

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»

Мудрук Семен Сергеевич

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ФУКУСОВЫХ
ВОДОРОСЛЕЙ БЕЛОГО МОРЯ НА НЕКОТОРЫЕ
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ**

4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и
токсикология

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор,
Карпенко Лариса Юрьевна

Санкт-Петербург, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	15
1.1 Строение и биологическая ценность водорослей.....	15
1.2 Особенности бурых водорослей	23
1.3 Особенности обмена веществ молочных коров	29
1.4 Применение кормовых добавок в условиях скотоводства	39
2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	46
2.1 Материалы и методы исследований	46
2.2 Результаты исследований	63
2.2.1 Минеральный обмен	63
2.2.2 Белково-азотистый обмен.....	64
2.2.3 Активность ферментов	66
2.2.4 Показатели углеводного и липидного обмена	67
2.2.5 Морфологический анализ крови.....	67
2.2.6 Показатели тромбоцитов и лейкоцитов	69
2.2.7 Показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов.....	71
2.2.8 Показатели неспецифического иммунитета	73
2.2.9 Показатели специфического иммунитета	74
2.2.10 Показатели молочной продуктивности коров и качества молока	76
2.2.11 Оценка экономической эффективности применения кормовой добавки «СОРБОЛА VITA®» в условиях животноводческого хозяйства	78
3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	80
3.1 Минеральный обмен	80
3.2 Белково-азотистый обмен.....	83

3.3 Активность ферментов	86
3.4 Углеводный и липидный обмены.....	88
3.5 Показатели морфологического анализа крови	90
3.6 Показатели тромбоцитов и лейкоцитов	92
3.7 Показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов	95
3.8 Показатели неспецифического иммунитета	96
3.9 Показатели специфического иммунитета	100
3.10 Показатели молочной продуктивности и качества молока	102
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИКИ	111
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	112
ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	114
СПИСОК ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА	140
ПРИЛОЖЕНИЯ	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Использование кормовых добавок является неотъемлемой частью животноводства, в особенности относительно высокопродуктивных животных. На данный момент времени животноводство интенсивно развивается в нашей стране, в том числе и молочное направление и в рамках усиления производства продукции требуется соблюдение всех правил полноценного кормления и условий содержания сельскохозяйственных животных [101].

Для достижения высоких показателей производства итогового продукта необходимо учитывать, что высокопродуктивные животные особенно сильно нуждаются в полноценном кормлении и качественных рационах. Низкое качество кормов или дисбаланс питательных веществ может приводить к снижению продуктивности и негативно сказываться на состоянии организма сельскохозяйственных животных [49, 65, 67, 127].

Вопросами использования кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных животных, в том числе в условиях лечения различных патологий занимались ряд отечественных ученых: Ковалев, С. П. (2021), Яшин, А. В. (2023), Прусаков, А. В. (2024).

Низкое качество кормов или дисбаланс питательных веществ может приводить к снижению продуктивности и негативно сказываться на состоянии организма сельскохозяйственных животных, что отмечается в трудах: Батраков, А. Я., Гаврилова, Н. А. и др., (2024); Кудряшов, А. А., Максимов, Т П. (2024). Коровы молочного направления в особенности нуждаются в качественном и сбалансированном рационе, что объясняется высокой нагрузкой на организм при стельности, отеле и раздое. В таких случаях применение кормовых добавок является незаменимым аспектом питания, что позволяет минимизировать возможные осложнения на организм животных: Крячко, О. В., Лукоянова, Л. А. (2021); Кочуева, Н. А., Воронина, Т. Ю. (2014).

Не менее важным свойством кормовых добавок является их потенциальная способность положительно влиять на продуктивность коров и некоторые качества молока, что активно изучаются в последние годы: Дежаткина, С. В. и др., (2024); Юсупова, Г. Р. и др. (2024); Боголюбова, Н. В. и др. (2024).

В последние годы возрастающий интерес вызывают кормовые добавки на основе природных компонентов, среди которых особое внимание уделяется фукусовым водорослям [105, 161, 211]. Они характеризуются низкими затратами на сбор и первичную обработку, что делает их экономически оправданным сырьем для сельскохозяйственной индустрии. Высокое содержание биологически активных соединений, включая сульфатированные полисахариды, полиненасыщенные жирные кислоты, а также макро- и микроэлементы, определяет их значительную ценность для применения в животноводстве, что активно изучается в современных научных исследованиях: Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А. и др. (2024); Юсупова Г. Р., Боголюбова Н. В. (2024).

Помимо всего стоит учитывать и географический фактор. Сбалансированное кормление может быть труднодоступным для некоторых регионов с неблагоприятным климатом, а использование кормовых добавок может быть затруднено чрезмерно сложной логистикой и быть экономически невыгодным.

Вопросы применения натуральных кормовых компонентов активно разрабатываются многочисленными передовыми научными центрами и институтами ветеринарного профиля [75].

Особое внимание данной проблематике уделяется в авторитетных образовательных и исследовательских структурах, среди которых важное место занимает Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины (Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А., Ковалёв, С. П., Яшин, А. В. и др. (2020 – 2024)), Ульяновский государственный аграрный университет (Дежаткина, С. В. (2024)), Костромская государственная сельскохозяйственная академия (Кочуева, Н. А., Решетняк, В. В. (2022)), Казанская академия ветеринарной медицины (Юсупова, Г. Р., Ларина, Ю. В. (2021)), Саратовский государственный аграрный

университет (Молчанов, А. В., Егорова, К. А., Целикина, Т. О. (2018)), Орловский государственный аграрный университет (Мошкина, С. В. (2022)), Казахский агротехнический университет (Абаканова, Г. Н. (2018)), Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Горлов, И. Ф., Мосолова, Н. И., Сложенкина, М. И., Ткаченкова, Н. А., Гришин, В. С. (2019)), Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Марынич, А. П., Абилов, Б. Т. И др. (2014)). Российский государственный аграрный университет им. Тимирязева (Буряков Н.П., Бурякова М.А. и др. (2020)).

Таким образом, данная работа может быть полезна для агропромышленной сферы в данное время, ведь вопрос увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных сейчас имеет особую актуальность, а открытие новых кормовых добавок, чья эффективность будет способствовать росту показателей продуктивности животных, является одним из путей решения возникающих трудностей в кормлении животных и получения высококачественной продукции.

Степень разработанности темы. Особенности кормления высокопродуктивных животных, в том числе и использование кормовых добавок как вспомогательного элемента, является объектом интереса в сельскохозяйственной сфере в масштабах высших учебных заведений и научно-исследовательских институтах и в конкретных, частных хозяйствах [53, 86].

Опыт применения различных добавок, в том числе и на натуральной основе, в рамках определенных, частных хозяйств отображается в научных трудах различных авторов. Например, Гамко, Л. Н. и Семусева, Н. А. (2021) изучали влияние комплексной минеральной добавки на показатели продуктивности коров в условиях частного хозяйства Брянской области.

Изучению влияния пробиотических кормовых добавок в рационах молодняка крупного рогатого скота были посвящены научные труды: Сепп, А. Л. и др. (2024), Сутурова, Е. М., Киреевой, К. В., Мартынова, В. А. (2018) и Садыкова, Н.Ф. и др. (2023), Федулов, А. В. и др. (2024). В Тамбовской области

Филиппова, О. Б., Фролов, А. И., Симонов, Г. А. (2022) проводили исследование о влиянии кормовой добавки из растительных компонентов на организм телят, в том числе на их резистентность и рост.

Также важно отметить работы Булгаковой, Г. В. (2015) относительно уровня кальция и фосфора и кормовых добавок для их коррекции в кормлении высокопродуктивных коров.

Также данная область исследований является актуальной и для сельскохозяйственной отрасли в зарубежных странах. Например, в Беларуси, городе Витебске, Красочко, П. А. и Новожилова, И. В. (2023) выявили положительный эффект пробиотической добавки, внедренной в ежедневный рацион телят, а именно: увеличению живой массы и показателей прироста.

Эффективность фитогенных кормовых добавок на показатели лактации, усвоемость корма и рубцовую ферментацию у коров фризской породы в рамках частного хозяйства Египта была исследована Kholif, A. E., Hassan, A. A., Ghada, M. El Ashri, Bahkr, M. H. (2021). Исследование о влиянии комбинации кормовых добавок на выработку метана, перевариваемость ежедневных рационов и продуктивность у молочных коров было проведено Zuiderveld, Fonken, B., Dijkstra, J., Gerrits, W. J., Purdock, H. B., Fokkink, W., и Newbold, J. R. (2018) в США.

Особым интересом в сельском хозяйстве в последнее время стали кормовые добавки из растительных компонентов, в том числе в регионах, где добыча растительного сырья не имеет трудностей, а вследствие экономически выгодна ввиду отсутствия логистических затрат. Например, в Англии, университете Кембриджа, исследовалась энергетическая белковая добавка, содержащая различные источники жира, в частности оценивалось её влияние на поедаемость корма и молочную продуктивность дойных коров.

Также в Соединенных Штатах Америки, Tequivre, J. A., Hristov, A. N., Heyler, K. S., Cassidy, T. V., Zhelyazkov, V. D., Ferreira, Karnati and Varga, G. A. (2017) проводили исследование по выявлению эффективности кормовой добавки

на основе листьев душицы на ферментацию в рубце, показатели продуктивности коров и параметры получаемого молока.

В отдельных регионах особой популярностью в сельскохозяйственной области пользуются кормовые добавки на основе водорослей, так как они обладают рядом полезных свойств и просты в добыче и переработке. Harinder, P. S. Makkar, Gilles, T., Heuze, V., Sylvie Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. и Ankers, P. (2021) проводили обзорное исследование об опыте использования добавок на основе водорослей в рационах домашнего скота и оказываемом положительном эффекте на их организм и показатели продуктивности. Влияние добавления кормовой добавки из побочных продуктов бурых морских водорослей в рацион коров голштинской породы в переходный период на ферментацию рубца, показатели роста и эндокринные функции было исследовано в Koree Hong, Z. S., Kim, E. J., Jin, Y. K., Lee, J. S., Choi, Y. J., Lee, H. G. (2020).

В отечественной науке вопрос использования кормовых добавок на основе водорослей изучен недостаточно. Имеются отдельные публикации авторов Буряков, Н. П., Сычева, Л. В., Трухачев, В. И., Заикина, А. С., Бурякова, М. А., Никонов, И. Н., Петров, А. С., Кравченко, А. В., Фатала, М. М., Медведев, И. К., Алешин, Д. Е. (2020-2023) относительно роли включения фитобиотиков и комбинации минеральных адсорбентов на молочную продуктивность молочных коров, переваримость питательных веществ, обмен азота и биохимические параметры. Анализ действенности питательных комплексов, созданных с использованием бурых морских водорослей рода *Fucus*, на молочную продуктивность и ключевые гематологические индикаторы дойных животных был осуществлен под руководством Коломиец, С. Н. (2017).

Также изучением вопроса влияния кормовых добавок, в составе которых имеются фукусовые водоросли на организм сельскохозяйственных животных, в том числе и птицы активно изучается в Санкт-Петербургском государственном университете ветеринарной медицины такими исследователями, как Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А., Никонов, И. Н. (2024).

Цель и задачи исследований. Цель исследования - изучить влияние кормовой добавки на основе фукусовых водорослей Белого моря на молочную продуктивность и физиолого-биохимический статус молочных коров в условиях животноводческого хозяйства Ленинградской области.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить влияние кормовой добавки на биохимический и морфологический статусы организма молочных коров;
2. Изучить влияние применения исследуемой кормовой добавки на показатели специфического и неспецифического иммунитета;
3. Изучить влияние применения исследуемой кормовой добавки на химический состав и качество молока;
4. Изучить изменение показателей молочной продуктивности коров при применении кормовой добавки;
5. Дать обоснование экономической эффективности применения исследуемой кормовой добавки в условиях хозяйства молочной направленности.

Научная новизна и ценность полученных результатов.

Впервые были получены данные по комплексной оценке влияния кормовой добавки на основе фукусовых водорослей Белого моря на биохимические, физиологические и молочную продуктивность высокопродуктивных, молочных коров в условиях животноводческого хозяйства Ленинградской области и научно обоснована эффективность применения в молочном животноводстве.

В рамках проведенного исследования впервые были получены фактические сведения о результативности интеграции в рационы питательного комплекса, созданного из северных морских водорослей семейства Fucaceae, на метаболические, функциональные и производственные характеристики высокоудойных коров в производственных условиях сельскохозяйственных предприятий северо-западного региона Российской Федерации.

Теоретическая и практическая значимость работы. В работе был изучен актуальный вопрос использования кормовых добавок на основе

фукусовых водорослей в ежедневных рационах крупного рогатого скота, в частности высокопродуктивных, молочных коров.

Полученные данные можно использовать для обоснования внедрения кормовой добавки из фукусовых водорослей в рацион коров, аргументируя высоким питательным потенциалом водорослей, большим количеством биологически активных веществ, макро- и микроэлементов, что благотворно сказывается на молочной продуктивности коров, а, соответственно, оказывает положительный эффект на экономический статус хозяйства.

Результаты исследования дополняют существующие представления о влиянии фитогенных кормовых добавок, в частности добавок на основе фукусовых водорослей, на физиологово-биохимический статус высокопродуктивных молочных коров. Полученные данные позволяют углубить понимание механизмов регуляции обменных процессов под воздействием природных биологически активных веществ, входящих в состав водорослей. Установлены закономерности изменений морфологических и биохимических показателей крови при введении в рацион кормовой добавки, что вносит вклад в развитие научных основ кормления сельскохозяйственных животных.

В результате полученных исследований было выявлено положительное влияние исследуемой добавки на обменные процессы организма молочных коров, качественные и количественные показатели молока.

Методология и методы исследований. Методология и методы исследований были подобраны исходя из особенностей строения и состава фукусовых водорослей, данные о которых были получены из литературных источников. Параметры, учитываемые при выборе метода исследований и анализе полученных данных, включали в себя: обработка первичного сырья для кормовой добавки; форма выпускаемой кормовой добавки; особенности дозирования кормовой добавки; учитывая пол; возраст; массу тела исследуемых животных.

Объектом исследования служили коровы голштинизированной черно-пестрой породы. Предметом исследования – кормовая добавка на основе фукусовых водорослей Белого моря.

Методы, используемые в работе:

1. Микроскопический – микроскопия окрашенных по методу Романовского-Гимза мазков крови коров;
2. Статистические – данные обрабатывались при помощи методов вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента с применением стандартных, компьютерных программ;
3. Лабораторный – проведение биохимического анализа крови на автоматическом, биохимическом, жидкостном анализаторе; проведение клинического анализа крови на автоматическом гематологическом анализаторе; проведение электролитного анализа крови на автоматическом анализаторе; проведение анализа молока на автоматических анализаторах.

Положения, выносимые на защиту:

1. Кормовая добавка на основе фукусовых водорослей Белого моря оказывает влияние на биохимические и морфологические показатели крови коров через нормализацию показателей энергетического, белкового и минерального обменов и повышение уровня эритроцитов, гематокрита и концентрации гемоглобина;

2. Использование кормовой добавки на основе фукусовых водорослей в рационе способствует стимуляции специфического и неспецифического звеньев иммунитета;

3. Применение исследуемой добавки повышает некоторые качественные показатели молока;

4. Кормовая добавка на основе фукусовых водорослей Белого моря способствует повышению молочной продуктивности коров через увеличение значений надоя;

5. Использование исследуемой кормовой добавки повышает экономическую эффективность производства.

Степень достоверности и апробация результатов. Научная обоснованность полученных экспериментальных данных гарантирована применением современных методик статистического анализа и репрезентативным объемом выборки, составившим 171 животное, из которых, используя метод пар-аналогов, 12 были определены в контрольную группу, 12 в опытную. Валидация результатов осуществлялась посредством математического аппарата с использованием параметрического *t*-критерия Стьюдента при пороговом значении статистической значимости $p \leq 0,05$, что соответствует общепринятым стандартам научной достоверности в научных исследованиях.

Научно-практические результаты исследовательской работы были представлены и подвергнуты экспертной оценке на следующих профессиональных научных форумах: 75-й юбилейной международной конференции начинающих исследователей и студенческого сообщества СПбГУВМ (Санкт-Петербург, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования СПбГУВМ, 2021); X юбилейном интернациональном научном симпозиуме студентов, соискателей и перспективных ученых «Интеллектуальный потенциал молодежи для совершенствования ветеринарной науки и аграрного сектора государства» (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2021); XI международном научном конгрессе студенческого контингента, аспирантов и представителей молодой науки «Инновационные знания нового поколения для развития ветеринарного дела и сельскохозяйственной индустрии» (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2022); 76-й международной научной ассамблее молодых исследователей и обучающихся СПбГУВМ (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2022); 77-й международной научной сессии перспективных ученых и студенческого сообщества СПбГУВМ (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2023); 78-й международной научной конференции молодежного научного потенциала и студенческой аудитории СПбГУВМ (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2024); Международном научно-практическом форуме "Современные аспекты диагностических, профилактических и терапевтических

мероприятий при заболеваниях бовинных и свиных популяций" (Минск, Научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского, 2023); Международной научной конференции «Приоритетные направления развития ветеринарной медицины» (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, 2022).

Публикация результатов исследований. Итоги проведенного исследования отражены в девяти научных публикациях, включающих три статьи в рецензируемых изданиях, входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также шесть работ в сборниках материалов различных научно-теоретических и научно-практических мероприятий профессионального сообщества.

Личный вклад. Настоящее исследование представляет собой результат научной работы, выполненной автором в период с 2020 по 2025 гг. Под руководством научного руководителя совместно с аспирантом были определены цель и задачи эксперимента, а также разработан план проведения исследований.

Совместно с научным руководителем проведен анализ и интерпретация полученных данных, их систематизация, подготовка научных публикаций, разработка презентационных материалов и текстов выступлений для конференций. Отдельные этапы исследования, а также публикации выполнены в сотрудничестве с профессорско-преподавательским составом кафедры биохимии и физиологии, а также другими исследователями, выразившими согласие на использование материалов совместных работ в диссертационном исследовании. Личный вклад автора составляет — 90%

Соответствие работы паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология, пункты: 3, 4, 11, 18, 21.

Объем и структура выпускной квалификационной работы. Научная квалификационная работа представлена на 152 страницах машинописного текста

и структурирована согласно академическим требованиям, включая разделы: вводную часть, аналитический обзор источников, экспериментальную часть с собственными данными, интерпретацию полученных результатов, итоговые выводы, практические рекомендации для внедрения, перспективные направления продолжения научного поиска, глоссарий специализированных терминов и аббревиатур, библиографический список, указатель визуальных материалов и дополнительные информационные приложения. Визуально-графический компонент научной работы представлен 37 иллюстрациями и 10 аналитическими таблицами. Библиографический аппарат исследования охватывает 215 источников, из которых 68 принадлежат зарубежным авторам, что свидетельствует о глубоком изучении международного опыта по данной проблематике.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Строение и биологическая ценность водорослей

По мнению Паукова, А. Г. (2017), водоросли – это разнообразная группа организмов, начиная от одноклеточных, заканчивая многоклеточными структурами и колониями. Основные характеристики, типичные для большинства представителей данной группы, это: фотоавтотрофность, отсутствие истинных тканей (или их слабая дифференциация) и вегетативных органов, жизнь в водной среде или в местах с высоким уровнем влажности.

Как отмечается в трудах Осовской, И. И. (2020), в отличие от высших представителей растительного царства, анатомическая организация водорослей характеризуется значительно менее дифференцированным строением. Их физиологический аппарат не включает транспортную (васкулярную) систему, что обуславливает принципиальное отличие данной группы от сосудистых растений. Репродуктивные стратегии водорослевых организмов исключают формирование генеративных органов и семенного материала, ограничиваясь клonalным размножением или спорообразованием. Фотосинтезирующая функция обеспечивается присутствием хлорофилла, позволяющего утилизировать углекислоту при световой экспозиции (что определяет фотоавтотрофный тип метаболизма). Преимущественно водоросли представляют гидробионтную экологическую группу, однако отдельные представители адаптировались к наземному существованию: колонизируя литосферные субстраты, древесную кору и другие экологические ниши [2].

Таксономическое разнообразие водорослей представлено исключительным многообразием форм. В зависимости от филогенетической принадлежности, водорослевые организмы могут относиться как к эвкариотическому, так и к прокариотическому типу клеточной организации. В структурно-организационном аспекте водоросли демонстрируют полный спектр эволюционных вариантов: одноклеточные формы, колониальные объединения, многоклеточные комплексы и неклеточные структуры. Диапазон размерных

характеристик впечатляет: от микроскопических организмов диаметром менее 1 мкм до макроскопических талломов морских представителей, достигающих 30-45 метров в продольном измерении [111].

Современная систематика выделяет многочисленные филогенетические группы водорослей, структурированные в разветвленную систему отделов и классов. Таксономическая классификация базируется на биохимических маркерах (пигментный состав, структурные компоненты клеточных стенок, тип запасных нутриентов) и ультраструктурных особенностях. Несмотря на существенный прогресс в молекулярно-биологических методах, современная альгологическая систематика характеризуется плюрализмом классификационных подходов. В научном сообществе признается, что даже на уровне высших таксономических категорий (от надцарств до классов) достижение консенсуса представляется проблематичным [113].

Согласно данным Горленко, М. В. (1981), в соответствии с актуальными систематическими концепциями, альгофлора подразделяется на 12 основных филогенетических линий: цианобактерии, проклорофиты, родофиты, хризофиты, бациллариофиты, криптомонады, динофлагелляты и фукофиты, эвгленоиды, хлорофиты, харофиты. Глобальное биоразнообразие данной группы насчитывает приблизительно 30 тысяч видовых таксонов.

Дисциплина, специализирующаяся на изучении водорослей, получила название альгология (фикология) и рассматривается как самостоятельное направление ботанической науки. Водорослевые организмы выступают модельными объектами для широкого спектра научных исследований (биохимических, генетических, биофизических и др.). Полученные экспериментальные данные находят применение при решении фундаментальных биологических проблем и практических хозяйственных задач. Современная прикладная альгология в медико-сельскохозяйственном сегменте развивается по трем магистральным направлениям: 1) практическое использование водорослей в различных отраслях экономики, 2) экологические аспекты применения

водорослевых культур, 3) информационно-аналитическое сопровождение междисциплинарных исследований [2, 134].

Как указано в трудах Рейвн, П. и др. (1990), универсальной структурно-функциональной единицей как одноклеточных, так и многоклеточных водорослевых организмов выступает клетка. Морфологическая вариабельность клеточных структур проявляется в разнообразии форм (сферические, цилиндрические и др.), функциональной специализации (генеративные, вегетативные, фотосинтезирующие и гетеротрофные и пр.), локализационных и других характеристиках. Однако фундаментальное значение в современной цитологической классификации приобретает анализ ультраструктурных особенностей, визуализируемых посредством электронной микроскопии. Согласно данному критерию, дифференцируются клетки с оформленными ядрами (обособленными нуклеарными мембранами) и клетки, лишенные подобных структур. Первый морфотип соответствует эукариотической организации, второй – прокариотической. Прокариотический тип клеточной архитектоники характерен для цианобактерий и проклорофитовых водорослей, тогда как эукариотический – для представителей всех остальных отделов водорослевой флоры.

Вегетативный аппарат представителей альгофлоры (таллом) демонстрирует исключительное разнообразие морфоструктурных модификаций. Организационная архитектоника водорослей включает унилокулярные, колониальные, мультиклеточные и неклеточные типы строения. Диапазон размерных характеристик в рамках каждой морфологической группы варьирует от микроскопических до макроскопических параметров [113].

Уникальность монокулярных водорослевых организмов заключается в интеграции внутри единственной клетки как цитологических, так и организменных функциональных систем. Среди ключевых метаболитов их жизнедеятельности присутствуют молекулярный кислород и диоксид углерода, что свидетельствует об активном участии в биогеохимических циклах экосистем. Как одноклеточные, так и многоклеточные представители способны

формировать транзиторные или перманентные агрегации (колониальные структуры) [119].

Исходя из исследований Собченко, В. А. (2013) следует сказать, что эволюционное становление мультиклеточных форм произошло в результате пролонгированного и комплексного процесса развития клетки как автономной биологической единицы. Переход от унитарной к мультиклеточной организации сопровождался редукцией индивидуальных характеристик и трансформацией структурно-функциональных параметров клеточного аппарата. Талломные структуры многоклеточных водорослей характеризуются принципиально отличными межклеточными взаимодействиями по сравнению с унитарными организмами. Возникновение мультиклеточности инициировало процессы функциональной специализации и структурной дифференциации клеточных элементов. В филогенетическом контексте данный феномен представляет собой первичный этап формирования гистологических и органных систем высших растений.

Особый таксономический статус занимают представители сифонокладиевых водорослей. Морфологическая специфика их талломов характеризуется структурным делением при сохранении унилокулярных стадий онтогенеза [57].

В природных условиях можно наблюдать широкий спектр хроматических вариаций водорослей: изумрудные, карминные, янтарные, аметистовые и многие другие оттенки. Данный феномен объясняется вариабельностью биохимического состава: некоторые представители содержат исключительно хлорофильные пигменты, в то время как другие характеризуются наличием комплексного набора хромофоров, обусловливающих разнообразную колористическую гамму [85].

У водорослевых организмов, в особенности у цианобактерий (ранее именуемых сине-зелеными водорослями), эволюционно сформировался фотосинтетический метаболический путь - процесс биохимической трансформации неорганических соединений в органические при участии

световой энергии. Фотосинтетическая активность данной группы включает утилизацию атмосферного углекислого газа и молекул воды, причем последняя выступает также донором протонов. Побочным продуктом фотосинтетических реакций является молекулярный кислород, выделяемый в окружающую среду [146].

Как указывается в работах Камнева, А. Н. (2007), ассимиляция энергии солнечного излучения позволяет водорослевым организмам осуществлять синтез всего спектра необходимых органических соединений из минеральных компонентов. Данный тип питания классифицируется как фотоавтотрофный и является доминирующим для представителей альгофлоры и высших растений. При определенных экологических условиях отдельные виды водорослей демонстрируют метаболическую пластичность, трансформируя механизм питания с фотоавтотрофного на ассимиляцию готовых органических субстратов. В подобных случаях организм либо полностью переходит на гетеротрофный тип питания, либо реализует смешанную стратегию – миксотрофию.

Помимо углеродного метаболизма, водоросли проявляют адаптивные изменения в ассимиляции азота, способные переключаться с утилизации нитратных форм неорганического азота на экстракцию этого элемента из органических азотсодержащих компонентов. Особую физиологическую значимость представляет способность некоторых цианобактерий к фиксации атмосферного азота, что позволяет им существенно расширить диапазон экологической адаптации [85].

Пластичность метаболических процессов водорослевых организмов обеспечивает им значительные преимущества в колонизации разнообразных биотопов и экологических ниш [119].

Репродуктивные стратегии представителей альгофлоры реализуются посредством трех основных механизмов: вегетативного размножения, бесполого воспроизведения и полового процесса [179].

Кочиш, И. И. (2023) отмечает, что биохимический состав водорослей характеризуется высоким содержанием протеиновых комплексов, фибриллярных

структур, минеральных компонентов и витаминных соединений. Минеральная фракция может достигать 36% от сухой биомассы. Макроэлементный состав представлен натрием, кальцием, магнием, калием, хлором, серой и фосфором. Микроэлементный профиль включает железо, цинк, медь, селен, молибден, фтор, бор, никель, кобальт и другие минералы. Особую физиологическую ценность представляет йод как эссенциальный микронутриент для сельскохозяйственных животных.

Пигментный комплекс водорослей включает каротиноиды (преимущественно ксантофиллы: лютеин, зеаксантин, фукоксантин) и β -каротин. Данные соединения обладают выраженной антиоксидантной активностью [180]. Обогащение рациона птицы каротиноид-содержащими водорослями способствует интенсификации окраски яичного желтка. Особый интерес представляет применение каротиноидных комплексов в кормлении дойного стада, что коррелирует со снижением соматического числа в молоке, оптимизацией репродуктивной функции и иммунологическими показателями [99, 160].

В своих исследованиях, Коровкина, Н. В. и др. (2007) отмечают, что содержание клетчатки в водорослевой биомассе варьирует в пределах 32-50%. Целлюлозная фракция представлена в минимальных количествах, особенно у красных водорослей. Зеленые и красные представители альгофлоры характеризуются высоким содержанием растворимой клетчатки (51-56% и 67-87% соответственно). В составе клетчатки красных водорослей (*Gracilaria verrucosa*, *Chondrus crispus*, *Laver* spp., *Palmaria palmata*) доминируют растворимые полисахариды (агар, каррагинан и ксилан). Каррагинан и агар представляют собой полимерные соединения сульфатированной галактозы и ангидрогалактозы, в то время как ксиланы являются нейтральными полимерами ксилозы. Бурые водоросли (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*) содержат ламинараны, альгинаты и фуканы. Ламинараны (β -глюканы) представляют собой нейтральные глюкозные полимеры и альгинаты. Растворимая клетчатка обладает выраженными

гидратационными свойствами, которые через механизмы абсорбции, удержания воды и набухания модулируют кинетику прохождения пищевых масс через желудочно-кишечный тракт. Она оказывает значимое влияние на гликемический и холестериновый профиль крови.

Дифференциация по параметрам биодеградации микробиотой пищеварительного тракта (для руминальной микрофлоры жвачных и интестинальной экосистемы моногастрических животных) [113]:

1. Максимальной степенью ферментативной деструкции характеризуются агаровые комплексы, каррагинановые фракции, ульвановые и фуказановые структуры;
2. Тотальной метаболизации с последующей конверсией в летучие жирные кислоты подвергаются ксилановые и ламинарановые компоненты.

Костенко, Н. С. (2004) показывал в своих исследованиях, что после частичной деградации альгинатных полимеров формируются олигомерные соединения. Экспериментально подтвержден пребиотический эффект β -олигомеров в исследованиях на лабораторных грызунах (как в лабораторных системах, так и в организменных моделях), что обосновывает перспективность дальнейших научных изысканий в данном направлении.

Олигосахаридные комплексы представляют собой сахаридные полимеры, обладающие функциональными свойствами пребиотических субстанций с потенциалом модуляции колонической микробиоты. Их инкорпорация в кормовые рационы обеспечивает профилактику контаминации пищеварительного тракта патогенными агентами и стимуляцию местного иммунитета слизистых оболочек [13, 170].

Протеиновый компонент водорослевой биомассы характеризуется вариабельностью концентрационных показателей. Фукофитовые водоросли отличаются относительно низкой протеиновой насыщенностью (5-11% от сухой массы) в сравнении с бобовыми культурами. Родофитовые представители демонстрируют значительно более высокий уровень протеина – 30-40% от сухого вещества. Хлорофитовые водоросли содержат существенные протеиновые

фракции, достигающие 20% в определенных фенологических фазах. Спирулина, представляющая пресноводные микроводоросли, заслужила широкую популярность благодаря исключительной протеиновой насыщенности (до 70% биомассы) [146, 173].

Альготекстура характеризуется значительным спектром физиологически активных соединений:

1. родофиты являются источником провитаминных А-комплексов;
2. хлорофиты и фукофиты содержат аскорбиновую кислоту в высоких концентрациях;
3. бурые водоросли аккумулируют токоферолы;
4. комплекс витаминов группы В (преимущественно рибофлавин и никотиновая кислота);

Примечательно, что водоросли характеризуются значительной концентрацией цианокобаламина, отсутствующего в наземной флоре [175].

Исходя из данных Паукова, А. Г. (2017), липидная фракция водорослей относительно малочисленна, варьируя в пределах 1-3% сухой биомассы, достигая у *Ascophyllum nodosum* 5%. Качественные характеристики липидного профиля водорослей существенно отличаются от таковых у наземных растений. Хризофитовые и хлорофитовые представители демонстрируют жирнокислотные спектры, аналогичные наземной флоре, однако с повышенным содержанием олеата (C18:1) и альфа-линолената ($\omega 3$ – C18:3). Осовская, И. И. (2020) утверждает, что родофиты отличаются обогащенностью полиненасыщенными жирными кислотами с 20-углеродным скелетом. Эта особенность уникальна для растительных организмов и характерна преимущественно для животных тканей. Концентрация эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК, $\omega 3$ – C20:5) максимальна среди представителей рода *Rorophyra*, составляя до 50% от суммарного пулла полиненасыщенных жирных кислот. Дополнительно идентифицирована арахидоновая кислота ($\omega 6$ – C20:4). В видах *Rorophyra* 18-углеродные полиненасыщенные жирные кислоты формируют около 10% тотального жирнокислотного пулла. Фукофитовые представители характеризуются

аналогичным распределением жирных кислот, но с существенно более высоким содержанием линоленовой кислоты [177].

1.2 Особенности бурых водорослей

Как отмечает Камнев, А. Н. (1989), в пределах отдела бурые водоросли насчитывается около 1500 видов.

Практически все виды бурых водорослей обитают исключительно в морях (в пресных водоемах можно встретить лишь несколько видов). Для большинства видов характерна небольшая глубина обитания, которая составляет 5-15 м. Но некоторые из них имеют распространение на глубине до 40-100 метров и даже 200 метров. Бурые водоросли входят в экологическую группу бентосных организмов [33, 187].

В бурых водорослях не обнаружено ни одноклеточных организмов, ни колониальных форм, ни простых неразветвленных нитей. С точки зрения внешнего вида это выглядит как ветви, листья и мешки с семенами. У более сложных видов водорослей они разделяются на листья и стебли. Например, у ламинарии, лессонии и саргассума это стеблевидные и листовые структуры. Все бурые водоросли имеют прикрепленный образ жизни, благодаря ризоидам или дисковидным разрастаниям. Талломы нарастают за счет верхушек, интеркалярных клеток или диффузно. Существует два вида бурых водорослей: однолетние и многолетние. Среди клеток, которые расположены в многорядных слоевицах высокоорганизованных водорослей, наблюдается специализация. В случае бурых водорослей, анатомическое строение является сложным, так как оно имеет ложное или даже истинно-тканевое строение. Присутствуют 4 разных типа тканей в их теле – это ассимиляционные, запасные, проводящие и покровные [179].

Опираясь на исследования Жигадловой, Г. Г. (2020), можно утверждать, что у талломов есть несколько оттенков желтовато-бурового цвета: это обусловлено наличием в их клетках хлорофиллов а и с, а- и β-каротинов, и бурых ксантофиллов (фукоксантина, антераксантина, зеаксантина, виолаксантина).

В своих публикациях, Ale, M. T. et al. (2013) показывают, что целлюлозная оболочка, покрывающая клетки, имеет отличия от целлюлозы высших растений, поэтому ее иногда называют альгулезой. Наружный слой оболочки состоит из альгиновой кислоты и пектиновых веществ. При набухании в воде, они образуют вязкую субстанцию, которая защищает водоросли от высыхания или механических повреждений во время отлива. В каждой клетке есть ядро, вакуоли с щелочным содержимым и хроматофоры, которые носят название феопласты. Их можно увидеть в виде зерен, дисков и пластин (последний вариант имеет пиреноиды). Внутри эктокарповых, кутлериевых и ламинариевых пиреноиды присутствуют, но у последних они встречаются крайне редко, а у диктиотовых, тилоптеридовых и сфацеляриевых их присутствие обнаружено только в хлоропластах гамет. Промежуточные пиреноиды имеют очень маленькие размеры и выступают с поверхности хроматофора в цитоплазму.

Evans, F. D. et al. (2014) в своих трудах освещал тему строения бурых водорослей, в частности то, что их окружает сложная система мембран. Всего их четыре. Полисахарид ламинарии, который является запасным углеводом, откладывается в цитоплазме. В качестве запасного продукта могут использоваться также шестиатомный спирт маннит и жиры. Помимо этого, в цитоплазме находятся еще маленькие вакуоли – физоды. Данное вещество, называемое фукозаном, содержит в себе большое количество активных компонентов: флороглицин и другие полифенолы.

Виды размножения: вегетативное, бесполое и половое. Вегетативная активность осуществляется кусочками случайно оторвавшегося таллома (фрагментация), который не способен к прикреплению к почве, не имея при этом ризоидальных структур (у них не образуются ни спорорангии, ни гаметангии). Одни из них имеют в наличии выводковые почки, легко поддающиеся отламыванию с образованием новых талломов (сфацелярия). У большинства видов бурых водорослей бесполое размножение осуществляется с помощью гаплоидных зооспор или неподвижных апланоспор (тетраспор и моноспор), которые образуются в одногнездных спорангиях после редукционного

разделения на диплоидной растительности (спорофитах). Клетки, которые называют монадными, имеют глазок и жгутики. Жгутики в числе двух могут быть гетероконтными и гетероморфными, при этом перистый жгутик направлен вперед. Он один у диктиотовых, так как его задний отдел не развит [179].

Согласно данным Белого, М. Н. (2006) у бурых водорослей отмечаются возможные варианты развития полового процесса: изо- или гетеро- (гиффордия), а также оогамный. Различают изо- и гетерогаметы, которые образуются в многокамерных или многогнездных гаметангиях, по одному в каждом. Иногда изогаметы проявляют признаки зооспоры, в этом случае гаметангии называют зооспорами. И в оогониях, и в антеридиях происходит формирование одной гаметы (за исключением представителей порядка фукусовых). При оплодотворении яйцеклетки, она всегда находится в состоянии покоя, а зигота развивается без периода покоя.

У всех видов бурых водорослей (за исключением циклоспоровых) происходит смена поколений - генераций: у одних она изоморфна, у других гетероморфна [51].

В составе клеточных оболочек бурых водорослей присутствует еще один компонент – фукоидан. Химическая природа этих веществ состоит в том, что они являются сульфатированными полисахаридами сложного строения. Главным мономером фукоиданов являются этерифицированные остатки серной кислоты - α -L-фукозы, которые являются остатками α - α - β -фукоз. Не считая её, в состав фукоиданов также могут входить и другие моносахариды. Данные полисахариды не имеют аналогов среди других групп водорослей, но они были обнаружены у морских беспозвоночных (морские ежи и голотурии) [119].

Боголицын, К. Г. и др. (2012) утверждает, что одними из важнейших биологически активных веществ, содержащихся в водорослях, являются каротиноиды. Каротиноиды, как биологически активные соединения, присутствуют во всех водорослях, так как они являются фотосинтетическими пигментами, отвечающими за красный, желтый и оранжевый цвета. Некоторые фотосинтезирующие организмы, используя его как важную часть сборки

фотосистемы и процесс захвата света, необходимых для осуществления фотосинтеза, используют его в качестве важной составляющей. К тому же, каротиноиды являются предшественниками некоторых растительных гормонов, которые участвуют в реакциях абиотического стресса у растений (например, низкая температура и/или обезвоживание), и фитогормона стриголактона, который способствует подавлению ветвления побегов растения. Каротиноиды — это разновидности тетратерпена, углеводорода с линейной основой и возможностью образования до 11 сопряженных двойных связей. В этом соединении можно выделить две большие группы: каротины — это бесцветные углеводороды, которые не содержат кислорода, и ксантофиллы — кислородсодержащие каротины, которые содержат одну или несколько молекул кислорода. Фукоксантин классифицируется как ксантофилл.

Капков, В. И. и Беленикина, О. А. (2007) в своих работах рассматривают, что каротиноиды и ксантофиллы, являющиеся одной группой (каротиноиды), имеют общие химические и физические свойства, такие как антиоксидантная и липофильная, благодаря их способности восстанавливать активные формы азота и кислорода. Однако, кислород присутствует в ксантофиллах с наличием большого количества гидроксильных групп (OH) и кетогрупп (=O), что делает его более полярным и менее гидрофобным, чем каротины. У ксантофиллов есть два типа компонентов: первичный, или главный, ксантофилл — это важная клеточная фотосинтетическая система клеток морских водорослей, которая имеет важное значение для выживания этих организмов, поскольку они используют свои клетки в качестве светособирающей антенны. И вторичный тип ксантофиллов — это метаболиты. К ним относятся те, которые производятся в больших количествах после того, как на них воздействуют определенные стимулы окружающей среды, такие как каротиногенез. Фукоксантин, являющийся компонентом ксантофилла, является вторичным метаболитом, который вырабатывается в хлоропластах бурых морских водорослей. Это соединение было широко исследовано из-за его исключительных защитных свойств для здоровья людей и животных, а также из-за того, что оно

производилось из морских водорослей. В то же время спрос на фукоксантин превышает его производство, и биотехнологические разработки широко используются, чтобы обеспечить высококачественные поставки этого высокоэффективного соединения за счет экономичных операций, которые не оказывают вредного воздействия на природу.

Фукоидан представляет собой высокоактивный сульфатированный гетерополисахаридный комплекс, обнаруженный в клеточных структурах представителей фукофитовых водорослей и некоторых иглокожих организмов [109, 211].

Как показали исследования Park, H. Y. et al. (2011) концентрационные показатели данного соединения в дегидратированной биомассе могут варьировать в пределах 25-30% от сухого вещества. Количественные параметры детерминируются видовой принадлежностью водорослевого организма, фенологической фазой развития, географическими координатами произрастания, экологическими факторами и рядом дополнительных переменных.

Исследования, проведенные Rodriguez-Jasso, R. et al (2014) позволяют утверждать, что несмотря на длительную историю изучения фукоидановых структур, их полная структурно-химическая идентификация остается незавершенной, особенно в отношении фрагментов, содержащих второстепенные моносахаридные компоненты. До 1993 года доминировала концепция, согласно которой основная цепь фукоиданов формируется 1-2- α -L-фукановыми звеньями. Современные аналитические данные позволяют дифференцировать большинство фукоиданов на два структурных типа: первый характеризуется наличием в основной цепи α -1→3-связей, второй - чередующимися α -1→3- и α -2→4-связанными фукозными остатками. Разветвления локализуются в позиции 2, тогда как сульфатные группы преимущественно располагаются при углеродных атомах C2 и C4 фукозных остатков. Идентифицированы также фукоидановые молекулы с ацетилизованными фукозными фрагментами.

Необходимо акцентировать, что в большинстве исследований охарактеризованы фракции фукоиданов с доминированием фукозного компонента. Анализируемые полисахариды были экстрагированы из представителей порядков Chordariales, Laminariales и Fucales. Водорослевые организмы, относящиеся к порядкам Chordariales и Laminariales (класс Phaeosporophyceae), синтезируют полисахаридные структуры из α -1→3-связанных фукозных элементов. В основных цепях данных биополимеров наблюдаются разветвления при C2 некоторых фукозных остатков (например, D-GlcA или Fuc у *Chorda filum*). Структурной основой фукоидановых молекул водорослей порядка Fucales (класс Cyclosporophyceae) является последовательность альтернирующих α -1-3- и α -1→4-связанных фукозных компонентов, обеспечивающих регулярность структуры. Однако в нативном фукоидане эта закономерность маскируется нерегулярным распределением сульфатных и ацетатных групп. Высказывается гипотеза о взаимосвязи структурных различий фукоидановых цепей с дивергенцией биосинтетических механизмов у представителей Phaeosporophyceae и Cyclosporophysae [146].

В исследованиях Thanh, T. T. et al (2013) представлено мнение о том, что фукоидановые комплексы морских ежей (*Arbacia lixula*, *Lytechinus variegates*) и голотурий (*Ludwigothurea grisea*) демонстрируют существенные отличия от классических водорослевых фукоиданов, характеризующиеся тетрасахаридной повторяемостью звеньев, линейной организацией и отсутствием ацетильных групп.

Исследовательские работы последних 10-15 лет концентрируются на изучении биологических эффектов фукоидановых соединений [150, 151, 215]. Экспериментально подтвержден исключительно широкий спектр их физиологической активности, включающий антineопластические, иммуномодулирующие, antimикробные, противовирусные и противовоспалительные свойства, что позволяет классифицировать их как "поливалентные биомодуляторы" [13, 61, 62, 140, 204].

Особый научно-практический интерес представляет антикоагулянтный эффект фукоидановых структур [152, 171]. На современном этапе идентифицированы два механизма данного действия: первый основан на гепариноподобном ингибиовании факторов VII, XI и XII коагуляционного каскада; второй реализуется через антитромбиноподобную активацию эндогенного ингибитора - антитромбина-III. Применение фукоиданов с первым механизмом действия перспективно при антикоагулянтной терапии пациентов с врожденной или приобретенной недостаточностью антитромбина-III, когда стандартная гепаринотерапия неэффективна. Структурная характеристика молекулярных фрагментов фукоиданов, ответственных за взаимодействие с конкретным механизмом, остается нерешенной задачей современной биохимии [160, 213].

Анализ современного состояния проблемы демонстрирует опережающее развитие исследований биологического потенциала фукоиданов по сравнению с их структурно-химическим анализом. Соответственно, информация о корреляции между структурной организацией и функциональной активностью данных полисахаридов ограничена. Преобладает концепция, согласно которой биологическая эффективность фукоидановых комплексов детерминирована степенью сульфатирования и наличием структурно-специфических фрагментов. Дополнительными факторами могут выступать моносахаридный состав, степень разветвленности, молекулярная масса, типы гликозидных связей и характеристики молекулярно-массового распределения [149, 160].

1.3 Особенности обмена веществ молочных коров

Дуборезов, В. М. (2017) утверждает, что помимо характерных для всех жвачных животных особенностей, молочные коровы имеют ряд отличительных особенностей. Они напрямую связаны с целевым предназначением данного типа животных в условиях сельского хозяйства – получение молока. Помимо процессов образования молока не менее важным является такие аспекты, как стельность и отёл. В совокупности все эти процессы значимо влияют на организм

животного и определяют его дальнейшие метаболические особенности. Данный аспект становится более актуальным в условиях повышения продуктивности животных, увеличению удоев, в частности [117, 147].

Согласно позиции Волгина, В. И., Романенко, Л. В. и др. (2009), с увеличением удоев увеличиваются потребности в энергии и питательных веществах, необходимых для лактации. В момент отела потребность в энергии возрастает и может быть более чем в 5 раз выше, когда корова достигает пика лактации, по сравнению с такой же у нелактирующей коровы, которая дает менее 60 кг молока в день. Однако существуют разногласия по поводу того, достигнуты ли уже пределы производства данного продукта. Однако, принимая во внимание сегодняшнюю растущую распространенность нарушений здоровья, которая постоянно возрастает на протяжении последних лет, кажется, что у многих людей физиологические пределы явно превышены. В начале восьмидесятых годов прошлого века исследователи предположили, что генетическая способность производства молока уже достигла своего пика и дальнейшее увеличение надоев молока может привести к ухудшению здоровья животных.

Группа авторов Галочкина, В. П., Остренко, К. С., Обвинцева, О. В. и др. (2019) утверждают, что энергетический обмен играет особую роль в физиологии молочных коров, т.к. процессы образования молока требуют большого количества энергии и в период интенсивного образования молока коровы наиболее подвержены различным метаболическим нарушениям, которые по итогу могут сказываться на качестве продукции и наносить вред здоровью животных, что в совокупности несет за собой значимую экономическую убыль хозяйству.

Вяйзенен, Т. Н. (2008) утверждает, что у коров в период лактации происходит ряд метаболических процессов. Они получают энергию и питательные вещества для того, чтобы производить синтез молока. Для того чтобы обеспечить высокий потенциал производства молока, необходимо изменения в энергетическом обмене (отрицательный энергетический баланс (*NEB*)), которые могут привести к неконтролируемой липомобилизации и высокому уровню свободных жирных кислот (*СЖК*) в крови. По мнению ученых,

стабилизация энергетического обмена коров может влиять на эндокринный гомеостаз и даже на аппетит животных. Это может быть связано с секрецией лептина, который является регулятором центра аппетита. Поэтому необходим анализ физиологических аспектов, направленных на поддержание энергетического баланса у различных молочных пород. Это имеет решающее значение для здоровья коров, влияет на производственный цикл и показатели удоя, определяет рентабельность производства и качество молока, а также влияет на продолжительность производственного цикла.

Калашников, А. П. и Фисинин, В. И. и др. (2003) подчеркивают, что уровень энергии в период лактации может быть недостаточным. Такой процесс вызывает спонтанный и избыточный липолиз жировой ткани, а также способствует выработке неэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК). Факторы, которые способствуют взаимодействию эндогенных факторов (отрицательный энергетический баланс, уровень глюкозы и секреция лептина) могут препятствовать потреблению корма и увеличивать избыточную продукцию НЭЖК в печени. У данного механизма есть два аспекта: он предполагает появление отрицательного энергетического баланса (НЭБ) и связан с физиологическими потребностями организма, которые направлены на поддержание функций и увеличение выработки молока. По мнению Drackley, J. K. et al (2001) эти факторы могут увеличить потребность в питательных веществах в 3 раза. При дефиците энергии происходит увеличение мобилизации резервов энергии, которые находятся в адипоцитах. В результате этого происходит индуцирование липолиза жировой ткани и резкое снижение ОЦК, что способствует высвобождению олеиновой кислоты из адипоцитов. Возможно, избыточный липолиз жировой ткани способствует выработке неэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК), так как профиль жирных кислот молока может быть определен на многих уровнях. Также в рубце происходит процесс бактериального метаболизма, а ЖК синтезируются в вымени. Липогенез в данном случае осуществляется с помощью стеароил-КоА-десатуразы, которая оказывает влияние на ЖК, содержащие от 14 до 18 атомов углерода. Эти кислоты

попадают в молочную железу вместе с кровью, и оказывают влияние на качество молочного жира. С помощью вырабатываемой энергии в период пика лактации происходит процесс синтеза жирных кислот, имеющих короткую и среднюю цепь. Данные кислоты имеют возможность быть модифицированными в вымени. Для осуществления данного процесса, в основном, необходимы β -гидроксибутират и ацетат, которые образуются в результате ферментации в рубце.

По мнению Карпенко, Л. Ю. и Енукашвили, А. И. (2018), у высокопродуктивных молочных коров, достигающих пика лактации, липомобилизация может быть очень сильной и приводить к нарушению функциональной и морфологической работоспособности печени. У коров, которые находятся на ранней стадии лактации, происходит быстрое увеличение содержания жирных кислот в печени. Наблюдается рост маркеров липомобилизации, в частности, концентрации сывороточного β -гидроксибутират и свободных жирных кислот. Согласно авторам, произошло нарушение синтеза гепатоцитов из-за стеатоза печени. Это стало причиной снижения концентрации глюкозы и увеличения триглицеридов. Эффект, который был вызван данным действием, привел к повреждениям клеток, о чем свидетельствует увеличение концентрации сывороточного альбумина и билирубина в крови. Shamas A.Sh. et al (2013) показали, что избыточное накопление жира в гепатоцитах может быть связано с НЭБ. При данном раскладе, возможно, что именно такая ситуация является основной причиной эндокринных нарушений, в том числе и секреции лептина. Существует риск того, что это может привести к нарушению глюконеогенеза и снижению гликемии.

Для понимания особенностей обмена веществ молочных коров следует учитывать связь лактогенеза с остальными системами организма. Для каждого этапа образования молока происходят свои характерные, метаболические процессы [32, 34, 39, 68].

Начало лактации (лактогенез). Эпителий накапливает молозиво или первое молоко в период беременности (Mepham, 1983; Schmidt, 1971). Он

содержит антитела и способствует пассивному иммунитета молодняка к различным антигенам. Процесс выработки молока у млекопитающих, известный как лактация, можно разделить на две ключевые стадии: лактогенез, ознаменовывающий начало секреции, и период активной лактации [168]. На молекулярном уровне лактационная фаза характеризуется значительными сдвигами в метаболизме секреторных клеток альвеол молочной железы. Отмечается повышение соотношения РНК к ДНК, указывающее на интенсификацию биосинтетических процессов. Наблюдается увеличение числа рибосом и элементов эндоплазматического ретикулума, а также возрастает количество митохондрий, снабжающих клетку энергией.

Первичные генетические перестройки в клетках альвеолярного эпителия обусловлены адаптацией к секреции молока в полость альвеол. Гормональный контроль лактации осуществляется передней долей гипофиза - аденогипофизом. Эксперименты на экспланатах ткани молочной железы *in vitro* продемонстрировали, что для поддержания жизнеспособности и секреторной активности клеток необходимо присутствие инсулина и кортизола в минимальных концентрациях. Ранее полагали, что пролиферация клеток является обязательным условием для запуска синтеза казеина - основного белкового компонента молока. Для того чтобы плацентарный лактоген и пролактин могли стимулировать синтез казеина в организме, необходимо присутствие инсулина и кортизола [1, 131].

Механизмы, регулирующие лактацию, остаются недостаточно изученными. Наиболее распространенные гипотезы связывают этот процесс либо с увеличением концентрации пролактина и глюкокортикоидов надпочечников в крови в период беременности, либо с уменьшением уровня транскортинина или прогестерона. Предполагается, что транскортин может связывать глюкокортикоиды, снижая их биологическую активность и тем самым влияя на процесс лактации (Tucker, 1974). В последние годы было обнаружено, что прогестерон способствует ингибированию синтеза альфалактальбумина, белка, который необходим для образования лактозосинтетической кислоты.

Предполагается, что лактозосинтетаза является ферментом, который ограничивает скорость биосинтеза лактозы. Употребление пролактина может привести к активации собственных рецепторов, а также к активизации биосинтетических процессов (выработка лактозы и казеина), которые участвуют в синтезе молока. Секреция пролактина гипофизом находится под контролем гипоталамуса, который вырабатывает фактор ингибирования пролактина (PIF). Этот фактор подавляет выделение пролактина из гипофиза. Однако такие вещества, как адреналин, резерпин и ацетилхолин, способны снижать активность PIF, что приводит к увеличению уровня пролактина в крови. Кроме того, тиреотропин-рилизинг-гормон, эстрадиол, а также гормоны щитовидной железы, такие как трийодтиронин (T3) и тетрайодтиронин (T4), стимулируют секрецию пролактина (Forsyth, 1983; Schmidt, 1971; Tucker, 1974). Изменение температуры и освещения, стресс, лактация могут тоже могут повлиять на секрецию пролактина.

Поддержание лактации (галактопоэз). В процессе галактопоэза у всех животных, существует зависимость от удаления молока и стимула сосания или доения. Молоко не сможет полноценно восстановиться, если продукт не будет эффективно удален. Во время доения вместе с адренокортикопротивным гормоном (АКТГ) и окситоцином происходит выделение пролактина [108, 138].

Добавление тиреоидных гормонов, таких как T4 или T3, в рацион лактирующих коров способствует увеличению молочной продуктивности (Thomas and Moore, 1953; Thomas et al., 1957). Кормление тиреопротеинами стимулирует выработку молока на протяжении 2–4 месяцев, а также временно повышает содержание жира в молоке, что улучшает качество сливочного масла.

Факторы, влияющие на состав молока. В клетках молочной железы синтезируются основные компоненты молока: жиры, лактоза и белки. Эти вещества образуются из предшественников, которые поступают из крови (Schmidt, 1971). Выведение компонентов в молоко осуществляется через апокриновую, мерокриновую или голокриновую секрецию. Вода, а также минеральные вещества и витамины, попадают в просвет альвеол

преимущественно путем диффузии (Schmidt, 1971), хотя некоторые из них могут транспортироваться в комплексе с другими молекулами.

Повышение скорости кровотока в молочной железе напрямую связано с процессом выработки молока. В действительности, на каждый объем произведенного молока через молочную железу протекает около 500 литров крови (Schmidt, 1971). Степень взаимосвязи кровотока и количества молока выше у коз с низкой молочной продуктивностью, а также у животных в конце лактации.

Козырев, С. Г. (2000) утверждает, что многие факторы окружающей среды и физиологические особенности организма могут повлиять на секрецию молока. Существуют различные факторы, которые влияют на увеличение удоев молока у коров. Факторы, которые могут положительно влиять на молочную продуктивность, включают увеличение массы тела, возраст животного, улучшенное питание, а также умеренные или холодные температуры в осенне-зимний период [42, 128]. Кроме того, хорошее физическое состояние коровы на момент отела также способствует повышению удоев. В то же время снижение продуктивности связано с такими факторами, как усиленная лактация, поздняя стадия беременности, короткий период сухостоя, отелы в весенне-летний период, высокая температура и влажность окружающей среды, заболевания, влияющие на состояние вымени или потребление корма, а также ухудшение уровня питания.

При нормальном течении лактации молочная продуктивность достигает максимума через 3–6 недель после отела, после чего постепенно уменьшается к завершению лактационного периода. Интересно, что увеличение концентрации жира и белка в молоке обратно пропорционально его общему удою (Davies et al., 1983; Mepham, 1983; Schmidt, 1971). Установлено, что изменения в рационе коров могут негативно повлиять на процент жирности молока. Многие из них имеют отношение к рационам с высоким содержанием концентратов, низким содержанием жиров и клетчатки. При снижении процента жирности молока происходит изменение процесса ферментации в рубце. При этом наблюдается уменьшение выработок ацетата в рубце, увеличение выработки пропионата и снижение рН-баланса. При кормлении бикарбонатом натрия или калия, оксидом

магния и гидроксидом кальция возможно частично предотвратить снижение жирности молока, которое может быть вызвано уменьшением потребления грубых кормов. (Davies et al., 1983; Schmidt, 1971).

Биохимический аспект секреции молока. Эпителиальные клетки молочной железы, которые являются секреторными, способны расщеплять субстраты, тем самым давая энергию для осуществления синтетических процессов в самой молочной железе. Молочная железа использует различные субстраты для синтеза основных компонентов молока, таких как жиры, лактоза и белки. При этом клетки молочной железы регулируют состав молока, контролируя содержание воды, витаминов и минералов, которые сами по себе не могут быть синтезированы в ткани железы [16, 155].

Основными предшественниками для синтеза компонентов молока являются глюкоза и ацетат, поступающие из крови. Кроме того, бета-гидроксибутират, триглицериды жирных кислот и аминокислоты также играют ключевую роль в образовании молочных веществ. Глюкоза и ацетат являются двумя основными источниками энергии. Молочная железа способна поглощать и использовать различные химические соединения, однако их вклад в количественный состав молока незначителен. Тем не менее, эти соединения играют важную роль в качественных характеристиках молока [44, 153].

Энергия, необходимая для синтеза молока, обеспечивается за счет веществ, которые подвергаются окислению в митохондриях. Эти процессы являются ключевыми для поддержания метаболической активности клеток молочной железы. Около 90 процентов аденоциантифосфата (АТФ) получают с помощью системы транспорта электронов. С помощью специальной молекулы-акцептора, фосфатная группа АТФ переносится на ее концевую часть. Уровень энергетической ценности молекулы-акцептора находится на уровне, позволяющем ей участвовать в энергозатратных процессах внутри клетки, таких как синтез триглицеридов, лактозы и белков. В случае необходимости, молекула аденоциантифосфата (АДФ) может быть снова использована для синтеза АТФ [168].

В своих работах Головин, А. В. (2013) рассматривает, что в эпителиальных клетках молочной железы энергия, как правило, генерируется одним из трех путей. Процесс, называемый гликолитическим путем Эмбдена-Мейергофа, способствует расщеплению глюкозы и других молекул гексозы на две молочные кислоты с образованием АТФ на субстратном уровне фосфорилирования. Появившийся пируват может принять участие в цикле лимонной кислоты. Этот цикл, в котором преобладает лимонная кислота, является последним общим путем метаболизма молочной железы. Помимо этого, он может использовать ацетил-коэнзим А (ацетил-КоА) из метаболизма жирных кислот и углеродные скелеты из синтеза аминокислот. Третьим путем, который задействован в молочной железе, является пентозофосфатный путь. Основная функция ионов водорода в клетках молочной железы заключается в том, чтобы обеспечивать восстановление восстановительных стадий синтеза жирных кислот. Образовавшиеся в результате распада пентозофосфатного пути продукты способны к синтезу нуклеиновых кислот. Пентозофосфатный путь – это основной путь, посредством которого происходит окисление глюкозы в эпителиальных клетках.

Самым распространенным сахаром молока является лактоза. Лактоза является дисахаридом, состоящим из молекулы галактозы и молекулы глюкозы. Глюкоза является предшественником лактозы. В процессе фосфорилирования глюкозы образуется глюкозо-6-фосфат, который затем преобразуется в глюкозо-1-фосфат. После взаимодействия с уридинтрифосфатом (УТФ) глюкозо-1-фосфат превращается в УДФ-галактозу. Далее УДФ-галактоза вступает в реакцию со свободной глюкозой, что приводит к синтезу лактозы и высвобождению УДФ. Этот заключительный этап катализируется уникальным ферментом, известным как лактозосинтетазный комплекс. Он состоит из двух субъединиц: галактозилтрансферазы и альфа-лактальбумина, который является специфическим для молочной железы [168, 174, 189].

Согласно исследованиям Ковалевского, В. В. (2014), основными минеральными компонентами молока являются кальций, фосфор, калий, хлор,

натрий и магний. Минералы, такие как хлор, натрий и калий, находятся в растворимой форме. В то же время цитраты, фосфаты и казеин связывают кальций и натрий, обеспечивая их стабильность. Фосфаты, бикарбонаты и белки молока играют ключевую роль в поддержании буферной способности молока. Кальций, содержащийся в сыворотке, находится в динамическом равновесии с кальцием костной ткани, что затрудняет увеличение его содержания в молоке путем повышения уровня кальция в рационе [55, 137, 138]. При этом неорганический фосфат, присутствующий в сыворотке крови, служит основным предшественником фосфатов молока.

Согласно исследованиям Карпенко, Л. Ю. (2014), молочная железа легко усваивает витамины и минералы, поступающие из кровотока. Увеличение содержания витаминов в крови, питающей молочную железу, напрямую способствует повышению их концентрации в молоке. У жвачных животных уровень жирорастворимых витаминов (A, D, E) зависит от качества рациона и воздействия солнечного света [99]. Витамин A образуется из бета-каротина, который превращается в кишечнике под влиянием солнечного излучения.

Согласно мнению Корочкиной, Е. А. (2023) витамин D в коровьем молоке может появляться через активацию эргостерола, содержащегося в кормах, либо под воздействием ультрафиолетового излучения, активирующего 7-дегидрохолестерин в коже животного. Эти процессы играют важную роль в обеспечении витаминами не только организма коровы, но и молока, которое она производит.

Мониторинг биохимических показателей молочных коров на различных этапах их физиологического цикла позволяет оценить влияние питания, солнечного света и других факторов на содержание витаминов в молоке [90, 126, 196].

1.4 Применение кормовых добавок в условиях скотоводства

Исследования, проведенные Ёрковым, Э. Р. (2003), позволяют утверждать, что кормовые добавки, используемые в сельскохозяйственной отрасли, являются важной составляющей полноценного питания животных и имеют особую роль в поддержании здоровья и резистентности животных.

Согласно исследованиям Агафонова, В. И. (2007), использование кормовых добавок обладает рядом значительных преимуществ. Они помогают минимизировать негативное воздействие неблагоприятных факторов, которые могут возникать при нарушении технологий содержания и выращивания животных. Кроме того, кормовые добавки способствуют снижению затрат на производство молока и повышению общей рентабельности предприятия.

Отталкиваясь от данных Бетина, А. Н. (2017), можно сказать, что в рационе крупного рогатого скота приоритете находятся биологически активные добавки, которые положительно влияют на микрофлору рубца и работу пищеварительного тракта. В период лактации из организма коровы с молоком выделяется большое количество питательных веществ, иногда даже превышающее массу животного. В случае, когда корова дает молоко при удое в размере 3000 кг, из организма выводится около 390 кг сухих веществ, а при удое в размере 4000 кг – свыше 500 кг. Это является важным условием для получения высокой молочной продуктивности. Но полноценное кормление влияет не только на количество молока, но и на его состав. Корма, которые включают в себя кормовые добавки для крупного рогатого скота, также входят в рацион молочного скота, влияют на качество и вкусовые качества молока, а также его технологические свойства [91, 112, 121, 122, 140]. При недостатке питания сначала снижается количество молока, а затем и его жирность. Она значительно понижается, если корова получает недостаточное количество белка с кормом. При кормлении коров важным является составление рационального питания, которое будет способствовать поддержанию хорошего аппетита и более эффективному

использованию питательных веществ с меньшей нагрузкой на органы пищеварения [93, 130, 140].

В последнее время большое значение стали приобретать натуральные кормовые добавки, которые являются стимуляторами роста и развития. В целях улучшения показателей животноводства, уменьшения экономических потерь и обеспечения безопасности продуктов питания для потребителей стали все чаще использоваться добавки из натуральных компонентов [105, 114, 135, 139].

Согласно мнению Герасименко, А. А. (2015), при использовании в кормах для животных натуральных добавок можно повысить их продуктивность за счет улучшения усвоемости, а также поддержания и стабилизации полезной микрофлоры кишечника. Кроме того, улучшение качества продуктов животного происхождения может благоприятно сказаться на окружающей среде.

Исследования Бурякова, Н. П. (2009) показали, что потребности в энергии для высокопродуктивных коров имеют тенденцию к превышению возможностей потребления питательных веществ и, следовательно, ограничивают их производство молока. Существует вероятность того, что в процессе симбиоза между жвачными животными и микроорганизмами рубца происходит нарушение баланса между энергией и синтезом белка, что приводит к отрыжке метаном и избыточному производству аммиака (Van Nevel and Demeyer, 1988.). Микробная ферментация может быть модулирована с целью минимизировать потери, или путем изменения рациона (Beauchemin et al., 2008.) или предоставления противомикробных препаратов. Было доказано, что применение в рационе жвачных животных ионофорных антибиотиков (например, моненсина) увеличивает скорость выработки пропионата, снижает выработку метана и уменьшает накопление аммиака в рубце ((Schmidt, 1971). Однако, прием ионофорных антибиотиков увеличивал общую продолжительность переработки пищи в течение дня (Van Nevel and Demeyer, 1988) и имел тенденцию к уменьшению промежутка между приемами пищи у коров с ранней лактацией. Несмотря на это, во всем мире использование ионофоров подвергается критике

из-за наличия возможных остатков в продуктах животного происхождения, а также вероятности развития бактериальной резистентности [84].

По данным Васильевой, О. К. (2019), пребиотики, полезные микроорганизмы, бактериоцины, фитогенные соединения и органические кислоты являются перспективными направлениями исследований в области питания и здоровья животных. Также они могут быть использованы для удовлетворения растущих потребностей потребителей в натуральных веществах и быть заменой эффективным, но обладающим высоким риском антибиотиков [43, 65, 143, 144].

Из-за того, что они рассматриваются в качестве новых ценных веществ, их изучение является постоянной дисциплиной, в настоящий момент ведутся дискуссии о фармакокинетике и механизме действия фитогенных биоактивных соединений, что является новым подходом к изучению их свойств [80, 81, 82].

Например, одним из компонентов для создания кормовых добавок стал хитозан. Хитозан (CHI) является биополимером, который представляет собой N-ацетил- β -D-гликозамид, полученный в результате деацетилирования хитина, который является вторым по распространенности полисахаридом в природе и основным компонентом экзоскелета насекомых и ракообразных. Хитозан показал свою эффективность в борьбе с рядом микроорганизмов, включая бактерии, грибы и дрожжи. С помощью хитозана происходит взаимодействие с белками внешней мембранны, в результате которого происходит разрушение мембран бактериальных клеток и их гибель. Хотя исследования оценили CHI как добавку для консервации силоса или для профилактики метрита и мастита у молочного скота в нескольких исследованиях оценивалось влияние CHI на ферментацию рубца в исследованиях *in vivo*, особенно на лактирующих коровах, продемонстрировали потенциал CHI в снижении соотношения пропионата к ацетату в рубцовой жидкости овец, мясных бычков и лактирующих коров соответственно. Также в совокупности с влиянием на выработку ЛЖК, данные указывают на то, что CHI способствует уменьшению биогидрирования в рубце (Senel and McClure, 2004).

Согласно позиции Заболотнова, А. А., (2013) в последнее время особым интересом пользуются фитогенные кормовые добавки на основе водорослей различных видов. Для того, чтобы заменить часть рациона домашнего скота в периоды дефицита воды, в районах, которые находятся ближе к побережью, где регулярно происходит смыв или рост морских водорослей, в рацион домашнего скота были включены морские водоросли (макроводоросли). В целях использования морских водорослей в рационе животных, их исследовали как новый источник белка, углеводов и биологически активных соединений, которые могут быть использованы для стимуляции здоровья кишечника и улучшения состояния здоровья человека и животных (Маккар и др., 2016 г.). Для того, чтобы снизить содержание кишечного метана, в последние годы возрос интерес к оценке различных видов добавок для снижения его содержания в организме [77, 78].

Согласно данным Гуляевой, М. Е. (2011), в связи с запретом на использование некоторых кормовых добавок, таких как ионофоры, в некоторых странах, были изучены некоторые растительные экстракты. В частности, они продемонстрировали свою способность к модификации ферментации в рубце и их антимикробной и антиоксидантной активности. Установлено, что органические соединения, которые образуются в результате вторичного метаболизма растений, могут применяться как терапевтические средства. В случае использования в качестве дополнения к рациону животных, изолированные компоненты из различных растительных экстрактов могут создать аддитивный эффект при смешивании и использовании в качестве дополнительного компонента.

К использованию морских водорослей в целях снижения выработки кишечного метана у жвачных животных проявляют повышенный интерес из-за возможности уменьшения выброса метана у двух видов красных (*Rhodophyta*) морских водорослей: *Asparagopsis Taxiformis* и *Asparastmatum Arbat*. Эти 2 вида имеют в своем составе бромоформ и другие галогенированные метаболиты, которые концентрируются в особых железах. *Asparagopsis spp.* производит

бромоформ и другие галогенированные соединения. При соблюдении определенных условий, дозировки и режима питания, можно значительно снизить выработку кишечного метана, вплоть до 98%, в зависимости от дозы, основного рациона и условий хранения [182]. Это было показано в недавнем исследовании на жвачных животных (Roque et al., 2019; Kinley et al., 2020; Stefanoni et al., 2021). Использование *A. Taxiformis* и *A. Armata* может привести к снижению добровольного потребления корма молочным скотом (Roque et al., 2019; Stefanoni et al., 2021), а также перенос бромоформа и других метаболитов в молоко и мочу лактирующего молочного скота (Stefanoni et al., 2021.), хотя другие исследования не обнаружили негативного воздействия на потребление корма или перенос бромоформа в мясо, органы или фекалии (Kinley et al., 2020.). В то же время, некоторые виды морских водорослей, такие как бурые (*Phaeophyta*) и *Ascophyllum nodosum*, могут быть богаты полифенолами, в частности, флоротанинами, которые являются таниноподобными метаболитами, которые характерны для морских водорослей (Connan et al., 2006, 2015). Научные исследования показали, что флавотанины из *Laminaria digitata*, которые были извлечены из растения в лабораторных условиях, уменьшали выработку метана *in vitro*, но не оказывали негативного воздействия на общий уровень газообразования при значениях включения <40 г/кг (Vissers et al., 2018). Помимо этого, добавление ферментированной *Saccharina latissima* (*Phaeophyta*) в сочетании с другими ингредиентами уменьшало выработку метана *in vitro* [154]. Каррагинан — это высокосульфатный углевод, широко распространенный в красных морских водорослях (*Rhodophyta*). При использовании различных типов морских водорослей, а также вида морских растений и партии, содержание сульфата каррагинана может варьироваться в пределах 20-40% от общего веса. Данный сульфат может быть использован в качестве альтернативного поглотителя водорода при добавлении к пище жвачных животных, что может снизить выработку кишечного метана. В недавнем прошлом красные водоросли *Chondrus Crispus* (*Rhodophyta*) использовались для сбора каррагинана и его переработки, также было продемонстрировано снижение производства метана в

ходе исследования *in vitro* (Kinley and Fredin, 2015). Содержание каррагинана в *C. Crispus* варьируется от 30 до 45% от сухого веса, завися от стадии жизни, географического положения и времени года. В настоящее время мало информации о том, какой из видов морских водорослей может помочь снизить выброс кишечного метана у молочного скота [196].

В целях снижения выброса метана в рубце и уменьшения выброса парниковых газов от производства жвачных животных, были разработаны стратегии питания, которые направлены на исследование и идентификацию различных кормовых добавок и пищевых ингредиентов, которые могут помочь в продвижении альтернативных путей образования метана для того, чтобы рассеять метаболический водород в рубце. Данные о том, что биологически активные добавки в виде среднечепочечных НЖК (Jordan, et al., 2006; Machmueller, 2006; Hristov, et al., 2009.), растительные масла или семена масличных растений (McGinn, et al., 2004.) способствуют снижению выработки метана в рубце у крупного рогатого скота, лактирующего или растущего, были опубликованы в ряде исследований. Тем не менее, при снижении уровня образования метана в рубце до сравнительно высоких концентраций липидов из растительных масел или семян масличных культур в рационе, возможно, происходит снижение переваривания питательных веществ и продуктивности животных (Beauchemin and McGinn, 2006; Jordan, et al., 2006).

Согласно исследованиям, проведенным в 2010 году, диетические липидные добавки способствуют более последовательному снижению выработки метана по сравнению с изменениями в соотношении корма и концентратов, микробными препаратами или экзогенными ферментами (Martin, et al., 2010 г.). Также, при простой замене кормов концентрированными ингредиентами не учитывается важная роль жвачных животных в использовании волокнистых кормов, которые не подходят для использования человеком (Granger and Beauchemin, 2011). Кроме того, при избыточном потреблении концентратов возрастает риск рубцового ацидоза, что было доказано на примере исследований зарубежных исследователей (Fonty and Shocheiras-Duran, 2006)

Продукты жизнедеятельности живых дрожжей используются в качестве кормовых добавок для жвачных животных для повышения эффективности кормления и предотвращения ацидоза рубца [132].

При этом они могут быть использованы как источник кислорода в рубце, а также обеспечивать микробные факторы роста или же конкурировать с автохтонными видами в рубце (Newbold, et al., 1996; Fonty and Shocheiras-Duran, 2006). Проводится отбор штаммов *Saccharomyces cerevisiae* для специфического снижения продукции метана в рубце (McGinn, et al., 2004; Shocheiras-Duran, et al., 2008; Cheung, et al., 2011.), тогда как другие штаммы могут косвенно снижать выработку метана на единицу молока или мяса за счет улучшения деградации клетчатки рубца и общей эффективности конверсии корма.

Таким образом, подводя итоги, можно сделать выводы о том, что применение кормовых добавок в условиях скотоводства и, в частности, в условиях деятельности животноводческих хозяйств является неотъемлемым аспектом нормального и физиологичного функционирования животных [115, 116, 120]. Среди кормовых добавок также следует выделять те, которые в своем изначальном составе несут природный компонент, так как использование природных источников для создания кормовых добавок является актуальной проблемой в сфере экологии и ветеринарии.

2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы и методы исследований

В период с 2020 по 2024 годы на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области было проведено исследование, посвященное изучению влияния фукусовых водорослей, входящих в состав комплексной кормовой добавки, на организм молочных коров.

Эксперимент проводился на базе животноводческого хозяйства Ленинградской области "Поляны". Исследование образцов крови и проб молока проводилось на базе лаборатории кафедры биохимии и физиологии СПбГУВМ.

Характеристика хозяйства: хозяйство, в котором проводилось исследование, расположено в Ленинградской области, Выборгский район, совхоз "Поляны" и специализируется на молочном животноводстве. Условия содержания животных соответствуют современным зоогигиеническим и ветеринарно-санитарным требованиям, что обеспечивает высокий уровень продуктивности и здоровья коров.

Микроклимат помещений

Микроклимат в коровниках является одним из ключевых факторов, влияющих на физиологическое состояние и продуктивность животных. В хозяйстве поддерживаются следующие параметры:

1. Температура воздуха: Оптимальная температура в коровниках составляет 8–16°C. В зимний период используются системы отопления для предотвращения переохлаждения, а в летний — вентиляция и затенение для защиты от перегрева;

2. Влажность воздуха: Относительная влажность находится в пределах 60–70%. Это позволяет избежать избыточной сырости, которая может способствовать развитию респираторных заболеваний и кожных инфекций;

3. Воздухообмен: Вентиляционная система обеспечивает воздухообмен на уровне 17–20 м³/час на 100 кг живой массы, что соответствует нормативам для

молочных коров. Это позволяет удалять вредные газы (аммиак, сероводород, углекислый газ) и поддерживать свежесть воздуха;

4. Освещение: Естественное освещение дополняется искусственным. Освещенность в помещении 170-200 лк;

Условия содержания

1. Система содержания: стойлово-выгульная. Способ содержания – привязный;

2. Стойла: Коровы содержатся в индивидуальных стойлах с мягким покрытием (подстилка из соломы). Размер стойла составляет 1,7 м в длину и 1,2 м в ширину, что соответствует зоогигиеническим нормам;

3. Плотность размещения: на одну корову приходится 2-3 м² площади, что исключает скученность и снижает уровень стресса;

4. Подстилка: используется солома. Подстилка меняется 2 раза в день, что обеспечивает гигиену и комфорт;

5. Уборка помещений: Навоз удаляется механизированным способом, 2 раза в день, что предотвращает накопление вредных газов и размножение патогенных микроорганизмов.

Кормление

1. Рацион: Основу рациона составляют силос травяной, подсолнечный шрот и ячмень. В период исследования в рацион была включена добавка из фукусовых водорослей Белого моря в количестве 35 г/голову в сутки;

2. Режим кормления: Коровы получают корм в фиксированное время, 3 раза в сутки. Это способствует стабильной работе желудочно-кишечного тракта и усвоению питательных веществ;

3. Качество кормов: Все корма проходят регулярный анализ на содержание питательных веществ, влажности и отсутствие токсинов. Используемые корма соответствуют ГОСТ Р 55986-2014 “Силос из кормовых растений”;

Руминальный N-Баланс	11,6 g							
Кормовой рацион	HB[кг]	СВ	СВ [кг]	СВ [%]NEL [Мдж]	СП [г]	nXP [г]	sXF [г]	
Силос травяной 39,4 % св	21,48	400	8,59	98,25	5,44	118	119	208
Kaufit Dry Complete	0,16	960	0,15	1,76	0,00	47	0	0
Подсолнечный шрот	0,40	880	0,35					
Ячмень	0,60	880	0,53					
Баланс за кг	404			5,34	116	117	204	
Ежедневные значения	21,64		8,75		46,72	1.017	1.023	1.783
Композиция								
Содержание								
Содержание сухого вещества						413		
Сырой протеин						132,38		
Сырая клетчатка						2422,45		
Струк. сырья клетчатка						1782,65		
nXP						1097,78		
NEL						5,69		
Кальций						54,29		
Фосфор						36,54		
Натрий						10,73		
Магний						38,74		
Kalium						240,20		

Рисунок 1 - Пример рациона, используемого в хозяйстве

4. Водопой: Животные имеют свободный доступ к чистой воде. Водопойные системы оснащены подогревом в зимний период, что предотвращает переохлаждение.

Водоснабжение

1. Вода соответствует санитарным нормам по микробиологическим и химическим показателям. Проводится регулярный анализ на содержание тяжелых металлов, бактерий, нитратов/нитритов. Качество воды регулируется согласно ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством";

Этот стандарт устанавливает общие требования к питьевой воде, включая воду для сельскохозяйственных животных.

2. Поилки расположены в удобных местах, их количество соответствует нормативам (1 поилка на 10 коров);

Профилактика заболеваний

1. В хозяйстве соблюдается строгий график обязательной вакцинации против инфекционных заболеваний;

2. Регулярно проводятся ветеринарные осмотры, включая диагностику маститов, заболеваний копыт и иных патологий;

3. Перед каждой дезинфекцией проводится механическая очистка помещений. Для дезинфекции помещений используются хлорсодержащие препараты, обработка проводится 1 раз в месяц.

Характеристика стада: животные в хозяйстве представлены коровами молочного направления голштинизированной черно-пестрой породы. Дойное стадо составляет 300 голов, средний убой 30 литров в сутки, выход телят около 76%.

Все полученные цифровые данные были подвергнуты статистической обработке при помощи определения критерия достоверности (t) по формуле:

$$t = \frac{M_2 - M_1}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}}$$

Где M1 и M2 сравниваемые величины, а m1 и m2, соответственно, их ошибки. Полученные данные были подвергнуты статистическому анализу с определением уровня значимости (p) для разности сравниваемых средних арифметических показателей. Статистическую значимость различий между относительными величинами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента, адаптированного для анализа относительных показателей

Всего было исследовано 171 животное из стада. Из них в опыт были отобраны 24 головы исходя из цикла жизни коровы, возраста и веса. 12 коров составили контрольную группу, 12 – опытную. Животные были клинически здоровы и подбирались также по методу пар-аналогов.

Животным из опытной группы помимо основного рациона скармливали также исследуемую, комплексную, кормовую добавку в дозировке 35 грамм на животное.

Характеристика добавки: наименование: «СОРБОЛА VITA®» производитель ООО «Надвоицкий завод ТДМ», Республика Карелия, Сегежский район, пгт. Надвоицы. Комплексная кормовая добавка «СОРБОЛА VITA®» представляет собой смесь из модифицированного шунгита (адсорбента) и бурых

водорослей Белого моря (фукус пузырчатый) в соотношении 70%-30%. Сырье для производства пробы (фукус пузырчатый) добывается на побережье Белого моря в республике Карелия.

Перед реализацией продукции пробы фукуса были подвергнуты различным производственным и технологическим испытаниям, включая показатели бактериальной обсемененности, содержания йода, селена и цинка. Также проводилось определение уровня следующих показателей: аспарагиновая кислота (0,44%), изолейцин (0,15%), лейцин (0,30%), массовая доля аланина (0,25%), аргинина (0,21%), валина (0,29%), гистидина (<0,12%), глицина (0,23%), лизина (0,16%), метионина (<0,12%), цистина (<0,12%), серина (0,19%), тирозина (0,12%), треонина (0,17%), триптофана (0,04%), фенилаланина (0,18%), витамина В2 (рибофлавина) (0,08 мг/100 грамм), В9 (фолиевой кислоты) (0,75 мг/кг), В12 (цианокобаламина) (0,03 мг/кг), А (ретинола) (<0,16 мг/кг), В1 (тиамина) (<0,01 мг/100 грамм), Е (токоферола) (24,2 мг/кг), уровень БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ) (49,79%), обменная энергия (для КРС) (7,25 МДж/кг), железо (277 мг/кг), кальций (1,28%), магний (7938 мг/кг), а также массовая доля влаги (11,5%), йода (505,9 мг/кг), калия (2,68%), серы (1,99%), сырого жира (1,7%), сырого протеина (5,57%), сырой золы (22,24%), сырой клетчатки (9,2%), фосфора (0,07%) и хлора (2,8%).

Пробы добавки подвергались лабораторному исследованию на содержание тяжелых металлов в соответствии с ТР ТС 021/2011 “О безопасности пищевой продукции”.

Определялись уровни мышьяка, кадмия, ртути и свинца в соответствии с ГОСТами (приложение А). Бактериальная обсемененность определялась через исследование количества мезофильных, аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, плесени и бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в соответствии с инструкциями и ГОСТами (приложение Б).

В связи со способностью водорослей накапливать различные токсические элементы также проводилось определение наиболее опасных радионуклидов, а именно удельная активность стронция-90 и удельная активность цезия-137.

По своему составу фукус пузырчатый является природным премиксом, в состав которого входят сульфатированные полисахариды (фукоидан, альгинаты), витамины групп А, В и Е, аминокислоты, микро-и макроэлементы (йод, селен, цинк, марганец, железо, магний и другие) преимущественно в органической форме.

По внешнему виду представляет собой сыпучую крупку черного цвета с сероватыми включениями, не растворяется в воде.

Кормовая добавка не содержит в своем составе генно-модифицированных организмов. Содержание влаги не более 2%. Кормовую добавку «СОРБОЛА VITA®» выпускают расфасованную в многослойные бумажные мешки с полиэтиленовым вкладышем по 20 и 25 кг.



Рисунок 2 – Образец исследуемой добавки (фото, оригинал)



Рисунок 3 – Животные из стада участвующего в проведении исследования (фото, оригинал)

Отбор проб крови и молока для исследования проводился в 4 этапа:

- 1 этап – за неделю до начала опыта;
- 2 этап – спустя месяц после начала использования кормовой добавки;
- 3 этап – спустя 3 месяца после начала использования кормовой добавки;
- 4 этап – через 1 месяц после прекращения использования кормовой добавки.

Забор крови проводился из хвостовой вены вакуумным методом в пробирки Improvacuter с антикоагулянтом К3EDTA объемом 9 мл для гематологических исследований и в пробирки Improvacuter с активатором свертывания (кремнезем, SiO₂), объемом 9 мл, для биохимических исследований. Кровь в день отбора проб доставлялась в лабораторию при сохранении температурного режима, где пробирки с активатором свертывания подвергались центрифугированию на медицинской центрифуге ELMF серии СМ-6М в режиме 3,5 тысячи оборотов в минуту в течение 10 минут.



Рисунок 4 – Доставленные в лабораторию образцы крови для проведения гематологического и биохимического исследования (фото, оригинал)

Каждый образец переносился в индивидуальные стерильные пробирки типа «эппendorф» объемом 1,5 мл, которые затем марковались в соответствии с прилагаемой описью животных с указанием уникального идентификационного номера, даты отбора и группы исследования. Маркованные образцы сыворотки подвергались анализу уровня электролитов (включая ионы Na^+ , K^+ , Cl^- и Ca^{2+}) на автоматическом электролитном анализаторе i-Smart 30 Vet+ с использованием калибровочных растворов и контрольных образцов в соответствии с инструкцией производителя.

В течение 1 часа после доставки проводился анализ на автоматическом гематологическом анализаторе Dymind DF50 Vet с определением основных параметров: концентрации гемоглобина, количества эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, а также расчетных индексов (MCV, MCH, MCHC). Параллельно из каждой пробы готовились мазки крови тонким слоем на обезжиренных предметных стеклах, которые высушивались на воздухе и фиксировались по Май-Грюнвальду. Окраска мазков выполнялась по Романовскому-Гимзе с последующей микроскопией под иммерсионным маслом (увеличение $\times 1000$). При подсчете лейкоцитарной формулы оценивалось не менее 100 клеток в каждом мазке с регистрацией процентного соотношения нейтрофилов,

лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и базофилов. Дополнительно проводилась оценка морфологии клеток крови с фиксацией анизоцитоза, пойкилоцитоза и других патологических изменений.

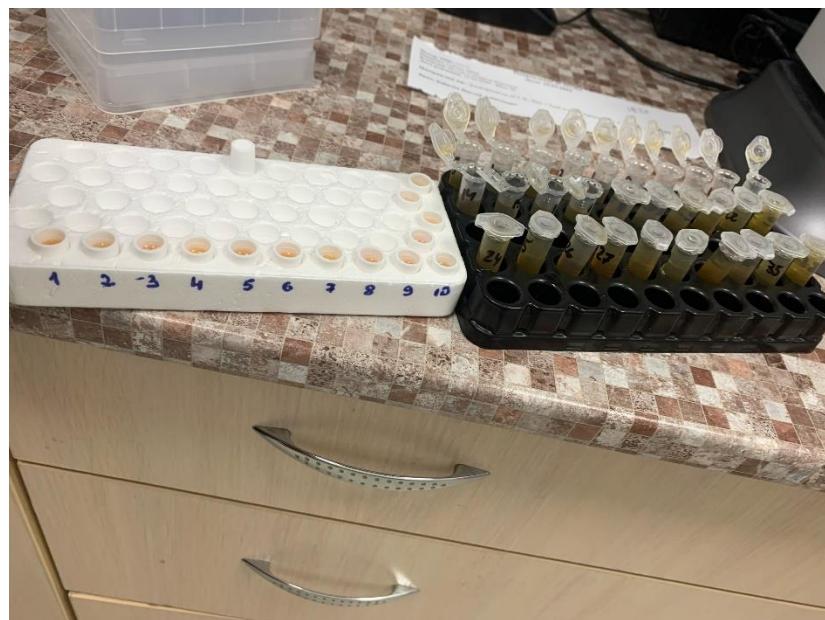


Рисунок 5 – Преаналитический этап в биохимическом исследовании крови (фото, оригинал)

Биохимический анализ крови. Измерение показателей проводилось на биохимическом, автоматическом, ветеринарном анализаторе Genrui GS100 Vet. Методы измерения:

- 1) по конечной точке (измерение концентрации субстрата после завершения реакции);
- 2) кинетический метод (оценка скорости изменения оптической плотности);
- 3) кинетический метод с фиксированным временем (оценка скорости изменения оптической плотности в строго заданных временных интервалах);

В качестве источника света в анализаторе используется галоген-вольфрамовая лампа с диапазоном излучения 340–800 нм, обеспечивающая стабильность оптических измерений. В качестве оценки получаемых значений также осуществлялся контроль качества протекаемой реакции при помощи оценки получаемых графиков реакции.

Уровень электролитов определялся при помощи автоматического анализатора i-Smart-30 VET. Метод измерения: электрохимический, принцип ионоселективных электродов (ISE);

Диапазон измерения: Na⁺: 20-250 ммоль/л; K⁺: 0,5-20,0 ммоль/л; Cl⁻: 20-250 ммоль/л;



Рисунок 6 – Реакционная карусель биохимического анализатора Genrui GS100 Vet (фото, оригинал)

Комплексный биохимический анализ крови включал изучение 20 параметров, охватывающих основные электролиты и соотношение альбумин:глобулины. Среди исследуемых показателей были: креатинин, глюкоза, мочевина, неорганический фосфор, общий кальций, общий белок, альбумин, глобулины, их соотношение (альбумин:глобулины), аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), щелочная фосфатаза, гамма-глютамилтранспептидаза (ГГТ), общий билирубин, холестерин, триглицериды, а также концентрации натрия, калия и хлора.



Рисунок 7 – Проведение электролитного анализа на автоматическом анализаторе i-Smart-30 VET (фото, оригинал)

Исследование вышеуказанных показателей проводилось при помощи “жидкого” метода биохимического исследования на полностью автоматическом анализаторе с использованием серийных наборов реагентов фирмы ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн» (Россия) согласно инструкциям производителя [17–30]. Определение концентраций электролитов (натрия, калия, хлора) в сыворотке крови проводили на автоматическом анализаторе электролитов i-Smart Vet (i-SENS Inc., Республика Корея), методом прямой потенциометрии с использованием ионоселективных электродов, согласно инструкции производителя [172].

1. Креатинин – кинетический метод Яффе. Метод анализа основан на взаимодействии креатинина с пикратом натрия, как описано в методе Яффе;
2. Глюкоза – глюкозооксидазный метод (ферментативно -колориметрическое определение);
3. Мочевина – уреазный метод. В ходе реакции мочевина под действием фермента уреазы гидролизуется с образованием углекислого газа и аммиака;

4. Фосфор неорганический – УФ-метод без депротеинизации;
5. Общий кальций – унифицированный колориметрический метод;
6. Общий белок – биуретовый метод;
7. Альбумин – унифицированный колориметрический метод с бромкрезоловым зеленым;
8. Глобулины – расчетный показатель;
9. Соотношение альбумин:глобулины – расчетный показатель;
10. Аланинаминотрансфераза (АЛТ) – оптимизированный энзиматический метод с использованием α -кетоглутарата в качестве стартового реагента;
11. Аспартатаминотрансфераза (АСТ) - оптимизированный энзиматический метод с использованием α -кетоглутарата в качестве стартового реагента;
12. Щелочная фосфатаза (ЩФ) - оптимизированный кинетический метод;
13. Гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ) – оптимизированный кинетический метод;
14. Общий билирубин - унифицированный метод Ендрассика-Грофа;
15. Холестерин – энзиматический, колориметрический метод;
16. Триглицериды – энзиматический, колориметрический метод;
17. Электролиты (калий, натрий, хлориды) – принцип ионоселективных электродов (ISE). Метод основан на измерении разности потенциалов между электродами, которая зависит от разности концентраций электролитов в растворе.

На биохимическом и электролитном анализаторе применяется трехуровневый, ежедневный контроль при помощи стандартизованных контрольных сывороток.

Клинический анализ крови. Клинический анализ крови проводили с использованием автоматического гематологического ветеринарного анализатора DF50 Vet (Dymind, Китай), обеспечивающего дифференцированный подсчет лейкоцитов по 5-ти популяциям, определение эритроцитарных и тромбоцитарных параметров по импедансному методу, а также оценку

гемоглобина фотометрически. Исследование выполняли согласно инструкции производителя [162].



Рисунок 8 – Пример бланка клинического анализа крови с анализатора 5-DIFF DF50 Vet от компании Dymind (фото, оригинал)

Анализируемые показатели: эритроциты и эритроцитарные индексы (MCV (средний объем эритроцита), MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах)), гемоглобин, гематокрит, тромбоциты, тромбоцитарные индексы (MPV (средний объем тромбоцита, PCT (тромбокрит), лейкоциты (нейтрофилы, лимфоциты, эозинофилы, моноциты), дифференциальный подсчет лейкоцитов (процентное и абсолютное соотношение);

Количество измеряемых показателей: 23 параметра крови + 3 гистограммы, диаграмма распределения базофилов и 3 DIFF распределения — лазерные скаттерограммы;

Методы исследования: кондуктометрия для определения числа эритроцитов и тромбоцитов, фотометрический метод определения гемоглобина,

лазерная проточная цитометрия для определения лейкоцитов. Дифференциация лейкоцитов на 5 подгрупп.

Для данного анализатора проводится ежедневный двухуровневый контроль при помощи стандартизированной, контрольной крови.

Лейкоцитарная формула. Для оценки морфологии форменных элементов крови и ручного подсчёта лейкоцитарной формулы из венозной крови, стабилизированной ЭДТА-К3, готовили мазки по рекомендуемой методике [70]. Мазки выполняли на чистых предметных стёклах путём равномерного растягивания капли крови под углом 30–45° при комнатной температуре.

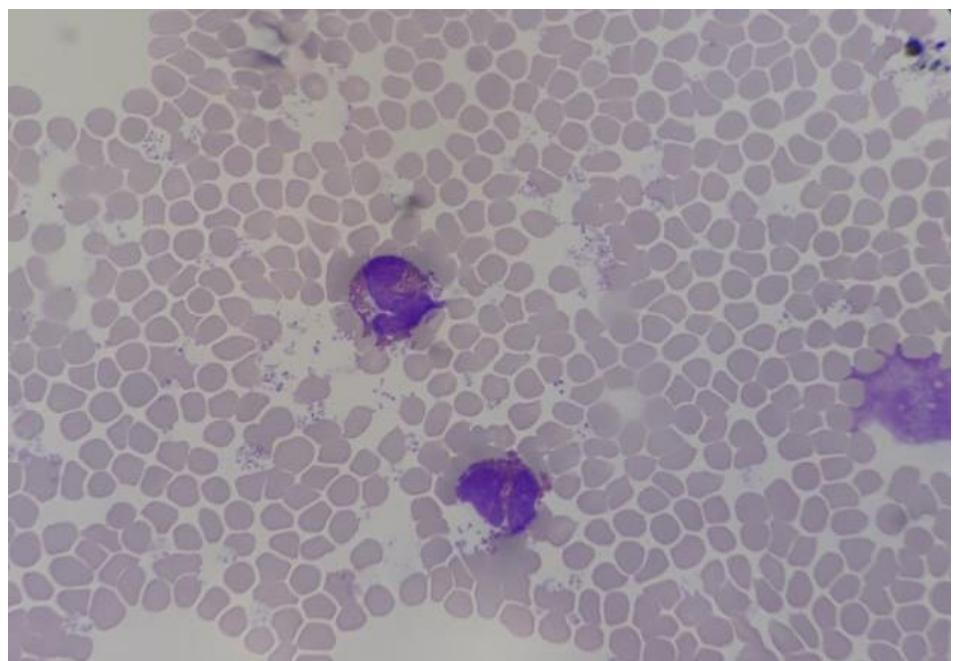


Рисунок 9 – Образец микроскопии окрашенного мазка крови животного опытной группы (фото, оригинал)

После высушивания мазки окрашивали по методу Романовского — с использованием красителя Дифф-Квик (Diff-Quik, Россия) согласно инструкции производителя [3]: фиксирование — 10 секунд, окрашивание эозином — 5–10 секунд, окрашивание азуром — 10–15 секунд, промывание дистиллированной водой, просушка на воздухе.

Микроскопию мазков крови проводили с использованием светового микроскопа при увеличении $\times 1000$ с иммерсионной системой. Оценивали морфологию эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, наличие патологических

форм, включений, а также проводили ручной подсчёт лейкоцитарной формулы по 100 клеткам.

Все исследования выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями по клиническим исследованиям крови у животных [136].



Рисунок 10 – Проведение клинического анализа крови на гематологическом ветеринарном 5-DIFF анализаторе DF50 Vet от компании Dymind (фото, оригинал)

Лейкоцитарные индексы. Лейкоцитарные индексы рассчитывали на основании данных клинического анализа крови с определением абсолютного содержания лимфоцитов, моноцитов, гранулоцитов и их соотношений. Ввиду отсутствия токсических изменений в нейтрофилах и признаков острого воспаления, оценивались: индекс иммунореактивности и индекс Гаркави (как вспомогательные оценочные факторы в анализе специфического и неспецифического иммунитета) [37, 98].

Индекс иммунореактивности рассчитывался по формуле:

$$\text{ИИР} = \frac{\text{эозинофилы} + \text{лимфоциты}}{\text{моноциты}}$$

Индекс Гаркави рассчитывался по формуле:

$$\text{иГ} = \frac{\text{лимфоциты}}{\text{сегментоядерные нейтрофилы}}$$

Показатели иммунитета.

Неспецифический иммунитет.

1. Определение бактерицидной активности сыворотки крови

Бактерицидную активность оценивали фотоэлектроколориметрическим методом по Смирновой О.В. и Кузьминой Т.А. (1979).

2. Определение лизоцимной активности

Лизоцимную активность определяли фотоэлектроколориметрическим методом по Дорофейчуку А.Г. (1968) с модификациями. В качестве субстрата использовали суспензию *Micrococcus lysodeikticus* (0,25 мг/мл в 0,1 М фосфатном буфере, pH 6,2). Исследуемую сыворотку вносили в кювету с субстратом в соотношении 1:100. Изменение оптической плотности регистрировали при 450 нм каждые 30 секунд в течение 5 минут. Активность выражали в мкг/мл, используя калибровочную кривую, построенную по стандартному образцу лизоцима из белка куриного яйца.

3. Оценка фагоцитарной активности (фагоцитарное число, фагоцитарный индекс, фагоцитарная активность)

Фагоцитоз оценивали с использованием культуры *Str. albus* по методике Скопичева В.Г. (2005).

Специфический иммунитет.

1. Определение иммуноглобулинов Концентрацию иммуноглобулинов в сыворотке крови определяли методом осаждения сульфатом цинка по методике Холода В.М. и Ермолаева Г.Ф. (1988).

2. Определение циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК)

ЦИК определяли методом преципитации с 3,5% раствором полиэтиленгликоля (ПЭГ-6000) по методике Меньшикова В.В. (1987).



Рисунок 11 – анализатор качества молока “Лактан 1-4 М” (ООО ВПК “Сибагроприбор”, Новосибирская область) (фото, оригинал)

Молоко и продуктивность. Учёт надоя и регистрация параметров молочной продуктивности коров проводились с использованием линейной системы доения с автоматизированным учетом в доильном зале, также 1 раз в месяц проводились контрольные дойки с фиксацией надоя по датчикам. Исследование проб молока проводилось на кафедре биохимии и физиологии СПбГУВМ при помощи анализатора качества молока “Лактан 1-4 М” (ООО ВПК “Сибагроприбор”, Новосибирская область) [54]. При помощи данного прибора исследовались такие параметры молока, как абсолютный белок, лактоза и жир. Уровень соматических клеток определялся при помощи биолюминесцентного метода согласно стандартным методическим указаниям [41].

2.2 Результаты исследований

С целью изучения влияния фукусовых водорослей в составе комплексной кормовой добавки на организм молочных коров были определены основные биохимические показатели животных. Исследуемые биохимические показатели были сформированы в подгруппы по их метаболическим критериям: минеральный обмен (кальций, фосфор, натрий, калий, хлор), белково-азотистый обмен (общий белок, альбумин, глобулины, альбумин:глобулиновое соотношение, мочевина, общий билирубин, креатинин), показатели жирового и углеводного обмена (холестерин, триглицериды, глюкоза), показатели активности ферментов (АСТ, АЛТ, щелочная фосфатаза, γ -глютамилтранспептидаза).

Исследование проводилось из сыворотки, полученной при центрифугировании крови, собранной в пробирки с активатором свертывания.

2.2.1 Минеральный обмен

В ходе исследования минерального обмена определялись значения следующих показателей: неорганический фосфор, общий кальций, калий, натрий, хлор.

Было выявлено, что уровень кальция в опытной группе достоверно увеличился на 13,6% через 3 месяца и на 12,3% спустя месяц после прекращения применения добавки. Уровень кальция в контрольной группе имел незначительные колебания ($\pm 5\%$). Уровень фосфора достоверно не менялся в опытной группе относительно контрольной группы. Уровень калия достоверно снизился в опытной группе на 7,5% ко 2 этапу и на 13,9% к 3 этапу и увеличился на 10,3% спустя месяц после прекращения использования исследуемой добавки. В контрольной группе уровень калия не снижался ниже верхней границы референтных интервалов на протяжении всего опыта. Уровень хлора и натрия достоверно не менялся в обоих группах.

Результаты также представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние кормовой добавки на показатели минерального обмена ($M \pm m$, n=24)

Этап исследования	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Неорганический фосфор, ммоль/л		
1	2,06±0,29	1,99±0,15
2	1,98±0,14	1,95±0,29
3	2,00±0,15	1,97±0,16
4	1,92±0,31	1,83±0,21
Общий кальций, ммоль/л		
1	2,45±0,13	2,42±0,09
2	2,51±0,04	2,51±0,11
3	2,41±0,13	2,75±0,12*
4	2,50±0,14	2,72±0,10*
Калий, ммоль/л		
1	6,08±0,89	5,58±0,29
2	6,29±0,21	5,16±0,46*
3	5,90±0,24	4,80±0,38*
4	6,31±0,29	5,34±0,33*
Натрий, ммоль/л		
1	140,76±1,92	138,45±2,33
2	138,80±1,16	136,82±1,60
3	144,81±0,40	137,81±1,34
4	139,21±3,42	136,38±1,88
Хлор, ммоль/л		
1	100,22±2,16	99,26±2,09
2	100,28±1,47	94,28±2,92
3	98,81±0,97	96,62±1,35
4	99,10±4,06	96,36±1,24

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.2 Белково-азотистый обмен

При исследовании белкового обмена отмечалось достоверное увеличение показателей общего белка и альбумина к третьему этапу исследования (на 8% и 25% соответственно), также в изменении данных показателей отмечался пролонгированный эффект.

Уровень глобулинов достоверно увеличился (по сравнению с контрольной группой) к третьему этапу исследования (на 16,3%).

Стабилизация белкового обмена проявлялась также через достоверное увеличение уровня креатинина, которое наблюдалось на протяжении всего опыта с пролонгацией эффекта (13,3%, 23,8% и 28,3% соответственно). Результаты также представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние кормовой добавки на показатели белково-азотистого обмена ($M \pm m$,
n=24)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Мочевина, ммоль/л		
1	5,01±0,58	4,92±1,01
2	4,33±1,14	5,36±1,5
3	5,05±0,57	5,54±0,66
4	4,91±1,09	5,83±0,75
Билирубин общий, ммоль/л		
1	2,23±0,59	2,63±0,46
2	1,76±0,66	2,51±0,94
3	2,63±0,92	2,87±0,69
4	2,38 ± 0,61	2,32±0,40
Креатинин, ммоль/л		
1	54,11±5,78	63,11±5,3
2	61,80±1,23	71,55±4,31*
3	59,71±5,46	78,16±6,31*
4	60,33±7,43	81,38±6,38*
Общий белок, г/л		
1	80,63±3,92	79,76±3,62
2	77,26±2,39	82,07±3,20
3	77,15±2,15	86,19±3,11*
4	79,12±3,14	88,46±2,55*
Альбумин, г/л		
1	32,67±1,16	28,61±1,24
2	31,63±1,59	31,07±2,40
3	30,94±1,47	35,91±1,76*
4	30,35±2,82	37,73±2,09*
Глобулины, г/л		
1	47,96±3,71	51,16±4,26
2	44,70±3,31	54,17±2,26
3	43,21±2,14	50,28±2,31*
4	45,78±3,88	50,73±3,33
Альбумин-глобулиновое соотношение		
1	0,67±0,02	0,55±0,05
2	0,70±0,03	0,57±0,02
3	0,71±0,05	0,71±0,08
4	0,66±0,02	0,74±0,07

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.3 Активность ферментов

В ходе исследования активности ферментов определялись значения следующих показателей: щелочная фосфатаза, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза и гамма-глутамилтрансфераза.

Отмечается эффективность исследуемой добавки относительно активности ферментов, а именно снижение показателя аспартатаминотрансферазы на протяжении всего опыта с пролонгированием эффекта (30,1%, 38,2% и 45,8% соответственно). Активность щелочной фосфатазы также имела тенденцию к снижению к 3 и 4 этапу (на 3,4% и 22% соответственно). Показатели аланинаминотрансферазы и γ -глутамилтранспептидазы достоверно не менялись ни в опытной, ни в контрольной группах.

Результаты также представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Влияние кормовой добавки на показатели активности ферментов ($M \pm m$, $n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Аспартатаминотрансфераза, Ед/л		
1	208,93 \pm 13,82	185,08 \pm 13,40
2	230,72 \pm 12,08	129,25 \pm 18,29*
3	233,71 \pm 14,32	114,22 \pm 19,07*
4	221,92 \pm 7,05	100,37 \pm 9,95*
Аланинаминотрансфераза, Ед/л		
1	38,46 \pm 3,10	33,27 \pm 5,68
2	40,25 \pm 2,74	40,64 \pm 4,99
3	38,51 \pm 4,06	37,53 \pm 5,76
4	37,61 \pm 3,79	33,10 \pm 4,96
γ-глутамилтранспептидаза, Ед/л		
1	34,01 \pm 11,35	35,28 \pm 6,15
2	36,91 \pm 7,33	42,95 \pm 3,11
3	34,14 \pm 5,38	49,06 \pm 5,19
4	32,31 \pm 6,57	45,06 \pm 4,02
Щелочная фосфатаза, Ед/л		
1	84,54 \pm 11,26	63,33 \pm 6,84
2	79,57 \pm 7,79	71,51 \pm 3,42
3	80,16 \pm 4,77	60,66 \pm 6,87*
4	81,22 \pm 7,87	49,66 \pm 6,11*

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.4 Показатели углеводного и липидного обмена

Исследуемая кормовая добавка продемонстрировала выраженное влияние на углеводный обмен, что проявилось в достоверном повышении уровня глюкозы в крови на 22,8% к третьему этапу исследования. Этот показатель увеличился с исходных $2,68 \pm 0,34$ ммоль/л до $3,29 \pm 0,23$ ммоль/л. Что касается липидного обмена, то показатели холестерина и триглицеридов не претерпели статистически значимых изменений на протяжении всего экспериментального периода.

Результаты также представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Влияние кормовой добавки на показатели жирового и углеводного обмена ($M \pm m$,

$n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Холестерин, ммоль/л		
1	$6,80 \pm 0,98$	$5,72 \pm 0,74$
2	$6,74 \pm 0,90$	$5,59 \pm 0,88$
3	$6,64 \pm 1,66$	$6,12 \pm 0,87$
4	$5,96 \pm 1,21$	$4,59 \pm 0,88$
Триглицериды, ммоль/л		
1	$0,29 \pm 0,16$	$0,50 \pm 0,14$
2	$0,24 \pm 0,04$	$0,77 \pm 0,22$
3	$0,30 \pm 0,06$	$0,28 \pm 0,05$
4	$0,27 \pm 0,06$	$0,26 \pm 0,04$
Глюкоза, ммоль/л		
1	$2,75 \pm 0,42$	$2,68 \pm 0,34$
2	$2,79 \pm 0,42$	$2,83 \pm 0,35$
3	$2,62 \pm 0,19$	$3,29 \pm 0,23^*$
4	$2,78 \pm 0,14$	$2,56 \pm 0,39$

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.5 Морфологический анализ крови

С целью изучения влияния фукусовых водорослей в составе комплексной кормовой добавки на организм молочных коров были определены основные гематологические показатели животных. Исследуемые параметры включали в себя: число эритроцитов, гемоглобин, гематокрит, средний объем эритроцита,

среднее содержание гемоглобина в эритроците, средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, лейкоциты, тромбоциты.

Результаты: отмечался устойчивый рост количества эритроцитов, который составил +14,5% к третьему этапу и достиг +25,6% к завершению эксперимента. Параллельно зафиксировано увеличение уровня гемоглобина на 12,7% (к третьему этапу) и 18,0% (к четвертому этапу), а также рост показателя гематокрита на 18,7-20,2%. Результаты исследований отображены в таблице 5:

Таблица 5 - Влияние кормовой добавки на показатели эритроцитов и эритроцитарных индексов ($M \pm m$, $n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$		
1	6,31 \pm 0,46	6,22 \pm 0,53
2	6,43 \pm 0,62	6,71 \pm 0,54
3	6,09 \pm 0,32	7,12 \pm 0,46*
4	6,53 \pm 0,25	7,81 \pm 0,21*
Гематокрит, %		
1	32,20 \pm 1,63	31,71 \pm 1,34
2	33,89 \pm 1,46	33,56 \pm 1,73
3	31,05 \pm 1,46	37,64 \pm 1,69*
4	30,40 \pm 1,13	38,10 \pm 1,29*
Гемоглобин, г/дл		
1	8,83 \pm 0,44	9,06 \pm 0,69
2	9,48 \pm 0,75	8,62 \pm 0,90
3	8,39 \pm 0,67	10,21 \pm 0,52*
4	8,12 \pm 0,60	10,69 \pm 0,30*
Средний объем эритроцита, фЛ		
1	46,24 \pm 1,31	48,12 \pm 2,85
2	48,24 \pm 1,74	48,95 \pm 2,30
3	51,63 \pm 1,52	51,60 \pm 1,60
4	52,71 \pm 1,56	51,80 \pm 1,40
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг		
1	14,50 \pm 0,68	14,59 \pm 0,90
2	14,81 \pm 0,66	14,65 \pm 1,01
3	14,95 \pm 0,49	14,43 \pm 0,81
4	15,09 \pm 0,65	14,73 \pm 0,75
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/дЛ		
1	30,19 \pm 1,30	29,64 \pm 0,59
2	29,89 \pm 1,04	30,35 \pm 1,09
3	28,75 \pm 1,03	28,30 \pm 1,01
4	27,47 \pm 0,99	27,61 \pm 0,53

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.6 Показатели тромбоцитов и лейкоцитов

Проводилась оценка общего числа тромбоцитов и лейкоцитов и также отдельных групп клеток, входящих в состав лейкоцитов: нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов (в абсолютном количестве).

Исследуемая добавка продемонстрировала выраженное влияние на общее количество лейкоцитов. В опытной группе наблюдалось достоверное увеличение показателя на 51,8% к третьему этапу исследования (с $7,99\pm0,91$ до $12,13\pm1,21\times10^9/\text{л}$). К четвертому этапу количество лейкоцитов незначительно снизилось до $9,62\pm1,15\times10^9/\text{л}$, но оставалось выше исходного уровня на 20,4%. В контрольной группе подобных изменений не отмечалось, значения оставались стабильными в пределах $8,07-8,64\times10^9/\text{л}$.

Абсолютное количество нейтрофилов в опытной группе показало тенденцию к увеличению на протяжении всего эксперимента. Наиболее выраженный рост наблюдался к четвертому этапу - с $4,12\pm1,49$ до $4,87\pm0,92\times10^9/\text{л}$ (увеличение на 18,2%), хотя эти изменения не достигли уровня статистической значимости.

Наиболее значимые изменения наблюдались в популяции лимфоцитов. К третьему этапу в опытной группе зафиксировано достоверное увеличение их количества на 55,9% (с $3,15\pm0,78$ до $4,91\pm0,42\times10^9/\text{л}$). К четвертому этапу показатель несколько снизился до $3,71\pm0,36\times10^9/\text{л}$, но оставался выше исходного уровня на 17,8%. В контрольной группе количество лимфоцитов колебалось в пределах $2,79-3,41\times10^9/\text{л}$ без выраженной динамики.

Моноцитарное звено продемонстрировало наиболее выраженную реакцию на применение добавки. К третьему этапу зафиксирован резкий рост количества моноцитов на 114,1% (с $0,78\pm0,11$ до $1,67\pm0,13\times10^9/\text{л}$). К концу исследования показатель вернулся к исходным значениям ($0,93\pm0,27\times10^9/\text{л}$). В контрольной группе количество моноцитов оставалось стабильным на протяжении всего эксперимента.

Показатели эозинофилов не продемонстрировали достоверных изменений ни в одной из групп. В опытной группе отмечалось некоторое увеличение количества эозинофилов на втором этапе (с $0,14\pm0,08$ до $0,4\pm0,10\times10^9/\text{л}$), однако к концу исследования значения вернулись к исходному уровню. Показатели тромбоцитов достоверно и значимо не менялись на протяжении всего эксперимента.

Таблица 6 - Влияние кормовой добавки на показатели лейкоцитов и тромбоцитов
($M\pm m$, $n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Лейкоциты, $\times10^9/\text{л}$		
1	$8,12\pm0,73$	$7,99\pm0,91$
2	$8,64\pm1,11$	$9,76\pm0,68$
3	$8,53\pm1,12$	$12,13\pm1,21^*$
4	$8,07\pm1,36$	$9,62\pm1,15$
Нейтрофилы, $\times10^9/\text{л}$		
1	$4,19\pm0,86$	$4,12\pm1,49$
2	$4,21\pm0,96$	$4,48\pm0,64$
3	$4,39\pm1,00$	$4,82\pm1,92$
4	$3,93\pm0,80$	$4,87\pm0,92$
Лимфоциты, $\times10^9/\text{л}$		
1	$2,79\pm1,02$	$3,15\pm0,78$
2	$3,41\pm0,67$	$4,12\pm0,30$
3	$3,21\pm0,61$	$4,91\pm0,42^*$
4	$3,08\pm0,90$	$3,71\pm0,36$
Моноциты, $\times10^9/\text{л}$		
1	$0,97\pm0,13$	$0,78\pm0,11$
2	$0,86\pm0,17$	$0,76\pm0,16$
3	$0,83\pm0,16$	$1,67\pm0,13^*$
4	$0,91\pm0,23$	$0,93\pm0,27$
Эозинофилы, $\times10^9/\text{л}$		
1	$0,17\pm0,11$	$0,14\pm0,08$
2	$0,16\pm0,10$	$0,40\pm0,10$
3	$0,10\pm0,005$	$0,13\pm0,07$
4	$0,15\pm0,10$	$0,11\pm0,06$
Тромбоциты, $\text{K}/\mu\text{L}$		
1	$258,75\pm23,95$	$302,33\pm14,22$
2	$264,17\pm18,13$	$312,44\pm40,24$
3	$243,50\pm20,30$	$307,20\pm14,54$
4	$212,67\pm55,38$	$189,60\pm21,36$

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.7 Показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов

Проводился подсчет лейкограммы на 100 клеток при помощи микроскопии окрашенного мазка крови с одновременной оценкой морфологии клеток крови. Также был произведен расчет лейкоцитарных индексов, а именно: индекс иммунореактивности и индекс Гаркави.

Анализ лейкоцитарной формулы показал выраженную динамику основных популяций лейкоцитов под влиянием исследуемого препарата.

В нейтрофильном звене наблюдалась характерная двухфазная реакция, но без статистической значимости. Количество сегментоядерных нейтрофилов достоверно снижалось к третьему этапу эксперимента (на 23,0%, $p < 0,05$), достигая минимальных значений $39,7 \pm 2,98\%$ против исходных $51,5 \pm 1,58\%$. Примечательно, что к завершению исследования показатель практически восстановился до начального уровня ($50,6 \pm 2,56\%$).

Лимфоцитарно-моноцитарное звено иммунитета проявило наибольшую чувствительность к воздействию добавки. Количество лимфоцитов достоверно увеличилось на 2,5% к третьему этапу ($p < 0,05$), сохраняя стабильно повышенный уровень относительно контрольной группы. Особенно выраженные изменения зафиксированы в моноцитарной популяции - максимальный прирост на 90,3% к третьему этапу (с $7,2 \pm 1,29\%$ до $13,7 \pm 0,91\%$, $p < 0,01$) с последующей нормализацией показателя.

Лейкоцитарные индексы отразили системное влияние добавки на иммунный статус. Индекс иммунореактивности показал достоверное повышение на втором этапе ($5,67 \pm 0,29$ против $4,16 \pm 0,29$ в контроле, $p < 0,05$) с последующей нормализацией. Динамика индекса Гаркави характеризовалась прогрессирующим ростом от исходных $0,76 \pm 0,16$ до $1,01 \pm 0,13$ к третьему этапу, но без статистической значимости.

Результаты представлены в таблице 7

Таблица 7 - Влияние кормовой добавки на показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов ($M \pm m$, $n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Палочкоядерные нейтрофилы, %		
1	0	$0,41 \pm 0,48$
2	0	0
3	$0,52 \pm 0,67$	0
4	0	$0,60 \pm 0,66$
Сегментоядерные нейтрофилы, %		
1	$51,63 \pm 2,12$	$51,50 \pm 1,58$
2	$48,78 \pm 3,01$	$45,90 \pm 2,21$
3	$51,41 \pm 2,88$	$39,72 \pm 2,98$
4	$48,62 \pm 1,79$	$50,66 \pm 2,56$
Лимфоциты, %		
1	$34,35 \pm 2,15$	$39,40 \pm 1,55$
2	$39,41 \pm 1,17$	$42,22 \pm 3,01$
3	$37,62 \pm 0,72$	$40,47 \pm 1,09^*$
4	$38,10 \pm 1,91$	$38,51 \pm 2,27$
Моноциты, %		
1	$11,95 \pm 0,95$	$7,28 \pm 1,29$
2	$9,91 \pm 1,21$	$7,81 \pm 1,03$
3	$9,75 \pm 0,83$	$13,72 \pm 0,91^*$
4	$11,20 \pm 1,31$	$9,60 \pm 1,76$
Эозинофилы, %		
1	$2,09 \pm 0,67$	$1,75 \pm 0,94$
2	$1,85 \pm 0,88$	$2,09 \pm 1,09$
3	$1,17 \pm 0,81$	$2,25 \pm 1,13$
4	$1,85 \pm 1,02$	$1,12 \pm 0,93$
Индекс иммунореактивности, у.е.		
1	$3,05 \pm 0,31$	$5,71 \pm 0,41$
2	$4,16 \pm 0,29$	$5,67 \pm 0,29^*$
3	$3,99 \pm 0,22$	$3,10 \pm 0,25$
4	$3,56 \pm 0,31$	$4,12 \pm 0,19$
Индекс Гаркави, у.е.		
1	$0,66 \pm 0,09$	$0,76 \pm 0,16$
2	$0,80 \pm 0,12$	$0,91 \pm 0,07$
3	$0,73 \pm 0,15$	$1,01 \pm 0,13$
4	$0,78 \pm 0,10$	$0,76 \pm 0,11$

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.8 Показатели неспецифического иммунитета

Проводилась оценка показателей фагоцитоза, а именно: бактерицидная активность сыворотки крови, лизоцимная активность и показатели фагоцитоза (фагоцитарная активность, фагоцитарное число, фагоцитарный индекс).

В ходе эксперимента было зафиксировано увеличение показателей фагоцитарной активности, которое к третьему этапу достигло 17,8% по сравнению с исходным уровнем. Параллельно отмечался выраженный рост фагоцитарного числа (на 39,2%) и фагоцитарного индекса (на 48,4%), что свидетельствует не только о количественном увеличении фагоцитирующих клеток, но и о существенном улучшении их функциональных характеристик (например, повышенная экспрессия рецепторов на мембране фагоцитов и повышенная хемотаксическая активность).

Особый интерес представляет динамика бактерицидных свойств сыворотки крови, которая является интегральным показателем активности системы комплемента и других гуморальных факторов неспецифической защиты. К третьему этапу исследования бактерицидная активность сыворотки достоверно увеличилась на 32,7%, сохраняясь на высоком уровне (26,7% выше исходного) на завершающей стадии эксперимента. Эти данные подтверждаются значительным ростом лизоцимной активности, достигшей максимума на третьем этапе с приростом 48,4% относительно начальных значений. Полученные результаты свидетельствуют о комплексном усилении фагоцитарной функции, включающем как увеличение количества активных фагоцитов в периферической крови, так и существенное повышение их бактерицидной функции. Следует отметить, что подобная выраженная активация фагоцитоза может быть связана с индукцией кислородзависимых механизмов, включая усиление продукции активных форм кислорода и повышение активности миелопероксидазной системы.

Полученные результаты отражены в таблице 8.

Таблица 8 - Влияние кормовой добавки на показатели неспецифического иммунитета ($M \pm m$, $n=24$)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Бактерицидная активность сыворотки крови, % лизиса <i>E. coli</i>		
1	58,15 \pm 4,64	59,32 \pm 5,61
2	56,32 \pm 4,66	69,39 \pm 5,32*
3	58,11 \pm 4,11	78,69 \pm 5,58*
4	59,31 \pm 5,12	75,11 \pm 4,32*
Лизоцимная активность, % лизиса		
1	10,32 \pm 1,38	11,02 \pm 1,58
2	11,32 \pm 1,11	14,32 \pm 1,29*
3	10,95 \pm 1,95	16,35 \pm 1,18*
4	11,32 \pm 2,36	13,11 \pm 2,11
Фагоцитарная активность, %		
1	62,32 \pm 4,32	64,36 \pm 3,31
2	61,38 \pm 5,34	69,82 \pm 2,34
3	64,01 \pm 4,12	75,84 \pm 2,61*
4	62,36 \pm 4,11	73,31 \pm 3,11*
Фагоцитарное число, у.е.		
1	21,11 \pm 3,33	22,51 \pm 4,13
2	23,56 \pm 4,12	23,67 \pm 3,87
3	24,11 \pm 3,66	31,33 \pm 3,26*
4	22,15 \pm 4,11	29,51 \pm 3,72*
Фагоцитарный индекс, у.е.		
1	9,39 \pm 1,12	9,51 \pm 1,71
2	9,66 \pm 1,66	11,54 \pm 2,11
3	9,91 \pm 2,01	14,11 \pm 3,32*
4	9,15 \pm 1,66	12,32 \pm 1,6*

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.9 Показатели специфического иммунитета

Определялась динамика таких показателей, как: иммуноглобулины А, М, G1, G2 и циркулирующие иммунные комплексы.

Анализ динамики иммунологических показателей свидетельствует о комплексном влиянии на различные звенья приобретенного иммунитета. Наибольшие изменения наблюдались в гуморальном звене иммунитета. Уровень иммуноглобулинов класса G1 (IgG1) продемонстрировал выраженную положительную динамику, достигнув к третьему этапу исследования увеличения на 37,7% относительно исходных значений (с 9,15 \pm 0,94 г/л до 12,6 \pm 1,11 г/л). Примечательно, что данный показатель сохранялся на повышенном уровне и на

четвертом этапе эксперимента (23,7% выше исходного). Концентрация иммуноглобулинов класса А (IgA) также показала тенденцию к увеличению, хотя и не достигла уровня статистической значимости. Отмечается также динамика показателя циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), уровень которых существенно возрос на третьем этапе (увеличение на 75%), что может свидетельствовать об интенсификации процессов антигенной стимуляции.

Полученные результаты показаны в таблице 9.

Таблица 9 - Влияние кормовой добавки на показатели специфического иммунитета ($M \pm m$, n=24)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Иммуноглобулины А, г/л		
1	0,51±0,06	0,52±0,09
2	0,65±0,08	0,62±0,02
3	0,59±0,05	0,77±0,04
4	0,61±0,05	0,65±0,08
Иммуноглобулины М, г/л		
1	1,6±0,6	2,1±0,8
2	2,2±0,3	2,1±0,4
3	2,3±0,5	2,5±0,3
4	1,7±0,3	2,1±0,5
Иммуноглобулины G1, г/л		
1	8,51±1,65	9,15±0,94
2	9,32±1,15	8,11±1,65
3	7,18±0,95	12,6±1,11*
4	10,10±1,26	11,32±2,58
Иммуноглобулины G2, г/л		
1	3,65±1,80	2,95±1,31
2	4,11±1,18	3,71±0,66
3	3,65±0,85	3,88±1,12
4	2,95±1,12	4,11±0,95
ЦИК, опт.ед		
1	0,09±0,03	0,08±0,05
2	0,10±0,04	0,11±0,03
3	0,09±0,02	0,14±0,08*
4	0,12±0,03	0,12±0,05

* $p < 0,05$ при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.10 Показатели молочной продуктивности коров и качества молока

Проводилась оценка количества надоя (литров в сутки на одну корову) и таких параметров молока, как: жир, белок, лактоза и соматические клетки.

Анализ динамики надоев показал устойчивую тенденцию к увеличению продуктивности в опытной группе по сравнению с контрольной. Наиболее выраженный эффект наблюдался в отношении величины суточного надоя. К третьему этапу эксперимента зафиксировано достоверное увеличение показателя на 11,0% (с $38,1 \pm 1,12$ до $42,3 \pm 1,88$ литров). Примечательно, что даже на четвертом этапе, когда в контрольной группе отмечалось естественное снижение продуктивности, животные опытной группы сохраняли более высокие показатели надоев по сравнению с исходным уровнем и со значениями контрольной группы.

Качественные характеристики молока также претерпели положительные изменения. Содержание молочного жира увеличилось на 10,8% к третьему этапу (с $3,7 \pm 0,2\%$ до $4,1 \pm 0,15\%$). Содержание белка в молоке оставалось стабильным на протяжении всего экспериментального периода. При этом показатели мочевины в молоке, являющиеся важным маркером белкового метаболизма, демонстрировали устойчивую тенденцию к снижению (на 7,0% к третьему этапу), что может свидетельствовать о более эффективном использовании азотистых соединений организмом животных опытной группы и стабилизации энергетического обмена. Уровень лактозы молока в опытной группе сохранял стабильные значения на протяжении всего исследования (5,1-5,2%), в то время как в контрольной группе отмечались незначительные колебания.

Описанные изменения также отражены в таблице 10.

Таблица 10 - Влияние кормовой добавки на показатели продуктивности и некоторые параметры молока (M±m, n=24)

Номер отбора	Показатель	
	Контрольная группа	Опытная группа
Надой, л/сут		
1	39,31±0,91	38,15±1,12
2	37,97±1,87	39,87±2,13
3	37,82±1,56	42,30±1,88*
4	34,12±1,34	35,55±1,87
Жир, %		
1	3,81±0,15	3,72±0,20
2	3,96±0,22	3,90±0,10
3	3,77±0,11	4,12±0,15*
4	3,97±0,17	3,74±0,20
Белок, %		
1	3,56±0,17	3,50±0,12
2	3,60±0,14	3,41±0,21
3	3,51±0,21	3,35±0,16
4	3,60±0,12	3,47±0,11
Соматические клетки, тыс./см³		
1	103,61±5,23	107,95±3,61
2	117,81±10,81	101,32±5,13
3	121,26±6,44	87,11±4,21*
4	131,22±12,38	90,28±5,01*
Мочевина, мг/дл		
1	41,31±1,20	38,66±1,70
2	40,67±0,80	37,38±1,12*
3	40,53±1,25	35,93±1,15*
4	40,91±1,54	40,70±1,85
Лактоза, %		
1	5,10±0,11	5,27±0,2
2	5,25±0,12	5,25±0,1
3	5,05±0,22	5,10±0,15
4	5,22±0,15	5,18±0,1

*p <0,05 при сравнении показателей с контрольной группой

2.2.11 Оценка экономической эффективности применения кормовой добавки «СОРБОЛА VITA®» в условиях животноводческого хозяйства

Закупочная цена молока составляла 40 рублей за литр. Данная стоимость не менялась в течение исследования и после его завершения. Среднее увеличение надоя за период исследования в опытной группе = 2,6 л/сут.

Исследуемая кормовая добавка поставляется в виде упаковок весом в 25 кг. Доза исследуемой добавки на одно животное составляла 35 грамм на животное в сутки. Дополнительные затраты на применение добавки включали в себя лишь оплату доставки упаковок от места производства до хозяйства. Отсутствие дополнительных затрат в самом хозяйстве объясняется отсутствием особых условий хранения и отсутствие необходимости специальных способов введения исследуемой добавки, а как следствие отсутствие дополнительной нагрузки на сотрудников хозяйства.

Дополнительная стоимость молока на одно животное в сутки: 2,6 л x 40 руб/л = 104 руб./животное/сутки

Расчет затрат на добавку (Зв): 35 грамм на животное = 0,035 кг/животное/сутки

Стоимость добавки на одно животное в сутки: 0,035 кг x 25 кг/упаковка x 450 руб./упаковка = 0,63 руб./животное/сутки. Стоимость логистики доставки кормовой добавки от производственного предприятия до животноводческого хозяйства составила 4000 рублей за партию в 25 мешков. При среднем весе одного мешка 25 кг общие затраты на транспортировку сложились из расчета 6,4 рубля за 1 кг добавки (4000 рублей / 625 кг). В ходе производственного процесса фактический расход добавки составил 2,5 кг, что обусловило пропорциональные транспортные затраты в размере 16 рублей (2,5 кг x 6,4 руб./кг)

Экономический эффект (Эв) рассчитывался по формуле:

$$\text{Эв} = \text{Пу} + \text{Дс} + \text{Эз} - \text{Зв}$$

Пу – предотвращенный ущерб (руб.)

Дс - дополнительная стоимость, полученная за счет увеличения количества

и повышения качества продукции (руб.);

Эз - экономия трудовых и материальных затрат в результате применения более эффективных средств и методов проведения ветеринарных мероприятий (руб.);

Зв - затраты на ветеринарные мероприятия (руб.).

Так как исследуемые животные были клинически здоровы, а предметом исследования была кормовая добавка, не требующая особых условий хранений и специфических правил использования, Пу и Эз были исключены из формулы.

$$\text{Эв} = 104 - 0,63 - 16 = 87,37 \text{ руб.}$$

Далее определялся экономический эффект на 1 рубль затрат (Эр), учитывая экономический эффект, по формуле:

$$\text{Эр} = \frac{\text{Эв}}{\text{Зв}}$$

Эв – экономический эффект

Зв – затраты ветеринарные

$\text{Эр} = 87,37 : 16,63 = 5,25 \text{ руб. на 1 руб. затрат}$

Согласно методическим указаниям, прописанным в Ветеринарном законодательстве, нами был рассчитан экономический эффект (в том числе на 1 рубль затрат) от использования исследуемой кормовой добавки в условиях животноводческого хозяйства [56]. В ходе анализа полученных данных нами были сделаны следующие выводы:

- 1) применение кормовой добавки способствовало увеличению надоев, что привело к росту валовой прибыли;
- 2) расчет экономической эффективности показал, что на каждый вложенный рубль в добавку приходится 8,78 руб. дополнительного дохода, что объясняется географическим и логистическим аспектами, а также отсутствием специальных условий для хранения/использования добавки
- 3) экономический эффект на одну голову составляет 87,37 руб. в сутки, что демонстрирует высокую рентабельность использования данной технологии в хозяйстве.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработка и внедрение в рационы сельскохозяйственных животных кормовых добавок является актуальной проблемой современного животноводческого сектора.

Потенциальные кормовые добавки должны обладать не только рядом положительных свойств на организм, но и иметь безопасный состав. В таком случае большой ценностью являются природные источники для кормовых добавок, чья безопасность и эффективность чаще всего преобладает над синтетическими аналогами. Не менее важным преимуществом кормовых добавок на основе природных компонентов является их экологическая безопасность.

Данная работа посвящена изучению влияния комплексной кормовой добавки, в составе которой имеется фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus*), на организм коров. Помимо безопасности для организмов животных фукус пузырчатый также обладает рядом положительных свойств и широким спектром биологически активных веществ, способных корректировать различные погрешности в составе ежедневных рационов животных.

При анализе полученных в ходе исследования данных и их статистической обработки нами были выявлены достоверные изменения некоторых биохимических и морфологических показателей крови коров опытной группы, а также изменения в продуктивности и качестве молока.

3.1 Минеральный обмен

Большое содержание кальция в бурых водорослях обуславливает стабильность их клеточной стенки на молекулярном уровне и соответственно может быть крайне полезным свойством данного вида растений в качестве источника кальция в условиях животноводческих хозяйств.

Данные о высоком содержании макро- и микроэлементов встречаются в трудах многих ученых и исследователей. По данным Döpfner, M., Wiencke, C.,

Kirst, G.O. (1990) было обнаружено большое количество кальция в составе бурых водорослей, а именно в физодах растений, что, по-видимому, необходимо организмам для стабильного и эффективного метаболизма.

Также особое значение кальций имеет в стабильности клеточной стенки клеток водорослей. Кальций входит в число макроэлементов, которые в большом количестве содержатся в водорослях, что следует из трудов таких ученых, как Harinder, P. S., Makkar, Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., Ankers, P. (2016).

Но, помимо большого количества биологически активных веществ, водоросли известны своей способность накапливать в себе тяжелые металлы, полученные из окружающей среды, что может негативно сказываться на организмах животных, что видно из трудов Aboal, J. R., Pacín, C., García-Seoane, R., Varela. Z., González, A. G., Fernández, J. A. (2023).

Увеличение уровня кальция у животных опытной группы сходится с имеющимися литературными данными о высоком содержании микро- и макроэлементов в составе бурых водорослей.

Помимо определения уровня кальция на протяжении всего опыта (во время которого животным давалась исследуемая кормовая добавка), также данный показатель определялся спустя месяц после прекращения приема кормовой добавки чтобы отследить наличие пролонгации возможного эффекта. В случае с кальцием был подтвержден пролонгированный эффект.

Визуализируемые изменения можно объяснить не только высоким уровнем кальция в изначальном сырье – фукусе пузырчатом – но и через влияние водорослей на усвояемость питательных веществ, микробиом рубца и процессы переваривания в желудочно-кишечном тракте [94, 181].

Динамика изменений показателя кальция представлена на рисунке 12.

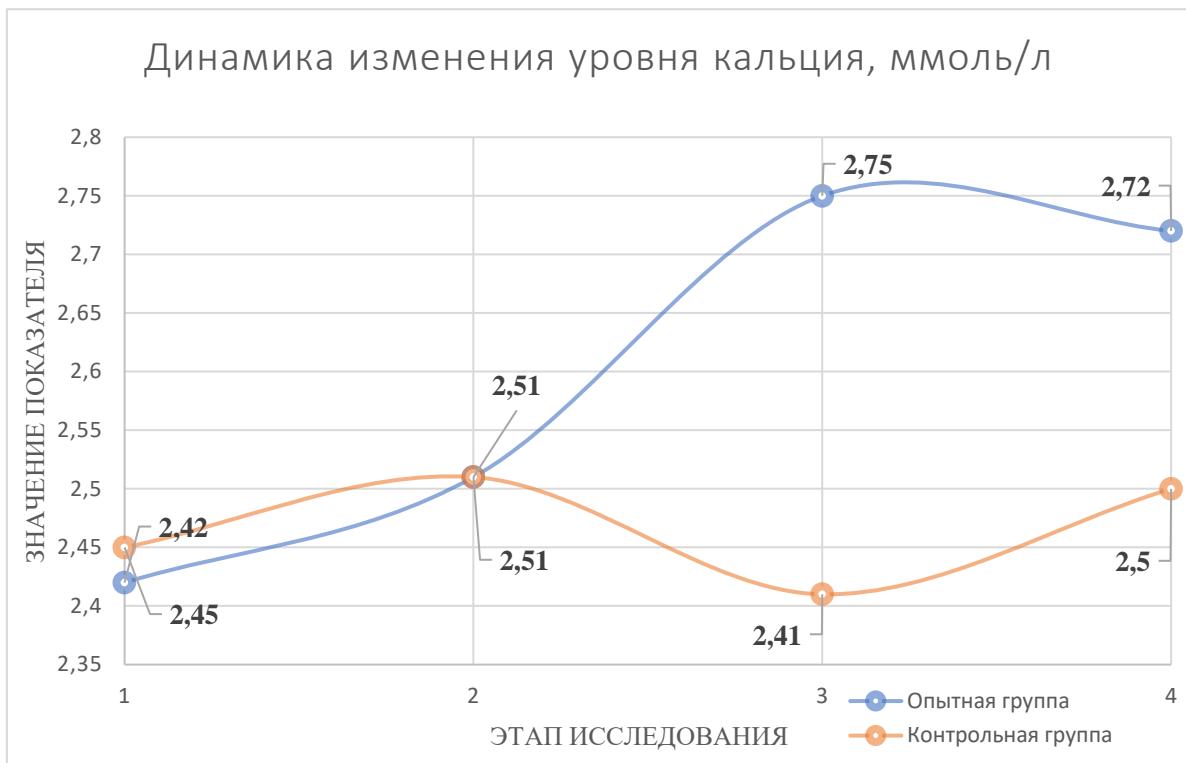


Рисунок 12 – Диаграмма динамики уровня кальция в течение опыта

Помимо изменения уровня кальция также определялось динамика по уровню калия, чьи значения до начала опыта были увеличены и выходили за рамки референса. Исходя из трудов Brobst, D. (1986) можно предположить, что данное отклонение может встречаться у высокопродуктивных животных из-за дисбаланса микро- и макроэлементов в изначальном рационе и также может свидетельствовать о каком-либо патологическом процессе в организме, но все животные, участвующие в исследование, не имели никаких клинических признаков гиперкалиемии.

В период проведения эксперимента определялось планомерное снижения уровня в опытной группе, что может объясняться высокой сорбционной активностью водорослей, которая отмечается во многих научных трудах, например исследования Rubín, E., Rodríguez, P., Herrero, R., Manuel, E. Sastre de Vicente (2006) и их влиянием на усвояемость и переваривание питательных веществ опосредованно через взаимодействие с рубцовой и кишечной микрофлорой, что можно предположить исходя из трудов Wang, Y., Alexander, T., McAllister, A. (2009). Также одним из возможных объяснений снижения уровня калия может являться содержание большого количества органических кислот в

составе бурых водорослей, которые, отталкиваясь от трудов Trefz, F. M. (2013), способны в некоторой степени снижать уровень калия в крови. Но важно отметить, что при исследовании уровня калия через месяц после прекращения применения кормовой добавки уровень калия показал тенденцию к росту, что говорит об отсутствии пролонгированного эффекта в отношении уровня калия.

Динамика изменения уровня калия представлена на рисунке 13.

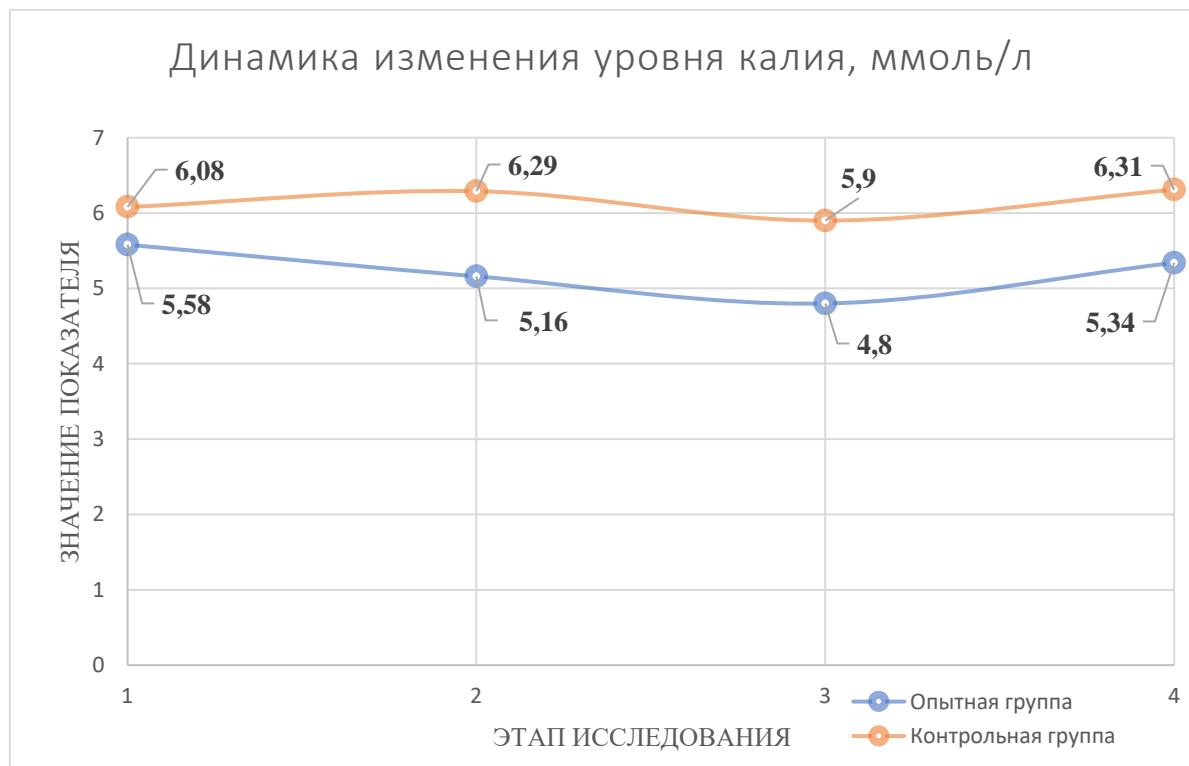


Рисунок 13 – Диаграмма динамики уровня калия в течение опыта

3.2 Белково-азотистый обмен

Изменения в белково-азотистом обмене отображалось в основном через рост показателя общего белка, креатинина и альбумина в опытной группе животных. Также отмечалось увеличение уровня глобулинов к 3 этапу опыта. Стабилизация белкового обмена характеризовалась достоверным увеличением уровня креатинина, в том числе и с пролонгацией эффекта. Помимо непосредственного содержания белка в своей структуре, бурые водоросли имеют выраженное влияние на рубцовую микрофлору опосредованно через высокое содержание клетчатки в своем составе и через содержание в своем составе большого количества биологически активных веществ, которые способны

влиять, как и на сам организм животного, так и на интенсивность образования микробиального белка в результате влияния на рубцовую микрофлору [100]. Данные о влияние бурых водорослей на рубцовое пищеварение и микрофлору рубца, в частности, отражены в трудах многих ученых, в том числе и Choi, Y. Y., Shin, N. H., Lee, S. J., Lee, Y. J., Kim, H. S., Eom, J. S., Lee, S. S., Kim, E. T., Lee, S. S. (2021). Специфическое воздействие полисахаридов бурых водорослей на белковый обмен, а именно их пребиотическое воздействие, активация синтеза белка через стимуляцию экспрессии генов, связанных с синтезом белка (включая mTOR-зависимые пути) и антиоксидантный эффект, который в некоторой степени снижает катаболизм белков, описываются в трудах Kadam, et al. (2015) Отсутствие достоверного изменения уровня глобулинов также может косвенно говорить об отсутствии выраженной стимуляции специфического иммунитета, что согласуется с полученными данными при анализе показателей содержания иммуноглобулинов в рамках исследования специфического иммунитета. Увеличение уровня креатинина не рассматривалось в рамках нарушения почечной функции ввиду отсутствия изменения показателей мочевины и фосфора и отсутствии клинических признаков поражения почек. Повышение уровня креатинина может быть следствием стабилизации белкового обмена, а как следствие стабилизация мышечного аппарата у коров. Помимо этого, в работах Jin, W., Zhang, W., Wang, J., et al. (2014) отмечается положительное влияние компонентов фукусовых водорослей на нейромышечную функцию животных. Также важной особенностью биологически активных веществ, входящих в состав бурых водорослей, является их антиоксидантная способность, которая также может оказывать положительное влияние на интенсивность катаболизма белков, в том числе и мышечной ткани [135]. Эти утверждения подтверждаются исследованиями Wang, J., Zhang, Q., Zhang, Z., et al. (2008). Также отмечалось тенденция к снижению уровня общего билирубина к концу исследования, но не статистически значимое.

Динамики показателей общего белка, креатинина и альбумина отражены на рисунках 14, 15 и 16.

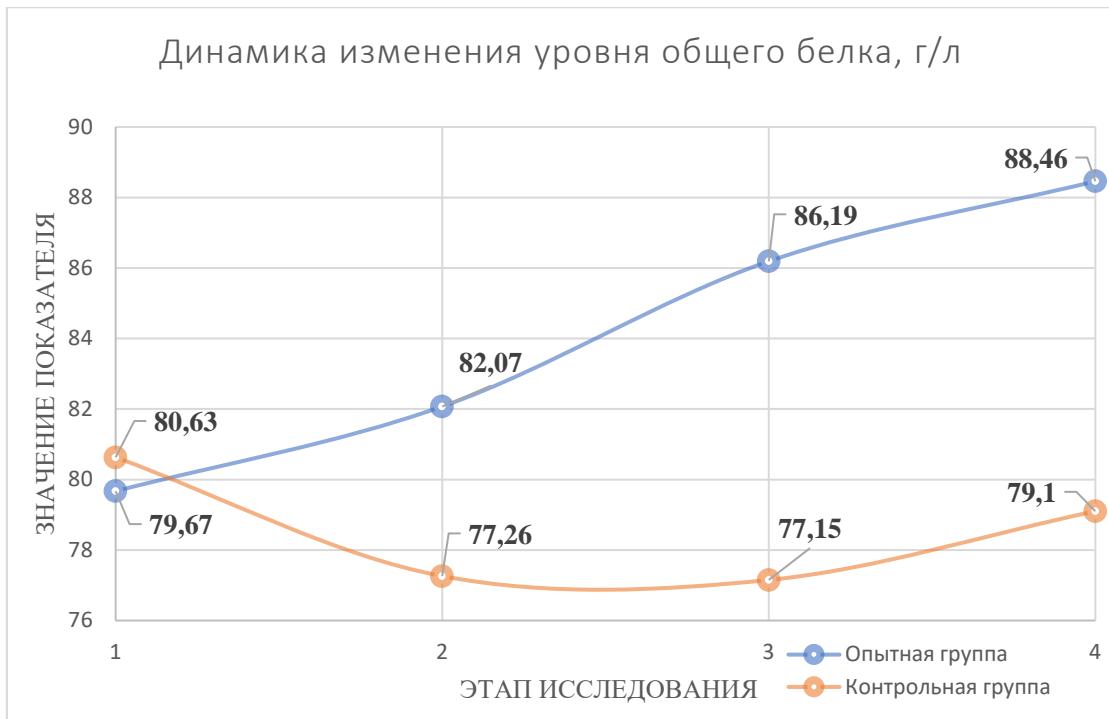


Рисунок 14 – Диаграмма динамики изменения уровня общего белка в течение опыта

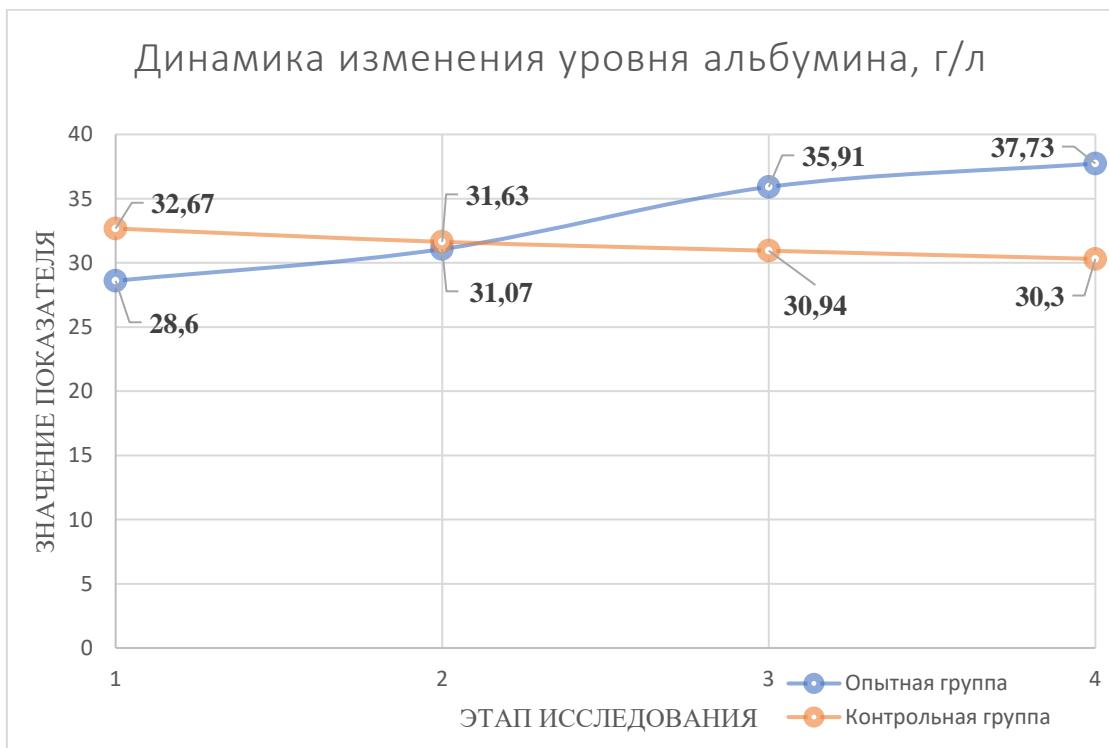


Рисунок 15 – Диаграмма динамики изменения уровня альбумина в течение опыта

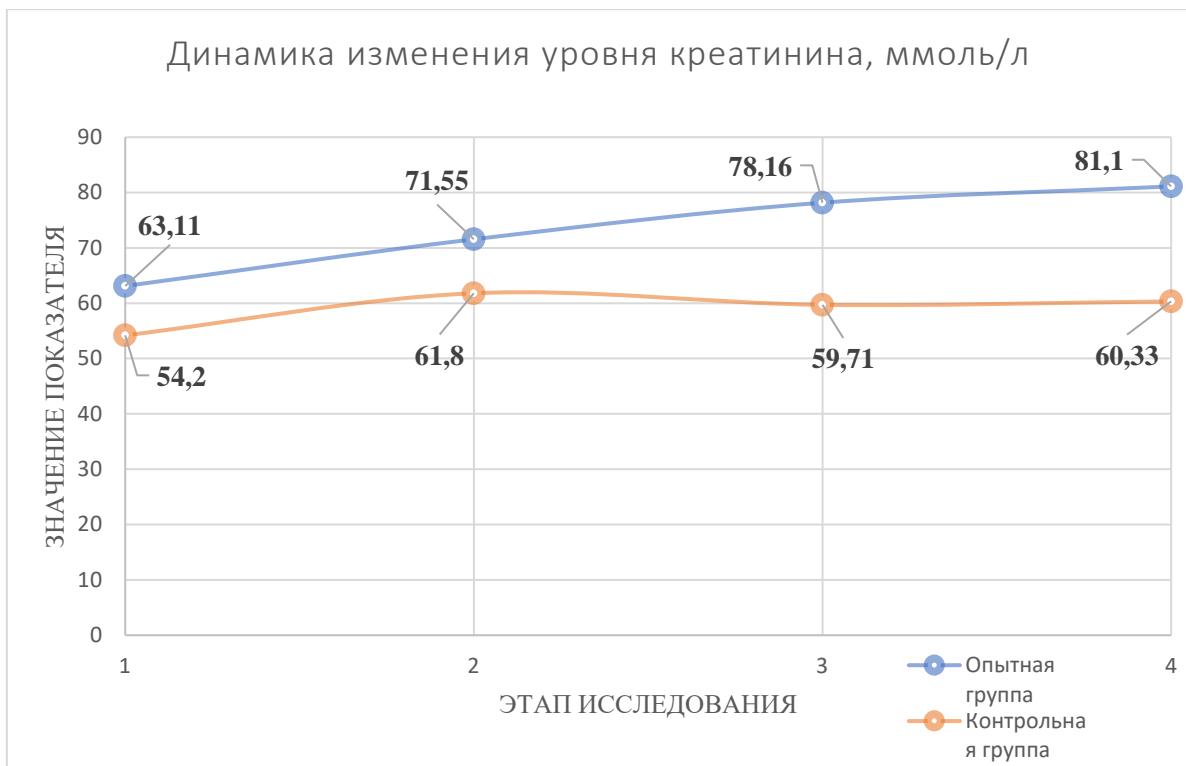


Рисунок 16 – Диаграмма динамики уровня креатинина в течение опыта

3.3 Активность ферментов

Результаты исследования демонстрируют выраженное влияние исследуемой добавки на ферментативную активность. Наблюдаемое снижение активности аспартатаминотрансферазы (АСТ) на протяжении всего экспериментального периода свидетельствует о выраженном гепатопротекторном действии исследуемой добавки. Полученные данные демонстрируют пролонгирующий характер нормализации ферментативной активности, что указывает на кумулятивный эффект применяемого препарата. Параллельно отмечалась тенденция к снижению активности щелочной фосфатазы (ЩФ), особенно выраженная на последних этапах исследования.

Предполагаемый механизм наблюдаемых изменений может быть связан с комплексным воздействием добавки на метаболические процессы, в частности в печени. Согласно данным Goff, J. P. (2018), активность щелочной фосфатазы тесно связана с состоянием кальций-фосфорного обмена. Нормализация кальций-фосфорного обмена, вероятно, играет ключевую роль в регуляции активности ЩФ, поскольку установлена прямая зависимость между уровнем кальция и

костной изоформой этого фермента. Стабилизация минерального обмена способствует снижению костной резорбции и, как следствие, уменьшению выхода ЩФ в кровяное русло [71].

Снижение активности АСТ, являющегося маркером цитолиза гепатоцитов, свидетельствует об улучшении функционального состояния печени и снижении оксидативного стресса в организме, что также отмечается в исследованиях Spears, J. W. и Weiss, W. P. (2014). Этот эффект может быть обусловлен как прямым мембраностабилизирующим действием компонентов добавки, так и опосредованным влиянием через нормализацию обменных процессов. Улучшение печеночного метаболизма подтверждается сопутствующей тенденцией к снижению уровня билирубина, что указывает на оптимизацию детоксикационной и экскреторной функций гепатоцитов [102, 103].

Особый интерес представляет пролонгированный характер наблюдаемых изменений, что может быть связано с постепенной активацией компенсаторно-адаптационных механизмов на клеточном уровне. Комплексное воздействие на минеральный обмен и функциональное состояние печени создает синергетический эффект, проявляющийся в нормализации биохимических показателей [185, 186]. Полученные данные по изменению активности ферментов представлены на рисунках 17 и 18.

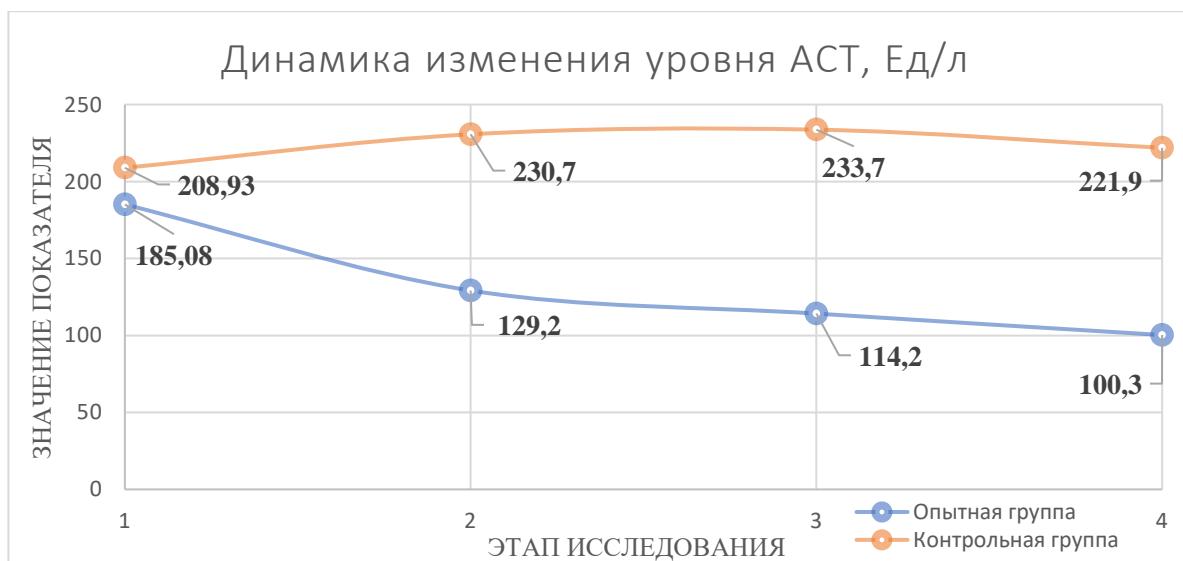


Рисунок 17 – Диаграмма динамики уровня АСТ в течение опыта

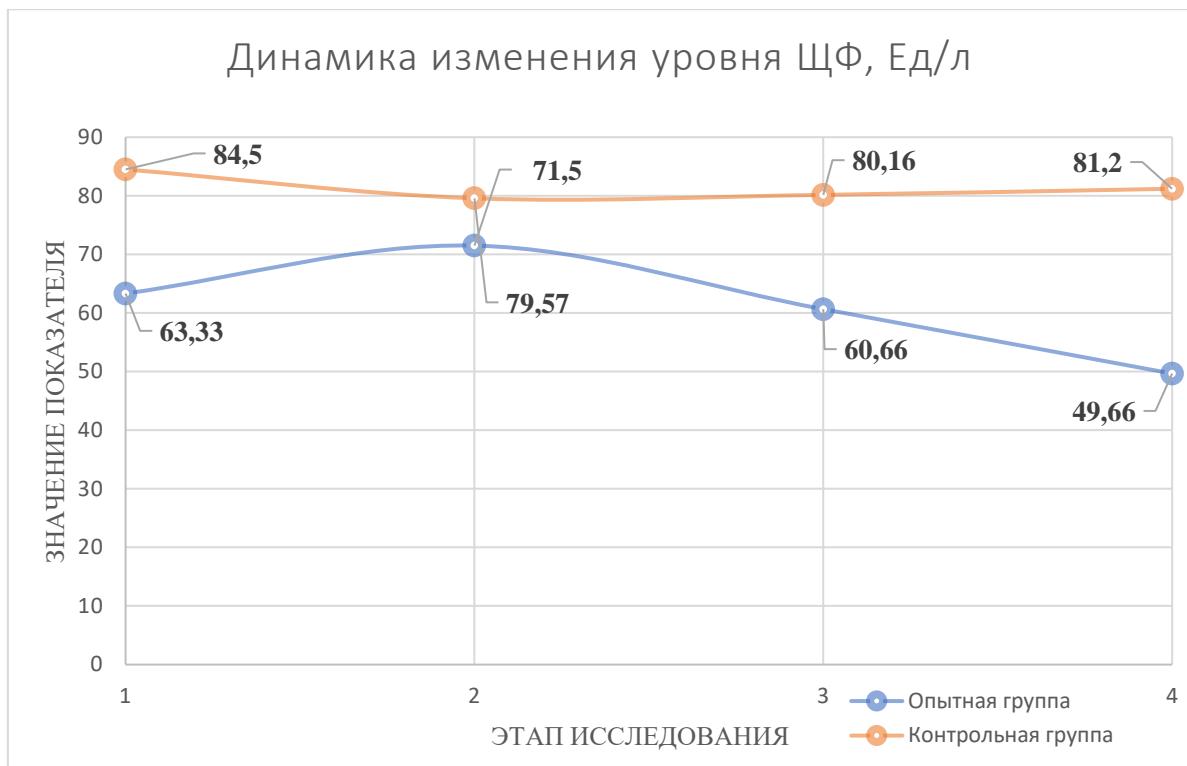


Рисунок 18 – Диаграмма динамики уровня ЩФ в течение опыта

3.4 Углеводный и липидный обмены

Влияние исследуемой кормовой добавки на углеводный и липидный обмены отмечалось в виде влияния на уровень глюкозы, а именно её повышения, что может быть опосредованно, как и прямым влиянием биологически активных веществ водорослей, так и косвенно через нормализацию функционирования печени [212]. Глюконеогенез в печени у коров в основном происходит из летучих жирных кислот, которые образуются за счет деятельности рубцовой микрофлоры, что также важно учитывать в особенности у лактирующих коров. Данный аспект освещается в исследованиях Drackley, et al. (2001). Учитывая эту взаимосвязь, становится очевидна вся важность удовлетворительного функционирования рубцового микробиома и нормализации обмена веществ в печени в организме коров.

Глюкоза, как основный источник энергии для живого организма, имеет особую важность для высокопродуктивных коров, ведь энергетический обмен в их организмах имеет высокую интенсивность и любые погрешности в энергетическом балансе будут отрицательно сказываться как на состоянии

организма, так и на качестве итогового продукта, что отмечается в работах Bell, A. W. (1995).

Стоит учитывать, что при высокой продуктивности потребность в энергии возрастает пропорционально росту продуктивных качеств и обеспечение организма коров дополнительными источниками энергии становится приоритетной задачей. В качестве решения данной проблемы можно потенциально рассматривать кормовые добавки в составе которых имеются бурые водоросли, ведь помимо большого числа биологически активных веществ, микро- и макроэлементов, данные растения содержат высокий уровень клетчатки, что находит подтверждение в трудах различных ученых и исследователей, к примеру, Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., Bahcevandziev, K. (2020). Высокое содержание клетчатки в рационах высокопродуктивных животных особенно важно и позволяет обеспечить организм всей необходимой энергией.

По результатам проводимого исследования определялось стабильное повышение уровня глюкозы у животных опытной группы, когда, в свою очередь, в контрольной группе данный показатель имел минимальные колебания. Важно отметить, что пролонгированного эффекта в опытной группе не наблюдалось.

Данные по динамике уровня глюкозы представлены на рисунке 19.

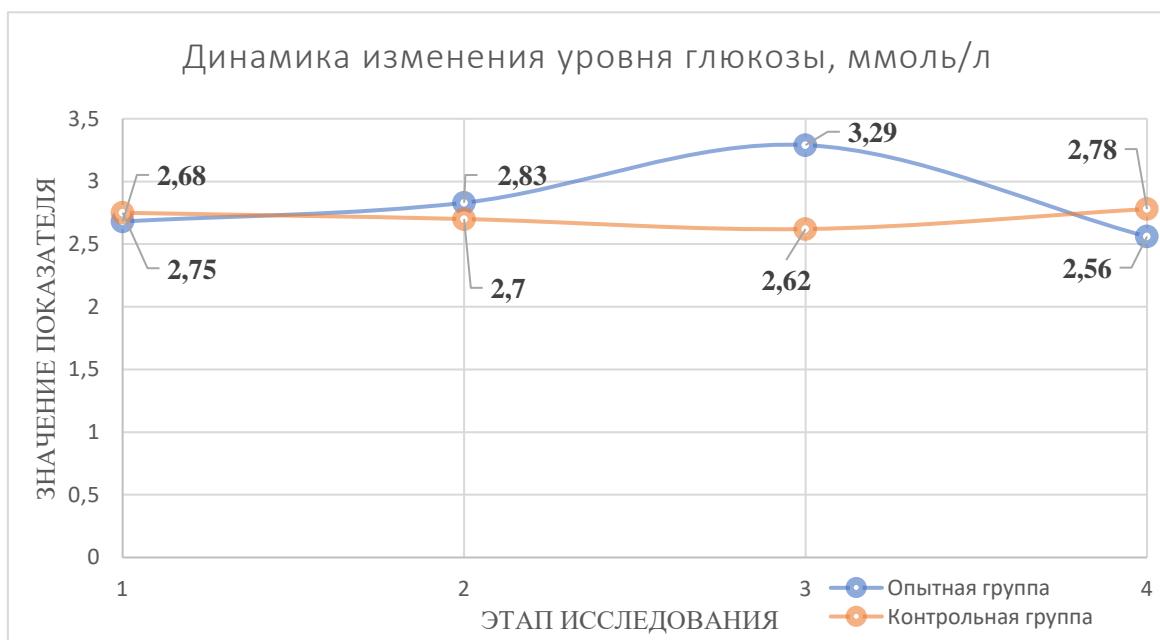


Рисунок 19 – Диаграмма динамики уровня глюкозы в течение опыта

3.5 Показатели морфологического анализа крови

Кроветворение является одним из важнейших аспектов нормального функционирования организма живых организмов, но в то же время данный процесс является очень чувствительным к изменениям в гомеостазе организма и к различным дефицитам в питательных веществах. Особенно важным показателем в контексте гемопоэза является уровень железа в организме, что прослеживается в исследованиях Rajabian, F., Mohri, M., Heidarpour, M. (2017). Дефицит данного элемента способен приводить не только к анемии у животных, но и к развитию окислительного стресса в эритроцитах, что также может негативно сказываться на их основной функции – транспорте газов крови, даже в условиях нормального гематокрита [70].

Хоть современные рационы для питания крупного рогатого скота и богаты всеми необходимыми макро- и микроэлементами, дефициты тех или иных веществ могут развиваться в условиях плохой усвоемости кормов, снижение синтетической функции микрофлоры рубца и различных источников оксидативного стресса организма. В контексте изучения фукусовых водорослей данная проблема становится решаемой за счет наличия в составе данных растений особого, биологически активного вещества – фукоидана. Данное соединение обладает широким спектром полезных для живого организма свойств, но особенно выделяется его антиоксидативная функция, которая описывается во многих научных трудах, например, исследования Selim, H. M. et al. (2023). Оксидативный стресс также корректируется и самим организмом за счет наличия различных ферментных систем (супероксиддисмутаза, каталаза), что особенно важно в физиологии эритроцитов, что подчеркивается в трудах таких авторов, как Киреев, И. В. (2022). Поддержание и положительное влияние на естественные защитные механизмы от оксидативного стресса также отмечается в свойствах фукоидана, что отмечается в исследованиях Wang, L., Cui, Y. R., Lee, H. G., Fu, X., Wang, K., Xu, J., Gao, X., Jeon, Y. J. (2022).

Помимо протективных свойств сульфатированного полисахарида фукоидана, в некоторых исследованиях отмечается его особое влияние на гемопоэз, а именно увеличение интенсивности образования эритроцитарных предшественников, что было показано в исследованиях Ширина, А. Д., Власенко, Р. Я., Анисимова, Н. Ю., Киргизова, К. И., Валиева, Т. Т. и др. (2022).

В условиях исследования кормовой добавки, в составе которой имеется фукус пузырчатый, нами были отмечены положительные тенденции в отношении эритроидного ростка, что показано на рисунке 20, 21 и 22.

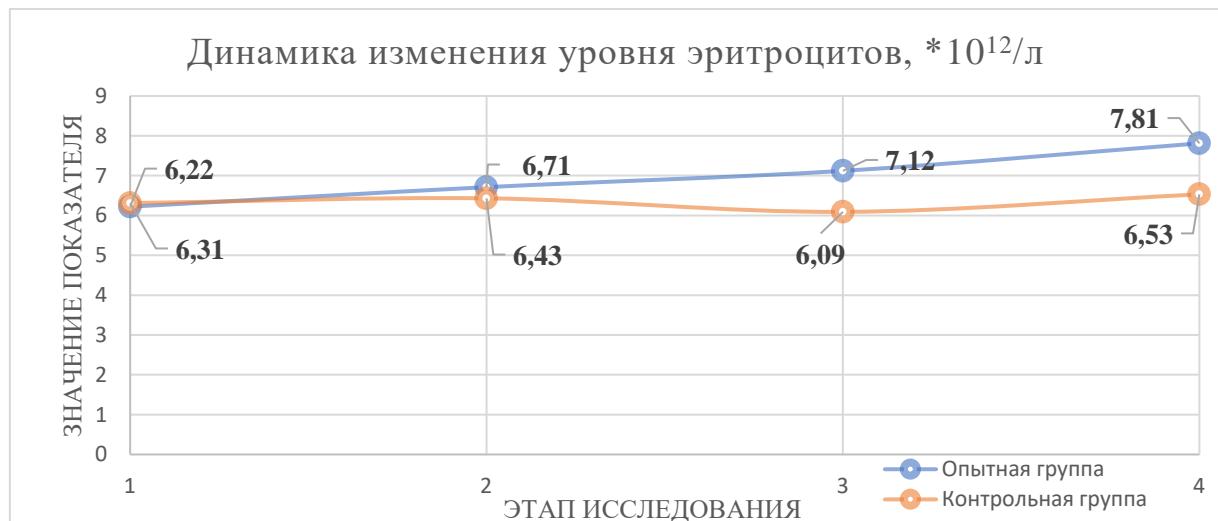


Рисунок 20 – Диаграмма динамики уровня эритроцитов в течение опыта

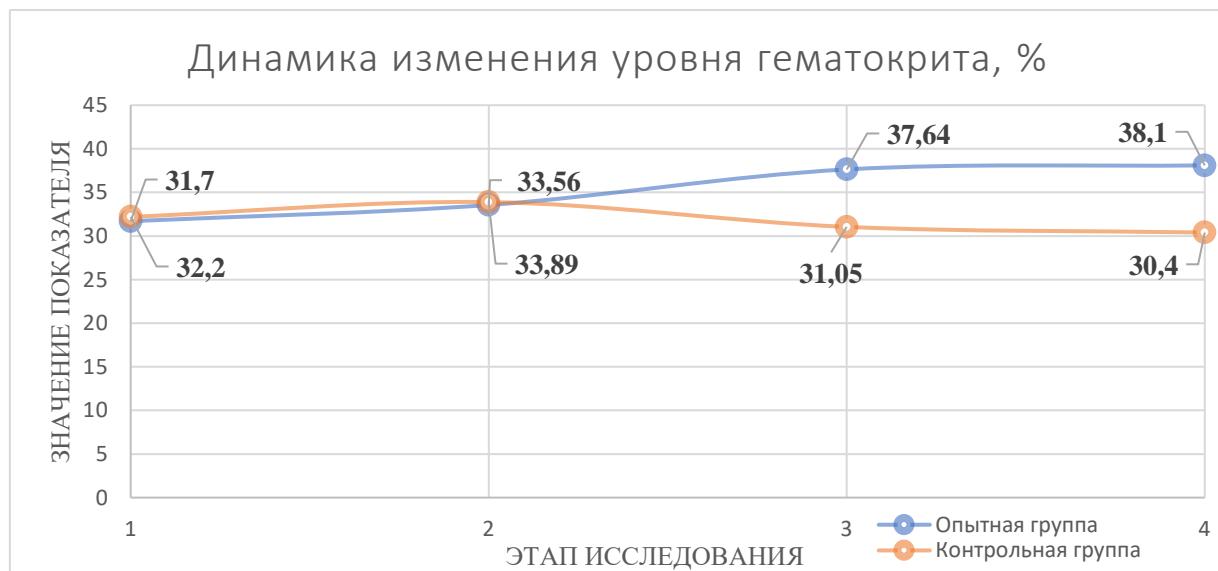


Рисунок 21 – Диаграмма динамики уровня гематокрита в течение опыта

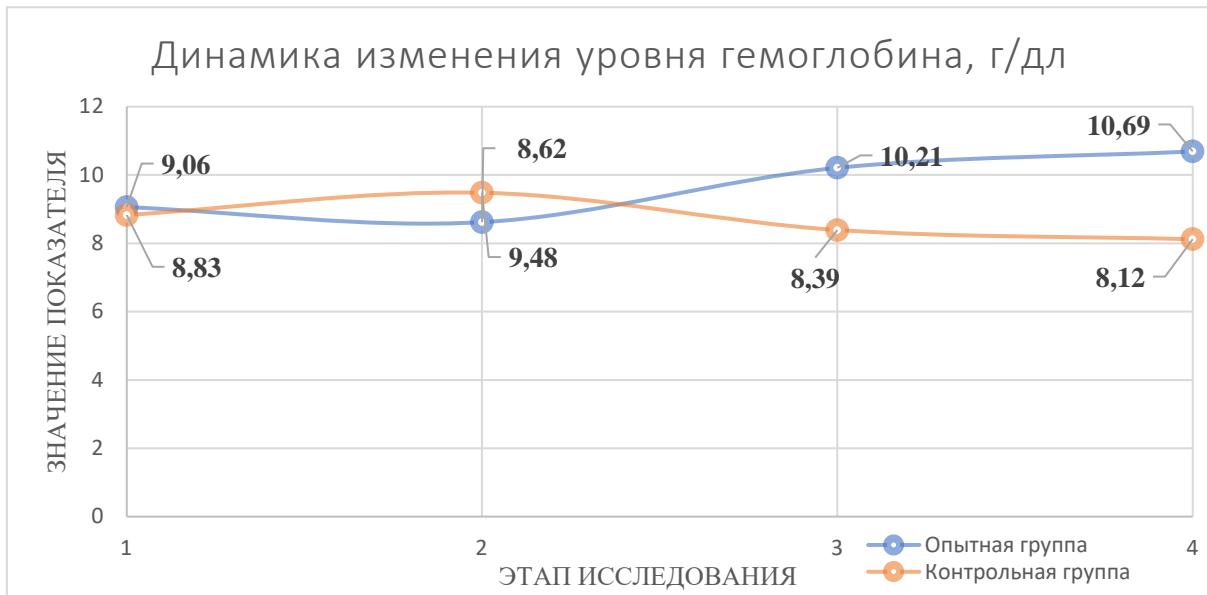


Рисунок 22 – Диаграмма динамики уровня гемоглобина в течение опыта

3.6 Показатели тромбоцитов и лейкоцитов

При исследовании показателей лейкоцитов и тромбоцитов отмечались изменения в лейкоцитарном профиле к третьему этапу эксперимента. Полученные данные выявили статистически значимое увеличение общего количества лейкоцитов, преимущественно обусловленное ростом популяции лимфоцитов и моноцитов. Результаты ручного дифференциального подсчета лейкоцитарной формулы подтвердили достоверное повышение уровня агранулоцитов, что свидетельствует об активации иммунитета.

Выявленные гематологические изменения находятся в полном соответствии с известными фармакологическими свойствами гетерогенных сульфатированных полисахаридов, входящих в состав бурых водорослей. Многочисленные экспериментальные данные подтверждают способность этих биологически активных соединений стимулировать пролиферацию и дифференцировку иммунокомпетентных клеток, в частности лимфоидного ряда [188]. Особый интерес представляет наблюдаемая активация моноцитарно-макрофагального звена, что может быть связано со способностью сульфатированных полисахаридов усиливать фагоцитарную активность и продукцию цитокинов, что отмечается в работах Fitton, et al. (2015).

Механизм иммуностимулирующего действия, вероятно, реализуется через модуляцию Toll-подобных рецепторов и активацию сигнальных путей NF-κB, что приводит к усилению неспецифического иммунного ответа. Полученные результаты согласуются с современными представлениями о роли морских полисахаридов в регуляции иммунных процессов, где особое значение придается их способности одновременно активировать как гуморальное, так и клеточное звенья иммунитета. Наблюдаемые изменения лейкоцитарной формулы подтверждают концепцию о выраженном адьювантном действии компонентов бурых водорослей, что открывает перспективы их использования в качестве естественных иммуномодуляторов в животноводстве [200]. Полученные данные по изменению уровня лейкоцитов, моноцитов (абс.) и лимфоцитов (абс.) отображены на рисунках 23, 24, 25.

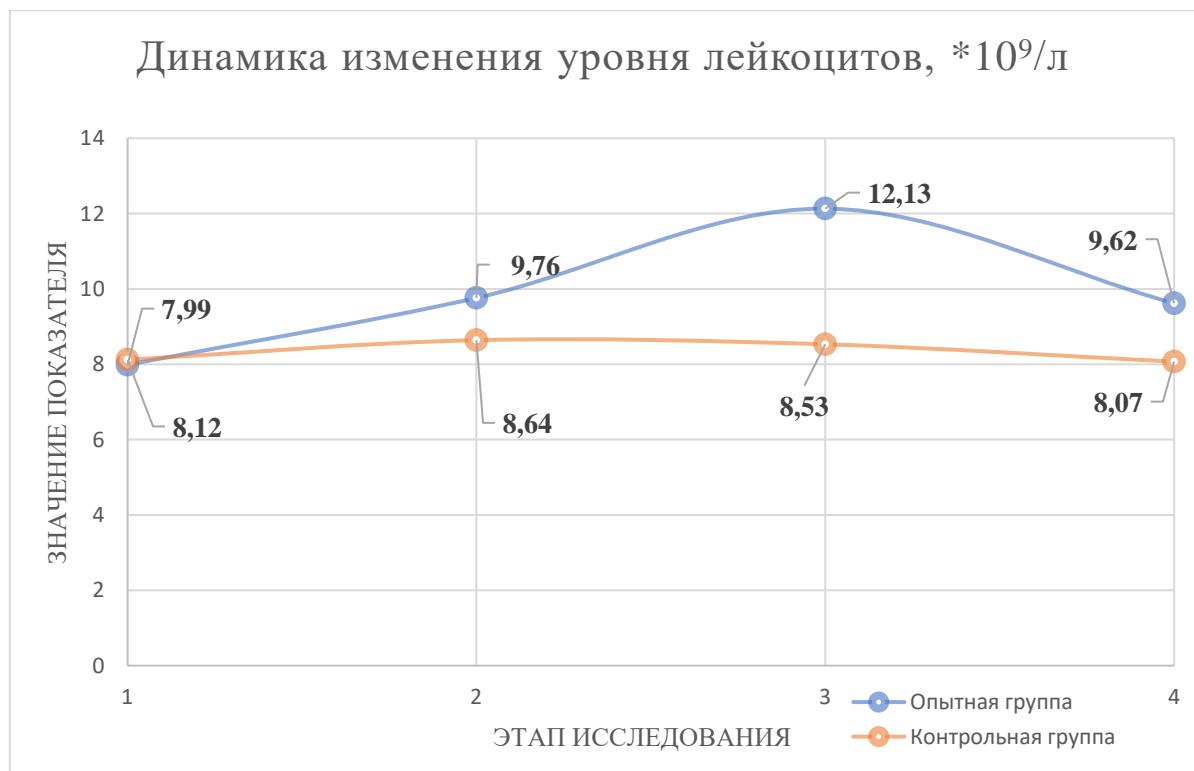


Рисунок 23 – Диаграмма динамики уровня лейкоцитов в течение опыта

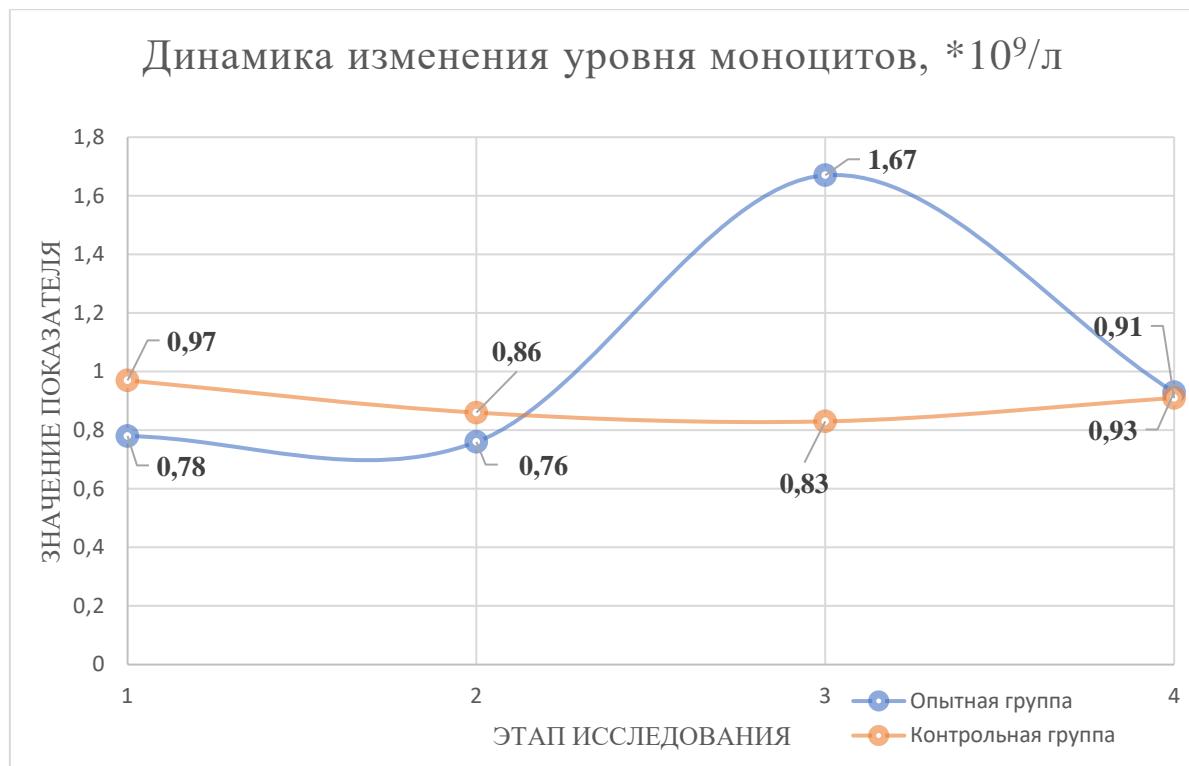


Рисунок 24 – Диаграмма динамики уровня моноцитов (абс.) в течение опыта

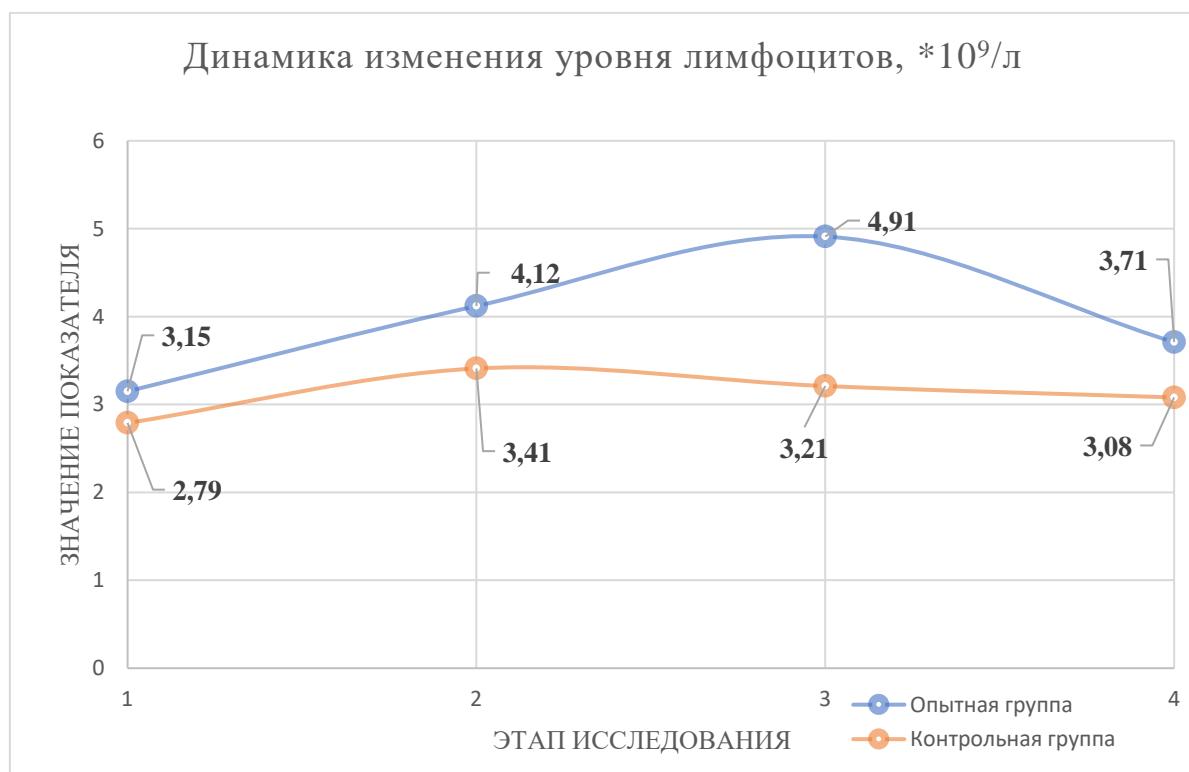


Рисунок 25 – Диаграмма динамики уровня лимфоцитов (абс.) в течение опыта

3.7 Показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов

Результаты микроскопического исследования окрашенных мазков крови исследуемых животных свидетельствуют о нормальном, физиологическом состоянии гематопоэза у исследуемых животных. Отсутствие левого сдвига ядра нейтрофилов и юных форм миелоидного ряда (метамиелоцитов, миелоцитов) объективно подтверждает отсутствие воспалительных процессов в организме коров в период проведения исследования [102]. Данный вывод дополнительно подтверждается сохранением нормальной морфологической структуры лейкоцитов при микроскопии: отсутствием базофилии и вакуолизации цитоплазмы, телец Деле и других признаков нейтрофильной токсичности.

Эритроцитарный профиль характеризовался типичными для вида морфологическими показателями: диаметр эритроцитов соответствовал физиологической норме (5-6 мкм), сохранялась характерная двояковогнутая форма, что свидетельствует об отсутствии нарушений эритропоэза. Тромбоциты также демонстрировали нормальные морфологические характеристики без признаков активации [136].

Особый интерес представляют результаты расчета лейкоцитарных индексов. Индекс Гаркави оставался в пределах физиологической нормы, что указывает на сбалансированность основных звеньев иммунной защиты. В то же время динамика индекса иммунореактивности демонстрировала четкую положительную тенденцию, достигая максимальных значений к третьему этапу исследования. Данный феномен может быть объяснен синхронной активацией как лимфоидного (Т- и В-клеточного), так и моноцитарно-макрофагального звеньев иммунной системы, что характерно для физиологической стимуляции иммунитета. Результаты изменения показателя индекса иммунореактивности представлены на рисунке 26.

Полученные данные находятся в полном соответствии с результатами, полученными при автоматизированном анализе крови, что подтверждает достоверность проведенных исследований. Отсутствие расхождений между

ручным и автоматическим подсчетом свидетельствует о высокой точности методики и стабильности гематологических показателей у исследуемых животных.

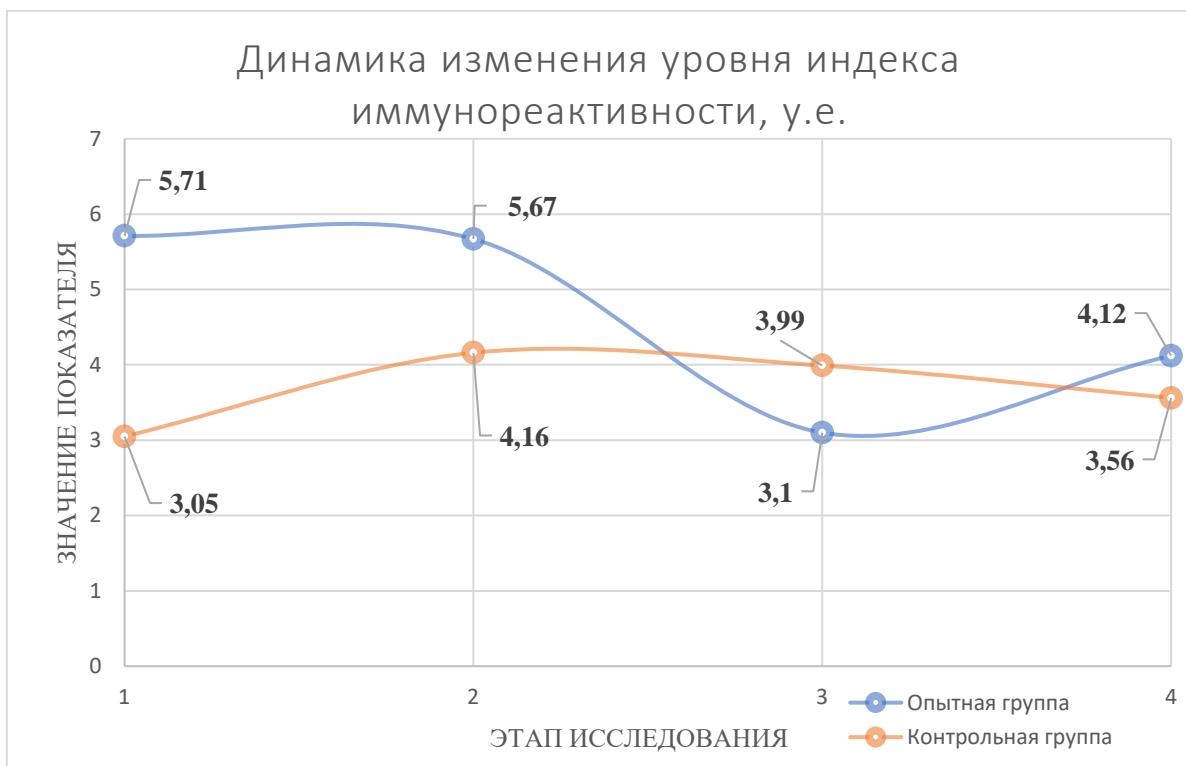


Рисунок 26 – Диаграмма динамики уровня индекса иммунореактивности в течение опыта

3.8 Показатели неспецифического иммунитета

Результаты исследования демонстрируют выраженное стимулирующее влияние исследуемой кормовой добавки на показатели неспецифического иммунитета. Наблюдалось повышение бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) на всех этапах эксперимента, что свидетельствует об усилении гуморальных факторов защиты, что также прослеживается в работах некоторых исследователей, а именно Lee, K. Y. et al. (2013). Особый интерес представляет динамика лизоцимной активности, достигшая максимальных значений на завершающих этапах исследования, что коррелирует с активацией макроцитарно-макрофагальной системы.

Фагоцитарная активность нейтрофилов характеризовалась устойчивым ростом по трем ключевым параметрам: фагоцитарной активности,

фагоцитарному числу и фагоцитарному индексу, что также согласуется с уже известными данными о противовоспалительном эффекте фукоиданов [149, 164, 175]. Полученные данные указывают не только на количественное увеличение фагоцитоза, но и на качественное улучшение этого процесса, также немаловажно, что данный эффект сохранялся и после прекращения использования добавки, что говорит о пролонгированном эффекте.

Эти результаты находятся в полном соответствии с гематологическими показателями, демонстрирующими повышение уровня агранулоцитов, а также с данными по снижению количества соматических клеток в молоке. Предполагаемый механизм действия может быть связан со способностью гетерогенных сульфатированных полисахаридов, в частности фукоидана, взаимодействовать с Toll-подобными рецепторами (TLR) иммунокомпетентных клеток. Активация TLR-зависимых сигнальных путей приводит к усилению функциональной активности клеток неспецифического иммунитета, что подтверждается многочисленными исследованиями фармакологических свойств морских полисахаридов [184]. Полученные результаты отображены на рисунках 27, 28, 29, 30, 31.

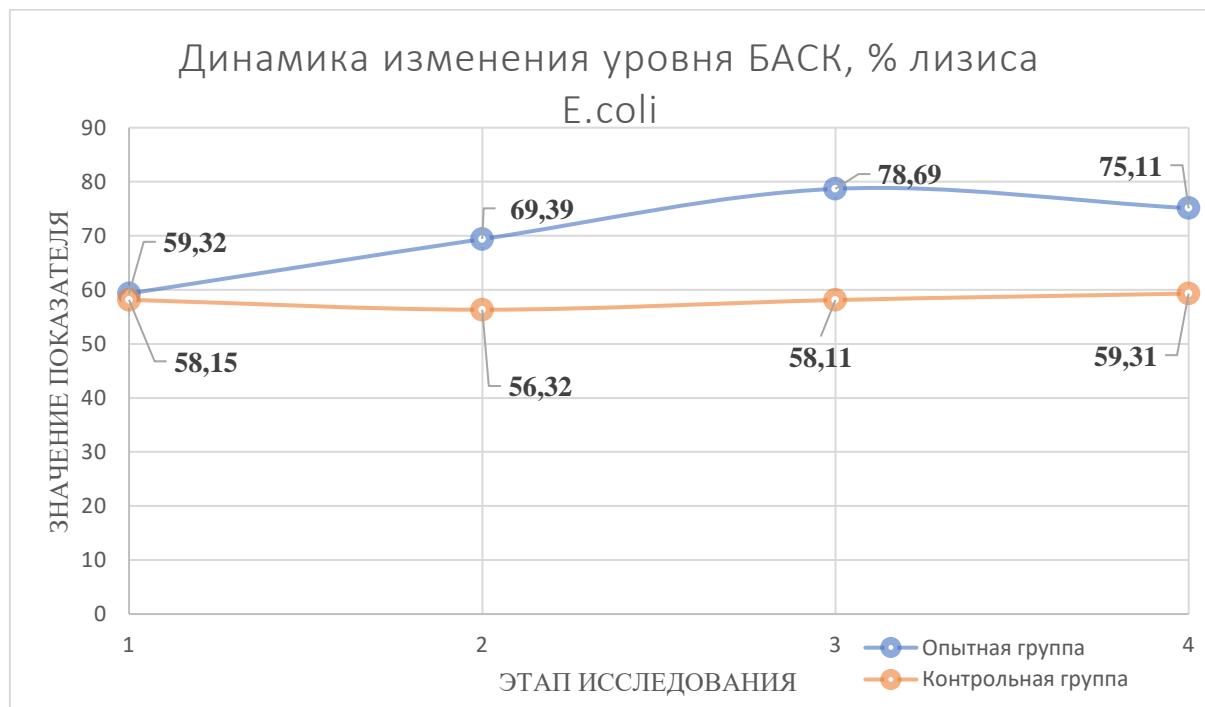


Рисунок 27 – Диаграмма динамики уровня БАСК в течение опыта

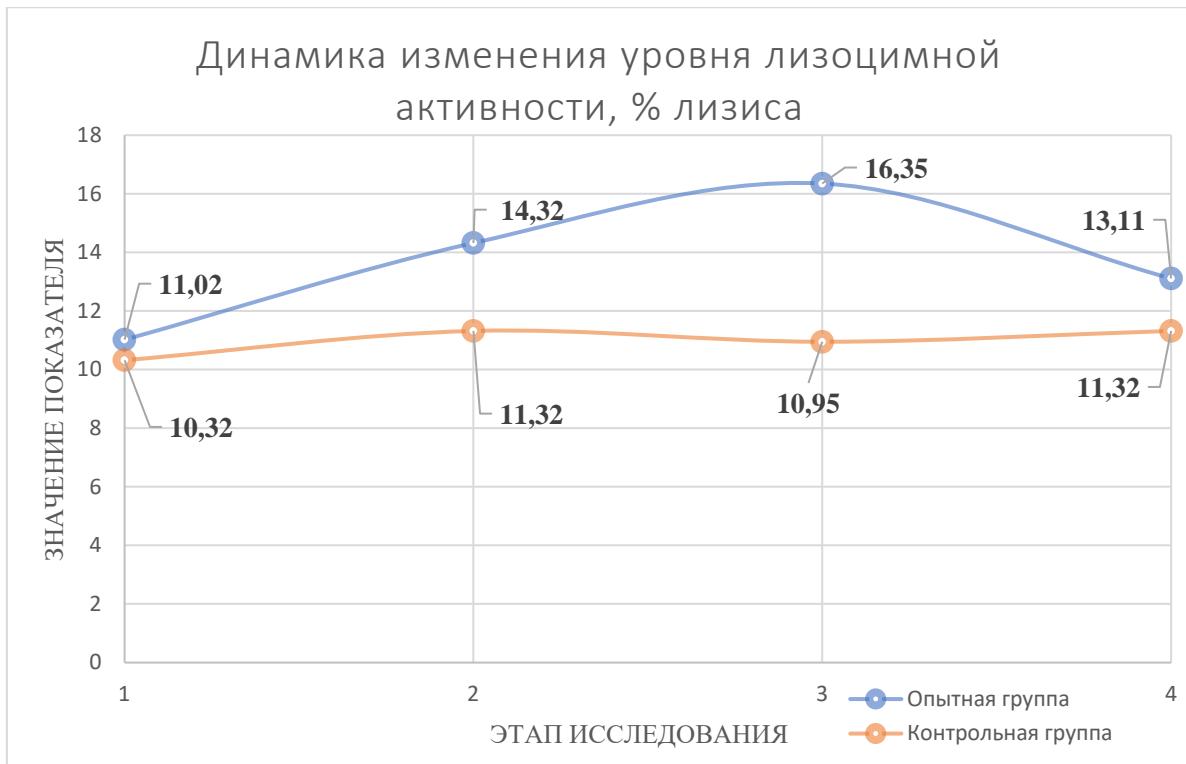


Рисунок 28 – Диаграмма динамики уровня лизоцимной активности в течение опыта

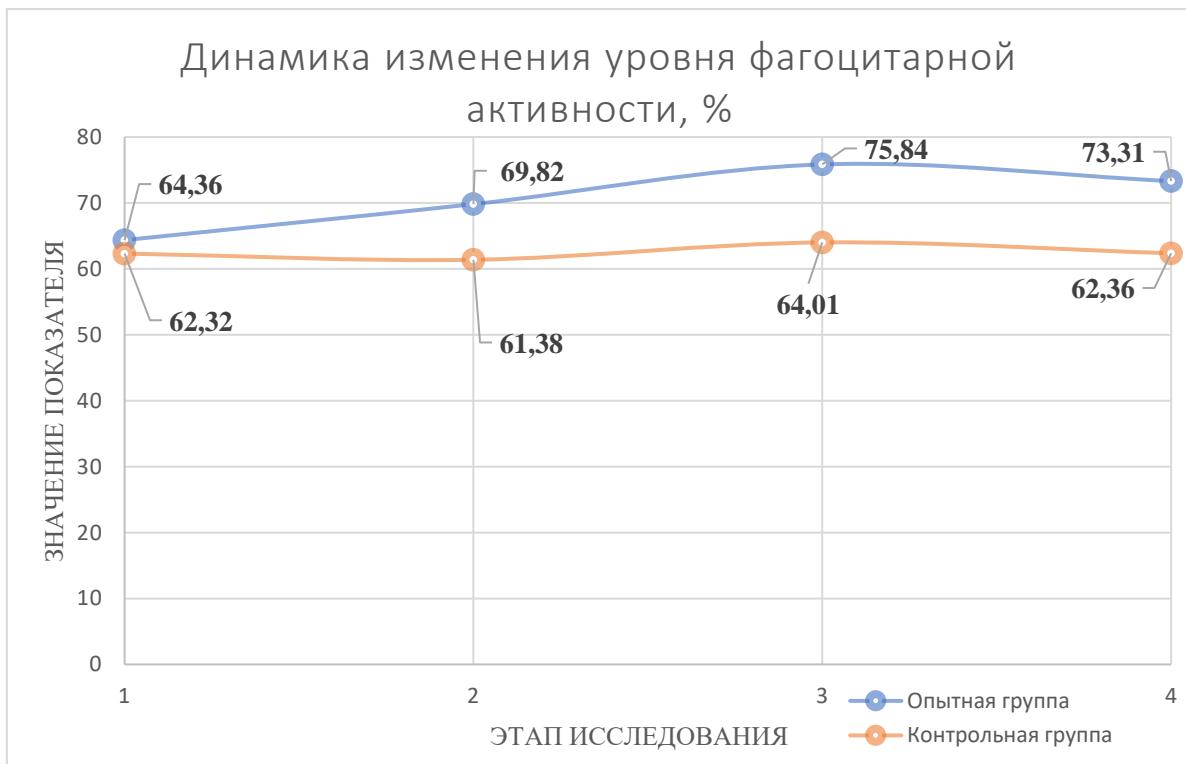


Рисунок 29 – Диаграмма динамики уровня фагоцитарной активности в течение опыта

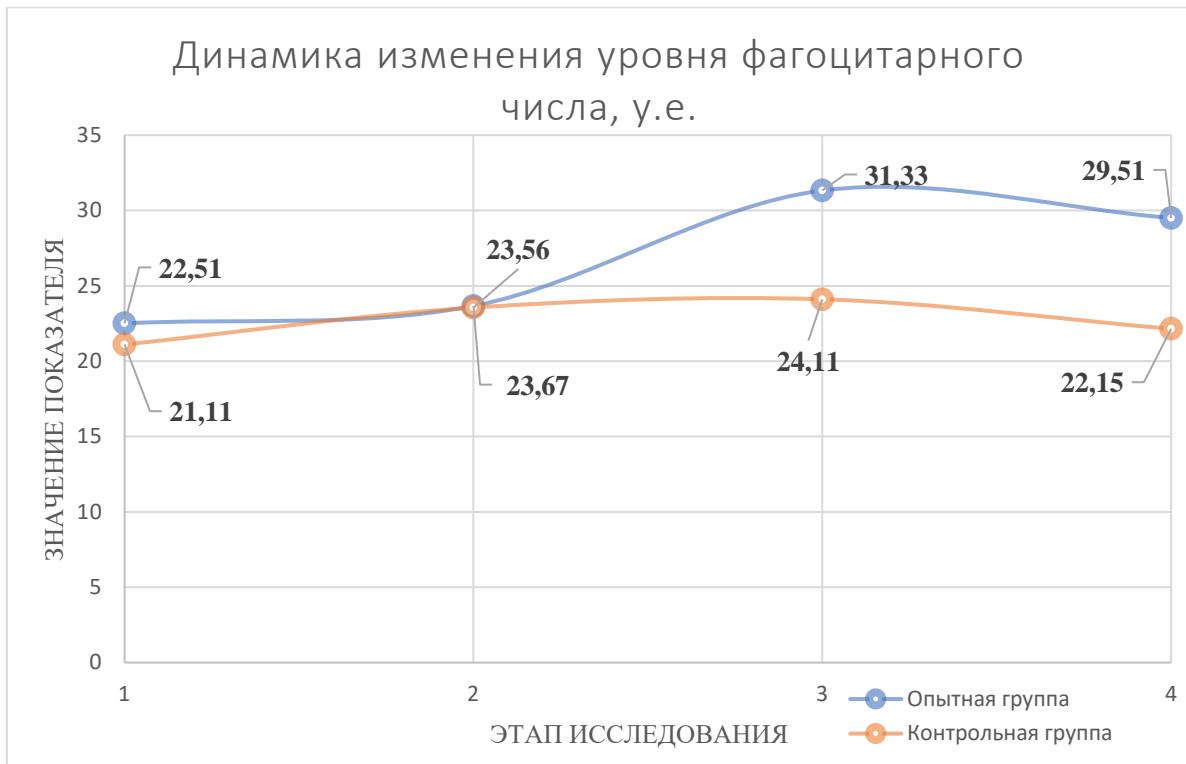


Рисунок 30 – Диаграмма динамики уровня фагоцитарного числа в течение опыта

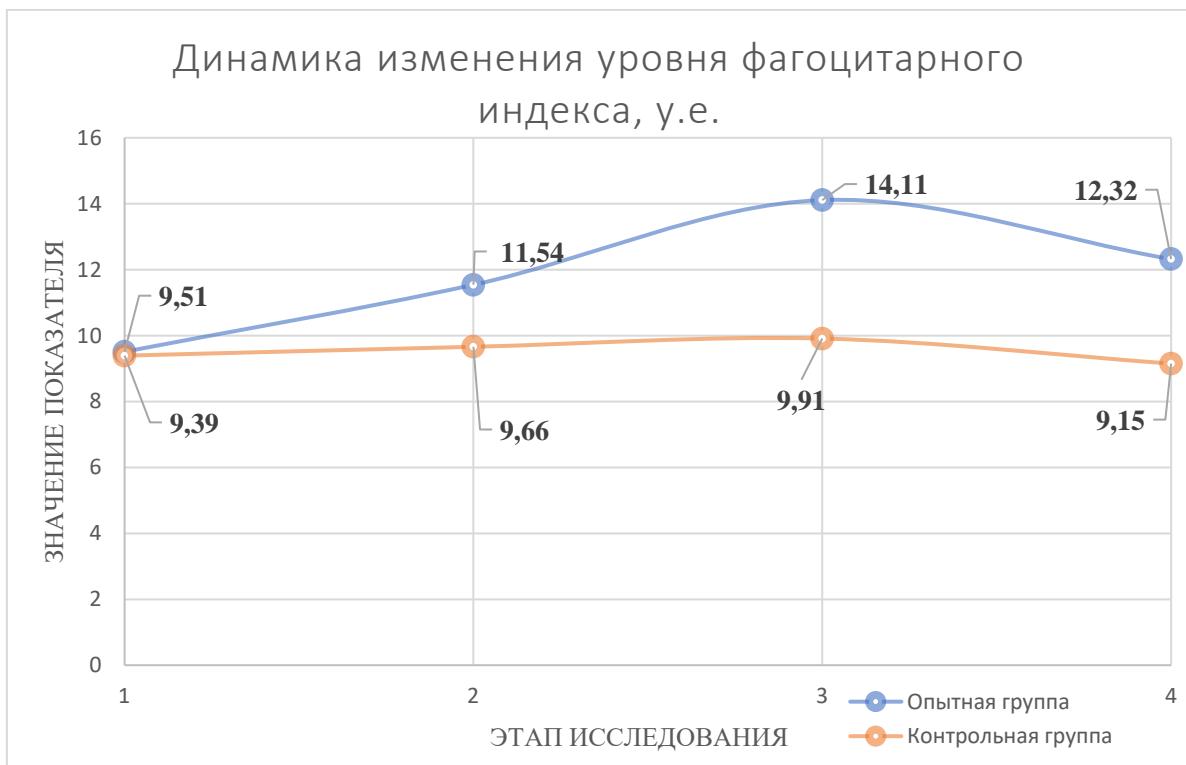


Рисунок 31 – Диаграмма динамики уровня фагоцитарного индекса в течение опыта

3.9 Показатели специфического иммунитета

Наблюдаемые изменения в показателях специфического иммунитета свидетельствуют о выраженном иммуномодулирующем действии исследуемой кормовой добавки.

Полученные данные демонстрируют активацию гуморального звена иммунной системы, что проявляется в прогрессирующем увеличении концентрации иммуноглобулинов G1 и циркулирующих иммунных комплексов к третьему этапу эксперимента.

Механизм наблюдаемых эффектов может быть объяснен многоуровневым воздействием биологически активных компонентов водорослей на иммунную систему. Как показано в работах Fitton, J. H. et al. (2015) и Cumashi, et al. (2007), гетерогенные сульфатированные полисахариды, входящие в состав фукусовых водорослей, оказывают прямое стимулирующее действие на В-лимфоциты через взаимодействие с Toll-подобными рецепторами, что приводит к активации процессов продукции антител. С другой стороны, отмечается значительное увеличение уровня циркулирующих иммунных комплексов, что свидетельствует об усилении антигенной стимуляции и активации системы комплемента.

Особый интерес представляет выявленная корреляция между иммуномодулирующим действием добавки и ее влиянием на микробиоценоз желудочно-кишечного тракта.

Известно, что полисахариды бурых водорослей обладают выраженными пребиотическими свойствами, способствуя формированию сбалансированного микробиома. Это, в свою очередь, приводит к усилению продукции короткоцепочечных жирных кислот, которые играют важную роль в регуляции иммунных процессов на системном уровне, что также отмечается в трудах Na, S. W., Guan, L. L. (2022).

Полученные результаты согласуются с современными представлениями, например, исследованиями Schley, P. D., Field, C. J. (2002), о тесной взаимосвязи

между состоянием кишечной микробиоты и функционированием иммунной системы.

Увеличение уровня иммуноглобулинов G1 может отражать как системную активацию гуморального иммунитета, так и усиление мукозального иммунного ответа, что особенно важно для поддержания барьерных функций организма [186, 193].

Следует отметить, что наблюдаемые изменения носят физиологический характер и свидетельствуют об активации иммунитета без признаков гиперстимуляции. Это подтверждается сбалансированным увеличением как уровня специфических иммуноглобулинов, так и циркулирующих иммунных комплексов, что отражает формирование адекватного иммунного ответа. Результаты исследования специфического иммунитета отображены на рисунках 32 и 33.

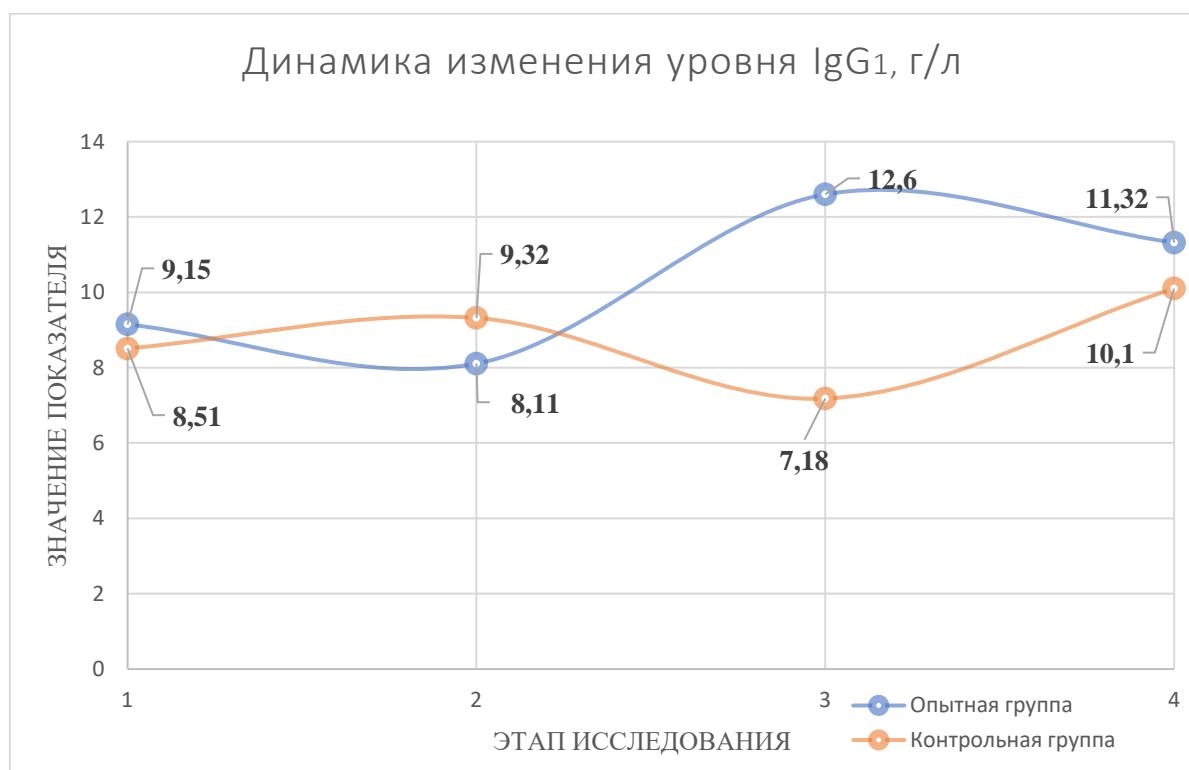


Рисунок 32 – Диаграмма динамики уровня IgG1 в течение опыта

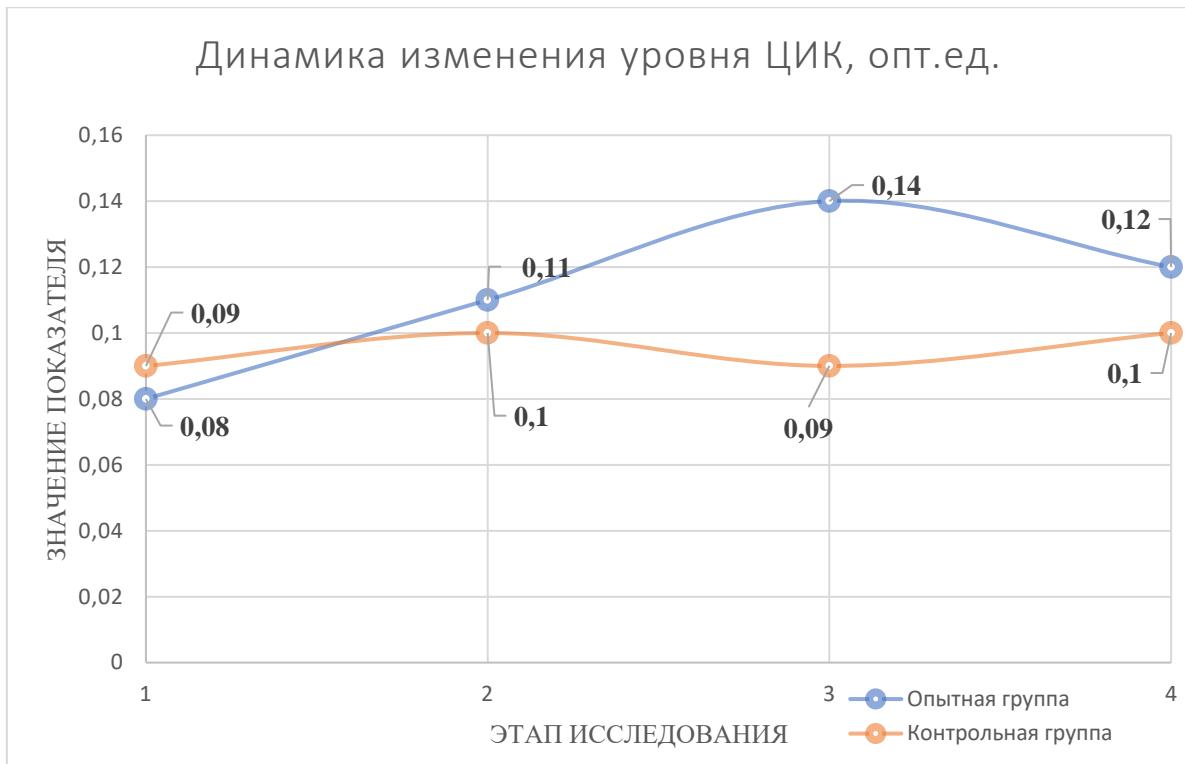


Рисунок 33 – Диаграмма динамики уровня ЦИК в течение опыта

3.10 Показатели молочной продуктивности и качества молока

В условиях высокой продуктивности любые изменения в гомеостазе организма могут отрицательно сказываться на качестве продукта и быть причиной возникновения различных патологий, поэтому важной задачей животноводства является учет возрастающих потребностей организма коров относительно роста продуктивности [96]. В данном случае применение кормовых добавок является вспомогательным элементом для обеспечения организма всеми необходимыми питательными веществами и энергией, что может помочь скорректировать возможные дефициты ежедневных рационов и быть дополнительным источником белка, энергии и других важных составляющих полноценного питания животных, что в итоге позволит реализовать весь возможный потенциал продуктивности и получить максимум продукции без вреда для животного.

По данным Bendary, M. M., Bassiouni, M. I., Ali, M. F., Gaafar, H. M., Shamas, A. Sh. (2013), добавление смеси водорослей и премикса в рацион дойных коров достоверно увеличивало показатели удоя в опытной группе. Аналогичный

положительный эффект относительно продуктивности получили Hostens, M., Fievez, V., Vlaeminck, B., Buyse, J., Leroy, J., Piepers, S., De Vliegher, S., Opsomer, G. (2011), что также согласуется с полученными нами данными.

Наблюданное снижение количества соматических клеток в молоке опытной группы свидетельствует о положительном влиянии исследуемой кормовой добавки на состояние молочной железы коров.

Механизм наблюдаемого действия может быть объяснен комплексным воздействием биологически активных компонентов фукусовых водорослей на организм животных. С одной стороны, отмечается стимуляция неспецифических факторов защиты, включая усиление фагоцитарной активности клеток и повышение бактерицидных свойств молока. С другой стороны, проявляется выраженный противовоспалительный эффект, связанный с гуморальным звеном иммунитета.

Важно отметить, что выявленные изменения согласуются с динамикой других иммунологических показателей, что подтверждает системный характер воздействия добавки.

Полученные данные позволяют предположить, что включение фукусовых водорослей в рацион высокопродуктивных коров может способствовать профилактике воспалительных процессов в молочной железе, что имеет существенное практическое значение для современного молочного животноводства.

Эффективность исследуемой добавки, вероятно, обусловлена сочетанием иммуномодулирующих, противовоспалительных и антиоксидантных свойств её компонентов [192, 197]. Наблюданное улучшение исследуемых показателей молочной может быть связано как с прямым действием на ткани вымени, так и с опосредованным влиянием через активацию системных защитных механизмов организма.

О противовоспалительных свойствах фукоидана сообщается во многих научных трудах, в том числе и отечественных исследователей, например,

Облучинская, Е. Д. и Клиндух, М. П. (2015) докладывают о возможных механизмах противовоспалительной активности фукоидана.

Наблюдаемые изменения химического состава молока в опытной группе свидетельствуют о комплексном влиянии исследуемой добавки на метаболические процессы у лактирующих коров [157, 193].

Повышение жирности молока может быть обусловлено определенным составом полиненасыщенных жирных кислот, содержащихся в бурых водорослях [173]. Эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты, являясь биологически активными компонентами, участвуют в регуляции липидного обмена, стимулируя процессы липогенеза в молочной железе, что согласуется с уже имеющимися данными, например, работами Bauman, D. E. и Griinari, J. M. (2003).

Важным аспектом воздействия водорослевых компонентов является их пребиотическая активность, проявляющаяся в селективной стимуляции роста рубцовой микрофлоры.

Альгинаты и фукоиданы, входящие в состав добавки, создают благоприятные условия для развития микроорганизмов, что приводит к оптимизации процессов ферментации в преджелудках. Усиленное образование летучих жирных кислот, в частности ацетата и бутират, обеспечивает увеличение субстратов для синтеза молочного жира, что и отражается на конечных показателях продукта.

Взаимосвязь летучих жирных кислот и микробиома рубца освещается во многих научных трудах, например Рязанов, В. А., Левахин, Г. И. и др. (2020) изучали влияние стеариновой кислоты на микробиом рубца.

Параллельно отмечаемое снижение уровня мочевины в молоке свидетельствует о положительном влиянии добавки на азотистый обмен. Этот эффект может быть объяснен несколькими взаимосвязанными механизмами. Во-первых, наличие легкодоступных углеводов и жирных кислот в составе водорослей способствует нормализации энергетического баланса, что создает оптимальные условия для утилизации азота [97]. Во-вторых, пребиотическое

действие компонентов добавки стимулирует рост протеолитической микрофлоры рубца, повышая эффективность преобразования аммиака в микробный белок. В результате снижается нагрузка на печеночный орнитиновый цикл, что приводит к уменьшению образования мочевины.

Полученные данные позволяют сделать вывод о многофакторном воздействии фукусовых водорослей на ключевые метаболические пути у высокопродуктивных коров.

Наблюдаемые изменения химического состава молока отражают комплексную перестройку обменных процессов, включая оптимизацию липидного и азотистого обмена, а также улучшение ферментативной активности рубцовой микрофлоры. Полученные данные по надою и химическому составу молока отражены на рисунках 34, 35, 36.

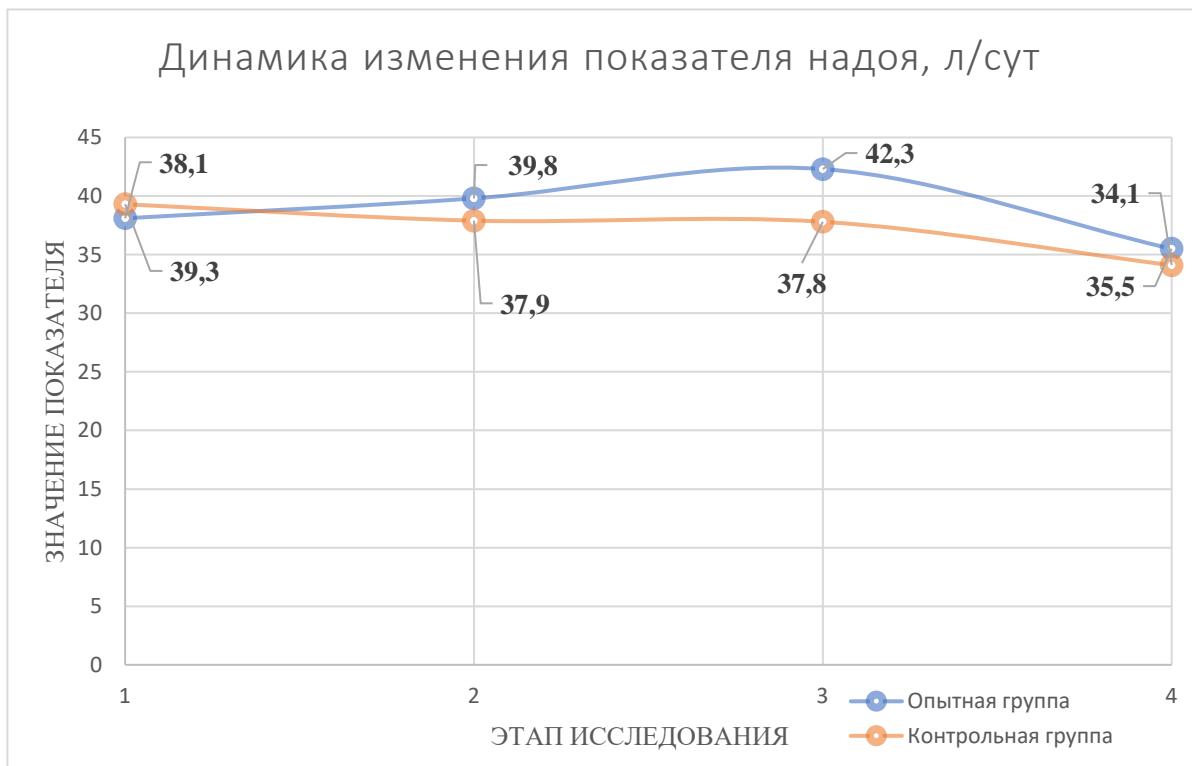


Рисунок 34 – Диаграмма динамики показателя надоя в течение опыта

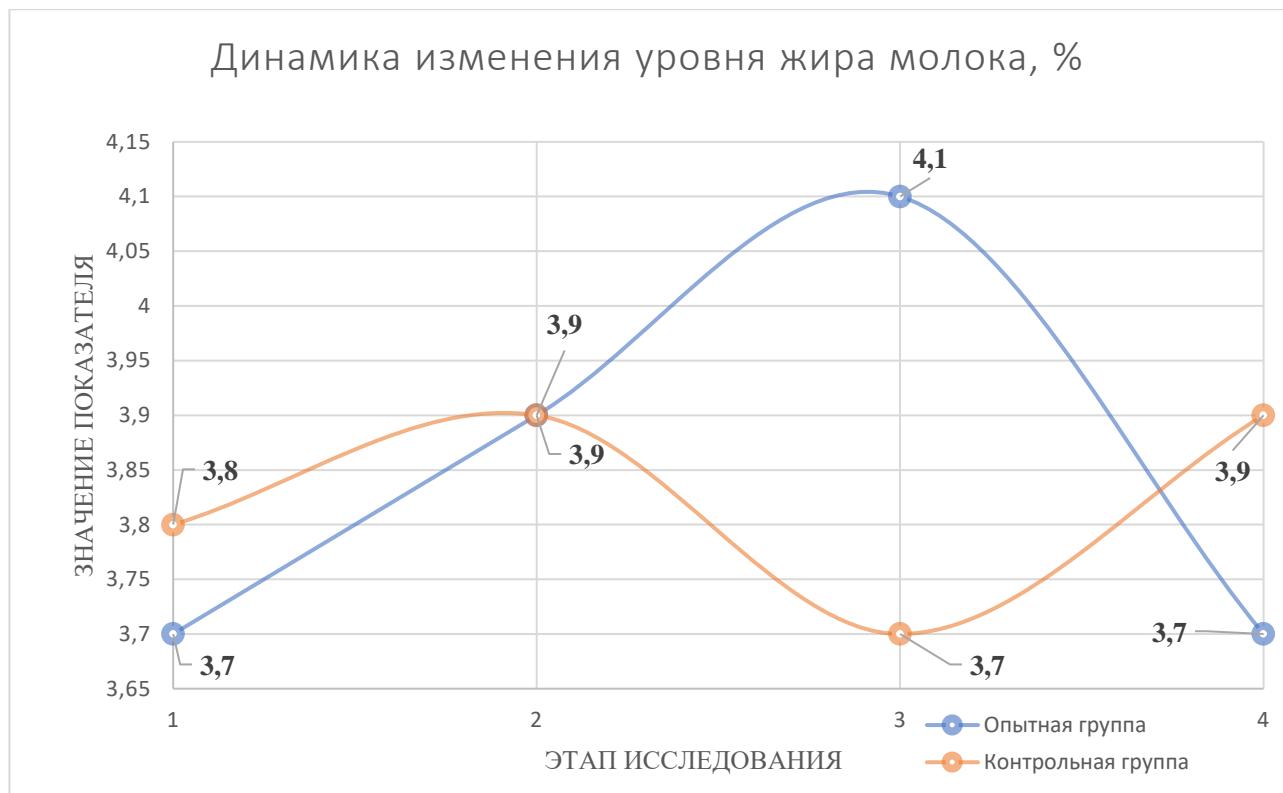


Рисунок 35 – Диаграмма динамики уровня жира молока в течение опыта

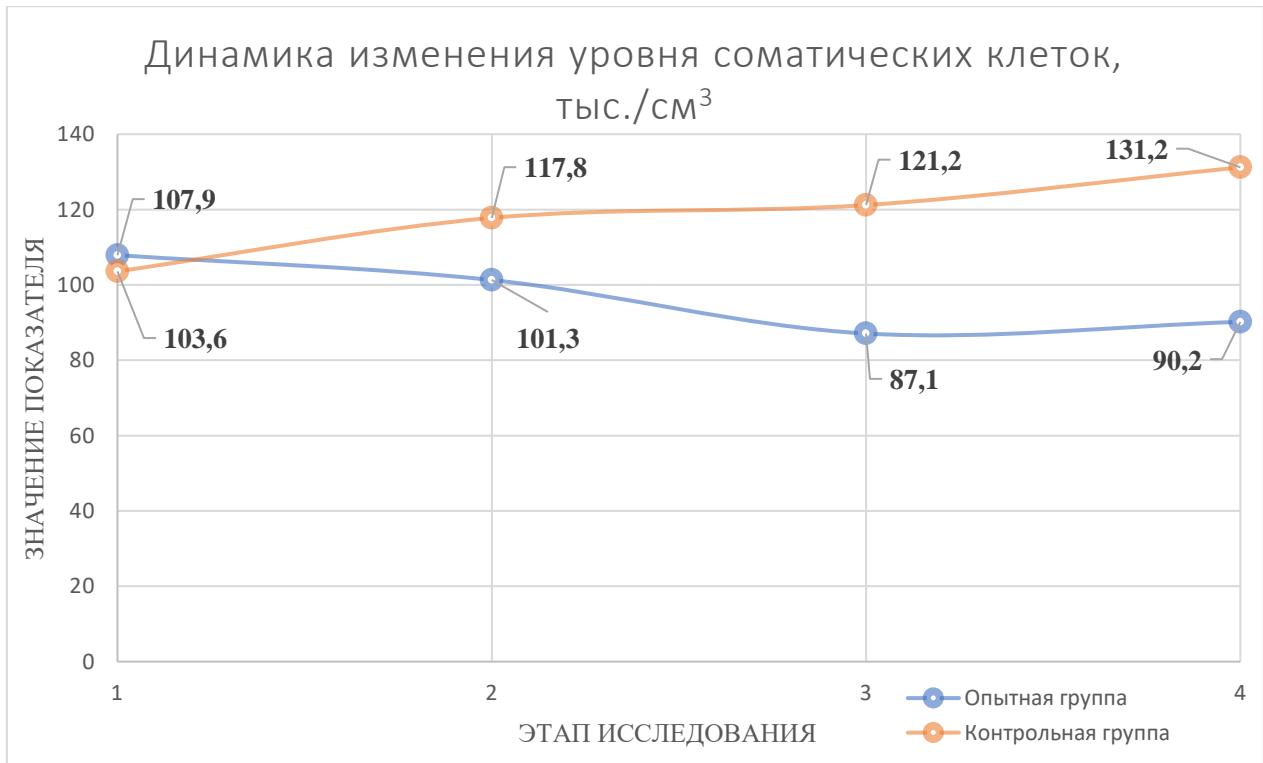


Рисунок 36 – Диаграмма динамики уровня соматических клеток в молоке в течении опыта

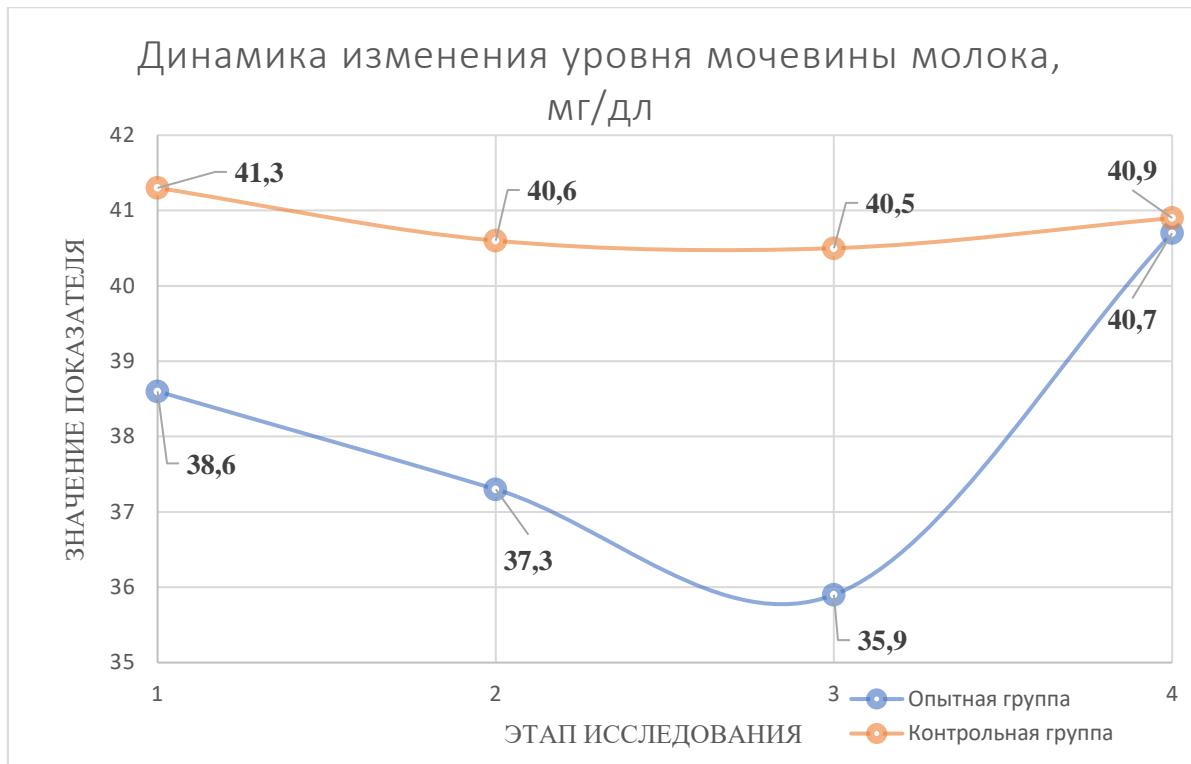


Рисунок 37 – Диаграмма динамики уровня мочевины в молоке в течении опыта

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследования нами был использован комплексный подход к изучению влияния кормовой добавки на основе фукусовых водорослей на организм коров молочного направления. Были изучены особенности влияния исследуемой добавки на различные виды обменов: минеральный, белково-азотистый, углеводный, липидный и ферментный. Была проведена оценка морфологического состава крови с более углубленной оценкой специфического и неспецифического иммунитета. Проводилась оценка влияния фукусовых водорослей на продуктивность коров и различные качества молока. Были сделаны следующие выводы:

1. Исследуемая кормовая добавка оказывает влияние на биохимический и морфологический статусы крови коров, включая минеральный обмен, где определялось достоверное повышение общего кальция на 14% (по сравнению с контрольной группой) через 3 месяца после начала применения добавки и повышение соотношения кальций:фосфор. Следует отметить, что тенденция к повышению уровня кальция сохранялась в опытной группе и к 4 этапу исследования, что говорит о пролонгированном эффекте добавки относительно влияния на уровень кальция. Также отмечалось достоверное снижение уровня калия в опытной группе ко 2 и 3 этапу (на 7,5% и 13,9% соответственно). При исследовании белкового обмена отмечалось достоверное увеличение показателей общего белка и альбумина к третьему этапу исследования (на 8% и 25% соответственно), также в изменении данных показателей отмечался пролонгированный эффект. Уровень глобулинов достоверно увеличился (по сравнению с контрольной группой) к третьему этапу исследования (на 16,3%). Стабилизация белкового обмена проявлялась также через достоверное увеличение уровня креатинина, которое наблюдалось на протяжении всего опыта с пролонгацией эффекта (13,3%, 23,8% и 28,3% соответственно). Исследуемая добавка достоверно повышает уровень глюкозы, что отмечалось к 3 этапу опыта в опытной группе (21,1%). Отмечалось снижение показателя АСТ на протяжении

всего опыта с пролонгированием эффекта (30,1%, 38,2% и 45,8% соответственно). Активность ЩФ также имела тенденцию к снижению к 3 и 4 этапу (на 3,4% и 22% соответственно).

При исследовании морфологического состава крови было выявлено достоверное повышение некоторых показателей к 3 и 4 этапу, а именно: эритроциты на 14,4% и 19,2%, гематокрит на 8,8% и 12,3%, гемоглобин на 12,6% и 17,9%. При морфологическом исследовании крови также отмечалось достоверное повышение уровня лейкоцитов к 3 этапу опыта (на 41,8%) преимущественно за счет увеличения показателей лимфоцитов (на 45,8%) и моноцитов, что также подтверждается результатами ручного подсчета лейкограммы, где отмечается достоверное повышение уровня агранулоцитов;

2. При изучении влияния исследуемой кормовой добавки на неспецифический иммунитет отмечается: достоверное повышение показателей бактерицидной активности сыворотки крови на протяжении всего опыта (16,9%, 28,3% и 13,2% соответственно), лизоцимной активности ко 2 и 3 этапам (29,9% и 34,6%) и показателей фагоцитоза за счет увеличения показателей к этапу и с пролонгированием эффекта: фагоцитарной активности на 17,8%, фагоцитарного числа на 39,1% и фагоцитарного индекса на 48,3. Изменения в специфическом иммунитете заключались в достоверном повышении значений иммуноглобулинов G1 и циркулирующих иммунных комплексов к 3 этапу (на 37,7% и 75% соответственно);

3. В ходе исследования нами было отмечено изменение химических показателей молока, что проявлялось в повышении жирности проб молока в опытной группе к 3 этапу на 10% и снижении уровня мочевины молока на 2 и 3 этап исследования (на 4% и 7,5% соответственно). При анализе показателя соматических клеток нами было выявлено достоверное снижение данного параметра в опытной группе к 3 и 4 этапу опыта (на 19,2% и 18,7% соответственно), что также согласуется с полученными данными о влиянии исследуемой добавки на показатели неспецифического иммунитета;

4. Влияние исследуемой кормовой добавки на молочную продуктивность проявлялось в достоверном повышении показателя надоя у опытной группы, что выражалось в увеличение надоя к 3 этапу исследования на 11% по сравнению с контрольной группой;

5. Применение исследуемой кормовой добавки имеет высокую экономическую эффективность (8,78 руб. на 1 рубль вложений), в том числе за счет: увеличения показателей надоя, низкие затраты на производство добавки и сбор первичного сырья, высокую биологическую активность при низком расходе в условиях хозяйства и отсутствие специальных условий хранения. Таким образом исследуемая добавка способна повышать уровень рентабельности предприятия при минимальных затратах.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИКИ

Полученные в результате исследований данные об эффективности кормовой добавки, в составе которой содержатся фукусовые водоросли, позволяют рассмотреть её как эффективный, вспомогательный аспект в кормлении высокопродуктивных животных. Состав добавки и содержание в ней большого количества различных биологически активных веществ способны не только восполнять возможные дефициты по питательным веществам и микро-/макроэлемента, но и способствовать росту продуктивности и качеству итоговой продукции. Из-за логистической доступности и богатого минералами составом данная кормовая добавка рекомендуется как постоянное дополнение к рационам высокопродуктивных, молочных коров животноводческих хозяйств Ленинградской области.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дальнейшие исследования по данной тематике должны быть направлены на исследование взаимосвязи выраженности положительных эффектов в зависимости от дозировки кормовой добавки. Также перспективным направлением считается дальнейшее изучение способности фукусовых водорослей влиять на иммунитет животных, обменные процессы в их организмах, способные повлиять не только на качество молока, но и на здоровье и сохранность потомства.

ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

АСТ – аспартатаминотрансфераза

АЛТ – аланинаминотрансфераза

ЩФ – щелочная фосфатаза

ГГТ - гамма-глютамилтранспептидаза

КФК – креатинфосфокиназа

ISE – ion selective electrode

К3ЭДТА - трикал этилендиаминтетрауксусной кислоты

БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества

МДГ – малатдегидрогеназа

НАД – никотинамидадениндинуклеотид

Gly-Gly – глицил-глицин

ХЭ – холестеролэстераза

ХО – холестеролоксидаза

ГК – глицерокиназа

АДФ – аденоzinдинифосфат

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, В. И. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учетом доступности питательных веществ: справочное руководство / В. И. Агафонов, Б. Д. Кагальницкий, А. В. Лысов, Е. Л. Харитонов, Л. В. Харитонов. — Боровск, 2007. - 130 с.
2. Алимов, А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб., Наука, 147 с., 2000.
3. АО «ЛабСервис». Дифф-Квик – набор реагентов для экспресс-окраски мазков крови: инструкция по применению. – М., 2021. – 2 с.
4. Батраков, А. Я. Кетомилк Энерджи для коров в послеродовой период / А. Я. Батраков, К. В. Племяшов // Животноводство России. – 2022. – № 2. – С. 42-43.
5. Батраков, А. Я. Профилактика болезней конечностей у высокопродуктивных коров в условиях промышленного комплекса / А. Я. Батраков, В. Н. Виденин, М. А. Сергеева // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 4. – С. 125-130. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.125.
6. Батраков, А. Я. Профилактика и лечение гипокальциемии, кетоза и сопутствующих болезней новотельных коров / А. Я. Батраков, Ю. А. Шумов // Эффективное животноводство. – 2023. – № 5(187). – С. 30-32
7. Батраков, А. Я. Профилактика и лечение кетоза у высокопродуктивных коров / А. Я. Батраков, К. В. Племяшов // Наше сельское хозяйство. – 2022. – № 24(296). – С. 32-37.
8. Батраков, А. Я. Профилактика заболеваний вымени у коров / А. Я. Батраков, К. В. Племяшов, В. Н. Виденин // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 18(266). – С. 46-53.

9. Батраков, А. Я., Племяшов, К. В., Крячко, О. В., Лукоянова, Л. А. / Профилактика нарушений обмена веществ у скота // Животноводство России. – 2021. – № 11. – С. 36-38.
10. Белова, Л. М., Гаврилова, Н. А., Забровская, А. В. [и др.] / Современные терапевтические подходы к лечению телят при болезнях желудочно-кишечного тракта паразитарно-бактериальной этиологии // Современные проблемы общей и частной паразитологии: материалы IV Международного паразитологического симпозиума, Санкт-Петербург, 07–09 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 29-32.
11. Белый, М. Н. Бурые водоросли / М. Н. Белый // Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря: коллективная монография / Российской академия наук, Дальневосточное отделение, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило, Северо-Восточный научный центр, Институт биологических проблем Севера. – Владивосток: Федеральное государственное унитарное предприятие "Издательство Дальнаука", 2006. – С. 331-341.
12. Бетин, А. Н. Ферментный препарат в рационах лактирующих коров / А. Бетин // Комбикорма. — 2017. — № 4. — С. 50-52.
13. Боголицын, К. Г., Каплицин, П. А., Ульяновский, Н. В., Пронина, О. А. Комплексное исследование химического состава бурых водорослей Белого моря // Химия растительного сырья. 2012. № 4.
14. Булгакова, Г. В. Роль соотношения кальций-фосфор в кормлении высокопродуктивных коров // Г. В. Булгакова, А. В. Иванов // Наука и практика. — 2015. — № 2. — С. 10-13.
15. Буряков, Н. П. Кормление высокопродуктивного молочного скота / Н.П. Буряков. — М.: Проспект, 2009. — 416 с.
16. Васильева, О. К. Взаимосвязь упитанности, молочной продуктивности и воспроизводительных качеств коров-первотелок // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 71-76.

17. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: АЛТ – ФС. Оптимизированный энзиматический метод с использованием а-кетоглутарата в качестве стартового реагента. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.

18. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Альбумин – ФС. Бромкрезоловый зелёный метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.

19. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: АСТ – ФС. Оптимизированный энзиматический метод с использованием а-кетоглутарата в качестве стартового реагента. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.

20. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Белок общий – ФС. Биуретовый метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.

21. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Билирубин общий – ФС. Унифицированный метод Эндрашика–Грофа. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.

22. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Гамма-глютамилтранспептидаза (ГГТ) – ФС. Оптимизированный кинетический метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.

23. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Глюкоза – ФС. Набор реагентов для определения глюкозы в сыворотке крови ферментативным методом (глюкозооксидазный). – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 6 с.

24. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Кальций общий – ФС. Унифицированный колориметрический метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.

25. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Креатинин – ФС. Набор реагентов для определения креатинина (по Яффе, без обесцвечивания). – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.

26. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Мочевина – ФС. Уреазный ферментативный метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.
27. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Неорганический фосфор – ФС. УФ метод без протеинизации. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.
28. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Триглицериды – ФС. Ферментативный метод (GPO-PAP). – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.
29. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Холестерин – ФС. Ферментативный метод (CHOD-PAP). – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 5 с.
30. Витал Девелопмент Корпорейшн. Методика выполнения измерений: Щелочная фосфатаза – ФС. Оптимизированный кинетический метод. – М.: ООО «Витал Девелопмент Корпорейшн», 2023. – 4 с.
31. Волгин, В. И., Романенко, Л. В., Бибикова, А. С., Федорова, З. Л. Особенности обмена веществ у коров разных пород и реализация их генетического потенциала молочной продуктивности //Достижения в генетике, селекции и воспроизводстве сельскохозяйственных животных: мат. междунар. научной конф. ч.1. - ВНИИГРЖ. СПб., 2009. - С. 188-192.
32. Воронова, И. В. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 1. С.164-169.
33. Воскобойников, Г. М., Пуговкин, Д. В. О возможной роли *Fucus vesiculosus* в очистке прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения. Вестник МГТУ, т. 15, № 4, с. 716-720, 2012.
34. Вяйзенен, Т. Н. Химический состав молока коров в переходные периоды содержания / Т. Н. Вяйзенен // Молочная промышленность. — 2008. — № 7. — С. 60-63.
35. Гаврилова, Н. А. Зоонозный потенциал кишечных простейших телят в фермерских хозяйствах Ленинградской области / Н. А. Гаврилова // Вызовы и

инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 2. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 5-6.

36. Галочкина, В. П., Остренко, К. С., Обвинцева, О. В., Агафонова, А. В., Галочкин, В. А. Питание - основа метаболических процессов в тканях организма и продуктивности коров. В сб. Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона (Ред. В.Н. Мазуров). Калуга. Изд.: ФГБНУ КНИИСХ. 2019. С. 294-297.

37. Гаркави, Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. - М.: ИМЕДИС, 1998. - 156 с.

38. Герасименко, А. А. Оценка влияния пробиотико-ферментных препаратов на биохимические показатели крови коров в раздое / А. А. Герасименко, М. Ю. Соколов, Н. Ю. Беляева, А. И. Ашенбреннер // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2015. - № 3 (125). - С. 97-101.

39. Головин, А. В. Нормирование энергии для молочных коров / А. В. Головин, А. С. Аникин, Р. В. Некрасов, Н. Г. Первов // Достижения науки и техники АПК. — 2013. — № 3 — С. 18-19.

40. Горленко, М. В. Курс низших растений. - М.: Высшая школа, 1981. - 520 с.

41. ГОСТ 23453-2014. Молоко. Методы определения количества соматических клеток. - М., 2015. - 15 с.

42. Гротхаус, К. Доступная энергия и бактериальный протеин для увеличения молочной продуктивности КРС / К. Гротхаус // Эффективное животноводство. — 2013. — № 4(90) — С. 20-21.

43. Гуляева, М. Е. Кормовые дрожжи в питании лактирующих коров / М. Е. Гуляева, Л. В. Смирнова // Молочно-хозяйственный вестник. — 2011. — № 2. — С. 11-13.

44. Гусаров, И. В., Корнилова, О. А., Боголюбова, Н. В., Фоменко, П. А., Богатырёва, Е. В. / Контроль жизнеспособности молочных коров // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 51-65.
45. Дежаткина, С. В. Использование кремнийсодержащей добавки в молочном скотоводстве с целью производства органической продукции / С. В. Дежаткина, Н. В. Шаронина, Т. М. Ахметов // Кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции с Международным участием, Ульяновск, 08–09 апреля 2021 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 161-167.
46. Дежаткина, С. В. Новое поколение добавок на основе структурированных и насыщенных аминокислотами агроминералов в органическом животноводстве / С. В. Дежаткина // Органика - здоровье нации России : Сборник научно-практических материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 июля 2023 года. – Казань: Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 2023. – С. 80-88.
47. Дорофейчук, В. Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом//Лабораторное дело. -1968. -№1. -С.28.
48. Дуборезов, В. М. Повышение эффективности использования рациона молочных коров / В. М. Дуборезов // Комбикорма. — 2017. — № 2. — С. 83-84.
49. Дудихин, А. С. Мониторинг рациона коров костромской породы в сухостойном периоде / А. С. Дудихин, Н. А. Кочуева, К. Д. Сабетова // Стратегические направления развития агропромышленного комплекса: сборник статей 73-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Караваево, 24 марта 2022 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 46-51.
50. Ёрков, Э. Р. Энергетическое питание жвачных животных / Э. Р. Ёрков, М. Рил. — Боровск, 2003. — 165 с.
51. Жигадлова, Г. Г. Бурые водоросли / Г. Г. Жигадлова, Н. А. Лопатина // Флора и фауна острова Матуа (средние Курильские острова) : Атлас-

определитель / Под редакцией К. Санамян и Н. Санамян. Том 1. – Череповец: Общество с ограниченной ответственностью "Инtron", 2020. – С. 424-467.

52. Заболотнов, А. А. Сбалансированное кормление высокопродуктивных коров / А. А. Заболотнов, С. Г. Кузнецов, В. Т. Винокурова, И. А. Баранова, П. В. Матющенко. — Боровск, 2013. — С. 217-223.

53. Зайцев, В. В., Боголюбова, Н. В., Сеитов, М. С. [и др.] / Влияние хвойно-энергетической добавки на показатели антиоксидантной защиты молочных коров в транзитный период // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6(110). – С. 222-228. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-222-228.

54. Инструкция по эксплуатации прибора для измерения удоя "Лактан 1-4 М" / ООО "Лактан". – М., 2020. – 35 с.

55. Калашников, А. П., Фисинин, В. И., Щеглов, В. В., Клейменов, Н. И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва. Издательство «Знание». 2003. 456 с

56. Калишин, Н. М., Орехов, Д. А., Шнур, А. И., Шершнева, И. И., Заходнова, Д. В. - Методические указания по определению экономической эффективности ветеринарных мероприятий. - СПб., Издательство ФГБОУ ВПО «СПбГАВМ», 2013 г. – 35с.

57. Камнев, А. Н. Отдел синезеленые водоросли (Cyanophyta) / А. Н. Камнев // Ботаника. Курс альгологии и микологии: Учебник. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2007. – С. 40-64.

58. Камнев, А. Н. Структура и функции бурых водорослей. М., МГУ, 200 с., 1989.

59. Капков, В. И., Беленикина, О. А. Устойчивость морских водорослей к тяжёлым металлам. Вестник Моск. ун-та, серия 16, Биология, № 1, с. 35-38, 2007.

60. Карпенко, Л. Ю. Сезонная динамика содержания микроэлементов в сыворотке крови высокопродуктивных коров черно-пестрой породы / Л. Ю.

Карпенко, А. И. Енукашвили, А. А. Бахта // Вестник Уральской медицинской академической науки. - 2014. - № 3(49). - С. 197-198. 2.

61. Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А., Бабич, О. О., Сухих, С. А., Никонов, И. Н. // Бурые водоросли как перспективный источник полисахаридов, повышающих резистентность организма сельскохозяйственной птицы//./ Птица и птицепродукты. 2024. № 2. С. 25-28.

62. Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А., Борисова, С. Д., Бабич, О. О., Сухих, С. А., Никонов, И. Н. / Перспективы применения бурых водорослей в качестве природного адаптогена // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 4. С. 263-268.

63. Карпенко, Л. Ю., Енукашвили, А. И., Иванова, К. П. Оценка состояния углеводного обмена у высокопродуктивных коров при алиментарной остеодистрофии // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. 2024. с. 38-40

64. Киреев, И. В., Оробец, В. А., Пьянов, Б. В. Антиоксидантный статус высокопродуктивных коров в различные периоды эксплуатации // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2022. №4.

65. Кирилов, М. П. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: научное К66 издание / М. П. Кирилов, Н. Г. Первов, А. С. Аникин [и др.]. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. — 404 с.

66. Клиндух, М. П., Облучинская, Е. Д. Химический состав и антиоксидантная активность настоек фукусовых водорослей // Фармация. 2015б. № 3. С. 8-11.

67. Клочкова, А. Н., Пономарева А. В., Большая Е. А. [и др.] / Сравнение разных схем лечения диспепсии телят в условиях сельскохозяйственных предприятий // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных 73-й студенческой научной конференции, Караваево, 07 апреля 2022 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 103-107.

68. Клочкова, А. Н., Пономарева, А. В., Больщакова, Е. А. [и др.] / Молочная продуктивность крупного рогатого скота с разными генотипами по гену бета-казеина // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : материалы XI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 205.

69. Ковалёв, С. П. Клиническое проявление и профилактика пробиотиком энтерита у телят // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ, 2020. 62-63 с.

70. Ковалёв, С. П. Основы клинической ветеринарной гематологии: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 120 с.

71. Ковалёв, С. П. Показатели минерального обмена у коров при остеодистрофии // Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Том Часть 2. Нальчик, 2023. С.63-65

72. Ковалёв, С. П., Киселенко, П. С. Влияние корня элеутерококка экстракта жидкого на некоторые показатели крови телят при различных способах и кратности введения // Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. 2020. С. 90.

73. Ковалёв, С. П., Лебедев, М. Н. Биохимические показатели крови телят при использовании пробиотика на основе штамма *enterococcus faecium* L-3 // Международный вестник ветеринарии. – 2020 - №1. – с. 88-92.

74. Ковалевский, В. В. Минерально-витаминное кормление скота / В. В. Ковалевский, Е. Ковалевская // Животноводство России. — 2014. — № 12. — С. 43-46.

75. Козицына, А. И., Карпенко, Л. Ю., Бахта, А. А., Енукашвили, А. И. /Профилактическое применение "Элитокса" у крупного рогатого скота //

Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2018. - № 3. - С. 152-154. DOI: 10.17238/issn20726023.2018.3.152

76. Козырев, С. Г. Резистентность и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы разного генотипа: Рекомендации / С. Г. Козырев. - Владикавказ, 2000. 23 с.

77. Колесник, Н. С. Влияние различных классов танинов на метаногенез у жвачных животных (обзор) / Н. С. Колесник, Н. В. Боголюбова, А. А. Зеленченкова // Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59, № 2. – С. 221-236. – DOI 10.15389/agrobiology.2024.2.221rus.

78. Комлацкий, В. И., Еременко О. Н. Особенности улучшения воспроизводства стада коров // Политеатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 167. С. 75-83.

79. Коровкина, Н. В., Богданович, Н. И., Кутакова, Н. А. Исследование состава бурых водорослей Белого моря с целью дальнейшей переработки // Химия растительного сырья. 2007. №1. С. 59-64.

80. Короткий, В. П., Зайцев, В. В., Боголюбова, Н. В. [и др.] / Влияние добавки на основе биомассы леса на рост и морфофизиологические показатели крови, и естественную резистентность телят // Зоотехния. – 2024. – № 8. – С. 21-24. – DOI 10.25708/ZT.2024.63.14.005.

81. Короткий, В. П., Зайцев, В. В., Боголюбова, Н. В. [и др.] / Перспективы использования фитобиотиков в кормлении животных // Зоотехния. – 2024. – № 5. – С. 2-6. – DOI 10.25708/ZT.2024.56.58.001.

82. Короткий, В. П., Зайцев, В. В., Боголюбова, Н. В. [и др.]. Хвойно-фитогенная добавка для коррекции окислительного стресса у новорождённых телят // Зоотехния. – 2024. – № 9. – С. 29-33. – DOI 10.25708/ZT.2024.72.76.008.

83. Корочкина, Е. А. Инновационный метод коррекции витаминно-минерального гомеостаза у животных: диссертация на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук / Корочкина Елена Александровна, 2023. – 260 с.

84. Корчагина, Т. А. Роль микроорганизмов в рубцовом пищеварении [Электронный ресурс] / Т. А. Корчагина // Материалы V Международной телеконференции / Омский Государственный Педагогический Университет - Режим доступа: <http://www.tele-conf.ru/aktualnyie-voprosy-i-mikrobiologii/rol-mikroorganizmov-v-rubtsovom-pischevarenii.html> - 21.10.23
85. Костенко, Н. С. Сине-зеленые водоросли / Н. С. Костенко // Карадаг. Гидробиологические исследования: Сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины / Карадаг. Карадагский природный заповедник. Том Книга 2-я. – Симферополь: СОНAT, 2004. – С. 232-234
86. Костомахин, Н. М. Болезни крупного рогатого скота при высокой продуктивности и нарушении обмена веществ / Н. М. Костомахин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. — 2012. — № 3. — С. 24-30.
87. Кошиш, И. И. Морские водоросли: потенциал использования в рационах сельскохозяйственных животных (обзор) / И. И. Кошиш, Е. Е. Зимин, И. Н. Никонов // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 6. – С. 1006-1020.
88. Кочуева, Н. А. Адаптационные аспекты белкового метаболизма у высокопродуктивных коров костромской породы / Н. А. Кочуева, Т. Ю. Воронина // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Том Выпуск 80. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 55-60.
89. Кочуева, Н. А. Оценка минерального обмена у высокопродуктивных коров в предродовом периоде при миокардиодистрофии / Н. А. Кочуева, К. Д. Сабетова // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 1. – С. 152-155. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.1.152.
90. Кудрин, А. Г. Ферменты крови и прогнозирование продуктивности молочного скота: научное издание / А. Г. Кудрин. — Мичуринск-Наукоград РФ: Изд-во Мичурин. гос. аграр. ун-та, 2006 — 142 с.

91. Кузнецов, А. С., Остренко, К. С. Повышение эффективности использования протеина рациона для высокопродуктивных коров. Эффективное животноводство. 2020. Т. 166. № 9. С. 94-95.
92. Кузнецов, А. Ф., Стекольников, А. А., Алемайкин, И. Д. [и др.] /Крупный рогатый скот: содержание, кормление, болезни: диагностика и лечение: учебное пособие для вузов. – 6-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2024. – 752 с. – ISBN 978-5-507-47692-3.
93. Кузьминова, Е. В. Применение биологически активных веществ для нормализации обменных процессов у животных// Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013, № 11.- С. 80-83.
94. Лаптев, Г. Микробиом рубца жвачных: современные представления / Г. Лаптев, Л. Ильина, В. Солдатова // Животноводство России. — 2018. — № 10.
95. Левахин, В. И., Бабичева, М. А., Поберухин, М. М. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота в зависимости от технологии выращивания и кормления // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 3.
96. Лейбова, В. Б. Биохимические показатели крови коров с разным уровнем молочной продуктивности в ранний послеотельный период и их связь с воспроизводством / В.Б. Лейбова, И.Ш. Шапиев, Ю.В. Турлова // Молочное и мясное скотоводство. — 2014. — № 6. — С. 32-34.
97. Лоретц, О. Г. Современные подходы к обеспечению качества молока / О. Г. Лоретц // Ветеринария Кубани. — 2012. — № 6.— С. 19-20.
98. Лысенко, Я. Д., Пупков, А. А., Плаксин, К. В., Ранцев, М. А. Прогностическая ценность лейкоцитарных индексов при тяжелом остром панкреатите // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы V Междунар. (75 Всерос.) науч.-практ. конф. — Екатеринбург: УГМУ, 2023. — С. 721.
99. Максимюк, Н. Н. Физиология кормления животных / Н. Н. Максимюк, В. Г. Скопичев. — Санкт-Петербург: Лань, 2004. — 256 с.

100. Малков, М. Управление активностью рубцовой микрофлоры - путь к здоровью коров / М. Малков, Т. Данькова // Наука и практика. — 2015. — № 2. — С. 25-30.
101. Маркман, И. Современные подходы к кормлению высокопродуктивных коров / И. Маркман // Комбикорма. — 2012. — № 2. — С. 67-70.
102. Мейер, Д. Ветеринарная лабораторная медицина. Интерпретация и диагностика / Д. Мейер, Д. Харви. — Пер. с англ. — М.: Софион, 2007. — 456 с.
103. Меньшиков, В. В. Лабораторные методы исследования в клинике. — М.: Медицина, 1987. — 368 с. (Гл. 5.3, с. 124–128).
104. Мошкина, С. В. Структурные углеводы в кормлении молочного скота / С. В. Мошкина, Н. В. Абрамкова, Т. Ю. Колганова. — Орел, 2016. — № 9. — 56 с.
105. Мудрук, С. С. Влияние применения кормовой добавки на основе фукусовых водорослей Белого моря на морфологические показатели крови коров / С. С. Мудрук, Л. Ю. Карпенко // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2024. — № 2. — С. 109-112.
106. Мудрук, С. С. Влияние применения кормовой добавки на основе фукусовых водорослей Белого моря на показатели минерального обмена у коров / С. С. Мудрук, Л. Ю. Карпенко // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2024. — № 2. — С. 116-119.
107. Некрасов, Р. В. Продуктивность лактирующих коров и молодняка крупного рогатого скота при обогащении рационов пробиотическим препаратом на основе спорообразующих бактерий / Р. В. Некрасов, М. Г. Чабаев, А. А. Зеленченкова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. — 2016. — № 7. — С. 19-23.
108. Николаев, С.И. Влияние кормовых добавок на молочность лактирующих животных / С.И. Николаев, А.М. Коханов, С.Ю. Агапов // Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий

производства и переработки с.-х. продукции: материалы Международной научно-практической конференции. - Волгоград, 2010. - С. 159-162.

109. Облучинская, Е. Д., Воскобойников, Г. М., Галынкин, В. А. Содержание альгиновой кислоты и фукоидана в фукусовых водорослях Баренцева моря // Прикладная биохимия и микробиология. 2002. Т. 38, №2. С. 213-216.

110. Облучинская, Е.Д. «Антиоксидативные комплексные экстракты из фукусовых водорослей Баренцева моря» Вестник МГТУ, ТОМ 21, №3 2018 стр. 395-401

111. Осовская, И. И. Морские водоросли. Применение в биотехнологии / И. И. Осовская, А. А. Приходько. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – 78 с.

112. Патент № 2812345 С1 Российская Федерация, МПК A23K 10/00. Кормовая добавка для оптимизации рубцового пищеварения и способ повышения молочной продуктивности коров: № 2023102048: заявл. 31.01.2023: опубл. 30.01.2024 / Ш. К. Шакиров, Г. Р. Юсупова, И. Т. Вафин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук", Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана".

113. Пауков, А. Г., Тептина, А. Ю., Кутлунина, Н. А. [и др.] Водоросли: Цианобактерии, красные, зеленые и харовые водоросли: учебно-методическое пособие /; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. – 204 с.

114. Пограновский, С. Н., Прусаков, А. В., Яшин, А. В. Динамика клинико-морфологических показателей крови под влиянием пробиотической кормовой

добавки "Биолатик" g-500 при бронхопневмонии телят // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии – 2024 - № 3(33). – с. 42-45.

115. Пономаренко, Ю. А. Корма, кормовые добавки и продукты питания: монография / Ю. А. Пономаренко; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. - Минск: Экоперспектива, 2010. 735 с.

116. Попков, Н. А. Корма и биологически активные вещества / Н. А. Попков, Ю. А. Пономаренко [и др.]. — Минск: Белорусская наука, 2005. — 882 с.

117. Профирьев, И. А. Обмен веществ и продуктивность. Нарушения обмена веществ у высокопродуктивных молочных коров при различных условиях содержания и кормления / И.А. Профирьев // Сельскохозяйственная биология. — 2001. — № 2. — С. 27-41.

118. Прусаков, А. В., Яшин, А. В. Пробиотики и биологически активные добавки в лечении новорожденных телят больных диспепсией: монография – СПб.: Культурно-Просветительское товарищество, 2023 – 52 с.

119. Рейвн, П., Эверт, Р., Айкхорн, С., Современная ботаника. - М.: Мир, 1990. - 348 с.

120. Ришко, О. А. Влияние применения пробиотических добавок на биохимический статус телят от рождения и до двух месяцев жизни / О. А. Ришко, А. В. Прусаков // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 24 января 2023 года. - Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. - С. 239-243.

121. Романов, В. Н. Повышение продуктивности крупного рогатого скота при использовании в рационах многокомпонентной кормовой добавки / В. Н.

Романов, Н. В. Боголюбова, В. А. Девяткин, С. В. Воробьев, Г. Ю. Лаптев // Молочное и мясное скотоводство. — 2015. — № 3. — С. 13-15.

122. Рыков, Р. А. Особенности ферментативных и микробиологических процессов в рубце овец при включении в рацион физиологически активных веществ // Вестник РГАТУ. 2020. №2 (46)

123. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учеб. Пособие / В. Г.Рядчиков. - Краснодар: КГАУ, 2013. - 616 с.

124. Рязанов, В. А., Левахин, Г. И., Дускаев, Г. К., Нуржанов, Б. С., Шейда, Е. В., Габидулин, В. М. Оценка воздействия стеариновой кислоты (C18:0) на количественный состав микробиома рубцовой жидкости молодняка крупного рогатого скота // Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 4.

125. Садыков, Н. Ф., Загидуллин, Л. Р., Юсупова, Г. Р. [и др.] / Использование пробиотической добавки «Профорт» на продуктивность и обмен веществ высокоудойных коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 255, № 3. – С. 280-283

126. Сафонов, В. А. Изменения биохимических показателей крови у высокопродуктивных коров во второй половине беременности и в послеродовой период / В. А. Сафонов, А. Г. Нежданов, М. И. Рецкий, В. И. Шушлебин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2008. — № 3. - С. 74-76.

127. Саханчук, А. И. Влияние фракционного состава клетчатки на переваримость кормов коровами в период сухостоя / А.И. Саханчук, А.А. Курепин // Животноводство и ветеринарная медицина. — 2012. — № 3 (6). — С. 5-9.

128. Сельцов, В. И., Молчанова, Н. В., Калиевская, Г. Ф. Формирование и реализация продуктивного потенциала коров // Зоотехния. 2008. № 3. С. 2-5.

129. Сепп, А. Л., Яшин, А. В., Прусаков, А. В. Влияние пробиотических энтерококков на активность пищеварительных ферментов кишечника

лабораторных животных // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии – 2024 - № 3(33). – с. 53-57

130. Сердюк, Г. Н. Способы улучшения воспроизводительных и адаптационных качеств голштинизированного крупного рогатого скота / Г. Н. Сердюк, А. Я. Батраков, К. В. Племяшов // Ветеринария. – 2022. – № 6. – С. 42-45. – DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.6.42-45.

131. Скопичев, В. Г., Шумилов, Б. В. Морфология и физиология животных. СПб: Издательство «Лань», 2005.

132. Смирнова, Л. В. Кормовые дрожжи в рационах молочных коров: монография / Л.В. Смирнова, М.В. Механикова, Е.Е. Хоштария. — Вологда — Молочное: ВГМСХА, 2014. — 104 с.

133. Смирнова, О. В., Кузьмина Т.А. Определение бактерицидной активности сыворотки крови и лимфы // Лаб. дело. - 1989. - № 7. - С.65-66

134. Собченко, В. А. Синезеленые водоросли. Желтозеленые водоросли. Бурые водоросли. Диатомовые водоросли: практическое руководство для студентов специальности 1 – 31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)» / В. А. Собченко, Ю. М. Бачура, О. М. Храмченкова. – Гомель: Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, 2013. – 48 с.

135. Солтан, И. А., Волков, А. Х., Юсупова, Г. Р., Герасимов, А. П. / Натуральные антиоксиданты и их влияние на качество и сроки хранения мясных продуктов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 253, № 1. – С. 251-254. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_253_251.

136. Столярова, Н. Ю., Власова, Т. А. Общая клиническая гематология животных: методические рекомендации. – М.: ВетИнформ, 2020. – 48 с.

137. Стрекозов, Н. И. Молочное скотоводство России / Н. И. Стрекозов, Х. А. Амерханов, Н. Г. Первов [и др.]. - 2-е изд. перераб. и доп. - Москва, 2013. -616 с.

138. Ткаченко, Т. Е. Связь биохимических показателей крови с молочной продуктивностью коров / Т. Е. Ткаченко // Зоотехния. — 2003. — № 7. — С. 1720.

139. Федулов, А. В., Прусаков, А. В., Яшин, А. В. Влияние пробиотической кормовой добавки "здоровяк теленок" на клинико-морфологические показатели крови телят при бронхопневмонии // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии – 2024. - №3 – с. 72-75.
140. Фенченко, Н. Г. Биологически активные вещества в питании животных: Научное издание / Н. Г. Фенченко. — Башкирский НИИСХ. - Уфа, 2003. - 200 с.
141. Холод, В. М., Ермолаев, Г. Ф. Определение иммуноглобулинов в сыворотке крови методом осаждения сульфата цинка//Справочник по ветеринарной биохимии. -Минск: Ураджай, 1988,- С. 86-87.
142. Чернышев, Н. И. Компоненты комбикормов / Н. И. Чернышев, И. Г. Панин. — 2-е издание. — Воронеж.: Изд. «Проспект», 2005. — 136 с.
143. Шавров, С. С. Эффективность применения пробиотика "Бифидум-СХЖ" при лечении диспепсии неспецифической этиологии у молодняка крупного рогатого скота / С. С. Шавров, А. В. Прусаков // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение: Брянск, 25-26 марта 2021 года. - Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. - С. 432-436.
144. Шавров, С. С., Прусаков, А. В., Яшин, А. В. Влияние сочетанного применения минеральной кормовой добавки "Кальволит" и пробиотической добавки "Биолактик g-500" на биохимические показатели крови телят при неспецифической диспепсии // Иппология и ветеринария – 2023. - №4 (50). – с. 279-287.
145. Ширин, А. Д., Власенко, Р. Я., Анисимова, Н. Ю., Киргизов, К. И., Валиев, Т. Т., Степанян, Н. Г., Алиев, Т. З., Морозевич, Г. Е., Одарюк, О. А., Филоненко, Д. В., Нифантьев, Н. Э., Новрузов. К. М., Чикилева, И. О., Киселевский, М. В. Стимуляторы гемопоэза в лечении и профилактике реакции «трансплантат против хозяина». Российский журнал детской гематологии и онкологии (РЖДГиО). 2022;9(4):64-74.

146. Шошина, Е. В. Фукусовые водоросли. Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты, КНЦ РАН, с. 174-187, 1998.
147. Юдин, М. Ф. Физиологическое состояние организма коров в разные сезоны года / М. Ф. Юдин // Ветеринария. — 2001. - № 2. - С. 38-56.
148. Ale, M. T., Meyer, A. S. Fucoidans from brown seaweeds: An update on structures, extraction techniques and use of enzymes as tools for structural elucidation. *RSC Adv.* 2013; 3:8131–8141. doi: 10.1039/C3RA23373A.
149. Ale, M. T., Mikkelsen, J. D., Meyer, A. S. Important determinants for fucoidan bioactivity: A critical review of structure-function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. *Mar. Drugs.* 2011; 9:2106–2130. doi: 10.3390/md9102106.
150. Amano, H., Kakinuma, M., Coury, D. A., Ohno, H., Hara, T. Effect of seaweed mixture on serum lipid level and platelet aggregation in rats. *Fish Sci.* 2005; 71:1160–1166
151. Anisimova, N. Y., Ustyuzhanina, N. E., Bilan, M. I., Donenko, F. V., Ushakova, N. A., Usov, A. I., Kiselevskiy, M. V., Nifantiev, N. E. Influence of Modified Fucoidan and Related Sulfated Oligosaccharides on Hematopoiesis in Cyclophosphamide-Induced Mice. *Mar. Drugs* 2018, 16, 333. <https://doi.org/10.3390/md16090333>
152. Athukorala, Y., Jung, W. K., Park, P. J., Lee, Y. J., Kim, S. K., Vasanthan, T., Jeon, Y. J. Evaluation of biomolecular interactions of sulfated polysaccharide isolated from *Gratelouzia filicina* on blood coagulation factors. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2008; 18:503–511.
153. Bauman, D. E., Griinari, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 2003; 23:203-27. doi: 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408. Epub 2003 Feb 26. PMID: 12626693.
154. Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'Mara, F., McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 48. 21-27

155. Bell, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci.* 1995 Sep; 73(9):2804-19. doi: 10.2527/1995.7392804x. PMID: 8582872.
156. Bendary, M. M., Bassiouni, M. I., Ali, M. F., Gaafar, H. M., Shamas, A. Sh. Effect of premix and seaweed additives on productive performance of lactating friesian cows. *Int Res J Agric Sci Soil Sci.* 2013; 3:174–181.
157. Bobade, M. D.; Anbatkar, S. V.; Khanvilker, A. V.; Pendse, M. D. Effect of feeding seaweed extract on production and composition of milk in crossbred cows. *Indian J. Anim. Prod. Manag.* 1998, 14, 189–190.
158. Brobst, D. Review of the pathophysiology of alterations in potassium homeostasis //Journal of the American Veterinary Medical Association. – 1986. – T. 188. – №. 9. – C. 1019-1025.
159. Connan, S., Delisle, F., Deslandes, E. and Ar Gall, E. Intra-thallus phlorotannin content and antioxidant activity in Phaeophyceae of temperate waters. *Botanica Marina*, vol. 49, no. 1, 2006, pp. 39-46.
160. Cumashi, A., Ushakova, N. A., Preobrazhenskaya, M. E., D'Incecco, A., et al, Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Bio-Oncologia, Italy. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. *Glycobiology.* 2007 May;17(5):541-52. doi: 10.1093/glycob/cwm014. Epub 2007 Feb 12. PMID: 17296677.
161. Dürig, J., Bruhn, T., Zurborn, K. H., Guttensohn, K., Bruhn, H. D., Béress, L. Anticoagulant fucoidan fractions from fucus vesiculosus induce platelet activation in vitro. *Thromb. Res.* 1997; 85:479–491. doi: 10.1016/S0049-3848(97)00037-6.
162. Dymind Biotechnology Co., Ltd. Инструкция по эксплуатации: DF50 Vet – автоматический гематологический ветеринарный анализатор. – Shenzhen, China: Dymind, 2022. – 65 с.
163. Evans, F. D.; Critchley, A. T. Seaweeds for animal production use. *J. Appl. Phycol.* 2014, 26, 891–899.

164. Fitton, J. H.; Stringer, D. N.; Karpiniec, S. S. Therapies from Fucoidan: An Update. *Mar. Drugs* 2015, 13, 5920-5946. <https://doi.org/10.3390/md13095920>
165. Fitton, J. H., Stringer, D. N., Park, A. Y., Karpiniec, S. S. Therapies from fucoidan: New developments. *Mar. Drugs.* 2019; 17:571. doi: 10.3390/md17100571
166. Forsyth, J. S., Ross, P. E., Bouchier, I. A. Bile salts in breast milk. *Eur J Pediatr.* 1983 Apr; 140(2):126-7. doi: 10.1007/BF00441660
167. Goff, J. P. (2018). "Calcium and Magnesium Disorders". *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 34(2), 359-381.
168. Guo, H., Li, J., Wang, Y., Cao, X., Lv, X., Yang, Z., Chen, Z. Progress in Research on Key Factors Regulating Lactation Initiation in the Mammary Glands of Dairy Cows. *Genes (Basel)*. 2023 May 26;14(6):1163. doi: 10.3390/genes14061163
169. Harinder, P. S., Makkar, Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., Ankars, P., Seaweeds for livestock diets: A review, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 212, 2016, Pages 1-17, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.018>
170. He, J., Xu, Y., Chen, H., Sun, P. Extraction, structural characterization, and potential antioxidant activity of the polysaccharides from four seaweeds. *Int. J. Mol. Sci.* 2016; 17:1988. doi: 10.3390/ijms17121988
171. Irhimeh, M. R., Fitton, J. H., Lowenthal, R. M. Pilot clinical study to evaluate the anticoagulant activity of fucoidan. *Blood Coagul. Fibrinolysis.* 2009; 20:607–610. doi: 10.1097/MBC.0b013e32833135fe
172. i-SENS Inc. Инструкция по эксплуатации: анализатор электролитов i-Smart Vet. – Сеул, Республика Корея: i-SENS Inc., 2022. – 25 с.
173. Ismail, A., Ktari, L., Ben Redjem Romdhane, Y., Aoun, B., Sadok, S., Boudabous, A., El Bour, M. Antimicrobial fatty acids from green alga *Ulva rigida* (Chlorophyta). *BioMed. Res. Int.* 2018, 2018, 3069595.
174. James, K. Drackley, Thomas R. Overton, Douglas, G. N., Adaptations of Glucose and Long-Chain Fatty Acid Metabolism in Liver of Dairy Cows during the Periparturient Period, *Journal of Dairy Science*, Volume 84, Supplement, 2001, Pages E100-E112, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70204-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70204-4).

175. Jayawardena, T. U., Fernando, I. P., Lee, W. W., Sanjeeva, K. K., Kim. H. S., Lee, D. S., Jeon, Y. J. Isolation and purification of fucoidan fraction in *Turbinaria ornata* from the Maldives; Inflammation inhibitory potential under LPS stimulated conditions in in-vitro and in-vivo models. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019; 131:614–623. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.105.
176. Jin, W., Zhang, W., Wang, J., et al. (2014). "A study of the neuroprotective and motor-function effects of fucoidan from *Undaria pinnatifida* in Parkinson's disease models". *Marine Drugs*, 12(6), 3410-3430.
177. Jönsson. M., Allahgholi, L., Sardari, R. R., Hreggviðsson, G. O., Nordberg Karlsson, E. Extraction and modification of macroalgal polysaccharides for current and next-generation applications. *Molecules*. 2020; 25:930. doi: 10.3390/molecules25040930.
178. Kadam, S. U., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P. Extraction, structure and biofunctional activities of laminarin from brown algae. *International Journal of Food Science & Technology*, 2015, 50(1), 24-31.
179. Khan, A. K.; Kausar, H.; Jaferi, S. S.; Drouet, S.; Hano, C.; Abbasi, B. H.; Anjum, S. An Insight into the Algal Evolution and Genomics. *Biomolecules* 2020, 10, 1524
180. Koh, H. S., Lu, J., Zhou, W. Structure characterization and antioxidant activity of fucoidan isolated from *Undaria pinnatifida* grown in New Zealand. *Carbohydr. Polym.* 2019; 212:178–185. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.02.040.
181. Lahrsen, E., Schoenfeld, A. K., Alban, S. Size-dependent pharmacological activities of differently degraded fucoidan fractions from *Fucus vesiculosus*. *Carbohydr. Polym.* 2018; 189:162–168. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.02.035.
182. Lamy, E.; van Harten, S.; Sales-Baptista, E.; Guerra, M. M.; de Almeida, A. M. Factors Influencing Livestock Productivity. In *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production*; Sejian, V., Naqvi, S., Ezeji, T., Lakritz, J., Lal, R., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 19–51.

183. Lee, K. Y., Jeong, M. R., Choi, S. M., Na, S. S., Cha, J. D. Synergistic effect of fucoidan with antibiotics against oral pathogenic bacteria. *Arch Oral Biol.* 2013 May; 58(5):482-92. doi: 10.1016/j.archoralbio.2012.11.002.
184. Lee, S. H., Ko, C. I., Jee, Y., Jeong, Y., Kim, M., Kim, J. S., Jeon, Y. J. Anti-inflammatory effect of fucoidan extracted from *Ecklonia cava* in zebrafish model. *Carbohydr Polym.* 2013 Jan 30;92(1):84-9. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.09.066. Epub 2012 Oct 2. PMID: 23218269.
185. Lim, J. D., Lee, S. R., Kim, T., Jang, S. A., Kang, S. C., Koo, H. J., Sohn, E., Bak, J. P., Namkoong, S., Kim, H. K., et al. Fucoidan from *Fucus vesiculosus* protects against alcohol-induced liver damage by modulating inflammatory mediators in mice and HepG2 cells. *Mar. Drugs.* 2015; 13:1051–1067. doi: 10.3390/md13021051.
186. Lim, S. J., Aida, W. M., Maskat. M. T., Mamot, S., Ropien, J., Mohd, D. M. Isolation and antioxidant capacity of fucoidan from selected Malaysian seaweeds. *Food Hydrocoll.* 2014; 42:280–288. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.03.007.
187. Mak, W., Hamid, N., Liu, T., Lu, J., White, W. L. Fucoidan from New Zealand *Undaria pinnatifida*: Monthly variations and determination of antioxidant activities. *Carbohydr. Polym.* 2013; 95:606–614. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.02.047.
188. Mayer, A. M., Guerrero, A. J., Rodríguez, A. D., Taglialatela-Scafati, O., Nakamura, F., Fusetani, N. Marine pharmacology in 2014–2015: Marine compounds with antibacterial, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antiprotozoal, antituberculosis, antiviral, and anthelmintic activities; affecting the immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Mar. Drugs.* 2020; 18:5. doi: 10.3390/md18010005.
189. Mepham, T. B. *Biochemistry of Lactation*. Amsterdam: Elsevier, 1983.
190. Na, S. W., Guan, L. L. Understanding the role of rumen epithelial host-microbe interactions in cattle feed efficiency. *Anim Nutr.* 2022 Apr. doi: 10.1016/j.aninu.2022.04.002. PMID: 35647325; PMCID: PMC9117530.
191. Park, H. Y., Han, M. H., Park, C., Jin, C. Y., Kim, G. Y., Choi, I. W., Kim, N. D., Nam, T. J., Kwon, T. K., Choi, Y. H. Anti-inflammatory effects of fucoidan

through inhibition of NF-κB, MAPK and Akt activation in lipopolysaccharide-induced BV2 microglia cells. *Food Chem. Toxicol.* 2011; 49:1745–1752. doi: 10.1016/j.fct.2011.04.020.

192. Parys, S., Kehraus, S., Krick, A., Glombitza, K. W., Carmeli, S., Klimo, K., Gerhauser, C., Konig, G. M. In vitro chemopreventive potential of fucophlorethols from the brown alga *Fucus vesiculosus* L. by anti-oxidant activity and inhibition of selected cytochrome P450 enzymes. *Phytochemistry.* 2010; 71:221–229. doi: 10.1016/j.phytochem.2009.10.020.

193. Phull, A. R., Kim, S. J. Fucoidan as bio-functional molecule: Insights into the antiinflammatory potential and associated molecular mechanisms. *J. Funct. Foods.* 2017; 38:415–426. doi: 10.1016/j.jff.2017.09.051.

194. Rajabian, F., Mohri, M., Heidarpour, M. Relationships between oxidative stress, haematology and iron profile in anaemic and non-anaemic calves. *Vet Rec.* 2017 Sep 9; 181(10):265. doi: 10.1136/vr.104179. Epub 2017 Aug 3. PMID: 28774940.

195. Rodriguez-Jasso, R., Mussatto, S., Pastrana, L., Aguilar, C., Teixeira, J. Chemical composition and antioxidant activity of sulphated polysaccharides extracted from *Fucus vesiculosus* using different hydrothermal processes. *Chem. Pap.* 2014; 68:203–209. doi: 10.2478/s11696-013-0430-9.

196. Roque, B. M. et al. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent //Journal of Cleaner Production. – 2019. – T. 234. – C. 132-138.

197. Sanjeewa, K. K., Fernando, I. P., Kim, E. A., Ahn, G., Jee, Y., Jeon, Y. J. Anti-inflammatory activity of a sulfated polysaccharide isolated from an enzymatic digest of brown seaweed *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. *Nutr. Res. Pract.* 2017; 11:3–10. doi: 10.4162/nrp.2017.11.1.3.

198. Schley, P. D., Field, C. J. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. *Br J Nutr.* 2002 May; 87 Suppl 2: S221-30. doi: 10.1079/BJNBJN/2002541. PMID: 12088522.

199. Schmidt, G. H. (Glen Henry). *Biology of Lactation*. San Francisco: W. H. Freeman, 1971

200. Selim, H. M., Negm, W. A., Hawwal, M. F., Hussein, I. A., Elekhnawy, E., Ulber, R., Zayed, A. Fucoidan mitigates gastric ulcer injury through managing inflammation, oxidative stress, and NLRP3-mediated pyroptosis. *Int Immunopharmacol.* 2023 Jul; 120:110335. doi: 10.1016/j.intimp.2023.110335. Epub 2023 May 16. PMID: 37201406.
201. Senel. S., McClure, S. J. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. *Adv Drug Deliv Rev.* 2004 Jun 23; 56(10):1467-80. doi: 10.1016/j.addr.2004.02.007
202. Spears, J. W., Weiss, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J.* 2008 Apr; 176(1):70-6. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.015. Epub 2008 Mar 5. PMID: 18325801.
203. Stefenoni, H. A. et al. Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 104, Issue 4, 4157 - 4173
204. Thanh, T. T., Tran, V. T., Yuguchi, Y., Bui, L. M., Nguyen, T. T. Structure of fucoidan from brown seaweed *Turbinaria ornata* as studied by electrospray ionization mass spectrometry (ESIMS) and small angle X-ray scattering (SAXS) techniques. *Mar. Drugs.* 2013; 11:2431–2443. doi: 10.3390/md11072431.
205. Thomas, J. W., Moore, L. A. Thyroprotein feeding to dairy cows during successive lactations. – 1953.
206. Trefz, F. M., Constable, P. D., Sauter-Louis, C., Lorch, A., Knubben-Schweizer, G., Lorenz, I. Hyperkalemia in neonatal diarrheic calves depends on the degree of dehydration and the cause of the metabolic acidosis but does not require the presence of acidemia, *Journal of Dairy Science*, Volume 96, Issue 11, 2013, Pages 7234-7244
207. Tucker, H. A. Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. *J Dairy Sci.* 1981 Jun; 64(6):1403-21. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(81)82711-7
208. Van Nevel, C. J., Demeyer, D. I. Control of rumen methanogenesis. *Environ Monit Assess.* 1996 Sep; 42(1-2):73-97. doi: 10.1007/BF00394043

209. Van Vliet, S., Provenza, F. D., Kronberg, S. L. Health-promoting phytonutrients are higher in grass-fed meat and milk.
210. Wang, J., Zhang, Q., Zhang, Z., Li, Z. Antioxidant activity of sulfated polysaccharide fractions extracted from *Laminaria japonica*. *Int. J. Biol. Macromol.* 2008; 42:127–132. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2007.10.003.
211. Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E., Brawley, S. H. Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.* 2017, 29, 949–982.
212. Yang, X. D., Liu, C. G., Tian, Y. J., Gao, D. H., Li, W. S., Ma, H. L. Inhibitory effect of fucoidan on hypoglycemia in diabetes mellitus anim. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2017; 10:8529–8534.
213. Zayed, A., Muffler, K., Hahn, T., Rupp, S., Finkelmeier, D., Burger-Kentischer, A., Ulber, R. Physicochemical and biological characterization of fucoidan from *Fucus vesiculosus* purified by dye affinity chromatography. *Mar. Drugs.* 2016; 14:79. doi: 10.3390/md14040079.
214. Zhang, Y. J., Gan, R. Y., Li, S., Zhou, Y., Li, A. N., Xu, D. P., Li, H. B. Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. *Molecules.* 2015; 20:21138–21156. doi: 10.3390/molecules201219753.
215. Zhao, X., Guo, F., Hu, J., Zhang, L., Xue, C., Zhang, Z., Li, B. Antithrombotic activity of oral administered low molecular weight fucoidan from *Laminaria japonica*. *Thromb. Res.* 2016; 144:46–52. doi: 10.1016/j.thromres.2016.03.008.

СПИСОК ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

Список таблиц, использованных в диссертационной работе

№	Название таблицы	Стр.
1	Влияние кормовой добавки на показатели минерального обмена	64
2	Влияние кормовой добавки на показатели белково-азотистого обмена	65
3	Влияние кормовой добавки на показатели активности ферментов	66
4	Влияние кормовой добавки на показатели жирового и углеводного обмена	67
5	Влияние кормовой добавки на показатели эритроцитов и эритроцитарных индексов	68
6	Влияние кормовой добавки на показатели лейкоцитов и тромбоцитов	70
7	Влияние кормовой добавки на показатели подсчета лейкограммы и лейкоцитарных индексов	72
8	Влияние кормовой добавки на показатели неспецифического иммунитета	74
9	Влияние кормовой добавки на показатели специфического иммунитета	75
10	Влияние кормовой добавки на показатели продуктивности и некоторые параметры молока	77

Перечень рисунков, использованных в диссертационной работе

№	Название рисунка	Стр.
1	Пример рациона, используемого в хозяйстве	48
2	Образец исследуемой добавки	51
3	Животные из стада, участвующего в проведении исследования	52
4	Доставленные в лабораторию образцы крови для проведения гематологического и биохимического исследования	53
5	Преаналитический этап исследования крови	54
6	Реакционная карусель биохимического анализатора Genrui GS100 VET	55

7	Проведение электролитного анализа на автоматическом анализаторе i-Smart-30 VET	56
8	Пример бланка клинического анализа крови с анализатора 5-DIFF от компании Dymind	58
9	Образец микроскопии окрашенного мазка крови животного опытной группы	59
10	Проведение клинического анализа крови на гематологическом ветеринарном 5-DIFF анализаторе DF50 Vet от компании Dymind	60
11	Анализатор качества молока “Лактан 1-4 М”	62
12	Диаграмма динамики уровня кальция в течение опыта	82
13	Диаграмма динамики уровня калия в течение опыта	83
14	Диаграмма динамики уровня общего белка в течение опыта	85
15	Диаграмма динамики уровня альбумина в течение опыта	85
16	Диаграмма динамики уровня креатинина в течение опыта	86
17	Диаграмма динамики уровня АСТ в течение опыта	87
18	Диаграмма динамики уровня ЩФ в течение опыта	88
19	Диаграмма динамики уровня глюкозы в течение опыта	89
20	Диаграмма динамики уровня эритроцитов в течение опыта	91
21	Диаграмма динамики уровня гематокрита в течение опыта	91
22	Диаграмма динамики уровня гемоглобина в течение опыта	92
23	Диаграмма динамики уровня лейкоцитов в течение опыта	93
24	Диаграмма динамики уровня моноцитов в течение опыта	94
25	Диаграмма динамики уровня лимфоцитов в течение опыта	94
26	Диаграмма динамики уровня индекса иммунореактивности в течение опыта	96
27	Диаграмма динамики уровня БАСК в течение опыта	97
28	Диаграмма динамики уровня лизоцимной активности в течение опыта	98

29	Диаграмма динамики уровня фагоцитарной активности в течение опыта	98
30	Диаграмма динамики уровня фагоцитарного числа в течение опыта	99
31	Диаграмма динамики уровня фагоцитарного индекса в течение опыта	99
32	Диаграмма динамики уровня IgG1 в течение опыта	101
33	Диаграмма динамики уровня ЦИК в течение опыта	102
34	Диаграмма динамики уровня надоя в течение опыта	105
35	Диаграмма динамики уровня жира молока в течение опыта	106
36	Диаграмма динамики уровня соматических клеток в течение опыта	106
37	Диаграмма динамики уровня мочевины в молоке в течение опыта	107

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

404784/1



ФБУ «ТЕСТ-С. ПЕТЕРБУРГ»
 Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ**

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»
 (ФБУ «Тест-С. Петербург»)

Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сырья и материалов

(Уникальный номер записи в реестре РОСС RU.0001.21ПН87)

190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д.1
 тел.: +7 (812) 244-12-51, +7 (812) 244-12-50, моб. тел.: +7 (821) 942-12-11
 e-mail: info.all@rustest.spb.ru, http://www.rustest.spb.ru

Адреса мест осуществления деятельности испытательной лаборатории пищевых продуктов, сырья и материалов:
 (1) 190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1, литера А
 (2) 190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1, литера С
 (3) 198095, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 21, литера А, пом. 83-Н, 84-Н, 93-Н, 145-Н, 166-Н



УТВЕРЖДАЮ

Начальник испытательной лаборатории

Е.Л. Полиектова

05.07.2022

Стр.1 из 2

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ № 925544 ОТ 05.07.2022

Заказчик:

ООО "ТДМ", Юридический и фактический адрес: 186430, Карелия респ, р-н Сегежский, пгт Надвоицы, ул. Заводская, дом 1, ИНН: 1006027353

Объект испытаний:

Водоросли морские сушеные: фукус дробленый

Код образца:

404784/1

Описание:

на испытания представлен образец

Упаковка:

полимерная упаковка, масса нетто 500 г

Количество:

1 упаковка

Изготовитель:

Общество с ограниченной ответственностью «ТДМ», 186430, Республика Карелия, Сегежский р-он, пгт. Надвоицы, ул. Заводская, дом 1

Страна:

РОССИЯ

Дата изготовления:

10.06.2022

Основание для проведения

Заявка № 404784

испытаний:

образец предоставлен Заказчиком

Образец сдан на соответствие: ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"; ТР ЕАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной продукции"

Условия проведения испытаний: В соответствии с требованиями НД

Дата/время поступления образца:

27.06.2022 10:58

Даты проведения испытаний:

27.06.2022 - 05.07.2022

Результаты испытаний

Наименование показателей	Ед. изм.	Нормативные документы на методики (методы) испытаний*	Значения, допустимые по нормативным документам	Результаты испытаний
Мышьяк	мг/кг	ГОСТ 31707-2012 (ЕН 14627-2005)	не более 5,0	0,17±0,06
Кадмий	мг/кг	ГОСТ EN 14084-2014	не более 1,0	0,036±0,011
Ртуть	мг/кг	ГОСТ Р 53183-2008 (ЕН 13806-2002)	не более 0,1	менее 0,01
Свинец	мг/кг	ГОСТ EN 14084-2014	не более 0,5	менее 0,2

Примечание:

- Настоящий документ не может быть частично или полностью скопирован или перепечатан без разрешения Испытательной лаборатории пищевых продуктов, сыров и материалов;
- Результаты относятся только к образцам, прошедшим испытания;
- Перечень используемого испытательного оборудования, средств измерений и вспомогательного оборудования определяется документами по оснащенности Испытательной лаборатории. Предоставляется в виде приложения к протоколу лабораторных испытаний по требованию;
- Если проба отбрана Заказчиком, за правильность отбора и за сведения по процедуре отбора Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сыров и материалов ответственности не несет;
- Информация, предоставленная Заказчиком указана в строках: наименование образца испытаний; описание; упаковка; изготовитель; страна; дата изготовления; сведения об отборе образец образец сдан на соответствие.

* Наименование нормативных документов на методики (методы) испытаний:

- ГОСТ 31707-2012 (ЕН 14627-2005) "Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и свинца методом атомно-абсорбционной спектрометрии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением"
- ГОСТ EN 14084-2014 "Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди и железа с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии после микроволнового разложения"
- ГОСТ Р 53183-2008 (ЕН 13806-2002) "Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектрометрии холодного паро с предварительной минерализацией пробы под давлением"

Перечень используемого оборудования и средств измерения:

Нормативные документы на методики (методы) испытаний	Наименование оборудования/средств измерения
ГОСТ 31707-2012 (ЕН 14627-2005)	Спектрофотометр атомно-абсорбционный АА-6300 (ПО: WinAArd версия 4.00)
ГОСТ Р 53183-2008 (ЕН 13806-2002)	Аналитатор ртути "Юни-Би" модификация 3 (ПО: GAUSS 8.0)
ГОСТ EN 14084-2014	Спектрофотометр атомно-абсорбционный АА-7000 (ПО: WinAArd версия 5.22)

Ответственный за формирование протокола: В.А. Максимчук

В.А. Максимчук

Протокол составлен в 1 экземпляре

- Конец протокола -

405856/1



ФБУ «ТЕСТ-С.-ПЕТЕРБУРГ»
Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»



ОСНОВАН В 1900 Г.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ**

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области» (ОБУ «Тест-С.-Петербург»)

Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сырья и материалов

(Уникальный номер записи в реестре РОСС RU.0001.21ПН87)

190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д.1

тел.: +7 (812) 244-12-51, +7 (812) 244-12-50, моб. тел.: +7 (921) 642-12-11

е-mail: info.all@rustest.spb.ru, <http://www.rustest.spb.ru>

Адреса мест осуществления деятельности испытательной лаборатории пищевых продуктов, сырья и материалов:

(1) 190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1, литера А

(2) 190103, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1, литера С

(3) 198095, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 21, литера А, пом. 83-Н, 84-Н, 93-Н, 145-Н, 166-Н



УТВЕРЖДАЮ

Начальник испытательной лаборатории

Е.Л. Пониктова

26.07.2022

Стр.1 из 2

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ № 928669 ОТ 26.07.2022

Заказчик: ООО "ТДМ", Юридический и фактический адрес: 186430, Карелия респ, р-н Сегежский, пт Надвоицы, ул. Заводская, дом 1, ИНН: 1006027353

Объект испытаний:	Водоросли морские сушеные: фукус дробленый
Код образца:	405856/1
Описание:	на испытания представлен образец
Упаковка:	полимерная упаковка, масса нетто 500 г
Количество:	1 упаковка
Изготовитель:	Общество с ограниченной ответственностью «ТДМ», 186430, Республика Карелия, Сегежский р-он, пт. Надвоицы, ул. Заводская, дом РОССИЯ
Страна:	
Дата изготовления:	07.07.2022
Основание для проведения испытаний:	Заявка № 405856
Сведения об отборе образца:	образец предоставлен Заказчиком
Образец сдан на соответствие:	ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"; ТР ЕАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной продукции"
Условия проведения испытаний:	В соответствии с требованиями НД
Дата/время поступления образца:	18.07.2022 13:49
Даты проведения испытаний:	18.07.2022 - 26.07.2022

Результаты испытаний

Наименование показателей	Ед. изм.	Нормативные документы на методики (методы) испытаний*	Значения, допустимые по нормативным документам	Результаты испытаний
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФанМ)	KOE/г	ГОСТ 10444.15-94	не более $5 \cdot 10^4$ KOE/г	менее $1,0 \cdot 10^1$
Плесени	KOE/г	ГОСТ 10444.12-2013	не более 100 KOE/г	менее $1,0 \cdot 10^1$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	-	ГОСТ 31747-2012	в 1 г продукта не допускаются	в 1 г продукта не обнаружены

Примечание:

1. Настоящий документ не может быть частично или полностью скопирован или перепечатан без разрешения Испытательной лаборатории пищевых продуктов, сырья и материалов;
2. Результаты относятся только к образцам, приведшим испытания;
3. Перечень используемого испытательного оборудования, средств измерений и вспомогательного оборудования определен документами по оснащенности Испытательной лаборатории. Представляется в виде приложения к протоколу лабораторных испытаний по требованию;
4. Если проба отобрана Заказчиком, за правильность отбора и за сведения по процедуре отбора Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сырья и материалов ответственности не несет;
5. Информация предоставленная Заказчиком указана в строках: наименование образца испытаний; описание; упаковка; изготовитель; страна; дата изготовления; сведения об отборе образца; образец сдан на соответствие.

* Напоминания нормативных документов на методики (методы) испытаний:

1. ГОСТ 10444.12-2013 "Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов"
2. ГОСТ 10444.15-94 "Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов"
3. ГОСТ 31747-2012 "Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформные бактерии)"

Ответственный за формирование протокола:  Н.О. Чистик

Протокол составлен в 1 экземпляре

- Конец протокола -

Приложение В

Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному
надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ»
(ФГБУ «ВНИИЗЖ»)

600901, РОССИЯ, Владимирская область, г. Владимир,

микрорайон Юрьевец

т.:(4922) 26-06-14, т./ф.: (4922) 26-38-77

e-mail: atrah@fsvps.gov.ru

сайт: www.atrah.ru

СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
(С-ЗИЛ ФГБУ "ВНИИЗЖ")

196158, г.Санкт-Петербург, Московское шоссе, д.15, лит.А

тел. +7 (812) 630-20-69

e-mail: general@vetlab.spb.ru

сайт: <http://www.vetlab.spb.ru>

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя
Северо-Западной испытательной
лаборатории

 B.V. Цубанова
(подпись)

Дата 03.05.2023



Протокол испытаний № 23.43653СП6В от 03.05.2023

Наименование образца испытаний: Корма растительного происхождения \ Прочие растительные корма, Водоросли
нормативный документ по которому произведен продукт: ТУ 10.91.10-008-33799254-2021
заказчик: ООО "Фонд развития шунгитовых технологий", ИНН 1001308400, 185005, Российская Федерация,
Республика Карелия, г. Петрозаводск, Гюльштаг наб., д. 11, пом. 6-Н
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
место отбора проб: Российская Федерация, Республика Карелия, Сегежский район, пгт. Надвоицы, ул. Заводская д.
1, ООО "Надвоицкий завод ТДМ"
акт отбора проб: № 03/2023 от 31.03.2023 г.
дата и время отбора проб: 23.03.2023
отбор проб произведен: директор ООО "Надвоицкий завод ТДМ" Захаров В.В.
масса партии: 5000 килограмм
производство: Российская Федерация, Республика Карелия, Сегежский район, пгт. Надвоицы, ул. Заводская д. 1,
ООО "Надвоицкий завод ТДМ"
дата изготовления: 23.03.2023
срок годности: 12 месяцев
сопроводительный документ: заявка на испытания от 14.04.2023 № 14/2/04/23
количество проб: 1 проба
дата поступления: 19.04.2023
даты проведения испытаний: 19.04.2023 - 03.05.2023
фактический адрес места осуществления деятельности: 196600, Санкт-Петербург, город Пушкин, Софийский
бульвар, д.4а, литера А
на соответствие требованиям: Для определения фактических показателей
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)	Вариатив.	НД на метод испытаний
ВЗЛ. Радионуклиды						

1	Удельная активность стронция-90	Бк/кг	менее 29,2	-	-	МВИ № 126/10-01.006.03-2008-2011 - методика измерения удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции промышленных предприятий с применением спектрометра гамма- и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК». Свидетельство об аттестации № 126/210-01.00250-2008-2011 от 03.05.2011.Номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений РОССТАНДАРТа ФР.1.38.2011.10233
2	Удельная активность цезия-137	Бк/кг	менее 13,7	-	-	МВИ № 126/10-01.00250-2008-2011 - Методика измерения удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции промышленных предприятий с применением спектрометра гамма- и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК». Свидетельство об аттестации № 126/210-01.00250-2008-2011 от 03.05.2011.Номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений РОССТАНДАРТа ФР.1.38.2011.10233

Примечание: Настоящий протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника С-ЗИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком. Северо-Западная испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдаены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Заказчик ознакомлен и согласен с применимыми методами испытаний.

Результаты испытаний относятся только к образцу (образцам), прошедшим испытания.

С-ЗИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ» не несет ответственности за применение данного протокола испытаний для целей подтверждения соответствия.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2 : 1 экз. – для заказчика, 1 экз.- для испытательной лаборатории.

03.05.2023

Ответственный за оформление протокола: Романовская А.В.

Конец протокола испытаний.

Приложение Г



ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ
ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ

Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НАДВОИЦКИЙ ЗАВОД ТДМ", Место нахождения: 186430, РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, СЕГЕЖСКИЙ РАЙОН, ПОСЕЛОК ГОРОДСКОГО ТИПА НАДВОИЦЫ, УЛИЦА ЗАВОДСКАЯ, ДОМ 1. Адрес места осуществления деятельности: 186430, РОССИЯ, Респ Карелия, Сегежский р-н, пгт Надвоицы, ул Заводская, дом 1, ОГРН: 1181001009595, Номер телефона: +7 8142592501, Адрес электронной почты: info@rbk.karelia.ru

В лице: ДИРЕКТОР ЗАХАРОВ ВАСИЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

заявляет, что Водоросли морские сушеные: фукус дробленый, фукус молотый. Водоросли морские сушеные: фукус дробленый, фукус молотый, описание продукции: Условия и сроки хранения продукции указываются на маркировке и товаро-сопроводительных документах

Изготовитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НАДВОИЦКИЙ ЗАВОД ТДМ", Место нахождения: 186430, РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, СЕГЕЖСКИЙ РАЙОН, ПОСЕЛОК ГОРОДСКОГО ТИПА НАДВОИЦЫ, УЛИЦА ЗАВОДСКАЯ, ДОМ 1. Адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: 186430, РОССИЯ, Респ Карелия, Сегежский р-н, пгт Надвоицы, ул Заводская, дом 1

Документ, в соответствии с которым изготовлена продукция: ТУ, номер ТУ 10.91.10-008-33799254-2021 "Водоросли фукус дробленый молотый" от 16.01.2021

Коды ТН ВЭД ЕАЭС: 1212290000

Серийный выпуск.

Соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции, ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки

Декларация о соответствии принята на основании протокола 925545 выдан 05.07.2022 испытательной лабораторией "Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сырья и материалов ФБУ "Тест-С-Петербург"" РОСС RU.0001.21ПН87; 928870 выдан 26.07.2022 испытательной лабораторией "Испытательная лаборатория пищевых продуктов, сырья и материалов ФБУ "Тест-С-Петербург"" РОСС RU.0001.21ПН87. Схема декларирования: Зд;

Дополнительная информация

Декларация о соответствии действительна с даты регистрации по 06.09.2027 включительно



М.П.

ЗАХАРОВ ВАСИЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

(Ф. И. О. заявителя)

(подпись)

Регистрационный номер декларации о соответствии: ЕАЭС N RU Д-RU.РA06 B 25889/22
Дата регистрации декларации о соответствии: 07.09.2022

Приложение Д

«Утверждаю»
 Проректор по научно-исследовательской
 работе и международным связям
 ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА имени В. Р. Филиппова
 доцент О. А. Алтаева
 «_ _» 2025 г.

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Данные информационного письма о диссертационной работе Мудрука Семена Сергеевича на тему: «Влияние кормовой добавки из фукусовых водорослей белого моря на некоторые физиолого-биохимические показатели и продуктивность коров» рассмотрены на заседании кафедры терапии, клинической диагностики, акушерства и биотехнологии (протокол № 8 от 18 марта 2025 г.) в результате обсуждения данные информационного письма приняты к сведению и использованию их в учебном процессе, а также в научно-исследовательской работе, в качестве справочного материала при проведении НИР.

24.03.2025

Заведующая кафедрой терапии, клинической
 диагностики, акушерства и биотехнологии
 факультета ветеринарной медицины
 ФГБОУ ВО БГСХА имени В. Р. Филиппова
 д.в.н, профессор



Н. В. Мантатова

670010, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Бурятская
 государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова»
 Телефон: 8 (3012) 44-26-11
 Факс: 8 (3012) 44-21-33
 E-mail: bgsha@bgsha.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО Костромская ГСХА,

доктор технических наук, профессор

М.С. Волхонов



2025 г

Акт внедрения

Результаты научных исследований Мудрука Семена Сергеевича на тему: «Влияние кормовой добавки из фукусовых водорослей белого моря на некоторые физиолого-биохимические показатели и продуктивность коров» используются в учебном и научном процессе кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства факультета ветеринарной медицины и зоотехнии ФГБОУ ВО Костромская ГСХА.

Материалы рассмотрены на заседании кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства протокол № 6 от 03 апреля 2025 г.

Наименование организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

Почтовый адрес

*156530 Костромская область, Костромской район, п. Караваево, Учебный городок, дом 34, Телефон: 8(4942) 46-65-29, добавочный 20-00; факс: 8(4942) 65-75-99, E-mail: sv44kostroma@yandex.ru
Web-сайт: <https://www.kgssha.ru>*

Зав. кафедрой внутренних незаразных
болезней, хирургии и акушерства,
кандидат ветеринарных наук, доцент

В.В. Решетняк



УТВЕРЖДАЮ
Директор
СПК "Поляны" Ленинградской области

Рамазанов Магомед Муратханович

30.09.
2023 года

АКТ

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе ветеринарного врача СПК "Поляны" Кулешовой Татьяны Васильевны, технического специалиста компании ООО «Надвоицкий завод ТДМ», кандидата ветеринарных наук Климова Александра Анатольевича и аспиранта кафедры биохимии и физиологии Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины Мудрука С.С. настоящим актом подтверждаем, что в период с февраля 2023 по июль 2023 года в СПК "Поляны" в рамках диссертационной работы аспиранта Мудрука С.С. на тему "Влияние кормовой добавки из фукусовых водорослей Белого моря на некоторые физиологические показатели и продуктивность коров", были проведены исследования о влиянии кормовой добавки на основе шунгита и концентрата водорослей "СОРБОЛА ВИТА" и "СОРБОЛА" на биохимические и морфологические показатели крови, продуктивность и качество молока коров, а также проводился расчет экономической эффективности от внедрения кормовой добавки в рацион коров хозяйства.

Ветеринарный врач СПК

 Кулешова Т.В.

Технический специалист компании, к.в.н

 Климов А.А.

Аспирант

 Мудрук С.С.