 2020. – T. 99. – №. 2. – C. 670-677.

419. Ricke S. C. Gastrointestinal microbiomes of broilers and layer hens in alternative production systems / S.C. Ricke, Jr. M.J. Rothrock // *Poultry science*. – 2020. – T. 99. – №. 2. – P. 660-669.

420. Rios A.C. et al. Alternatives to overcoming bacterial resistances: state-of-the-art // *Microbiol Res*. – 2016. – 191:51–80.

421. Ripon M.M.R. et al. Dose-dependent response to phytobiotic supplementation in feed on growth, hematology, intestinal pH, and gut bacterial load in

broiler chicken // Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. – 2019. – 6(2):253-259. doi: <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f341>

422. Robbins K. R. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis / K.R. Robbins, A.M. Saxton, L.L. Southern // Journal of animal science. – 2006. – T. 84. – 13. – P. E155-E165.

423. Roberfroid M. Prebiotics: The concept revisited, J. Nutr. – 2007. – vol. 137. – P. 830S-837S.

424. Rocha G.C et al. Evaluation of zeolite levels in diets for swine in the growing and finishing phases // R. Bras. Zootec. – 2012. – 41:111–117. doi: 10.1590/S1516-35982012000100017.

425. Romero-Garcia S. Homolactic fermentation from glucose and cellobiose using *Bacillus subtilis*. / S. Romero-Garcia, C. Hernández-Bustos, E. Merino, G. Gosset, A. Martinez // Microb Cell Fact. – 2009. – 8:23. doi:10.1186/1475-2859-8-23.

426. Roselli M. Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results / M. Roselli, A. Finamore, M.S. Britti, P. Bosi, I. Oswal, E. Mengheri // Animal Research. –2005. – 54, 203–218.

427. Rusakova E. Comparative evaluation of acute toxicity of nanoparticles of zinc, copper and their nanosystems using *Styloynchia mytilus*. / E. Rusakova, D. Kosyan, E. Sizova, S. Miroshnikov, O. Sipaylova // Oriental Journal of Chemistry. – 2015. – 31:105-112

428. Ryabinina E. I. Comparative assessment detoxification efficiency natural organic enterosorbents / E.I. Ryabinina, E.E. zotova // Applied Information Aspects of Medicine (Prikladnye informacionnye aspekty mediciny). – 2021. – T. 24. – №. 2. – C. 46-50.

429. Sadatti M.A.Y. Effects of daily temperature fluctuations on growth and hematology of juvenile *Acipenser baerii*. / M.A.Y. Sadati, M. Pourkazemi, M. Shakuria et al. // J Appl Ichthyol. – 2011. – 27p.

430. Salazar N. et al. Inulin-type fructans modulate intestinal Bifidobacterium species populations and decrease fecal short-chain fatty acids in obese women // Clin Nutr. – 2015. – 34:501-7.

431. Saleh A.A. et al. The modification of the muscle fatty acid profile by dietary supplementation with aspergillus awamori in broiler chickens // Br J Nutr. – 2012. – 108:1596–1602.

432. Salem F.A.F. Effect of bentonite supplementation on nutrients digestibility; rumen fermentation; some blood physiological parameters and performance of growing lambs / F.A.F. Salem, H. El-Amary, S.H. Hassanin / Egypt J Nutr Feed. – 2001. – 4:179–91.

433. Salem R. et al. Effect of probiotic supplement on aflatoxicosis and gene expression in the liver of broiler chicken // Environmental toxicology and pharmacology. – 2018. – T. 60. – P. 118-127.

434. Salvo J. Role of copper nanoparticles in wound healing for chronic wounds: literature review / J. Salvo, C. Sandoval // Burns & Trauma. – 2022. – T. 10. – P. tkab047.

435. Sawosz E. et al. Effect of copper nanoparticles on the mineral content of tissues and droppings, and growth of chickens // Arch Anim Nutr. – 2018. – 72(5):396-406. doi: <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1505146>

436. Sayler G.S. Field applications of genetically engineered microorganisms for bioremediation processes / G.S. Sayler, S. Ripp // Curr. Opin. Biotechnol. – 2000. – №11. – P. 286-289.

437. Scaldaferri F. et al. The gut barrier: new acquisitions and therapeutic approaches // J Clin Gastroenterol. – 2012. – 46:12–17. <https://doi.org/10.1097/MCG.0b013e31826ae849>

438. Schivone A. Effects of a natural extract of chestnut wood on digestibility, performance traits, and nitrogen balance of broiler chicks / A. Schiavone, K. Guo, S. Tassone, L. Gasco, E. Hernandez, R. Denti, I. Zaccarato // Poultry Science. – 2008. – V. 87(3). – P.521-527. doi: 10.3382/ps.2007-00113

439. Schrezenmeir J. Probiotics, prebiotics and synbiotics - approaching a definition / J. Schrezenmeir, M. Dr Vrese // *Am Soc Clin Nutr.* – 2001. – 73:361S–364S. doi: 10.1093/ajcn/73.2.361s.
440. Schwaller D. Zeolite A effect on calcium homeostasis in growing goats / D. Schwaller, M.R. Wilkens, A. Liesegang // *J Anim Sci.* – 2016. – 94:1576–86. 10.2527/jas.2015-9690
441. Scott A. et al. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: a review // *Nanotechnology Reviews.* – 2018. – T. 7. – №. 1. – C. 69-93.
442. Scupham A.J. et al. Abundant and diverse fungal microbiota in the murine intestine // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2006. – 72:793–801.
443. Selle P. H. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets / P.H. Selle, V. Ravindran, G.G. Partridge // *Animal Feed Science and Technology.* – 2009. – T. 153. – №. 3-4. – P. 303-313.
444. Selvanathan L. et al. Determination of *Streptomyces* Probiotics Oral Administration in Broiler Chicken // *Biosafety Assessment of Probiotic Potential.* – New York, NY : Springer US. – 2022. – P. 287-297.
445. Shakouri M. D. et al. Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation // *Journal of animal physiology and animal nutrition.* – 2009. – №. 5. – C. 647-658.
446. Sharvadze R. Influence of zeolites of different deposits on egg production of chickens / R. Sharvadze, S. Sukhanova, K. Babukhadia // *International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”.* – Cham: Springer International Publishing, 2022. – P. 70-78.
447. Shehata A. A. et al. Restoring healthy gut microbiome in poultry using alternative feed additives with particular attention to phytogenic substances: Challenges and prospects // *Ger. J. Vet. Res.* – 2022. – T. 2. – C. 32-42.

448. Shi L. G. et al. Effect of elemental nano-selenium on feed digestibility, rumen fermentation, and purine derivatives in sheep // *Animal Feed Science and Technology*. – 2011. – 163: 136-142.
449. Shi Y.H., Efficacy of two different types of montmorillonite to reduce the toxicity of aflatoxin in pigs / Y.H. Shi, Z.R. Xu, C.Z. Wang, Y. Sun // *N. Z. J. Agric. Res.* – 2007. – 50:473–478. doi: 10.1080/00288230709510315
450. Simmering R. Pro- and prebiotics – the tasty guardian angels? / R. Simmering, M. Blaut // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2001. – 55:19–28.
451. Simoes M. Understanding antimicrobial activities of phytochemicals against multidrug resistant bacteria and biofilms / M. Simoes, R.N. Bennett, E.A. Rosa // *Natural Product Reports*. – 2009. – V.26 (6). – P.746-757. doi: 10.1039/B821648G
452. Simon O. Microorganisms as Feed Additive-Probiotics / O. Simon, W. Vahjen, L. Scharek // *Proc. 9 th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Banff, Canada. V 2003.* – 1: 295-318.
453. Singh P. et al. Influence of penicillin on microbial diversity of the ce- cal microbiota in broiler chickens // *Poult Sci.* – 2013. – 92:272–276.
454. Sinol S. et al. Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology // *Res Vet Sci.* – 2012. – 93:264–268. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.021>
455. Sizentcov A. Biototoxicity of heavy metal salts to *Bacillus subtilis* and their sorption properties / A. Sizentcov, E. Sal'nikova, E. Barysheva, Ya. Sizentcov, V. Sal'nikova // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – 157. – 02012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702012>.
456. Sizentsov A. The use of probiotic preparations on basis of bacteria of a genus *Bacillus* during intoxication of lead and zinc / A. Sizentsov, O. Kvan, A. Vishnyakov, A. Babushkina, E. Drozdova // *Life Science Journal*. – 2014. –11(10). – P. 18-20.

457. Sizentsov A. Effectiveness of combined use of antibiotics, essential metals and probiotic bacterial strain complexes against multidrug resistant pathogens / A. Sizentsov, Yu. Mindolina, E. Barysheva, P. Ponomareva, E. Kunavina, T. Levenets, A. Dudko, O. Kvan // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. – 2020. – Vol. 10. Issue 1. – P. 4830 – 4836.

458. Sizentsov A. Effectiveness of combined use of antibiotics, essential metals and probiotic bacterial strain complexes against multidrug resistant pathogens / A. Sizentsov, Yu. Mindolina, E. Barysheva, P. Ponomareva, E. Kunavina, T. Levenets, A. Dudko, O. Kvan // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. – 2020. – 10 (1). – P. 4830 – 4836.

459. Sizentsov A. N. Efficacy of probiotic preparations with zinc intoxication // *Journal of veterinary medicine*. – 2013. – Vol. 65. – No. 2. – P. 34-36

460. Sizova E. A. et al. Element status in rats at intramuscular injection of iron nanoparticles // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2015. – №. S2. – C. 119.

461. Sizova E. Assessment of morphological and functional changes in organs of rats after intramuscular introduction of iron nanoparticles and their agglomerates. / E. Sizova, S. Miroshnikov, E. Yausheva, V. Polyakova // *BioMed Research International*. – 2015. – T. 2015. – P. 243173.

462. Sizova E. Use of nanoscale metals in poultry diet as a mineral feed additive / E. Sizova, S. Miroshnikov, S. Lebedev, B. Usha, S. Shabunin // *Animal Nutrition*. – 2019.

463. Sizova E. Influence of Cu10x copper nanoparticles intramuscular injection on mineral composition of rat spleen / E. Sizova, S. Miroshnikov, A. Skalny, N. Glushchenko // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2011. – 25 (Suppl 1): 84-89

464. Sizova E.A. On the prospects of nanopreparations based on the alloys of trace elements-antagonists (for example, Fe and Co) / E.A. Sizova, S.A. Miroshnikov, S.V. Lebedev, A.V. Kudasheva, N.I. Ryabov // *Agricultural Biology*. – 2016. – 51(4):553-562. doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.553eng

465. Sizova E.A. Comparative tests of ultradisperse alloy, salts and organic forms of Cu and Zn as sources of trace elements in the feeding of broiler chickens / E.A. Sizova, S.A. Miroshnikov, S.V. Lebedev, Y.I. Levakhin, I.A. Babicheva, V.I. Kosilov // *Agricultural Biology*. – 2018. – 53(2):393-403. doi: 10.15389/agrobiology.2018.2.393eng
466. Skrypnik K. Association between the gut microbiota and mineral metabolism. / Skrypnik K, Suliburska J. // *J Sci Food Agric*. – 2018. – 98(7):2449-2460. doi: 10.1002/jsfa.8724.
467. Skrypnik K. Association between the gut microbiota and mineral metabolism: Gut microbiota and mineral metabolism // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2017. – 98. 10.1002/jsfa.8724.
468. Śliżewska K. et al. The effect of probiotic supplementation on performance and the histopathological changes in liver and kidneys in broiler chickens fed diets with aflatoxin B1 // *Toxins*. – 2019. – T. 11. – №. 2. – C. 112.
469. Smirnov A. et al. Mucin dynamics and microbial population in chicken small intestine are changed by dietary probiotic and antibiotic growth promoter supplementation // *J Nutr*. – 2005. – 135:187–192
470. Son A. R., Effects of dietary cellulose on the Basal endogenous loss of phosphorus in growing pigs / A.R. Son, B.G. Kim // *Asian-Australas J. Anim. Sci*. – 2015. – 28(3), 369-73.
471. Song M. et al., Dietary clays alleviate diarrhea of weaned pigs // *J Anim Sci*. – 2012. – 90:345–60. 10.2527/jas.2010-3662
472. Soomro R. Y. et al. Significance of endogenous amino acid losses in the nutrition of some Poultry species: A REVIEW // *Journal of Animal and Plant Sciences*. – 2018. – 28. – 1547-1557
473. Soumaoro I. et al. Health risk assessment of heavy metal accumulation in broiler chickens and heavy metal removal in drinking water using *Moringa oleifera* seeds in Lomé, Togo // *Journal of Health Pollution*. – 2021. – №. 31. – C. 210911.
474. Sperti GS. Probiotics. West Point (CT): AVI Publishing Co, 1971.

475. Stolarczyk A. Rola probiotyków i prebiotyków w profilaktyce i leczeniu zespołu metabolicznego u dzieci i młodzieży / A. Stolarczyk, Z. Libudzisz, P. Socha, J. Socha // *Standardy Medyczne*. – 2008. – 2. – P.175-171
476. Stolz J. et al. Arsenic and selenium in microbial metabolism // *Annu. Rev. Microbiol.* – 2006. – 60. – 107–130.
477. Su Y.B. et al. The effect of inclusion level of soybean oil and palm oil on their digestible and metabolizable energy content determined with the difference and regression method when fed to growing pigs // *Asian-Australas J Anim Sci.* – 2015. – 28:1751–9.
478. Subramanian K.S. Prospects of nanotechnology in Indian farming / K.S. Subramanian, J.C. Tarafdar // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2011. – 81: 887-893.
479. Sun B. The development of the gut microbiota and short-chain fatty acids of layer chickens in different growth periods / B. Sun, L. Hou, Y. Yang // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – T. 8. – P. 666535.
480. Sun Shuo et al. In Vitro and In Vivo Testing to Determine Cd Bioaccessibility and Bioavailability in Contaminated Rice in Relation to Mouse Chow // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2019. – 16, 871.
481. Suriano F. et al. Fat binding capacity and modulation of the gut microbiota both determine the effect of wheat bran fractions on adiposity // *Scientific reports*. – 2017. – T. 7. – №. 1. – C. 5621.
482. Sutovsky P. Biomarker-based nanotechnology for the improvement of reproductive performance in beef and dairy cattle / P. Sutovsky, C.E. Kennedy // *Industrial Biotechnology*. – 2013. – 9(1):24–30.
483. Takaishi H. et al. Imbalance in intestinal microflora constitution could be involved in the pathogenesis of inflammatory bowel disease // *Int. J. Med. Microbiol.* – 2008. – 298, 463–472
484. Tako E. et al. Dietary inulin affects the expression of intestinal enterocyte iron transporters, receptors and storage protein and alters the microbiota in the pig intestine // *British Journal of Nutrition*. – 2008. – T. 99. – №. 3. – P. 472-480.

485. Tamang J. P. et al. Functional properties of microorganisms in fermented foods // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – T. 7. – C. 578.
486. Tarradas J. et al. The control of intestinal inflammation: A major objective in the research of probiotic strains as alternatives to antibiotic growth promoters in poultry // *Microorganisms*. – 2020. – T. 8. – №. 2. – P. 148.
487. Taylor S. et al. Synthesis and characterization of peptide-functionalized polymeric nanoparticles // *Biomacromolecules*. – 200. – 5: 245-248.
488. Teemu H. Reversible surface binding of cadmium and lead by lactic acid and bifidobacteria / H. Teemu, S. Seppo, M. Jussi, T. Raija, L. Kalle // *Int. J. Food Microbiol.* – 2008. – №125. – P. 170-175.
489. Teitelbaum J. E. Nutritional impact of pre-and probiotics as protective gastrointestinal organisms / J.E. Teitelbaum, W.A. Walker // *Annual review of nutrition*. – 2002. – T. 22. – №. 1. – P. 107-138.
490. Tellez G. Digestive Physiology and the Role of Microorganisms / G. Tellez, S.E. Higgins, A.M. Donoghue, B.M. Hargis // *Informal nutrition symposium. Poultry Science Association*. – 2006. – P. 136-144.
491. Temiraev R. B. et al. Effect of adsorbents in diets on production efficiency of broiler with high nutritional and ecological characteristics // *Journal of livestock science*. – 2020. – P. 11.
492. Teng P. Y. et al. Effects of combination of mannan-oligosaccharides and β -glucan on growth performance, intestinal morphology, and immune gene expression in broiler chickens // *Poultry Science*. – 2021. – T. 100. – №. 12. – P. 101483.
493. Tishin A. N. et al. Physico-chemical properties of montmorillonite clays and their application in clinical practice // *Research Results in Pharmacology*. – 2017. – T. 3. – №. 2. – P. 119-128.
494. Tkachenko A.G. Stress Responses of Bacterial Cells as Mechanism of Development of Antibiotic Tolerance // *Applied Biochemistry and Microbiology*. – 2018. – 54 (2). – P. 108–12

495. Tompkins G. R. The effects of dietary ferric iron and iron deprivation on the bacterial composition of the mouse intestine / G.R. Tompkins, N.L. O'Dell, I.T. Bryson, C.B. Pennington // *Curr. Microbiol.* – 2001. – 43, 38–42.

496. Toprak N.N. Effect of micronized zeolite addition to lamb concentrate feeds on growth performance and some blood chemistry and metabolites / N.N. Toprak, A. Yilmaz, E. Öztürk, O. Yigit, F. Cedden // *South Afr J Animal Sci.* – 2016. – 46:313–320. 10.4314/sajas.v46i3.11.

497. Torok V.A. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance / V.A. Torok, G.E. Allison, N.J. Percy, K. Ophel-Keller, R.J. Hughes // *Appl Environ Microbiol.* – 2011. – 77:3380–3390.

498. Trckova M. Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks / M. Trckova, L. Matlova, L. Dvorska, I. Pavlik // *Vet Med.* – 2004. – 49:389–99. 10.17221/5728-VETMED

499. Trckova M. The effect of dietary bentonite on post-weaning diarrhoea, growth performance and blood parameters of weaned piglets / M. Trckova, H. Prikrylova Vondruskova, Z. Zraly, Z. Sramkova Zajacova, V. Kummer, P. Alexa // *Appl. Clay Sci.* – 2014. – 90:35–42. doi: 10.1016/j.clay.2013.11.009

500. Tuohy K. M. et al. Modulation of the human gut microflora towards improved health using prebiotics-assessment of efficacy // *Current pharmaceutical design.* – 2005. – T. 11. – №. 1. – P. 75-90.

501. Turrone F. Human gut microbiota and bifidobacteria: from composition to functionality / F. Turrone, A. Ribbera, E. Foroni, D. van Sinderen, M. Ventura // *Antonie van Leeuwenhoek.* – 2008. – 94, 35-50.

502. Uribe C. Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review / C. Uribe, H. Folch, R. Enriquez, G. Moran // *Vet. Med.* – 2011. – 56 486–503

503. Utlu N. The effects of natural zeolite supplementation to diet on serum element concentrations in laying hens / N. Utlu, S. Celebi, O. Yücel // *Revue de Médecine Vétérinaire.* – 2007. – 158:598–602.

504. Vahjen W. Increased dietary zinc oxide changes the bacterial core and enterobacterial composition in the ileum of piglets / W. Vahjen, R. Pieper, J. Zentek // J Anim Sci. – 2011. – 89(8):2430-2439. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3270>
505. van der Hee B. Microbial regulation of host physiology by short-chain fatty acids / B. van der Hee, J.M. Wells // Trends in Microbiology. – 2021. – T. 29. – №. 8. – P. 700-712.
506. van der Wielen P. W. J. J. et al. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth // Applied and environmental microbiology. – 2000. – T. 66. – №. 6. – P. 2536-2540.
507. Van Heugten E. et al. Effects of organic forms of zinc on growth performance, tissue zinc distribution, and immune response of weanling pigs // Journal of Animal Science. – 2003. – 81, 2063–2067.
508. Van Loo J. et al. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet // Critical Reviews in Food Science & Nutrition. – 1995. – T. 35. – №. 6. – P. 525-552.
509. Varankovich N.V. Probiotic-based strategies for therapeutic and prophylactic use against multiple gastrointestinal diseases / N.V. Varankovich, M.T. Nickerson, D.R. Korber // Front Microbiol. – 2015. – 6:685. doi: 10.3389/fmicb.2015.00685.
510. Veerapandian M. Glucosamine functionalized copper nanoparticles: Preparation, characterization and enhancement of anti-bacterial activity by ultraviolet irradiation / M. Veerapandian, S. Sadhasivam, J. Choi, K. Yun // Chemical Engineering Journal. – 2012. – 209:558-567. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.08.054>
511. Vera J.M. et al. Probiotic bacteria comprising metals, metal nanoparticles and uses thereof. WO/2014/206969A1 WIPO (PCT), 2014.
512. Vergin F. Anti- und Probiotica. Hipokrates. 1954. – 25:116–119.

513. Vila-Donat P. New mycotoxin adsorbents based on tri-octahedral bentonites for animal feed / P. Vila-Donat, S. Marín, V. Sanchis, J.A. Ramos // *Anim. Feed Sci. Technol.* – 2019. – 255:114228. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114228.
514. Vulevic J. et al. Influence of galacto-oligosaccharide mixture (B-GOS) on gut microbiota, immune parameters and metabolomics in elderly persons // *Br J Nutr.* – 2015. – 114:586-95.
515. Waite D.W. Exploring the avian gut microbiota: current trends and future directions / D.W. Waite, M. Taylor // *Front Microbiol.* – 2015. – 6:673. 10.3389/fmicb.2015.00673.
516. Walton G.E. et al. A randomised crossover study investigating the effects of galacto-oligosaccharides on the faecal microbiota in men and women over 50 years of age // *Br J Nutr.* – 2012. – 107:1466-75;
517. Walugembe M. et al. Effects of dietary fiber on cecal short-chain fatty acid and cecal microbiota of broiler and laying-hen chicks // *Poultry Science.* – 2015. – T. 94. – №. 10. – P. 2351-2359.
518. Wang J.J. et al. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation // *Journal of Nutrition.* – 2009. – 138, 1025–1032.
519. Wang J.P. Effects of montmorillonite clay on growth performance, nutrient digestibility, vulva size, faecal microflora, and oxidative stress in weaning gilts challenged with zearalenone / J.P. Wang, F. Chi, I.H. Kim // *Anim Feed Sci Technol.* – 2012. – 178:158–66. 10.1016/j.anifeedsci.2012.09.004
520. Wang M.Q. Chitosan nanoparticles loaded copper ions affect growth performance, immunity and antioxidant indices of weaned piglets / M.Q. Wang, S.S. Ye, Y.J. Du, W.J. Tao, X. Xie // *Chin J Anim Nutr.* – 2011. – 10:1806–1811. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2011.10.022
521. Wang Y. et al. Simultaneous degradation of aflatoxin B1 and zearalenone by a microbial consortium // *Toxicon.* – 2018. – 146:69–76. doi: 10.1016/j.toxicon.2018.04.007

522. Wang M. Human microbiota-associated swine: Current progress and future opportunities / M. Wang, S.M. Donovan // *ILAR J.* – 2015. – 56:63–73.
523. Weaver C.M. et al. Galactooligosaccharides improve mineral absorption and bone properties in growing rats through gut fermentation // *J. Ag. Food Chem.* – 2011. – 59:6501–6510.
524. Weaver C.M. Novel fibers Increase bone calcium content and strength beyond efficiency of large intestine fermentation / C.M. Weaver, B.R. Martin, J.A. Story, I. Hutchinson, L. Sanders // *J. Ag. Food Chem.* – 2010. – 58:8952–8957.
525. Weigand E. Total true efficiency of zinc utilization: determination and homeostatic dependence upon the zinc supply status in young rats / E. Weigand, M. Kirchgessner // *The Journal of nutrition.* – 1980. – T. 110. – №. 3. – P. 469-480.
526. Wen L. et al. Innate immunity and intestinal microbiota in the development of type 1 diabetes // *Nature.* – 2008. – 455, 1109–1113.
527. Wessels I. Dietary and physiological effects of zinc on the immune system / I. Wessels, H.J. Fischer, L. Rink // *Annual review of nutrition.* – 2021. – 41. – P. 133-175.
528. Wilson, T. H. *Intestinal Absorption* Ch. 5. Philadelphia London: W. B. Saunders Company, 1962.
529. Windisch W. Interaction of chemical species with biological regulation of the metabolism of essential trace elements // *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* – 2002. – 372. – P. 421-425.
530. Wu Q.J. The effects of natural and modified clinoptilolite on intestinal barrier function and immune response to LPS in broiler chickens / Q.J. Wu, Y.M. Zhou, Y.N. Wu, L.L. Zhang, T. Wang // *Vet. Immunol. Immunopathol.* – 2013. – 153:70–76. doi: 10.1016/j.vetimm.2013.02.006.
531. Wu M. Decontamination of multiple heavy metals-containing effluents through microbial biotechnology / M. Wu, J. Liang, J. Tang, G. Li, S. Shan, Z. Guo, L. Deng // *J Hazard Mater.* – 2017. – 5;337:189-197. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.05.006.

532. Xi Y. et al. Characteristics of the intestinal flora of specific pathogen free chickens with age // *Microbial pathogenesis*. – 2019. – T. 132. – C. 325-334.

533. Xia M.S. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers / M.S. Xia, C.H. Hu, Z.R. Xu // *Poult. Sci.* – 2004. – 83:1868–1875. doi: 10.1093/ps/83.11.1868.

534. Xiao S. S. et al. Microbial diversity and community variation in the intestines of layer chickens // *Animals*. – 2021. – T. 11. – №. 3. – P. 840.

535. Yamada K. T. et al. Effect of Dietary Fiber on the Lipid Metabolism and Immune Function of Aged Sprague-Dawley Rats // *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. – 2003. – 67. 429-33. 10.1271/bbb.67.429.

536. Yan F. F. Bacillus subtilis based probiotic improved bone mass and altered brain serotonergic and dopaminergic systems in broiler chickens / F.F. Yan, W.C. Wang, H.W. Cheng // *Journal of Functional Foods*. – 2018. – T. 49. – P. 501-509.

537. Yan H. Dietary fat content and fiber type modulate hind gut microbial community and metabolic markers in the pig / H. Yan, R. Potu, H. Lu et al. // *PLoS One*. – 2013. – 8:e59581.

538. Yang J. et al. Gastrointestinal microbiome and breast cancer: correlations, mechanisms and potential clinical implications // *Breast Cancer*. 2017. – 24(2):220–228. <https://doi.org/10.1007/s12282-016-0734-z>

539. Yang J. Effects of chromium-enriched Bacillus subtilis KT260179 supplementation on chicken growth performance, plasma lipid parameters, tissue chromium levels, cecal bacterial composition and breast meat quality / Yang J., Qian K., Zhang W., Xu Y., Wu Y // *Lipids Health Dis.* – 2016. – 8;15(1):188.

540. Yang S. et al. Compound probiotics alleviate cadmium-induced intestinal dysfunction and microbiota disorders in broilers // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2022. – T. 234. – P. 113374.

541. Yang T. Effects of different sources and levels of Vitamin D3 on performance, eggshell quality and tibial quality of laying hens / T. Yang, Y.N. Gan,

Z.F. Song, T.T. Zhao, Y.S. Gong // *Chin J Anim Nutr.* – 2014. – (3):659–666. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2014.03.015.

542. Yaqoob M. U. An updated review on probiotics as an alternative of antibiotics in poultry—A review / M.U Yaqoob, G. Wang, M. Wang // *Animal bio-science.* – 2022. – 35 (8) – P. 1109.

543. Yaqoob M.U. et al. The potential mechanistic insights and future implications for the effect of prebiotics on poultry performance, gut microbiome, and intestinal morphology // *Poultry Science.* – 2021. – 101143. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101143>.

544. Yason C. V. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology / C.V. Yason, B.A. Summers, K.A. Schat // *American journal of veterinary research.* – 1987. – 48(6). – P. 927-938.

545. Yastrebova O. N. et al. New biological active additive DBA Fitos for poultry farming development // *AIP Conference Proceedings.* – AIP Publishing, 2022. – 2467 (1).

546. Yausheva E. Intestinal microbiome of broiler chickens after use of nanoparticles and metal salts / E. Yausheva, S. Miroshnikov, E. Sizova // *Environ Sci Pollut Res Int.* – 2018. doi: 10.1007/s11356-018-1991-5.

547. Yausheva E. Influence of zinc nanoparticles on survival of worms *Eisenia fetida* and taxonomic diversity of the gut microflora / E. Yausheva, E. Sizova, S. Lebedev, A. Skalny, S. Miroshnikov, A. Plotnikov, Y. Khlopk, N. Gogoleva N, S. Cherkasov // *Environ Sci Pollut Res Int.* – 2016. – 23(13):13245-54.

548. Yin D. et al. Insights into the proteomic profile of newly harvested corn and metagenomic analysis of the broiler intestinal microbiota // *Journal of Animal Science and Biotechnology.* – 2022. – 13(1). – P. 26.

549. You Z.T. Effects of nano zinc oxide on performance, diarrhea, intestinal microflora and permeability of weanling pigs / Z.T. You, C.H. Hu, J. Song, Z.S. Luan // *Chin J Anim Sci (Nutr feedstuffs).* – 2012. – 21:43–46.

550. Yinglong Su. Metallic nanoparticles induced antibiotic resistance genes attenuation of leachate culturable microbiota: The combined roles of growth inhibition, ion dissolution and oxidative stress / Su. Yinglong, Wu. Dong, Xia Huipeng, Z. Congyan, Sh. Jianhong, J. Kevin et al. // *Environment International*. –2019. – 128. – P. 407-416
551. Yulistiani R. Prevalence of antibiotic-resistance enterobacteriaceae strains isolated from chicken meat at traditional markets in Surabaya, Indonesia / R. Yulistiani, D. Praseptiangga, D. Raharjo, T. Shirakawa // *IOP Publishing*. – 2017. – 193. – P. 012007.
552. Xu Y. ISCR2 is associated with the dissemination of multiple resistance genes among *Vibrio* spp. and *Pseudoalteromonas* spp. isolated from farmed fish / Y. Xu, C. Wang, G. Zhang, J. Tian, Y. Liu, X. Shen, J. Feng // *Arch Microbiol*. – 2017. – 199(6):891-896.
553. Zha L. Chromium (III) nanoparticles affect hormone and immune responses in heat-stressed rats / L. Zha, J. Zeng, S. Sun, H. Deng, H. Luo, W. Li // *Biological Trace Element Research*. – 2009. – 129: 157-169.
554. Zhai Q. Dietary strategies for the treatment of cadmium and lead toxicity / Q. Zhai, A. Narbad, W. Chen // *Nutrients*. – 2014. – 7(1). – P. 552-571.
555. Zhang Y. et al. The development of the gastrointestinal tract microbiota and intervention in neonatal ruminants // *Animal*. – 2021. – 15(8). – P. 100316.
556. Zhang Z.F. Effects of *Bacillus subtilis* UBT-MO2 on growth performance, relative immune organ weight, gas concentration in excreta, and intestinal microbial shedding in broiler chickens / Z.F. Zhang, J.H. Cho, I.H. Kim // *Livest Sci*. – 2013. – 155:343–347. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.02>
557. Zhang Q. A pig model of the human gastrointestinal tract / Q. Zhang, G. Widmer, S. Tzipori // *Gut Microbes*. – 2013. – 4:193–200.
558. Zhao D. Iodine from bacterial iodide oxidization by *Roseovarius* spp. inhibits the growth of other bacteria / D. Zhao, C.P. Lim, K. Miyanaga, Y. Tanji // *Microbiol Biotechnol*. – 2013. – 97:2173–2182.

559. Zhao H.Y. et al. Excess of dietary montmorillonite impairs growth performance, liver function, and antioxidant capacity in starter pigs // *J Anim Sci.* – 2017. – 95:2943–51. 10.2527/jas2016.1277

560. Zhao J. B. Evaluation of available energy and total tract digestibility of acid-hydrolyzed ether extract of cottonseed oil for growing pigs by the difference and regression methods / J.B. Zhao, Z.C. Li, M.B. Lyu, L. Liu, X.S. Piao, D.F. Li // *Asian-Australas J Anim Sci.* – 2017. – 30:712–9.

561. Zhao L.Y. Efficacy of trivalent chromium on growth performance, carcass characteristics and tissue chromium in heat-stressed broiler chicks / L.Y. Zha, J.W. Zeng, X.W. Chu, L.M. Mao, H.J. Luo // *J. Sci. Food Agric.* – 2009. – 89:1782-1786. doi:10.1002/jsfa.3656

562. Zhao P.Y. Effect of dietary lactulose supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, and excreta microflora in broilers / P.Y. Zhao, H.L. Li, M. Mohammadi, I.H. Kim // *Poult Sci.* – 2016. –95(1):84-9. doi: 10.3382/ps/pev324.

563. Zheng P. et al. Gut microbiome and metabolomics profiles of allergic and non-allergic childhood asthma // *Journal of Asthma and Allergy.* – 2022. – P. 419-435.

564. Zhu Y.Y. The gut microbiota in young and middle-aged rats showed different responses to chicken protein in their diet / Y.Y. Zhu, H. Li, X.L. Xu, C.B. Li, G.H. Zhou // *BMC Microbiol.* – 2016. – 16:281.

565. Zilberstein B. et al. Digestive tract microbiota in healthy volunteers // *Clinics.* – 2007. – 62, 47-54.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1 – Состав и содержание отдельных тканей и органов подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Мышечная ткань				
Вода	73,8±2,36	74,3±2,11	73,0±1,89	72,7±2,17
Сухое вещество	26,2±2,11	25,7±1,89	26,9±1,11	27,3±1,32
Жир	1,96±0,36	1,70±0,21	1,91±0,11	3,31±0,68 ^{a b}
Протеин	23,2±1,21	23,1±2,11	24,1±1,89	22,9±2,11
Зола	0,98±0,03	0,98±0,02	0,98±0,03	0,97±0,01
Мясокостная ткань				
Вода	64,4±1,89	61,4±2,11	60,1±1,89	55,3±2,11 ^a
Сухое вещество	35,6±1,32	38,5±1,86	39,9±2,11	44,7±1,89 ^{a b}
Жир	9,88±0,68	11,6±0,78	10,7±0,26	12,6±1,11 ^a
Протеин	18,9±1,12	18,3±1,32	18,9±1,11	21,9±0,26 ^{a b}
Зола	6,79±0,36	8,52±0,69	10,3±0,72 ^{a b}	10,2±0,69 ^{a b}
Внутренние органы				
Вода	70,1±2,31	66,4±3,11	63,4±2,89	62,9±3,11 ^a
Сухое вещество	9,08±1,11	10,8±1,23	13,6±1,11 ^{a b}	12,5±0,89 ^a
Жир	29,9±2,32	33,6±1,89	36,6±0,98 ^a	37,1±0,65 ^a
Протеин	19,9±1,09	21,9±1,11	22,2±1,32	23,8±2,11
Зола	0,91±0,05	0,89±0,04	0,86±0,01	0,88±0,02
Кожа				
Вода	54,2±1,36	51,4±1,11	38,3±1,25 ^{a b}	47,3±2,11
Сухое вещество	45,8±3,22	48,7±1,68	61,7±1,11 ^{a b}	52,7±2,11
Жир	29,1±1,23	32,7±0,69	49,6±0,58 ^{a b}	37,2±0,32 ^a
Протеин	16,0±0,69	15,3±0,72	11,6±0,68 ^{a b}	14,9±0,87
Зола	0,71±0,08	0,67±0,02	0,5±0,01 ^{a b}	0,63±0,02

Примечание:

a – достоверные изменения с K₁ (p≤0,05).

b – достоверные изменения с K₂ (p≤0,05).

Приложение 2 – Результаты контрольного убоя цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса	2104,0±192,1	2059,3±15,7	1968,0±62,4	1961,3±147,4
Полупотрошенная тушка	1934,1±181,6	1902,8±25,2	1817,8±58,4	1811,1±136,7
Потрошенная тушка	1593,1±157,5	1555,3±35,1	1516,0±62,6	1479,2±126,8
Мышечная ткань	1011,9±138,9	959,1±21,5	988,1±69,7	1024,0±115,3
Костная ткань	584,0±20,0	541,3±18,3	490,0±49,3 ^a	437,3±75,4 ^{a b}
Съедобная часть	1360,6±178,3	1373,1±38,5	1335,8±98,8	1373,8±132,1
Несъедобная часть	726,0±27,2	664,0±29,0	610,1±43,2	563,6±65,3
Съедобная часть / несъедобная часть	1,9±0,2	2,1±0,1	2,2±0,3	2,5±0,4
Убойный выход	75,6±0,8	75,5±1,2	75,0±0,7	75,3±1,0

Примечание:

a – достоверные изменения с K_1 ($p \leq 0,05$).

b – достоверные изменения с K_2 ($p \leq 0,05$).

Приложение 3 - Состав и содержание химических веществ в теле подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Мышечная ткань				
Вода	73,8±2,32	74,3±3,42	73,7±2,23	73,1±2,10
Сухое вещество	26,2±3,24	25,7±2,11	26,3±1,96	26,9±1,21
Жир	1,96±0,06	1,70±0,05	1,37±0,08 ^{a b}	3,03±0,05 ^{a b}
Протеин	23,2±2,14	23,1±1,11	23,9±1,24	22,9±1,11
Зола	0,98±0,03	0,98±0,06	0,99±0,08	0,97±0,08
Мясокостная ткань				
Вода	64,4±1,69	61,4±2,11	59,6±1,69	57,2±2,11
Сухое вещество	35,6±2,11	38,5±1,36	40,4±2,11 ^a	42,8±1,29
Жир	9,88±1,11	11,6±1,14	10,9±2,11	11,5±1,23
Протеин	18,9±2,31	18,3±1,24	18,1±1,25	18,9±1,1
Зола	6,79±0,09	8,52±1,11	18,1±1,25 ^{a b}	18,9±1,15 ^{a b}
Внутренние органы				
Вода	70,1±3,21	66,4±2,31	69,9±3,15	65,9±2,29
Сухое вещество	9,08±2,45	10,8±1,21	7,75±1,02 ^{a b}	10,8±1,26
Жир	29,9±2,11	33,6±1,11	30,2±2,36	34,0±3,21
Протеин	19,9±1,22	21,9±1,24	21,5±1,29	22,3±1,58
Зола	0,91±0,04	0,89±0,04	0,92±0,06	0,89±0,07
Кожа				
Вода	54,2±1,14	51,4±1,26	50,1±3,26	51,7±2,11
Сухое вещество	45,8±1,11	48,7±1,32	49,9±3,11	48,3±1,15
Жир	29,1±1,36	32,7±1,42	33,4±1,25	31,6±1,26
Протеин	16,0±1,98	15,3±2,11	15,8±1,15	16,1±1,11
Зола	0,71±0,03	0,67±0,05	0,67±0,05	0,68±0,03

Примечание:

a – достоверные изменения с K₁ (p≤0,05).

b – достоверные изменения с K₂ (p≤0,05).

Приложение 4 – Разница содержания элементов в теле цыплят-бройлеров между опытными группами с контрольными, мг/кг (при включении пробиотических штаммов микроорганизмов)

Элемент	K ₂ – K ₁	I/K ₁	II/ K ₁	I/K ₂	II/ K ₂
Mn	-7,98	-8,09	-7,64	-0,11	0,34
Fe	-33,2	-120,8	-100,3	-87,6	-67,8
Co	-3,67	-2,98	-3,01	0,69	0,65
Cu	-3,02	-3,72	-5,97	-0,71	-2,95
Zn	-43,5	-78,8	-101,8	-35,3	-58,4
Se	14,7	0,31	-1,19	-14,4	-15,9

Приложение 5 – Разница содержания элементов в теле цыплят-бройлеров между опытными группами с контрольными, мг/кг (при включении пищевых волокон)

Элемент	K ₂ – K ₁	I/K ₁	II/ K ₁	III/K ₁	I/ K ₂	II/K ₂	III/ K ₂
Mn	-7,32	-7,75	-5,65	-7,30	0,23	2,33	0,68
Fe	-32,1	43,9	39,6	-63,9	77,1	72,8	-30,8
Co	-3,45	-3,56	-3,75	-3,83	0,11	-0,08	-0,16
Cu	-2,98	-4,02	4,68	-6,74	-0,99	7,69	-3,72
Zn	-41,2	-6,72	-5,92	-99,8	36,7	37,5	-56,4
Se	-1,22	6,44	-0,57	-0,48	7,67	0,65	0,74

Приложение 6 – Разница содержания элементов в теле цыплят-бройлеров между опытными группами с контрольными, на гол (при включении энтеросорбентов)

Элемент	K ₂ – K ₁	I/K ₁	II/ K ₁	I/ K ₂	II/K ₂
Mn	-7,11	-5,21	-5,87	2,77	2,11
Fe	-31,9	109,4	31,1	42,6	64,2
Co	-3,12	-3,73	-3,76	-0,06	-0,09
Cu	-2,67	1,41	-1,12	4,43	1,90
Zn	-40,9	-31,6	-63,8	11,9	-20,4
Se	-1,27	-1,57	8,05	-0,29	9,33

Приложение 7 – Разница содержания элементов в теле цыплят-бройлеров между опытными группами с контрольными, мг/кг (при включении ультрадисперсных частиц Cu и Fe)

Элемент	$K_2 - K_1$	I/K_1	II/K_1	I/K_2	II/K_2
Mn	-7,11	2,05	2,25	-0,35	-0,16
Fe	-27,6	10,2	21,2	37,6	48,6
Co	-3,22	-1,72	-1,73	-0,13	-0,14
Cu	-1,77	0,11	1,12	2,67	1,77
Zn	-40,7	77,7	75,8	-51,5	-53,4
Se	-0,5	0,97	1,73	1,48	2,23

Приложение 8 – Питательность полусинтетического рациона для цыплят-бройлеров

Ингредиент	Ккал	Содержание, г		
		белок	жир	углеводы
Казеин	120	24	0,5	3
Желатин	355	87,2	0,4	0,7
Растительное масло	899	0	99,9	0
Глюкоза	400	0	0	100
Рис полированный, отваренный и промытый в дистиллированной воде	123	2,9	0,4	25,2

Приложение 9 – Содержание минеральных веществ в рисе, используемого в опыте*

Показатель	Рекомендуемая институтом питания РАМН, мкг/г	Исследуемая диета, мкг/гол.сут
Макроэлементы:		
кальций	1430	2409,6
калий	-	7216
магний	2197	5380
натрий	668,3	2084,4
фосфор	7496	17120
Микроэлементы:		
- жизненно необходимые:		
кобальт	0,3	0,128
хром	0,45	1,35
медь	9,98	38,8
железо	131,4	86,8
йод	-	1,32
марганец	126,1	131,2
селен	0,48	1,46
цинк	79,8	213,2
- условно жизненно необходимые:		
мышьяк	0,38	1,88
никель	1,99	2,57
вольфрам	0,31	0,35
- токсичные и потенциально токсичные:		
серебро	-	0,068
стронций	27,8	24,2

Продолжение таблицы 9		
алюминий	-	20,8
кадмий	0,099	0,028
свинец	-	0,11

Примечание: * Рис – краснодарский (варка полированного риса в течение 15 минут с последующим удалением отвара и промывкой дистиллированной водой)

Приложение 10 – Состав опытных рационов первой серии экспериментов, г/100 г корма

Ингредиент	Рацион	
	К ₁	К ₂
Казеин	20	20
Желатин	5	5
Целлюлоза	3	3
Растительное масло	3	3
Холин-хлорид	0,2	0,2
Глюкоза	1,25	1,25
Рис полированный, отваренный и промытый в дистиллированной воде	61,38	61,38
Метионин	0,1	0,1
Цистин	0,2	0,2
CaHPO ₄ *H ₂ O	1,8	1,8
CaCO ₃	1,45	1,45
KH ₂ PO ₄	1,013	1,013
KCl	0,21	0,21
Na ₂ CO ₃	0,555	0,555
MnCl*4H ₂ O	0,04	-
FeSO ₄ *7H ₂ O	0,05	-
MgSO ₄ *7H ₂ O	0,615	0,615
KJ	0,001	0,001
CuSO ₄ *5H ₂ O	0,001	-
ZnCl ₂	0,016	-
CoCl ₂	0,0002	-
NaMoO ₄ *2H ₂ O	0,0008	-
Na ₂ SeO ₃	0,000015	-
Витаминная смесь*	0,052	0,052

*Витаминная смесь (мг на 100 г корма): В₁ – 2,5; В₂ – 1,5; В₆ – 0,6; В₁₂ – 0,002, Са-пантотенат – 2,0; биотин – 0,06; фолиевая кислота – 0,4; К₃ – 0,5; С – 25,0; РР – 15,0; А 1000 ИЕ; Д₃ – 360 ИЕ; Е – 0,5 ИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 293 118** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК
C12Q 1/02 (2006.01)
A61K 35/74 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2005111447/13**, **18.04.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.04.2005

(45) Опубликовано: **10.02.2007** Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **ГЕРАСИМЕНКО В.В. Обмен веществ и продуктивность гусей, выращиваемых на мясо, при использовании лактоамиловорина. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст.к.б.и, Боровск, 2002. ЧУПРИНИНА Р.П. Биопрепараты: Требования к отбору производственных штаммов, оценка качественных показателей, проблемы стандартизации. Пробиотические микроорганизмы - современное (см. прод.)**

Адрес для переписки:
460018, г.Оренбург, пр-т Победы, 13, ГОУ ОГУ, патентный отдел

(72) Автор(ы):

**Дерябин Дмитрий Геннадьевич (RU),
Нотова Светлана Викторовна (RU),
Мирошников Сергей Александрович (RU),
Кван Ольга Вилориевна (RU),
Иванов Юрий Борисович (RU),
Лебедев Святослав Валерьевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет" (RU)

RU 2 293 118 C2

(54) СПОСОБ ОТБОРА МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к биотехнологии и может быть использовано в лабораториях биологического и медицинского профиля, решающих вопросы создания пробиотических препаратов медицинского или ветеринарного назначения с заранее заданными свойствами. Способ отбора микроорганизмов для их включения в состав пробиотических препаратов предусматривает, помимо оценки их биологических

свойств, использовать в качестве критерия отбора способность данных микроорганизмов предупреждать нарушения минерального обмена со стороны макроорганизма, перорально получающего подобные пробиотические препараты. Изобретение обеспечивает повышение качества пробиотических препаратов за счет придания им способности предупреждать и корректировать нарушения обмена минеральных веществ. 1 табл.

(56) (продолжение):

состояние вопроса и перспективы использования. Международная научно-практическая конференция памяти Галины Ивановны Гончаровой, Сборник материалов конференции, М.: 2002, с.10-11. ШЕНДЕРОВ Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Пробиотики и функциональное питание, т.111, М, Грантъ, 2001, с.34-41. RU 2146288 C1, 10.03.2000.

RU 2 293 118 C2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2759845

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПОТЕРЬ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ЦЫПЛЯТ- БРОЙЛЕРОВ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Кван Ольга Вилориевна (RU), Быков Артем Владимирович (RU), Мирошников Сергей Александрович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Сизова Елена Анатольевна (RU), Шейда Елена Владимировна (RU)*

Заявка № 2020126950

Приоритет изобретения 11 августа 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 18 ноября 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 11 августа 2040 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2796271

Способ селективного снижения содержания токсичных элементов в организме цыплят-бройлеров

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Кван Ольга Вилориевна (RU), Сизова Елена Анатольевна (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Камирова Айна Маратовна (RU), Быков Артем Владимирович (RU)*

Заявка № 2022125069

Приоритет изобретения **23 сентября 2022 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **22 мая 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **23 сентября 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b90077e14e40f0a94e0bd24145d5c7
Владелец: *Зубов Юрий Сергеевич*
Действителен с 24.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2776891

Способ снижения эндогенных потерь лития, хрома и селена из организма животных

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Кван Ольга Вилориевна (RU), Быков Артем Владимирович (RU), Сизова Елена Анатольевна (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Вершинина Ирина Александровна (RU), Камирова Айна Маратовна (RU)*

Заявка № 2021130884

Приоритет изобретения **22 октября 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **28 июля 2022 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **22 октября 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e40f0a94eedbd24145d5c7
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.05.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2024621772

Концентрация химических элементов в организме сельскохозяйственных животных при использовании в кормлении различных кормовых добавок

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Кван Ольга Вилориевна (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Кислова Дарья Алексеевна (RU), Шевченко Александр Дмитриевич (RU), Букарева Елена Анатольевна (RU)*

Заявка № 2024621446

Дата поступления 15 апреля 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 22 апреля 2024 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b6a0fe3863164ba196f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2024621852

Эндогенные потери химических элементов из организма сельскохозяйственных животных при включении в рацион различных добавок

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)**

Автор(ы): **Кван Ольга Вилориевна (RU)**

Заявка № 2024621464

Дата поступления **15 апреля 2024 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **27 апреля 2024 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 429b6a0fe3853164b496f83b73b4aa7
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов