

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

На правах рукописи

Степанов Глеб Германович

**Биологические особенности и продуктивность пчелиных семей
карпатской породы при содержании на сотах, отстроенных из
воска, очищенного разными способами**

Специальность: 4.2.4 – частная зоотехния, кормление, технологии пригото-
вления кормов и производства продукции животноводства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
Маннапов Альфир Габдуллович,
доктор биологических наук, профессор

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
1.1. Гнездовые постройки, значение вошины и воска в жизнедеятельности пчелиной семьи	16
1.2. Геометрия ячейки: от архитектуры сота к биологии развития, строительству сотов, качеству воска и восковой обеспеченности семьи	23
1.3. Технологии очистки, осветления и подготовки воскового сырья	29
1.4. Классификация и производство различных видов вошины, технологическое значение линии «Маргарита-1»	36
1.5. Физиолого-биохимические основы стимулирующих подкормок и научное обоснование комплексного управления пчелиной семьей	44
ГЛАВА 2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	55
2.1. Материал и методы исследования	55
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	75
3.1. Биологические особенности пчелиных семей типа «Московский» карпатской породы при содержании на сотах, отстроенных из восковой вошины, очищенного разными способами	75
3.1.1 Гнездостроительная активность пчелиных семей с использованием традиционной и инновационной вошины с добавлением янтарной кислоты на фоне стимулирующей подкормки	75
3.1.2. Воспроизводительные показатели пчелиных семей в первой серии опыта	78
3.1.3 Корреляционный анализ динамики яйценоскости пчелиных маток по вариантам опыта	80
3.1.4 Инстинкт выращивания расплода в пчелиных семьях на сотах, отстроенных из традиционной и инновационной вошины на фоне подкормки с янтарной кислотой	83
3.1.5. Степень секреторной активности глоточных желез и кормление личинок	85
3.1.6. Корреляционный анализ секреторной активности глоточных желез и уровня кормления личинок	91
3.1.7. Морфофизиологическое состояние личинок и рабочих пчел	93
3.1.8. Биохимический статус рабочих пчел при использовании сотов, отстроенных из вошины очищенных разными способами	96

3.1.9. Энергетический и синтетический потенциал рабочих пчел в онтогенезе при использовании сотов из инновационной вошины, очищенной различными способами	97
3.1.10. Корреляционный анализ взаимосвязи синтетических и энергетических процессов в онтогенезе рабочих пчел	103
3.1.11. Этологические и хозяйственно полезные признаки рабочих пчел на разных типах медосбора	105
3.1.12. Медовая и восковая продуктивность пчелиных семей	108
3.2. Биологические и хозяйственно полезные признаки пчелиных семей типа «Московский» карпатской породы при содержании на сотах, отстроенных из воска и вошины, очищенного разными способами на фоне стимулирующих подкормок	110
3.2.1 Реализации воспроизводительных способностей пчелиных маток при содержании пчелиных семьях на сотах, отстроенных из воска и вошины, очищенного разными способами на фоне стимулирующих подкормок	111
3.2.2. Корреляционный анализ динамики среднесуточной яйценоскости пчелиных маток	114
3.2.3. Динамика реализации рефлекса выращивания расплода и корреляции выкармливающей способности пчелиных семей на фоне стимулирующих подкормок	117
3.2.4 Корреляционный анализ показателей реализации рефлекса выращивания расплода в пчелиных семьях на сотах при использовании стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска	121
3.2.5. Физиологическое состояние пчелиных семей перед главным медосбором на фоне применения стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска	125
3.2.5.1 Масса и сила, векторные составляющие качества пчелиных семей	125
3.2.5.2 Уровень бактерии <i>Streptococcus faecium</i> как индикатор санитарного благополучия гнезда качественного состояния пчелиных семей перед главным медосбором	128
3.2.5.3. Активность ферментов энергетического и сократительного обеспечения грудных мышц рабочих пчел перед главным медосбором	131
3.2.5.4. Корреляционный анализ взаимосвязи силовых, микробиологических и биохимических показателей пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска	135

3.2.6. Оценка этологических и хозяйственно полезных признаков пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска	138
3.2.6.1. Динамика летной активности и нагрузки медового зобика пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска	138
3.2.7. Строительная активность пчелиных семей при использовании традиционной и инновационной вошины на фоне стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска	143
3.2.8. Интегральная оценка товарной продуктивности и экономической эффективность применения инновационной вошины и стимулирующих белковых подкормок	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
Практические предложения	156
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	157
Библиографический список	158
Приложения	167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Пчеловодство — важнейшая отрасль сельского хозяйства, обеспечивающая получение уникальной продукции и играющая незаменимую роль в опылении культурных растений. В условиях интенсификации сельского хозяйства и повышения воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды пчелиные семьи испытывают повышенный стресс, что обуславливает необходимость разработки новых технологических методов повышения их продуктивности и устойчивости. Главным фактором, определяющим жизнеспособность пчелиной семьи, является микроклиматические условия внутри гнезда, которые формируются под влиянием сотов отстроенных из вошины и характеристик воскового сырья.

Установлено, что производимая восковая вошина с углом основания ячейки 130° из неочищенного воска, не в полной мере отвечает естественным потребностям пчел. Это является препятствием в реализации их продуктивного потенциала [Маннапов А.Г., Мамонтова Ю.А., 2018; Маннапов А.Г. и др., 2020; 2024; Кутлин Ю.Н. и др., 2026]. Следовательно, в данном контексте воск, получаемый в пчеловодстве, следует рассматривать не только как сырье для производства вошины, но и как постоянный атрибут гнездовых построек создающий внутреннюю среду. Так через нее создаются определенные микроклиматические условия для выращивания расплода, санитарное состояние гнезда, активность пчел-работниц по отстройке сотов и устойчивость пчелиных семей и пасеки в целом к неблагоприятным факторам внешней среды.

Через вошину качество воскового сырья непосредственно включается в биологический цикл семьи: из него формируется сот, в ячейках которого матка откладывает яйца, происходит эмбриональное и постэмбриональное развитие личинки до стадии имаго, размещаются кормовые запасы и осуществляется сложная система взаимодействий на сотах гнезда [Аветисян Г.А., 1985; Лебедев В.И., Билаш Н.Г., 2006; Кривцов Н.И. и др., 2006; Еськов Е.К., Еськова М.Д., 2011; Пирязев К.О., 2009; Лукомец В.М и др. 2016; Winston M. L., 1987].

Актуальность исследования обусловлена тем, что восковая матрица способна накапливать механические примеси, органические остатки, пигменты, продукты старения сотов, а также липофильные загрязнители различного происхождения, придающие воску специфический «технический» запах, непривычный для медоносных пчел. При многократном использовании расплодных сотов изменяется объем ячеек, возрастает санитарная нагрузка, ухудшаются физико-химические показатели воска и вошины. Таким образом, технологическая очистка воскового сырья имеет важное значение не только как прием улучшения его товарного вида, но и как фактор, напрямую влияющий на биологическое состояние пчелиной семьи [Березин П. В., Емельянов А. М., 2016; Галяутдинов И.В., 2020; Зыкина Е. А., Дыдыкина У. А., 2024; Иванкив Н.С., 2025; Bogdanov S., 2004; Calatayud-Vernich P., 2018].

Вместе с тем ранневесенний период и отсутствие поддерживающего медосбора обуславливают острую потребность пчелиных семей не только в углеводном, но и в полноценном белковом питании. Дефицит пыльцы и перги в гнездах приводит к недостаточному развитию глоточных желез у пчел-кормилиц, снижению качества личиночного молочка, замедлению темпов выращивания расплода и отстройки сотов. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка комплексных технологических решений, сочетающих оптимизацию параметров гнездовой среды с применением целенаправленных метаболических стимуляторов. Решение этих задач позволит не только повысить биологическую продуктивность пчелиных семей, но и обеспечить экономическую эффективность пчеловодства в условиях современного рынка [Таранов Г. Ф., 1986; Лебедев В. И., 1995; Билад Н. Г., 2003; Лебедев В. И., Кривцов Н. И., 2003; Кутлин Ю.Н. и др., 2026; Alaux C., 2010; Human H., 2006; Nicolson S. W., 2011].

Исходя из этого, технологическое воздействие на восковое сырье, в частности способы его очистки и осветления, а также устранение специфического запаха, должны рассматриваться совместно с двумя другими факторами: геометрией выпускаемой вошины, определяемой углом основания ячейки (130° -

традиционная и 110° - инновационная), и применением стимулирующих подкормок путем добавления в сахарный сироп янтарной кислоты и комплексных белковых препаратов. Такой подход соответствует современной логике исследований в пчеловодстве, где продуктивность семьи объясняется не одним изолированным показателем, а комплексным взаимодействием условий гнезда, физиологического состояния рабочих пчел, репродуктивной активности маток и поведения семьи в период медосбора [Батрак, О. В. и др., 2015; Бышов, Д. Н. и др., 2019; Галяутдинов И.В., 2020; Кутлин Ю. Н., 2026; Маннапов А. Г., 2021; Маннапов А. Г., 2020; Маннапов А. Г., 2024; Bogdanov, S., 2004; 2016; Chica, M. A., et all., 2019].

Состояние и степень разработанности проблемы. Проблема повышения продуктивности пчелиных семей через оптимизацию гнездовой среды и применение стимулирующих подкормок рассматривалась в трудах многих отечественных и зарубежных исследователей [Таранов Г.Ф., 1986; Лебедев В.И., Кривцов Н.И., 2003; Некрашевич В. Ф., Кирьянов Ю.Н., 2011; Чугреев М.К., 2011; Лебедев В.И., Чепко Т.Г., 2012; Савушкина Л.Н., Бородачев А.В., 2018; Маннапов А. Г. и др., 2014; Маннапов А. Г. и др., 2018; Храпова С.Н., 2018; Маннапов А.Г. и др., 2020; 2024; Маннапов А.Г., Кричевцова А.Н., 2021].

В научной и производственной литературе достаточно полно освещены вопросы восковыделительной деятельности пчел, состава и свойств пчелиного воска, его нормативной оценки, старения сотов, загрязнения и фальсификации воска, а также отдельных способов очистки и осветления воскового сырья. Существуют исследования по влиянию возраста сотов на развитие семей, по стандартным методам оценки силы семьи, печатного расплода, летной активности и строительной активности, а также публикации, посвященные роли янтарной кислоты, кормления и белково-энергетического обмена рабочих пчел [Губин А. Ф., 1952; Таранов, Г. Ф., 1992; Билаш, Н.Г, 2003; Пашаян С.А., Столбов Н.М., 2008; Губайдуллин, Н.М., 2009; Строгов, В.В., 2009; Пирязев К. О., 2010; Пирязев К. О., 2011; Морева, Л.Я., Мегес Р.К., 2014; Мамонтова Ю.А.,

Маннапов А.Г., 2016; Бышов Д. Н., 2019; ГОСТ 21179–2000; ГОСТ 21180–2012; Стрельбицкая О. В., 2020; Воробьева, С.Л. и др., 2023; Грушинская, Т.А., 2023; Иванкив Н. С., 2025; Delaplane K. S., 2013; El Agrebi et all., 2021].

Вопросам влияния геометрии ячеек на биологические показатели пчел посвящены работы, доказывающие целесообразность приближения искусственной вошины к природной архитектонике сотов. Исследователями установлено, что отклонение угла основания ячейки от традиционных 130° в сторону естественных 110° способствует снижению энергозатрат пчел на перестройку сот и оптимизации микросреды гнезда [Маннапов А.Г. и др. 2014; 2018; 2020; 2024; Лукомец В. М. и др., 2016; Скачко А. С. и др., 2020; Кричевцова, А.Н., Маннапов А.Г., 2021; Кутлин Ю.Н. и др., 2022; 2026].

Вопросы качества воскового сырья и его очистки также достаточно подробно изучены в научной литературе. Доказано, что неочищенный воск содержит посторонние примеси, споровые формы микроорганизмов и специфический запах, что негативно сказывается на физиологическом состоянии пчел и санитарном состоянии гнезда [Ушакова И. А., 2017; Храпова, С.Н., 2018; Храпова, С.Н. и др., 2019; Маннапов А.Г., Московская Н.Д., 2020; Галяутдинов И. В., 2020; Зыкина Е. А., 2024; Иванкив Н. С., 2025; Маннапов А. Г. и др., 2024]. Разработаны различные методы очистки воска с применением органических кислот и окислителей, однако их комплексное применение в сочетании с инновационной геометрией вошины изучено недостаточно [Пирязев К.О., 2009-2011; Ушакова И. А., 2017; Храпова, С.Н. и др., 2019; Галяутдинов И. В., 2020; Зыкина Е. А., 2024; Маннапов А. Г. и др., 2024; Иванкив Н. С., 2025].

Применение биологически активных добавок и стимулирующих подкормок является активно развивающимся направлением исследований. Препараты Стимовит, Пчелодар и Овогид имеют различную биохимическую направленность и механизмы действия, однако их сравнительная эффективность в сочетании с оптимизированной гнездовой средой остается малоизученной. Это определяет необходимость проведения комплексных исследова-

ний, направленных на выявление синергетического эффекта сочетания различных технологических приемов [Лихотин, А.К., 1993; Лебедев В.И. и др., 2000; 2015; 2018; Чупахин, В.И., Кустря Д.Н., 2003; Ларионова О.С., Маннапов А.Г., 2015].

Следует отметить, что вышеперечисленные вопросы остаются недостаточно интегрированными в единую научную концепцию. Технологическая очистка воска нередко рассматривается отдельно от биологических показателей пчелиной семьи, геометрические параметры вошины - отдельно от качества воскового сырья, а стимулирующие подкормки - отдельно от состояния сота и расплодного гнезда. В результате возникает научная лакуна, связанная с комплексной оценкой системы "очищенный воск - вошина - сот - расплод - физиология рабочих пчел - продуктивность семьи".

Именно такой подход, основанный на выявлении корреляционных взаимосвязей между биохимической активностью организма и ферментативной активностью грудных мышц (АТФазы миозина и СДГ), должен быть положен в основу современных исследований в отрасли пчеловодства. Установление корреляционных связей между физиологическими показателями отдельных особей и хозяйственной продуктивностью семей позволит более объективно оценивать влияние технологических приемов на итоговую экономическую эффективность пасеки.

Цель и задачи исследования

Цель исследования - научно обосновать и экспериментально оценить влияние технологии очистки и осветления пчелиного воска, угла основания ячейки выпускаемой вошины и стимулирующих подкормок на биологические, этологические, физиологические, продуктивные и экономические показатели пчелиных семей типа «Московский» карпатской породы.

Для достижения указанной цели исследования были поставлены нижеследующие задачи.

1. Изучить влияние угла основания ячейки вошины, способов очистки воскового сырья и добавления янтарной кислоты на строительство сотов,

репродуктивную активность маток и динамику выращивания расплода, включая корреляционный анализ синхронности яйценоскости и инстинкта выращивания расплода по вариантам опыта.

2. Определить трофические и морфофизиологические показатели пчелиных семей: секреторную активность слюнных желез, уровень личиночного молочка, массу трехсуточных личинок и массу суточных рабочих пчел, с проведением корреляционного анализа сопряженности развития желез и уровня кормления личинок для определения индекса трофической эффективности.

3. Выявить различия в биохимическом статусе рабочих пчел в онтогенезе при содержании на сотах из вошины, очищенной разными способами, включая определение содержания азота, липидов и гликогена в организме в привязке к возрастным функциям особей.

4. Оценить энергетический и синтетический потенциал рабочих пчел, включая активность сукцинатдегидрогеназы, содержание рибонуклеиновой кислоты и активность миозиновой АТФазы, с проведением корреляционного анализа взаимосвязи синтетических и энергетических процессов для определения индекса метаболически-продуктивной синергии.

5. Оценить физиологическую готовность пчелиных семей перед главным медосбором по комплексу показателей: масса и сила семей, уровень бактерии *Streptococcus faecium*, активность ферментов грудных мышц, с выявлением корреляционных связей между силовыми, микробиологическими и биохимическими показателями.

6. Изучить этологические показатели и фуражировочную деятельность пчелиных семей в периоды поддерживающего и главного медосбора, включая оценку летной активности и функциональной нагрузки медового зобика на фоне применения стимулирующих подкормок с белковыми добавками (препараты Стимовит, Пчелодар, Овогид) и технологий очистки воска.

7. Установить влияние исследуемых факторов на строительную активность пчелиных семей и реализацию восковыделительного инстинкта, а

также на медовую и восковую продуктивность при использовании традиционной и инновационной вошины из воска, очищенного разными способами, на фоне стимулирующих подкормок с белковыми добавками.

8. Дать комплексную оценку товарной продуктивности пчелиных семей в медовых единицах и определить экономическую эффективность применения разработанных технологических решений, включая сравнительную оценку биологически активных добавок Стимовит, Пчелодар и Овогид по показателям прибыли, рентабельности и себестоимости единицы продукции.

Объект, предмет и рабочая гипотеза исследования.

Объектом исследования являлись пчелиные семьи, развивавшиеся на вошине с различным углом основания ячейки и при разных вариантах обработки воскового сырья и подкормки. Предметом исследования являлось влияние очищенного и осветленного воска, геометрии вошины и стимулирующих подкормок на развитие, физиологическое состояние, поведение и продуктивность пчелиных семей.

Рабочая гипотеза исследования заключалась в том, что очистка и осветление воскового сырья, изменение угла основания ячейки вошины и введение стимулирующих компонентов в подкормку способны не только улучшать отдельные показатели, но и формировать согласованный биологический ответ семьи: повышение яйценоскости маток и количества печатного расплода, улучшение кормления личинок, развитие слюнных желез, повышение уровня энергетических и пластических метаболитов рабочих пчел, рост летной активности, строительной активности и продуктивности.

Методология и методы исследования

Исследование проведено с применением современного оборудования и методов биоморфологии, физиологии и биохимии, разработанных ведущими учеными мира. Методологическую основу работы составил комплексный подход, при котором пчелиная семья рассматривается как целостная биологическая система, а воск, вошина и сот - как элементы управляемой

гнездовой среды. Экспериментальная логика построена на сопоставлении контрольных и опытных групп, различающихся по технологическим факторам, при сохранении исходной сопоставимости семей.

Пчелиные семьи, в частности породный тип «Московский» карпатской породы, включенные в опыт, были выровнены по исходному состоянию: сила семей, количество печатного расплода, возраст маток и запас кормового меда задавались одинаковыми в пределах схемы исследования. В ходе работы учитывали яйценоскость маток, печатный расплод, уровень личиночного молочка, состояние глоточных желез, массу личинок и рабочих пчел, биохимические показатели организма рабочих пчел, силу семей, ферментативную активность, летную активность, нагрузку медового зобика, строительство сотов, производство меда, воска, медовых единиц и экономические показатели. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые проведена комплексная оценка влияния сочетания инновационной вощины с углом основания ячейки 110° , глубокой очистки воска винной кислотой и перекисью водорода с последующей обработкой янтарной кислотой и применения стимулирующих белковых подкормок на биологические, этологические и хозяйственно полезные признаки пчелиных семей. Впервые установлены количественные закономерности влияния оптимизированной гнездовой среды на секреторную активность глоточных желез пчел-кормилиц и уровень личиночного молочка в ячейках с расплодом. Доказано, что применение инновационной вощины из очищенного воска в сочетании с белковыми стимуляторами достоверно усиливает энергетический и сократительный потенциал грудных мышц рабочих пчел, что проявляется в повышении активности сукцинатдегидрогеназы и миозиновой АТФазы. Впервые определены степень и направления корреляционных связей и выявлена синергетическая связь между качеством гнездовой среды, биохимическим статусом рабочих пчел и их летной активностью в период

главного медосбора, а также определена иерархия результативности различных биологически активных добавок.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования состоит в развитии представлений о пчелином воске, вошине и соте как о факторах, способных влиять на развитие семьи через совокупность репродуктивных, трофических, морфофизиологических, биохимических и поведенческих механизмов. Работа связывает технологию очистки воска с биологией расплода, физиологией рабочих пчел и продукционной реализацией потенциала семьи.

Практическая значимость заключается в возможности использования результатов при переработке воскового сырья, производстве вошины, выборе угла основания ячейки, разработке приемов стимулирующего кормления и оценке экономической целесообразности технологических решений. Полученные данные могут быть использованы в научно-производственных рекомендациях для пасек, перерабатывающих восковое сырье и ориентированных на повышение медовой, восковой и совокупной продуктивности семей.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

- Качество пчелиного воска и геометрия вошины являются факторами гнездовой среды, влияние которых проявляется через репродуктивное состояние матки, развитие расплода и физиологическое состояние рабочих пчел.

- Очистка воска винной кислотой и осветление перекисью водорода в сочетании с янтарной кислотой повышают биологическую полноценность гнездовой среды по сравнению с использованием неочищенного воскового сырья.

- Применение инновационной вошины с углом основания ячейки 110° в сочетании с полной технологической очисткой воска винной кислотой и перекисью водорода с последующей обработкой янтарной кислотой достоверно усиливает репродуктивную активность пчелиных маток,

увеличивая среднесуточную яйценоскость до 2056,6 яйца, что на 12,3 процента или в 1,12 раза выше контроля, а площадь печатного расплода до 285,8 сотни ячеек, что превышает контроль на 36,2 процента или в 1,36 раза.

- Оптимизированная гнездовая среда достоверно усиливает секреторную активность глоточных желез пчел-кормилиц, увеличивая степень их развития до 3,91 балла, а уровень личиночного молочка до 18,90 мг, что на 31,3 % выше контрольных значений, создавая благоприятные условия для трофической функции семьи и формирования более качественного поколения рабочих пчел.

- Улучшение качества воскового субстрата и геометрии ячеек вошины достоверно улучшает условия эмбриогенеза и постнатального онтогенеза, увеличивая массу трехсуточных личинок до 17,80 мг, что на 22,8 % выше контроля, и массу суточных рабочих пчел до 110,40 мга, превышая контроль на 1,3 %.

- Повышение яйценоскости, количества печатного расплода, уровня личиночного молочка, массы личинок, содержания азота, жира, гликогена, РНК и активности СДГ формирует физиологическую основу роста летной активности, строительной активности и продуктивности.

- Комплексный технологический вариант обеспечивает наибольшую продукционную и экономическую отдачу среди сравниваемых вариантов опыта, наиболее эффективным биологически активным препаратом является Стимовит, обеспечивший прибыль в размере 13522 рубля при рентабельности 194,28 процента и снижении себестоимости единицы продукции до 67,96 рубля.

Степень достоверности, апробация и структура работы

Достоверность результатов обеспечивалась выравниванием пчелиных семей перед началом опытов, наличием контрольных и опытных групп, повторными учетами в течение весенне-летнего периода, использованием системы взаимосвязанных показателей и сопоставлением биологических, этологических, продукционных и экономических данных. Интерпретация

результатов выполнялась с учетом исходных таблиц без произвольного дополнения экспериментального массива.

Степень достоверности и апробация результатов.

По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, 4 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Материалы исследований по теме диссертации были доложены и обсуждены:

- на Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, 2023),

- на Международной научно-практической конференции «Пчеловодство и апитерапия», декабрь 2023 «ФНЦ пчеловодства» (Рыбное, 2023).

- на Международной научной конференция молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию Тимирязевской академии (Москва. 2-4 июня 2025).

- на Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию учебно-научно-производственной АПИ-лаборатории биологического факультета Кубанского государственного университета (Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2026).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 166 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, заключения с выводами, практических предложений, перспектив дальнейших исследований, списка использованных источников и приложения (справка и акт внедрения). Работа иллюстрирована 41 таблицей и одним рисунком.

Личное участие автора. Автором лично проанализирована научная литература по теме исследований, разработана методика проведения опытов, выполнены полевые и лабораторные исследования, проведен статистический анализ полученных данных, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, и сделаны выводы. Все результаты, представленные в диссертации, получены автором лично или при его непосредственном участии.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Гнездовые постройки, значение вошины и воска в жизнедеятельности пчелиной семьи

Современное пчеловодство все чаще рассматривается не как набор разрозненных технологических приемов, а как система управления состоянием многоуровневого сверхорганизма, в котором матка, расплод, рабочие пчелы, кормовая база, микробиота, гнездовая архитектура и качество материалов гнезда образуют единый функциональный контур. В таком контуре вошина и воск не могут рассматриваться только как расходный материал: они задают физическую, химическую и поведенческую среду выращивания расплода, хранения кормов и организации работы рабочих пчел [22; 70; 86; 87; 88; 93; 101; 119; 129].

В связи с этим такие параметры как изменение угла основания дна ячеек, очистка и осветление воскового сырья, введение янтарной кислоты и применение стимулирующих подкормок могут служить регуляторами жизненно важной среды каковыми являются гнездовые восковые постройки. Вследствие этого анализ информации таких как качества и геометрии вошины - физиологии рабочих пчел - кормления расплода - яйценоскости матки - динамики печатного расплода - летной активности – продуктивности как каскада управляющих факторов влияют не только на биологию развития, силу семей, но и экономический результат [26; 43; 44].

С одной стороны, существующие публикации убедительно показывают, что старение сотов, загрязнение воска и нарушение качества вошины способны снижать развитие и продуктивность семей [84; 86; 87; 88; 114; 117; 121; 123; 124; 126; 128; 130]. С другой стороны, положительный эффект любой обработки воска или даже подкормки пчелиной семьи зависит от дозы, сезона, силы семей, породы, качества маток, медосборных условий и методики учета. Следовательно, оптимизация гнездовой среды через геометрию ячейки и качество воска, дополненная метаболически направленной стимулирующей

подкормкой, способна повысить физиологическую готовность семьи к выращиванию расплода и использованию медосбора. Таким образом, многоуровневая организация в жизнедеятельности пчелиной семьи позволяет рассматривать соты и вошину как управляемую гнездовую среду пчелиной семьи (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Многоуровневая оценка гнездовой среды и жизнедеятельности пчелиной семьи

Уровень анализа	Что оценивается	Значение для пчелиной семьи
Материал гнезда	Химический состав воска, загрязнители, фальсификаты, физико-механические свойства	Определяет безопасность и технологическую пригодность вошины
Архитектура сота	Угол основания ячейки, ориентация и геометрия ячейки, строительная приемлемость	Создает микросреду для яйца, личинки, корма и работы пчел-кормилец
Физиология рабочих пчел	Глоточные железы, личиночное молочко, азот, жир, гликоген, РНК, СДГ	Объясняет, почему технологический прием влияет на качество поколения
Семейный уровень	Яйценоскость, расплод, сила семьи, летная активность, медовый зобик	Показывает переход физиологических изменений в поведение и продуктивность
Производственный уровень	Мед, воск, прополис, обножка, медовые единицы, рентабельность	Показывает практическую значимость технологии

Оценка условий внутри гнезда и жизнедеятельности пчелиной семьи требует понимания того, что улей представляет собой сложную многоуровневую систему, в которой каждый фактор управления неразрывно связан с остальными. Взаимодействие этих факторов начинается с самой основы и распространяется на все уровни — вплоть до глобальных показателей продуктивности, — показывая глубокую взаимосвязь между средой и состоянием суперорганизма.

Материал гнезда, который представлен воском служит основой этой системы. Качество воска, определяемое его химическим составом, наличие загрязнений или посторонних примесей, а также физико-химические свойства материала напрямую определяют безопасность и пригодность листа восковой

вошины для пчеловодства. Эти ключевые физико-химические характеристики обуславливают архитектуру сота — в частности, угол наклона доньшек ячеек, их пространственную ориентацию, геометрию и общую пригодность для отстройки сотов. В совокупности эти параметры создают и определяют уникальную микросреду, необходимую для безопасного развития яиц и личинок, сохранности кормовых запасов, а также для эффективной и энергосберегающей деятельности пчел-кормилиц [11; 12; 19].

Сформировавшееся микроокружение оказывает общее влияние на следующий уровень иерархии — состояние и физиологию пчелиных особей, развивающихся в данной восковой матрице. Микросреда внутри восковых построек сказывается на морфологическом состоянии гипофарингеальных желез, в функциональной скорости выработки корма для расплода и также биохимическом гомеостазе через уровень азота, содержание жира и гликогена, уровень РНК и активности окислительно-восстановительного фермента - сукцинатдегидрогеназы (СДГ). Состояние описываемого уровня позволяет управлять и своевременно влиять на физиологическое качество развивающихся генераций медоносных пчел [74; 75].

Отдельные физиологические изменения не остаются изолированными; они коммутируются и выявляются на уровне каждой обособленной пчелиной семье. Вследствие этого на уровне пчелиных семей выделяют как состояние отдельных пчел трансформируется в общую жизнеспособность семьи: отмечая биоритм яйцекладки матки, объем и качество расплода, общую силу семьи, медособирательную активность (интенсивность летной активности и степень нагрузки медовых зобиков). Все это показывает переход от внутренних биохимических и клеточных процессов к макроскопическому поведению и общей продуктивности семьи как единого целого социально устроенного сообщества медоносных пчел [62; 63; 119].

Этап производства представляет собой вершину данной многоуровневой пирамиды у медоносных пчел, живущих большими колониями. Описанные выше взаимосвязи между окружающей средой,

архитектурой гнезда и физиологией пчел находят свое конечное соединение в получаемых товарных продуктах: меде, воске, прополисе и цветочной пыльце. Оценка товарной продуктивности пасеки позволяет определить реальную практическую ценность применяемых методов пчеловодения, доказывая, что управление пчелиной семьей не может быть фрагментарным или изолированным от качественных характеристик воска и вошины, а также отстраиваемых из нее сотов где функционирует пчелиная семья [2; 29; 33; 47].

Понимание взаимосвязи элементов этой многоуровневой среды — залог принятия научно обоснованных и эффективных управленческих решений как на пасеке, так и в отрасли пчеловодства в целом. Внутри гнезда соты медоносных пчел одновременно служат конструктивной основой, местом выращивания расплода, хранилищем меда и перги, субстратом для терморегуляции, а также поверхностью, обеспечивающей согласованное поведенческое взаимодействие рабочих пчел. С биологической точки зрения соты выступают не просто как пассивные емкости, а как структурно функциональные единицы и структурированная среда, обеспечивающая реализацию репродуктивной функции матки, деятельность пчел-кормилиц и стратегию сбора корма пчелиной семьей [22; 70; 86; 87; 88; 93; 101; 119; 129].

Использование искусственной вошины стало одним из ключевых технологических нововведений в практическом пчеловодстве, поскольку оно позволяет пчеловодам направлять строительство сотов с ячейками пчелиного типа, ускорять освоение рамок и получать более ровные, удобные по своей структуре соты. Однако у этого технологического преимущества есть и обратная сторона: качество вошины напрямую определяет характеристики будущего гнезда. Если вошина изготовлена из загрязненного, старого или фальсифицированного воска, то возникающие риски, особенно по инфекционным заразным болезням, переносятся непосредственно в зону расплода, переставая быть лишь вопросом переработки сырья [86; 87; 88; 90; 117; 126; 128; 130].

В исследованиях по возрасту сотов показано, что многократное выращи-

вание расплода меняет свойства сота. После выхода каждого поколения в ячейках остаются коконные оболочки, экскременты личинок, микрочастицы перги и другие органические включения. Это приводит к потемнению сотов, уменьшению внутреннего объема ячеек, изменению сорбционных свойств и росту потенциальной микробной и химической нагрузки [84; 114; 123; 124].

Эта закономерность может быть отражена через сравнение воска из сотов, где выводилось 8, 16 и 24 поколения пчел. В неочищенном воске при увеличении числа поколений возрастали свободные жирные кислоты и примеси, снижалась доля сложных эфиров, ухудшались цвет и просвечиваемость дна ячеек. Такой материал важно использовать не как самостоятельное доказательство, а как эмпирическую связку между известным литературным фактом старения сотов и конкретной очисткой воска [20]. Следовательно, ключевой методологический вывод состоит в том, что вощина является управляемым фактором среды. Через нее пчеловод влияет не только на темп строительства сотов, но и на объем и качество расплодного пространства, на химический фон гнезда и на инстинктивную (поведенческую) готовность семьи использовать предложенную основу (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Биологические функции сота и их связь с показателями пчелиной семьи

Функция сота	Биологическое содержание	Возможная связь с показателями пчелиной семьи
Расплодная	Размещение яйца, личинки и корма; микроклимат ячейки	Яйценоскость матки, печатный расплод, масса личинок
Кормовая	Хранение меда, нектара, перги; контакт корма с восковой матрицей	Медовый зобик, летная активность, биохимические резервы
Строительная	Запуск восковыделения и строительного поведения	Отстроено рамок, сроки побелки сотов, восковая продуктивность
Химическая	Сорбция загрязнителей и перенос примесей в гнездовую среду	Масса пчел, глоточные железы, СДГ, продуктивность
Информационно-поведенческая	Ориентация рабочих пчел в гнезде и распределение работ	Согласованность летной активности и силы семьи

Таблица, отражающая биологические функции сотов, показывает и доказывает, как восковая матрица выступает не просто в роли пассивного вместилища, а как сложный инструмент многоуровневого управления пчелиной семьей, неразрывно связанный с биологическими ритмами этого суперорганизма. На клеточном и организменном уровнях соты задают ритм жизни семьи, синхронизируя физиологические процессы отдельных пчел с глобальными потребностями всего социально устроенного сообщества.

Функция выращивания расплода наглядно показывает эту связь через призму суточных и сезонных репродуктивных ритмов. Размещение яиц, личинок и запасов корма, а также поддержание особого микроклимата внутри ячеек, напрямую влияют на ритмичность яйцекладки матки, развитие открытого и запечатанного расплода. Многоуровневый характер управления здесь проявляется в том, как локальный температурно-влажностный режим, создаваемый рабочими пчелами на микроуровне, определяет массу и жизнеспособность личинок, тем самым формируя будущий потенциал всей пчелиной семьи [28; 129].

С этим неразрывно связана функция питания и накопления кормового фуражного меда. При этом накопление меда, нектара и перги, а также их контакт с восковой основой активизируют биохимические резервы пчелиной семьи. Индивидуальные ритмы летной активности и наполнения медовых зобиков преобразуются в коллективные запасы, накапливаемые в гнездовых восковых постройках, а именно в кормовых рамках. Этот процесс обеспечивает семью энергией и подчиняется общим сезонным и суточным циклам накопления ресурсов, при которых физиология отдельной пчелы работает на поддержание устойчивости всей системы в целом [32; 71; 110].

Строительная функция сотов тесно связана с возрастными и сезонными биологическими ритмами рабочих особей определенного возраста. Начало выделения воска и строительной деятельности происходит не хаотично, а в ответ на пространственные сигналы, поступающие из гнезда. Сроки ремонта и «отбеливания» сотов, количество отстроенных соторамок и общая продуктив-

ность восковыделения отражают идеальную согласованность между физиологической готовностью молодых особей в возрасте 12-18 сут. выделять воск и решением семьи (на уровне целостного организма) расширить свое жизненное пространство [24; 34; 64; 101].

Более того, соты в гнезде выполняют функцию биохимического буфера, привнося в регуляторную систему фактор временных, накопительных (кумулятивных) ритмов. Процессы аккумуляции загрязняющих веществ и переноса примесей из внешней среды в гнездо показывают, как постоянное воздействие негативных факторов на отдельных пчел постепенно накапливается, увеличение которых влияет на живую массу насекомых и состояние их верхнечелюстных желез. Со временем подобный химический дисбаланс может привести к гибели пчелиной семьи и снижению продуктивных качеств. Это показывает, как физико-химическая среда сотов опосредует влияние окружающей среды на внутреннюю многоуровневую устойчивость суперорганизма [99; 126; 130].

В пчелиной колонии – представляющей суперорганизм - информационно-поведенческая детерминированность завершает эту систему, выступая в роли кибернетической вершины и многоуровневой структуры самоуправления. При этом структурно-функциональные единицы - соты служат физико-химической основой и своеобразной картой гнезда, позволяя рабочим особям ориентироваться в пространстве и гибко распределять и выполнять задачи. Геометрическая архитектоника и структура сот задает суточные поведенческие ритмы, для выполнения внутриульевых конкретных задач в определенное время суток. Данная функция обеспечивает жизненно важную координацию между суточными ритмами летной активности отдельных пчел-фуражиров и общей силой пчелиной семьи [119; 125].

Следовательно, опубликованные литературные данные свидетельствуют о том, что восковые соты служат центральным процессором пчелиной колонии, объединяющим микроуровень (микроклимат и биохимические процессы в ячейках), мезоуровень (поведение и физиология отдельных пчелиных

особей) и макроуровень (жизнедеятельность семьи как целостной хозяйственно полезной и биологической единицы). Последняя в видовом отношении подчиняя все эти уровни строгим биологическим ритмам и обеспечивает выживание суперорганизма в условиях постоянно меняющейся окружающей среды.

1.2. Геометрия ячейки: от архитектуры сота к биологии развития, строительству сотов, качеству воска и восковой обеспеченности семьи

Геометрия пчелиных сот давно привлекает внимание математиков, биологов и инженеров благодаря высокой упорядоченности их шестиугольной структуры. Традиционно эта структура связывается с экономией воска и высокой механической прочностью, а также с эффективным размещением расплода и запасов корма. Современные исследования показывают, что архитектура сот не ограничивается простой плоской шестиугольной сеткой: важную роль играют также такие факторы, как ориентация и наклон ячеек, геометрия их основания и взаимное пространственное расположение ячеек на противоположных сторонах сота [83; 101; 111; 115; 131; 132].

В рамках данного исследования особенно важно различать несколько параметров сота и его ячеек. Ширина ячейки дает представление об объеме пространства для расплода и потенциально влияет на размеры развивающихся особей. Ориентация ячеек относительно рамки сказывается на предпочтениях пчел при строительстве и на пригодности используемой восковой вошины. Угол наклона основания ячейки связан с трехмерной архитектурой доньшка, и она может влиять как на механическую прочность, положение личинки, а также на характер контакта пчелы с ячейкой [111; 131; 132].

Установлено, что восходящий наклон ячеек примерно на 13° повышает несущую способность сота и не сводится только к предотвращению вытекания меда [111]. Это методологически важно: элементы геометрии сота могут иметь неочевидные функциональные эффекты. По ориентации естественных сотов показано, что пчелы строят ячейки в разных ориентациях, но предпочитают

вертикальную ориентацию; авторы подчеркивают необходимость совместимости параметров вошины со строительными предпочтениями пчел [131].

Исследования параметров сота и их ячеек, включая работы с 3D-принтерами печатающими основы ячеек, подтверждают, что развитие особей может зависеть от параметров и формы ячейки. Хотя в этих работах чаще рассматривается размер, а не угол основания дна, они подтверждают общий принцип: параметры ячейки не являются нейтральными для развития пчелы [132]. Поэтому изучение угла 110° и 130° можно обосновывать как частный случай более общей проблемы - соответствия искусственной вошины биологически предпочитаемой архитектуре сота.

Так, в экспериментах пчелиные семьи на сотах с углом 110° показывают преимущество по яйценоскости, расплоду, летной активности и продуктивности, особенно при сочетании с очищенным воском и янтарной кислотой. Геометрия сама по себе, вероятно, не увеличивает медосбор напрямую. Более обоснованная модель предполагает промежуточные звенья: лучшая приемлемость вошины, более гармоничная отстройка, более благоприятная микросреда расплода, повышение силы семьи и только затем рост фуражировочного потенциала. То есть, угол основания ячейки представлен не как изолированная инженерная характеристика вальцов для оттиска и гравирования основания, а как элемент биотехнологического проектирования гнездовой среды - восковых построек посредством вошины [26; 42; 43; 44; 66].

Восковыделение - физиологически затратный процесс, связанный с возрастом рабочих пчел, силой семьи, наличием плодной матки, поступлением нектара и пыльцы, температурным режимом и потребностью семьи в расширении гнезда. Молодые рабочие пчелы выделяют восковые пластинки восковыми железами, а затем перерабатывают их мандибулами при строительстве сота. Следовательно, начало побелки и отстройки сотов показывает не столько наличия вошины, а физиологическую зрелость касты

особей в возрасте 12-18 сут., а также кормовую обеспеченность не только углеводами, но и белковой составляющей [22; 34; 70; 93; 101; 105; 125].

Исследователи указывают, что активная отстройка рамок с вощиной наблюдается при наличии поддерживающего медосбора или ее имитации стимулирующей подкормкой в дозе 250-300 мл/сут. Отсутствие в природе цветущих растений выделяющих нектар и пыльценосов понижает строительный инстинкт, даже при условии, что пчелиная семья сильная. Установлено, что пчелиные семьи с полноценной плодной, молодой маткой лучше реализуют строительную активность, так как постоянное расширение гнезда постановкой рамок с вощиной связано с потребностью в пространстве для выращивания расплода [34; 70; 105]. Поэтому, показатель «отстроено рамок» должен рассматриваться как интегральный этолого-физиологический показатель, а не только как технологический результат.

По описанию исследователей строительство сотов усиливается при использовании вощины с дном основания 110° , очищенного воска, янтарной кислоты и комплексных подкормок: количество отстроенных рамок возрастало, а сроки появления побелки сотов наступали раньше на одну двое суток. Это хорошо согласуется с представлением о строительных инстинктах, рассматриваемых как реакции семьи на сочетание благоприятного материала, кормового сигнала и репродуктивной потребности пчеломатки [23; 26; 43].

Следовательно, строительство сотов следует включать в причинную цепь между качеством воска, его подработкой (очисткой) и продуктивностью. Установлено, что чем быстрее и полнее семья принимает вошину, тем раньше появляется пригодное пространство для расплода и кормов; чем больше молодого расплода и рабочей пчелы выращено к главному медосбору, тем выше вероятность реализации медопродуктивности.

Пчелиный воск представляет собой сложную в химическом отношении липидную матрицу. В его составе преобладают сложные эфиры высших жирных кислот и одноатомных спиртов, а также углеводороды, свободные жирные кислоты, восковые спирты, пигменты, ароматические и минеральные

примеси. Именно это сочетание обеспечивает пластичность, гидрофобность, температуру плавления и устойчивость воска [78; 86-88; 100; 106; 117; 127].

Для технологической оценки воска в российской практике принципиальное значение имеет ГОСТ 21179-2000. Стандарт задает требования к органолептическим и физико-химическим показателям: цвету, запаху, структуре в изломе, массовой доле воды и механических примесей, плотности, показателю преломления, температуре плавления, кислотному числу, числу омыления, эфирному и йодному числам, а также отношению эфирного числа к кислотному [11]. Это важно, так как очистка воска полученного перетопкой выбракованных и старых сотов, должна оцениваться не только по визуальному осветлению, но и по сохранению нормативных и функциональных свойств.

Старение сотов — это не просто физический износ, а сложный химико-биологический процесс, в котором качество воска выступает ключевым фактором, определяющим состояние среды внутри гнезда и способность пчелиной семьи справляться с химической нагрузкой. В ходе эксплуатации сота его липидная матрица претерпевает необратимые изменения, становясь отправной точкой для накопления стрессовых факторов в улье (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Старение сотов как химико-биологический процесс

Показатель	Изменение при старении сота	Биологическая интерпретация
Свободные жирные кислоты	Обычно возрастают	Маркер накопления изменений липидной матрицы и возможного ухудшения технологичности
Сложные эфиры	Снижаются в загрязненном старом воске	Потеря структурной «чистоты» восковой матрицы
Пигменты, пыльца, минералы	Накапливаются	Потемнение, снижение просвечиваемости, изменение запаха и сорбционных свойств
Внутренний объем ячеек	Уменьшается из-за коконов и остатков	Потенциальное снижение массы и качества выращиваемых пчел
Липофильные загрязнители	Могут накапливаться	Хроническая нагрузка на расплод и взрослых пчел

На молекулярном уровне деградация воска проявляется в нарушении баланса его основных компонентов, за счет повышения содержания свободных жирных кислот. Они служат индикатором накопленных химических изменений и вследствие этого возможного ухудшения технологических свойств воскового материала. Также в загрязненном «старом воске» регистрируют снижение концентрации сложных эфиров, доказывающее о утрате структурной чистоты молекул восковой матрицы. Вследствие этого сот теряет присущие ему изначально инертность и стабильность, при этом условия среды для развивающихся личинок становятся менее предсказуемыми [17; 20; 127].

Кроме изменения химического состава в воске происходит активное накопление пигментов, частиц пыльцы, перги и минеральных веществ. В результате соты становятся темными, снижается прозрачность и появляется посторонний запах. Это кардинально меняет сорбционные свойства воскового материала. Он превращается из нейтрального строительного материала в активный накопитель внешних и внутренних загрязнений, формируя специфическую микросреду [17; 84; 114].

Серьезным последствием химико-биологического старения сотов и воскового сырья появляется проблема химической нагрузки на организм медоносных пчел. При этом накопления коконов, уменьшающих внутренний объем ячеек, создает физические предпосылки для снижения массы и общего качества выходящих генераций и поколений рабочих особей, и трутней. Одновременно с этим деградировавшая восковая матрица начинает больше накапливать липофильные загрязнения. Так, жирорастворимые токсины, остатки химических веществ и пестициды прочно связываются с видоизменяющимся в молекулярном отношении воском, создавая постоянный источник химической нагрузки на развивающийся расплод, находящийся в непосредственном контакте со стенками ячеек, а также на взрослых пчел, вынужденных находится и поддерживать такую среду в гнезде [90; 108; 128; 130].

Таким образом, старый, химически измененный сот перестает быть просто вместилищем и превращается в резервуар, накапливающий негативные

элементы воздействия на рост и развитие личинок и рабочих пчел. Следовательно, эффективное управление пчелиной семьей невозможно без учета этой глубокой взаимосвязи, так как регулирование возраста и качества сотов служит не только технологической, но и важнейшей биологической составляющей, снижающей химическую нагрузку и сохранение здоровья суперорганизма в долгосрочной перспективе.

Таким образом, старение сотов изменяет составляющую молекулярную основу восковой матрицы в нескольких направлениях:

1) органические остатки коконов, перги и пигментов увеличивают содержание примесей и затемняют соты;

2) объем ячеек уменьшается, что ограничивает онтогенез личинок и понижает массу нарождающихся пчел;

3) увеличивает способность длительно сохраненного воска и воскового сырья быть резервуаром липофильных загрязнителей, приводящего к появлению неприятного «технического запаха».

4) изменяется соотношение отдельных химических компонентов, что ухудшает пластичность восковой ленты и технологическую пригодность сырья [84; 114; 121; 123; 124].

Доказано, что при воспроизводстве с восьми до 24 поколений рабочих особей и использовании сотов в течении 3-х сезонов содержание жирных кислот в пасечных вытопках (восковом сырье) возрастала с 6,5 до 14,8%, пальмитиновой кислоты с 3,5 до 6,8%, миристиновой - с 0,7 до 4,2%, содержание примесей достигало 9,7%. При этом регистрировали наоборот понижение сложных эфиров с 71,3 до 56,0% [20]. Поэтому, возраст пасечных вытопок и воскового сырья должен быть включен в поле особого контроля. Так как после очистки и осветления доля примесей понижается, а уровень сложных эфиров увеличивалось или сохранялось, но на более высоком уровне. Например, для воска из сотов с 8 поколениями сложные эфиры указывались на уровне 80,0%, а примеси - 0,5% [20]. Это позволяет трактовать очистку не только как косметическое осветление, но и как технологическую стабилиза-

цию сырья для производства вошины.

Однако необходима критическая оговорка. При очистке воска задача состоит не в максимальном химическом воздействии на материал, а в избирательном удалении загрязняющих компонентов при сохранении молекулярной основы или природной структуры воска. Чрезмерный нагрев, агрессивные реагенты или нарушение режимов могут ухудшать качество воска, снижать выход и изменять его физико-химические характеристики. Поэтому необходимо рассматривать связи между режимом очистки, показателями качества воска и биологической реакцией семьи комплексно [10; 11; 19; 20].

1.3. Технологии очистки, осветления и подготовки воскового сырья

Загрязнение воска является одной из наиболее существенных проблем современного пчеловодства, поскольку воск обладает липофильной природой и способен накапливать остатки акарицидов, пестицидов, ветеринарных препаратов и других веществ. В отличие от меда, который чаще контролируется как пищевой продукт, воск многократно возвращается в гнездо через переработку и производство вошины. Поэтому загрязненный воск без применения технологии очистки, осветления и подготовки воскового сырья может становиться долговременным резервуаром риска [81; 90; 91; 103; 108; 118; 121; 126; 128; 130].

Исследование В. Albero и соавторов показало, что остатки акарицидов в воске могут быть значительны; авторы рассматривали перенос загрязнителей из воска в мед, расплод и тело пчел. Хотя уровни в меде и расплоде не всегда превышают установленные пороги, сама восковая матрица может содержать высокие значения коэффициента опасности, что указывает на потенциальный риск при повторном использовании загрязненного воска [81; 90].

Классическая работа С.А. Mullin и соавторов по остаткам митицидов и агрохимикатов в североамериканских пасаках стала важной точкой для

понимания воска как накопителя химических веществ. Она показала, что гнездовая среда пчел может содержать комплексные смеси остатков, а не один изолированный препарат [108]. Очистка воска должна рассматриваться не только как удаление одного загрязнителя, а как снижение совокупной химической нагрузки.

Отдельная проблема - фальсификация воска парафином, стеарином, церезином и другими дешевыми добавками. Такие примеси могут изменять температуру плавления, пластичность, хрупкость и запах вошины, а также повлиять на приемлемость листов пчелами. Работа L.Svecnjak и соавторов показала, что мед, созревший в сотах, построенных на основе вошины с высокой долей парафина, отличался по ряду физико-химических и спектроскопических параметров от меда из натуральной восковой основы [122].

Фальсификация имеет не только технологическое, но и биологическое значение. Если пчелы хуже принимают или деформируют такую вошину, нарушается строительство гнезда; если физико-химические свойства воска изменены, меняются условия хранения корма и выращивания расплода. Необходимо избегать узкого тезиса «очистка улучшает цвет»: речь идет о комплексной безопасности и биологической пригодности материала [4; 60; 73; 97; 107; 117; 122].

В российском контексте актуальность качества воска усиливается практикой оборота воскового сырья и переработки суши. Источниками загрязнения рассматриваются лекарственные препараты, агрохимикаты, патогенные микроорганизмы и фальсифицирующие примеси; это создает основу для обоснования технологических этапов очистки [10; 20; 61; 73].

Важное критическое положение: очистка воска не отменяет необходимость профилактики загрязнения. На уровне пасеки источники риска должны снижаться через рациональное применение ветеринарных препаратов, обновление сотов, контроль вошины, предупреждение попадания агрохимикатов и отказ от фальсифицированного сырья. Технология очистки

является элементом системы качества, а не заменой санитарной культуры пасеки.

Методы очистки воскового сырья можно условно разделить на физические, химические, сорбционные и комбинированные. К физическим относятся фильтрация, отстаивание, промывка, центрифугирование, измельчение и механическое отделение загрязнений. К химическим - обработка кислотами, перекисью водорода и другими реагентами. К сорбционным - применение цеолитов, активированных материалов и фильтрующих сред. Наиболее перспективными для загрязненного сырья являются комбинированные подходы, поскольку органические, минеральные, микробные и липофильные загрязнители имеют разную природу [8; 10; 20; 61; 81; 106; 108; 117].

Патент RU 2739400 описывает способ очистки пчелиного воска от антибиотиков, пестицидов и тяжелых металлов, включающий поэтапную обработку при 80 градусах: винная кислота используется для удаления солей тяжелых металлов в соотношении 1:100 к воску; перекись водорода в соотношении 1:5 в присутствии гидрокарбоната натрия 1:100 - для стерилизации и осветления; синтетический цеолит NaX 10:1 - для сорбции антибиотиков и пестицидов [10]. Этот патент важен как технологическое обоснование выбранных реагентов и последовательности обработки.

При этом использование винной кислоты и перекиси водорода следует обсуждать отдельно. Винная кислота выступает как агент кислотной обработки, способный способствовать удалению солей и части минерально-органических загрязнений. Перекись водорода работает прежде всего, как окислитель и осветляющий/дезинфицирующий компонент. Их совместное применение может улучшать визуальные и санитарные свойства воска, но требует контроля температуры, времени и соотношений, чтобы не разрушать полезные компоненты восковой матрицы [10; 20].

Способ глубокой очистки с использованием ультразвуковых колебаний при 100 градусах, где кавитационный эффект рассматривается как механизм разрушения микроорганизмов и флотационного выноса коллоидных взвесей

[67]. Эта информация важна, потому что показывает широкий технологический спектр способов очистки воска с сохранением его структуры.

Ультразвуковая водная очистка выбракованных сотов рассматривается в работах Д.Н. Бышова, Д.Е. Каширина, И.А. Успенского и соавторов. В этих исследованиях значимыми факторами выступают предварительное замачивание и продолжительность ультразвукового воздействия; при слишком длительном ультразвуке возможна деструкция восковой основы. Это принципиально для логики: всякая интенсификация очистки имеет технологический предел, за которым рост степени очистки может сопровождаться повреждением сырья [8].

Гидровибрационная очистка основана на вымывании механических и органических загрязнений из ячеек сота под действием вибрации в воде. Оптимальные параметры в приведенном материале составляли примерно 1,9 минуты вибрационного воздействия, 16,3 часа замачивания и температуру воды около 22,4 градуса, при степени чистоты 90,9% [67]. Для обзора это важно как пример математического обоснования режима, а не только эмпирического подбора.

Интенсивное механическое перемешивание и диспергирование органических загрязнений также показывают, что эффективность очистки зависит от фракционного состава сырья, времени воздействия, интенсивности перемешивания и температуры среды. В одном из материалов минимальный процент нерастворенного осадка достигался при высокой интенсивности перемешивания, времени около 600 секунд и мелком гранулометрическом составе частиц [67].

Вероятностная модель измельчения пчелиных сотов позволяет рассматривать подготовку воскового сырья как инженерно управляемый процесс. Измельчение увеличивает площадь контакта загрязнений с водой и реагентами, но чрезмерное измельчение может увеличивать потери воска и усложнять отделение фракций [67]. Поэтому важно подчеркнуть, что очистка начинается не с реагента, а с подготовки сырья: сортировки, измельчения,

промывки, фильтрации и контроля режимов.

Химическая очистка подходит для целенаправленного удаления определенных групп загрязнений; ультразвуковая и гидровибрационная обработка эффективны против органико-механических примесей; сорбенты важны для удаления липофильных веществ и остатков фармацевтических препаратов; а осаждение и фильтрация являются необходимыми базовыми операциями. Наиболее перспективным подходом является технологическая схема, включающая такие стадии, как подготовка сырья, мягкая химическая обработка, осветление, фильтрация и контроль качества готового воска (таблица 1.4).

Таблица 1.4

Сравнительная характеристика этапов и целевые объекты удаления при очистке воскового сырья

Этапы (подходы)	Целевой объект удаления	Сильные стороны	Ограничения
Фильтрация и отстаивание	Механические примеси, крупные частицы	Простота, доступность, базовая операция	Слабо удаляет растворенные и сорбированные загрязнители
Водная промывка, замачивание	Перга, водорастворимые примеси	Может предшествовать вытопке и снижать загрязненность сырья	Длительность, риск порчи при неправильном режиме
Ультразвук	Органические загрязнения, микроорганизмы, коллоидные взвеси	Кавитация, ускорение очистки, дезинфицирующий эффект	Риск разрушения восковой основы при чрезмерном воздействии
Гидровибрация	Загрязнения в ячейках старых сотов	Математически обосновываемые режимы, высокая степень чистоты	Чувствительность к температуре и прочности сотов
Винная кислота + H_2O_2	Минерально-органические загрязнения, пигменты, санитарная нагрузка	Совместимость с темой исследования, улучшение цвета и чистоты	Нужен контроль дозы, температуры и сохранности свойств воска
Цеолит NaX и сорбенты	Антибиотики, пестициды, липофильные загрязнители	Расширяет спектр очистки	Требует технологического контроля и оценки потерь воска

Методы очистки воскового сырья, поступающего с пасек дающие высокое качество воска после технологической переработки на заводах, создают химическую безопасность в гнездовых постройках внутри улья, обеспечивая способность пчелиной семьи к росту и развитию без негативной химической нагрузки. Более того, выбор способа переработки не просто улучшает внешний вид материала, но и напрямую формирует химический состав будущих сотов, выступая важнейшим инструментом поддержания здоровья суперорганизма на молекулярном уровне.

Основные этапы переработки воскосырья — фильтрация и отстаивание — предназначены для удаления механических примесей и крупных частиц. Благодаря своей простоте и доступности они являются обязательным начальным этапом для любой пасеки. Однако с точки зрения контроля химических рисков у этих методов есть существенный недостаток. Исследователи отмечают, что они практически неэффективны против скрытого токсического загрязнения, обусловленного растворенными и адсорбированными примесями. Промывка водой и замачивание служат простыми и логичными дополнениями, позволяющими эффективно удалить остатки перги и водорастворимые загрязнения, тем самым значительно снижая общий уровень загрязненности сырья перед его переработкой [8; 17; 33; 61]. Однако этот процесс отличается высокой трудоемкостью и сопряжен с риском деградации материала при несоблюдении температурных или временных параметров; подобная неудача может не снизить, а, напротив, усугубить нагрузку на окружающую среду.

Для преодоления ограничений традиционных методов и достижения более высокой степени очистки применяются передовые технологии физической обработки. В частности, ультразвуковая обработка использует эффект кавитации для ускорения процесса очистки, обеспечения дезинфицирующего эффекта и разрушения органических загрязнений, микроорганизмов и коллоидных взвесей. При этом гидровибрационный метод, основанный на математически обоснованных параметрах обработки, позволяет с высокой эффективностью удалять стойкие загрязнения из ячеек длительно использованных, старых

сотов. Однако оба подхода требуют исключительной точности: чрезмерное ультразвуковое воздействие или отклонения от параметров гидровибрации приводят разрушению самой химической матрицы воскового материала, либо повреждению структуры сотов, которая весьма чувствительна к термическим и механическим нагрузкам [8; 67].

Наиболее целенаправленное удаление глубоко проникших химических загрязнений достигается за счет сочетания химических и сорбционных методов.

Исследования в области переработки воскового сырья показали, что применение винной кислоты в сочетании с пероксидом водорода позволяет удалить минерально-органические примеси и пигменты, тем самым снижая общую санитарную нагрузку и существенно улучшая цвет и чистоту переработанного воска. Такой подход согласуется с современными научными данными. В то же время исследования, посвященные удалению других загрязнителей, продемонстрировали, что использование специализированных сорбентов — а также цеолитов, например, типа NaX, — позволяет эффективно удалять (адсорбировать) антибиотики, пестициды и липофильные примеси из молекулярной матрицы воска [10; 20].

Хотя это значительно расширяет спектр очистки и напрямую снижает токсический фон, метод требует тщательного технологического контроля для минимизации неизбежных потерь самого воскового сырья.

Таким образом, взаимосвязь между методами очистки воска и качеством конечного продукта очевидна. Каждый метод вносит свой уникальный вклад в снижение химической нагрузки, однако ни один из них не является универсальным решением. Грамотное ведение пчеловодного хозяйства требует комплексного, многоэтапного и сбалансированного применения этих технологий. Только так можно создать высококачественную, химически инертную восковую матрицу, служащую надежным барьером против токсинов и основой для здоровой, устойчивой к стрессам среды внутри гнезда.

1.4. Классификация и производство различных видов вошины, технологическое значение линии «Маргарита-1»

Производство вошины является завершающим звеном технологической цепи «восковое сырье - очищенный воск - лист вошины - отстроенный сот - биологический результат». Поэтому производство вошины нельзя рассматривать как нейтральный технический этап. Именно на этапе вальцевания задаются толщина листа, геометрия доньшка ячейки, размер и форма отпечатка, прочность листа и его приемлемость для пчел [20].

Современное промышленное производство вошины решает важные задачи по организации гнезда пчелиной семьи с биологических позиций. Так, заводская переработка позволяет очищать воск от прополиса и механических примесей без применения агрессивных кислот, сохраняя при этом естественный аромат, плотность и пластичность материала. В то же время использование искусственной вошины с заранее заданной геометрией ячеек позволило стандартизировать отстройку сотов, исключить хаотичное (зигзагообразное) строительство и, что особенно важно, свести к минимуму выращивание трутней. Это способствует перераспределению энергии пчелиной семьи на сбор меда и повышает общую продуктивность пасеки [17; 33; 51].

Современная классификация искусственной вошины базируется на ряде взаимосвязанных критериев, учитывающих как технологические параметры производства, так и биологические потребности пчелиной семьи.

По назначению выделяют три основных типа вошины: гнездовую, магазинную и армированную. Гнездовая вошина — наиболее распространенный тип; она предназначена для использования в гнездовых рамках и отличается оптимальным балансом прочности и пластичности. Стандартный лист такой вошины размером 410×260 мм весит примерно 55–60 г, что соответствует выходу около 16–18 листов из одного килограмма воска.

Вошина, используемая в магазинных надставках, отличается более тонким средостением и меньшей массой листа (40–50 г) по сравнению с той,

что применяется в гнездовых рамках. Хотя это облегчает пчелам отстройку сотов при продолжительном, но слабом медосборе, одновременно возрастает риск деформации отстроенных сотов. В регионах с интенсивным медосбором и высокими летними температурами применяют армированную вощину массой до 70–80 г на лист, поскольку в таких условиях существует значительный риск провисания листа вощины или деформации (растягивания) ячеек сота.

Вторым важным критерием классификации является размер ячейки. Вощина с диаметром ячейки 5,4 мм считается стандартной для большинства разводимых пород медоносных пчел, что обеспечивает оптимальные условия для онтогенетического развития личинок и выращивания рабочих особей.

Исторически вощина с более крупными ячейками (5,6–5,8 мм) использовалась для вывода трутней; однако, как указывают исследователи ее широкое применение нецелесообразно из-за снижения общей продуктивности пчелиной семьи. Восковая вощина с более мелкими ячейками (5,2–5,3 мм) применяется при работе с серой горной кавказской породой пчел, для которой характерны несколько меньшие размеры рабочих особей.

По способу армирования вощину классифицируют на неармированную, а также на виды с горизонтальной проволокой, вертикальным армированием или комбинированными системами армирования.

Трехслойная восковая вощина с внутренним армирующим слоем, разработанная компанией A.I. Root Company еще в 1923 году, считается наиболее совершенной: она сочетает в себе высокую механическую прочность и биологическую приемлемость для пчел. Вощина на основе синтетических полимеров, несмотря на наличие определенных технических преимуществ, пока не получила широкого распространения из-за низкой привлекательности для отстройки сотов, что обусловлено факторами, связанными с биологическими потребностями и совместимостью с пчелиными семьями. Тем не менее взаимодействие пчелиных семей с искусственной «синтетической вощиной», а также проявление инстинктов строительства сотов из нее

привлекают внимание исследователей уже более века.

Фундаментальные исследования в этой области провел А. И. Рут: в конце XIX века он не только разработал технологию армирования восковой вошины проволокой, но и систематически наблюдал за поведением пчел при строительстве сотов различных конструкций. Его работы показали, что пчелы воспринимают восковую вошину не просто как фундаментную основу, а как активный стимул, запускающий сложные инстинктивные строительные биохимические реакции в организме рабочих особей.

Французские пчеловоды Шарль Дадан и его сын — основатели компании по производству ульев, рамок и вошины — внесли значительный вклад в понимание механизмов и инстинктов, лежащих в основе строительной деятельности медоносных пчел; в начале XX века они экспериментировали с различными способами укрепления вошины, в том числе с использованием зигзагообразной проволоки — метода, который впоследствии получил широкое распространение среди пчеловодов всего мира.

Своими исследованиями они доказали, что механические характеристики вошины напрямую влияют на качество отстраиваемых сотов и готовность пчел принимать те или иные конструкции.

В советский период исследования инстинктов сотостроения у медоносных пчел получили развитие благодаря работам Н. М. Кулагина, который в 1950–1960-х годах изучал физиологические аспекты восковыделения в зависимости от возраста пчел. Им установлено, что пик интенсивности выделения воска приходится на возраст 12–18 дней и находится в прямой зависимости от белкового питания и наличия печатного расплода в семье.

Еще раньше — в период с 1928 по 1948 год — А. С. Скориков и В. В. Алпатов провели фундаментальные исследования по оптимизации параметров вошины для различных климатических зон СССР; впоследствии, в 1970–1980-х годах, эту работу продолжили Г. Ф. Таранов и Г. А. Аветисян, а в 1986–1991 годах — Г. Д. Билаш и Н. И. Кривцов.

Их исследования показали необходимость дифференцированного подхода к выбору массы и толщины вошины с учетом интенсивности медосбора и температурных условий региона. При температуре воздуха выше 35°C, они рекомендовали использовать исключительно армированную вошину с комбинированной системой армирования.

В ходе серии исследований, проведенных в период с 1937 по 1950-е годы, С. В. Жданов изучал поведенческие аспекты принятия пчелами искусственной вошины и работал над созданием теоретических основ пчеловодства и методов борьбы с нозематозом — опасным заболеванием пчел. Им было выявлено, способность пчел различать химический состав воска и реагировать на наличие в нем посторонних примесей. Это объясняет их негативную реакцию на полимерную и недостаточно очищенную вошину, а ключевую роль в распознавании поверхностей, пригодных для строительства, играют обонятельные рецепторы пчел.

Исследования, проводимые на учебно-опытной пасеке в Российском государственном аграрном университете — МСХА имени К. А. Тимирязева (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) и других научных центрах, посвящены изучению молекулярных механизмов, лежащих в основе восприятия пчелами различных материалов, а также соответствию геометрической архитектуры дна ячеек сота природному образцу [37; 42; 44; 66]. Установлено, что тактильные рецепторы на ножках пчел способны различать микроструктуру поверхности с точностью до нескольких микрон; этим объясняется их предпочтение, отдаваемое натуральному воску, а не синтетическим материалам. Исследования, выполненные в 2010-х и 2020-х годах, показали, что даже при наличии сильных аттрактантов пчелы не принимают пластиковую вошину в качестве подходящей основы средостения для строительства сотов. Это свидетельствует о глубокой генетической запрограммированности строительного инстинкта — работать исключительно с воском, обладающим определенным химическим составом и физической структурой.

Морфофизиологический интерес представляет изучение влияния феромонов на активность пчел по отстройке сотов с шестигранными ячейками. Установлено, что нанесение феромона секретируемого железой Насонова и других аттрактантов на листы вошины может ускорить начало строительства сотов на 2–3 дня; однако это не позволяет преодолеть присущую пчелам неприязнь к биологически чужеродным материалам. Данный факт подтверждает гипотезу о том, что инстинкт строительства сотов у пчел представляет собой сложный комплекс поведенческих реакций, жестко связанных со специфическими физико-химическими свойствами натурального пчелиного воска и углом наклона донышек ячеек.

Таким образом, многолетние исследования отечественных и зарубежных ученых позволили сформировать всестороннее представление о механизмах взаимодействия пчелиной семьи с искусственной вошиной. Накопленные данные свидетельствуют о том, что любые технологические инновации в этой области должны проходить тщательную биологическую проверку, поскольку пчелиные семьи обладают высокоразвитой способностью распознавать и отвергать материалы, не соответствующие их эволюционно сложившимся требованиям к условиям гнезда и углу наклона донышек ячеек.

Как показали исследования, геометрия пчелиной ячейки — это результат миллионов лет эволюции и проявление математического совершенства природы. Угол альфа (α) в основании ячейки, образованный ромбическими гранями пирамиды, является ключевым параметром, определяющим не только механическую прочность сота, но и биологическое качество выращиваемого расплода, яйценоскость матки и общую продуктивность пчелиной семьи. Классификация современной вошины по этому параметру позволяет пчеловодам делать обоснованный выбор материалов для своих пасек.

Так, традиционная классификация вошины по углу основания ячейки включает четыре основные категории. Стандартная вошина с углом 140°

представляет собой наиболее плоскую (с самым тупым углом) конструкцию с минимальной глубиной ячейки; пчелам приходится существенно перестраивать ее, чтобы приблизить параметры к оптимальным природным значениям. Вощина типа «полумаксимум» с углом 130° занимает промежуточное положение и широко использовалась в период советского пчеловодства. Вощина типа «максимум» с углом 120° обеспечивает более глубокое дно ячейки и требует от пчел меньшего объема перестройки. Наиболее совершенной в традиционном понимании считается вощина «максимум-люкс» с углом основания 110° , который наиболее близок к параметрам естественных сотов.

Исследования, проведенные А. Г. Маннаповым, Л. А. Редьковой и Н. А. Симогановым в 2014 году с использованием современных лазерных измерительных приборов, коренным образом изменили представление об оптимальной геометрии вошины. Анализ сотов из естественных дупел и колод показал, что в природных условиях пчелы строят ячейки с углами основания от 93° до 117° в зависимости от сезона, силы семьи и породных особенностей. Весной, когда семья выращивает максимальное количество расплода в условиях ограниченных ресурсов, пчелы строят ячейки с наименьшим диаметром (5,24 мм) и углами основания 93° – 97° [42].

Летом, в период продуктивного медосбора, эти параметры изменяются: угол составляет примерно 100° , а диаметр ячейки достигает 5,48 мм; осенью же эти показатели составляют 103 – 112° и 5,34–5,58 мм соответственно. Это позволило разработать инновационный лист вошины с углом наклона дна ячейки в диапазоне 95 – 110° ; он выпускается под торговыми марками «Maximum-Lux» и «Super-Maximum». Ключевой особенностью такой вошины является значительно бо́льшая глубина дна ячейки по сравнению с традиционными видами, поскольку более острый угол (угол альфа) обеспечивает более глубокое расположение дна. Это создает дополнительное пространство, увеличивая объем, доступный для развития личинок и куколок, а также для хранения запасов корма.

Экспериментальные исследования влияния сотов с различными углами наклона дна ячеек на этологические показатели маток и продуктивность пчелиных семей доказали преимущества инновационной вошины. На сотах с углом наклона дна ячеек 110° были зафиксированы самые высокие показатели яйцекладки пчелиными матками для всех вариантов подкормки. В абсолютном выражении эти показатели превысили результаты контрольной группы: в 1,66 раза при использовании подкормки «Микровитам», в 1,62 раза — «Овогид» и в 1,15 раза — сахарного сиропа. При угле 120° показатели также превысили контрольные значения, хотя и в меньшей степени: в 1,47, 1,26 и 1,09 раза соответственно. Аналогичная закономерность наблюдалась и в отношении количества печатного расплода.

Биологическое превосходство вошины с углом $95\text{--}110^\circ$ объясняется рядом факторов. Во-первых, увеличенная глубина ячейки обеспечивает личинку большим объемом маточного молочка и корма, что напрямую влияет на массу и физиологическое качество выходящей пчелы. Во-вторых, такая геометрия требует от пчел минимальной перестройки ячеек, позволяя экономить энергию и воск. В-третьих, особи, выращенные в сотах, отстроенных на такой вошине, демонстрируют повышенный иммунитет к распространенным заболеваниям, высокую работоспособность и долголетие.

Биологическое преимущество предлагаемой вошины с углом наклона доньшка ячейки $95\text{--}110^\circ$ обусловлено приближением к природному образцу и следующими факторами:

1) увеличенная глубина ячейки обеспечивает личинку большим объемом маточного молочка, в которой она буквально плавает. Это влияет на интенсивный рост и накопление живой массы и физиологическую полноценность выходящей из ячейки пчелы.

2) такая геометрия требует от пчел минимальной перестройки ячеек (экономится энергия и воск).

3) пчелы, выращенные в ячейках сотов, отстроенных на инновационной вошине, обладают повышенным иммунитетом к распространенным

заболеваниям (особенно поражающим расплод), высокую продуктивность при сборе нектара и пыльцы и возведении восковых сотов, а также увеличенную продолжительность жизни.

Практическое применение инновационной вошины с углом наклона альфа граней донышка ячейки $95\text{--}110^\circ$ показало особую эффективность по ряду параметров. Весной эта вошина стимулирует не только интенсивную яйцекладку пчеломаткой, но выкармливание качественного расплода. Соты, отстроенные на данной вошине, отличаются повышенной прочностью и устойчивостью к деформации под тяжестью меда особенно в период продуктивного медосбора. При зимовке полновесные пчелы, выращенные в ячейках с оптимальной геометрией, образуют более плотный клуб и экономно расходуют фуражный мед, сохраняют тепло и показывают лучшую выживаемость. Однако внедрение инновационной вошины с углом наклона граней донышка ячейки $95\text{--}110^\circ$ требует учета ряда специфических факторов.

Так, пчелы, привыкшие к заводской вошине с углом наклона альфа грани донышка ячейки $120\text{--}140^\circ$, поначалу могут с осторожностью возводить новые соты. В связи с этим рекомендуется переходить на нее постепенно, начиная с замены 25–30% сотов в улье. Кроме того, такой тип вошины требует использования более качественного воска и высокой точности изготовления, поскольку при уменьшении углов (повышения остроты) любые геометрические отклонения становятся более критичными.

Современные производители вошины — например, российские компании «НТП Пасека» и «Аписфера» — начали выпускать продукцию с маркировкой «инновационная» или «вошина-люкс», характеризующуюся углом наклона альфа грани донышка ячейки в пределах $95\text{--}110^\circ$.

Европейские производители — в частности, немецкая компания Graze и польская Pszczelarz — выпускают аналогичное изделие под названием «Natural Cell Geometry» (естественная геометрия ячейки).

Таким образом, классификация вошины по углу наклона граней донышка ячейки перешла из области теоретических изысканий в

практическую плоскость современного пчеловодства. Инновационная вошина с углом $95-110^\circ$ представляет собой результат синтеза многовековых наблюдений за естественной жизнью пчел и современных научных исследований, предлагая пчеловодам инструмент для повышения продуктивности пчелиных семей за счет оптимизации условий внутри гнезда на фундаментальном геометрическом уровне.

Линия «Маргарита-1» используется для производства вошины из натурального воска; описаны этапы стерилизации, лентообразования, тиснения на вальцах, резки, сушки, взвешивания и упаковки. Отмечаются производительность до 50-80 кг/ч, трехфазное питание 380 В, установленная мощность 11,5 кВт, формат листа 260 x 400 мм и возможность формирования доньшка ячейки с углом 110° [20]. Линия важна как инструмент стандартизации фактора. Если исследователь сравнивает угол 110° и 130° , он должен показать, что различие возникает именно за счет геометрии и качества воска, а не за счет случайных различий толщины листов, нарушений температурного режима, неодинаковой влажности или механических дефектов вошины.

Вальцы, гравирующие и формирующие отпечаток дна ячейки, выступают как биотехнологический инструмент. Их задача - создать не просто визуально правильный рисунок, а основу, которую пчелы будут быстро принимать и достраивать. В этом смысле качество вошины следует оценивать по двум группам показателей: технологическим (размер, толщина, прочность, запах, чистота, отсутствие фальсификатов) и биологическим (скорость отстройки, качество расплода, масса пчел, сила семей) [12; 19; 43; 59; 66].

1.5. Физиолого-биохимические основы стимулирующих подкормок и научное обоснование комплексного управления пчелиной семьей

Стимулирующие подкормки применяются в пчеловодстве для усиления весеннего развития семей, компенсации дефицита естественного взятка, поддержки расплода и выравнивания семей перед медосбором. Сахарный

сироп обеспечивает преимущественно углеводную энергию, но сам по себе не решает проблему белкового и регуляторного питания. Поэтому современная литература все больше обращается к добавкам, влияющим на обмен веществ, железистую активность и устойчивость пчел к стрессу [3; 9; 16; 27; 40; 41; 48; 54; 77]. Обзор K.S. Delaplane подчеркивает, что яйцекладка матки зависит от всей пищевой цепи семьи: нектар и пыльца перерабатываются рабочими пчелами в мед, пергу и железистые секреты, которые обеспечивают матку и расплод [95]. Следовательно, влияние подкормки на яйценоскость не является прямым, а проходит через состояние рабочих пчел, кормилец и доступность питательных сигналов.

Янтарная кислота занимает особое место среди биологически активных добавок; это дикарбоновая кислота, выступающая в роли промежуточного метаболита в цикле трикарбоновых кислот и митохондриальной дыхательной цепи. В фундаментальных работах В. П. Скулачева была раскрыта многофункциональная роль янтарной кислоты как универсального регулятора клеточного метаболизма, антиоксиданта и адаптогена, способного снижать уровень окислительного стресса и повышать эффективность митохондриального дыхания. Отечественные и зарубежные исследователи изучали действие янтарной кислоты в контексте физиологии насекомых и пчеловодства [26; 55; 57; 58].

Функции янтарной кислоты в организме насекомых значительны и многогранны. Прежде всего, она служит субстратом для цикла Кребса (а именно цикла трикарбоновых кислот), тем самым поддерживая энергетический обмен и активность сукцинатдегидрогеназы в тканях с высоким уровнем метаболизма. Во-вторых, янтарная кислота обладает выраженным антиоксидантным действием, нейтрализуя активные формы кислорода и защищая клеточные мембраны от перекисного окисления. В-третьих, она выполняет роль адаптогена, повышая устойчивость пчел к температурным, кормовым и токсическим стрессам. В-четвертых, янтарная кислота стимулирует деятельность глоточных желез и синтез личиночного

молочка, что напрямую влияет на качество выращиваемого расплода. В-пятых, она участвует в процессах детоксикации, облегчая выведение ксенобиотиков из организма. В-шестых, янтарная кислота усиливает усвоение кислорода тканями и повышает функциональную готовность летательной мускулатуры.

Однако следует избегать чрезмерно прямолинейной трактовки: внесение янтарной кислоты в сироп не означает автоматически повышение митохондриального дыхания во всех тканях. Корректнее говорить о вероятной поддержке энергетического обмена и необходимости подтверждения эффекта через биохимические показатели с использованием стимулирующих подкормок с белковыми наполнителями. Так, в серии опытов со стимулирующими подкормками куда добавляли, янтарную кислоту и комплексные препараты Стимовит, Пчелодар и Овогид, наибольшие показатели яйценоскости, площади расплода, строительства сотов, продукции в медовых единицах и рентабельности были связаны с группой, в которой сочетались угол 110 °, очищенный воск, янтарная кислота и Стимовит.

Особого внимания требуют вопросы дозировки и сроков проведения подкормок: хотя стимулирующее кормление полезно при дефиците естественного нектаровыделения и на этапе предсезонного развития семьи, его эффективность зависит от обеспеченности белком, возраста матки, силы семьи и климатических условий [9; 14; 21; 30; 49; 50; 54; 71].

Органические кислоты принято считать группой биологически активных веществ, способных влиять на регуляцию пищеварения, микробиоту, процессы детоксикации и активность желез. Исследования в области питания и физиологии медоносных пчел показывают, что состав дополнительных кормов, а также качество потребляемых белков и углеводов могут влиять на состояние железистого аппарата, микробиоту и иммунную устойчивость, а также на качество выращивания расплода [7; 32; 80; 94; 102; 110; 112; 120].

Это создает теоретическую основу для рассмотрения янтарной кислоты

как метаболически значимого компонента комплексной технологии.

Глоточные железы рабочих пчел служат физиологическим инструментом, связывающим питание пчелиной семьи с качеством выкармливаемого расплода. Только молодые пчелы-кормилицы в возрасте 5-14 суток вырабатывают секрет, входящий в состав корма для личинок и маток. Таким образом, состояние этих желез отражает не только возраст пчелы, но и ее белковое питание, физиологическое здоровье, а также способность семьи обеспечивать интенсивное выращивание расплода [74; 96].

Протеомические исследования глоточных желез выявляют участие белков маточного молочка, ферментов, связанных с углеводным и белковым обменом, антиоксидантных систем и регуляторов биосинтеза. Это делает описываемый орган (железистую ткань) чувствительным индикатором физиологической нагрузки и обеспеченности пчелиной семьи питательными веществами. Морфогенез глоточных желез в ходе онтогенеза и их функциональная пластичность подтверждают, что эти железы являются динамичными органами, реагирующими на возраст и условия окружающей среды [96; 98].

Качество пыльцевого питания отражается на развитие гипофарингеальных (глоточных) желез. Исследования, проведенные Э. Омаром и соавторами, а также Билаш Н.Г., показали, что различные рационы на основе пыльцы по-разному сказываются на развитии гипофарингеальных желез у пчел [7]. При этом С.Ф. Пернал и Р.У. Карри (S.F. Pernal и R.W. Currie) установили, что степень развития гипофарингеальных желез и яичников у рабочих пчел служит чувствительным показателем эффективности усвоения белка и качества пыльцы [113]. Важно отметить, что гипофарингеальные железы связывают факторы содержания пчел с питанием личинок. Если использование очищенного воска и качественной вощины улучшает состояние рабочих пчел и снижает стресс, вызванный микроклиматическими условиями в гнезде, а дополнительная подкормка поддерживает обмен веществ, то способность пчел-кормилиц вырабатывать корм для личинок может возрас-

тать.

Такая согласованность важнее, чем отдельное максимальное значение одного показателя: она указывает на каскад кормилец-личинка-молодая пчела, который является биологическим ядром объяснения продуктивности. Критически важно отличать количество расплода от качества расплода.

Это должно выражаться в увеличении содержания и количества корма в ячейках сотов, живой массы личинок и, как следствие, массы однодневных рабочих особей.

Исследования различных авторов свидетельствуют о том, что такие показатели, как количество корма для личинок, состояние глоточных желез, а также масса трехдневных личинок и однодневных рабочих пчел, неизменно характеризуют преимущество экспериментальных групп. Такая согласованность показателей считается более значимой, чем пиковое значение любого отдельного параметра; она указывает на существование цепочки «пчела-кормилица — личинка — молодая пчела», которая составляет биологическую основу продуктивности, а также определяет количество и качество расплода [43; 68; 74; 75].

Высокая яйценоскость матки не гарантирует формирования сильной семьи, если личинки в процессе онтогенетического развития получают недостаточное питание или развиваются в ячейках, не отвечающих оптимальным их параметрам. В связи с этим включение в систему показателей данных о состоянии глоточных желез, составе личиночного корма и живой массе личинок повышает научную обоснованность исследований [62; 63; 74; 96].

Использование биохимических маркеров у рабочих пчел позволяет перейти от наблюдения за внешними признаками к изучению внутренних функционально значимых механизмов. Вследствие этого принято определять и характеризовать как содержание азота, жира, гликогена и РНК, а также активность сукцинатдегидрогеназы и миозиновой АТФазы.

Эти показатели характеризуют белковый, липидный, углеводный,

нуклеиновый и энергетический обмен, показывая функциональную готовность мышечной системы к выполнению физической работы. Уровень азота в организме пчелы отражает общий белковый статус, необходимый для развития желез, синтеза ферментов, формирования тканей и выращивания расплода. Жир и гликоген представляют собой энергетические резервы: жир связан с жировым телом и обеспечивает длительное хранение энергии, тогда как гликоген позволяет использовать ее более оперативно. РНК можно рассматривать как косвенный показатель интенсивности воспроизводительных (синтетических) процессов в тканях [15; 39; 53; 75].

Сукцинатдегидрогеназа играет ключевую роль в энергетическом обмене, участвуя в цикле трикарбоновых кислот и митохондриальной дыхательной цепи. Она является первым ферментом этой окислительно-восстановительной цепи. Повышенная активность данного фермента в мышцах пчел-кормилиц и пчел-фуражиров может рассматриваться как показатель усиленного окислительного метаболизма и готовности к выполнению энергозатратных функций. Исследования возрастного разделения труда у медоносных пчел показывают, что переход от выполнения внутриульевых работ к фуражировке сопровождается изменениями в энергетическом обмене и физиологии мышц [25; 82; 129].

Активность миозиновой АТФазы отражает функциональное состояние мышечной системы, в частности грудных мышц, обеспечивающих полет. Следовательно, летная активность выражена через ферментные системы имеет не только поведенческое, но и физиолого-биохимическое основание учета их уровня (табл. 1.5).

Логически структурированная нами таблица 1.5, раскрывает биохимические показатели как мост между технологией и продуктивностью пчелиной семьи. Так, азот, отражающий белковый статус и синтез ферментов, напрямую связан с развитием слюнных желез, качеством расплода и массой пчел. Жир, выступающий энергетическим резервом жирового тела, определяет выживаемость, устойчивость и подготовку к нагрузке. Гликоген,

представляющий быстрый углеводный резерв, обеспечивает летную активность и мышечную работу. РНК, как показатель интенсивности биосинтеза, связана с ростом тканей и железистой активностью.

Таблица 1.5

Биохимические показатели как мост между технологией и продуктивностью

Показатель	Физиологический смысл	Связь с конечными результатами
Азот	Белковый статус, синтез ферментов и тканей	Глоточные железы, расплод, масса пчел
Жир	Энергетический резерв, жировое тело	Выживаемость, устойчивость, подготовка к нагрузке
Гликоген	Быстрый углеводный резерв	Летная активность, мышечная работа
РНК	Интенсивность биосинтеза	Рост тканей, железистая активность
СДГ	Митохондриальное дыхание и цикл трикарбоновых кислот	Энергетическая готовность кормилец и сборщиц
АТФ-аза миозина	Функциональное состояние грудных мышц	Полет, сбор нектара, продуктивность

Сукцинатдегидрогеназа, отражающая митохондриальное дыхание и цикл трикарбоновых кислот, определяет энергетическую готовность кормилец и сборщиц. АТФ-аза миозина, характеризующая функциональное состояние грудных мышц, напрямую влияет на полет, сбор нектара и общую продуктивность.

Вследствие этого, пчелиные семьи опытных групп при правильном подборе стимуляторов (например, Нэнни 2, овогид, микровитамм, Апиник) превосходят контроль по ряду биохимических показателей, особенно при сочетании угла 110 ° основания дна ячеек и очищенного воска. Здесь научная сторона интерпретации состоит в том, что продуктивность семей повышается не только потому, что пчел стало больше, но и потому, что изменилось физиологическое качество рабочих особей: выше запасы, активнее обмен, лучше кормовая функция и выше фуражировочная готовность (активность). Вместе с тем биохимические показатели требуют строгого учета возраста пчел. Однодневные, девятидневные, 14-ти дневные, 24-дневные и 32-х

дневные пчелы находятся на разных стадиях возрастного полиэтизма. Поэтому сравнения должны проводиться внутри одного возраста и с учетом функции, которую этот возраст преимущественно выполняет [27; 41; 69; 75; 82; 112].

Этологические показатели отражают, как физиологическое состояние отдельных пчел преобразуется в работу семьи. Летная активность показывает число пчел, участвующих в вылетах и прилетах за фиксированный интервал времени. Она зависит от силы семьи, количества летных пчел, погодных условий, наличия взятка, потребности в воде, пыльце и нектаре, а также от внутренней регуляции работ. Масса медового зобика является индивидуальным функциональным показателем фуражировочной пчелы [18; 56; 116; 119].

Если интенсивность лёта позволяет определить, сколько пчел занято работой, то медовый зобик указывает на объем нектара или жидкого корма, который способна перенести одна пчела. Сочетанный анализ описываемых показателей дает возможность оценить реальное поступление корма в пчелиную семью. Экономические выводы должны опираться на биологические причинно-следственные связи: высокая доходность — это результат не только увеличения медосбора, но и предварительного наращивания силы семьи, более активного строительства сотов, увеличения объема расплода, улучшения физиологического состояния и более интенсивной фуражировочной деятельности рабочих пчел.

Особого внимания заслуживают данные, касающиеся старых сотов: хотя очищенный воск обеспечивал более высокий выход продукта по сравнению с неочищенным, влияние возраста сотов сохранялось — наилучшие результаты были получены при использовании сырья из сотов, в которых было выращено меньше поколений расплода. Это свидетельствует о том, что очистка не устраняет фактор возраста полностью, а лишь смягчает его негативное воздействие [20; 84; 114; 123; 124].

Обобщение литературы показывает, что каждая часть рассматриваемой

проблемы имеет самостоятельное научное основание. Существуют работы по возрасту сотов и продуктивности семей, по загрязнению и фальсификации воска, по архитектуре ячеек, по питанию и яйценоскости маток, по глоточным железам, по биохимии рабочих пчел и по методам учета силы семей. Однако чаще эти направления изучаются раздельно. Следовательно, комплексное соединение трех уровней управления: конструкционного, химико-технологического и кормового является актуальным направлением в управлении жизнедеятельности медоносных пчел. Конструкционный уровень представлен углом основания ячейки 110 и 130 °, химико-технологический уровень - очисткой и осветлением воска с использованием винной кислоты и перекиси водорода, а кормовой уровень - сахарным сиропом, янтарной кислотой и стимулирующими добавками. Именно их сочетание позволяет проверить гипотезу синергии, а не только отдельных эффектов. Так, рабочая модель синергического действия факторов, в которой каждый элемент технологии вносит свой вклад в общий результат представлен в табл. 1.6. Угол 110 ° обеспечивает более приемлемую и функциональную геометрию ячейки, что проявляется в улучшении отстройки, расплода и массы личинок, а в конечном счете ведет к усилению семьи и росту продуктивности. Очищенный воск снижает примеси и улучшает качество восковой матрицы, что отражается на состоянии глоточных желез, уровне личиночного молочка и массе пчел, улучшая качество поколения. Янтарная кислота поддерживает энергетический обмен и имеет вероятную связь с активностью сукцинатдегидрогеназы, что проявляется в изменении уровня этого фермента, содержания гликогена и летной готовности, усиливая интенсивность фуражировки. Комплексные подкормки создают кормовой и регуляторный сигнал развития, влияя на яйценоскость, расплод и строительство, что ведет к росту медовых единиц и рентабельности.

Комбинация всех этих факторов создает синергию гнездовой среды и метаболической поддержки, проявляющуюся в согласованном росте показателей на разных уровнях и достижении максимальной продуктивности

и экономического эффекта. Следовательно, главная диссертационная гипотеза может быть сформулирована следующим образом: вощина с углом основания ячейки 110° , изготовленная из очищенного и осветленного воска, на фоне стимулирующей подкормки с янтарной кислотой и комплексными добавками создает более благоприятную гнездовую и метаболическую среду для развития пчелиных семей, что проявляется в повышении качества выращиваемого поколения, физиологической активности рабочих пчел, летной работы и хозяйственной продуктивности.

Таким образом, соты и вощина являются активным элементом среды пчелиной семьи. При этом геометрия ячейки, включая угол основания дна, имеет биологическое значение через приемлемость вощины, микросреду расплода, механическую устойчивость сота и условия работы пчел-кормилец. При этом качество воска определяется не только цветом и запахом, но и химическим составом, нормативными физико-химическими показателями, уровнем примесей, загрязнителей и сохранностью восковой матрицы. Старение сотов связано с накоплением коконных остатков, пыльцы, пигментов, минеральных веществ и липофильных загрязнителей [42; 44; 86; 88; 127].

Очистка и отбеливание воска с использованием винной кислоты и пероксида водорода представляют собой научно обоснованные методы улучшения качества химической матрицы воска; однако их применение требует учета необходимости сохранения природных свойств воска и контроля параметров технологического процесса. Патентные и инженерные разработки в области ультразвуковой, гидровибрационной и механической очистки воскового сырья свидетельствуют о том, что проблема загрязнения воска является технологически сложной и требует комплексного подхода, включающего подготовку сырья, удаление органических примесей, отбеливание, сорбцию и контроль качества [8; 10; 20; 67].

В то же время оценку стимулирующих добавок — включая янтарную кислоту и комплексные препараты — следует проводить с учетом

физиологических показателей: уровня питания матки, рефлекса выкармливания и состояния пчел-кормилиц, степени развитости слюнных желез, биохимических резервов и энергетического обмена. Как показывают исследования их действие зависит от дозировки, сезона и исходного состояния пчелиной семьи. При этом состояние слюнных желез, уровень обеспечения личинок маточным молочком, а также масса личинок и только что вышедших из ячеек рабочих пчел служат основными индикаторами качества развивающегося поколения, что позволяет связать степень очистки и качество вошины с биологическим результатом [14; 40; 55; 57; 74; 96].

Биохимические показатели - азот, жир, гликоген, РНК, СДГ и АТФ-аза миозина - формируют физиологическое объяснение роста летной активности и продуктивности. Следовательно, летная активность, нагрузка медового зобика, отстройка рамок, медовая и восковая продуктивность являются интегральными показателями, через которые физиологические и поведенческие изменения переходят в хозяйственный результат [18; 25; 39; 56; 75].

Глава 2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на пасеке Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА) в весенне-летний период с 2022 по 2026 год. Объектом исследований служили пчелиные семьи карпатской породы (тип «Московский»), содержащиеся в стандартных ульях системы Дадана-Блатта. Сила семей, взятых в эксперименты составляла по 10 улочек (рамок, покрытых пчелами), при этом в каждой семье имелось по три рамки с печатным расплодом (из расчета 160 квадратов размером 5×5 см на рамку). Возраст маток составлял 18 месяцев, а запасы корма (меда) — 10 кг на семью.

Процесс очистки пасечного воска, его дезинфекции и последующего производства вошины осуществлялся в несколько последовательных этапов (рис. 1).

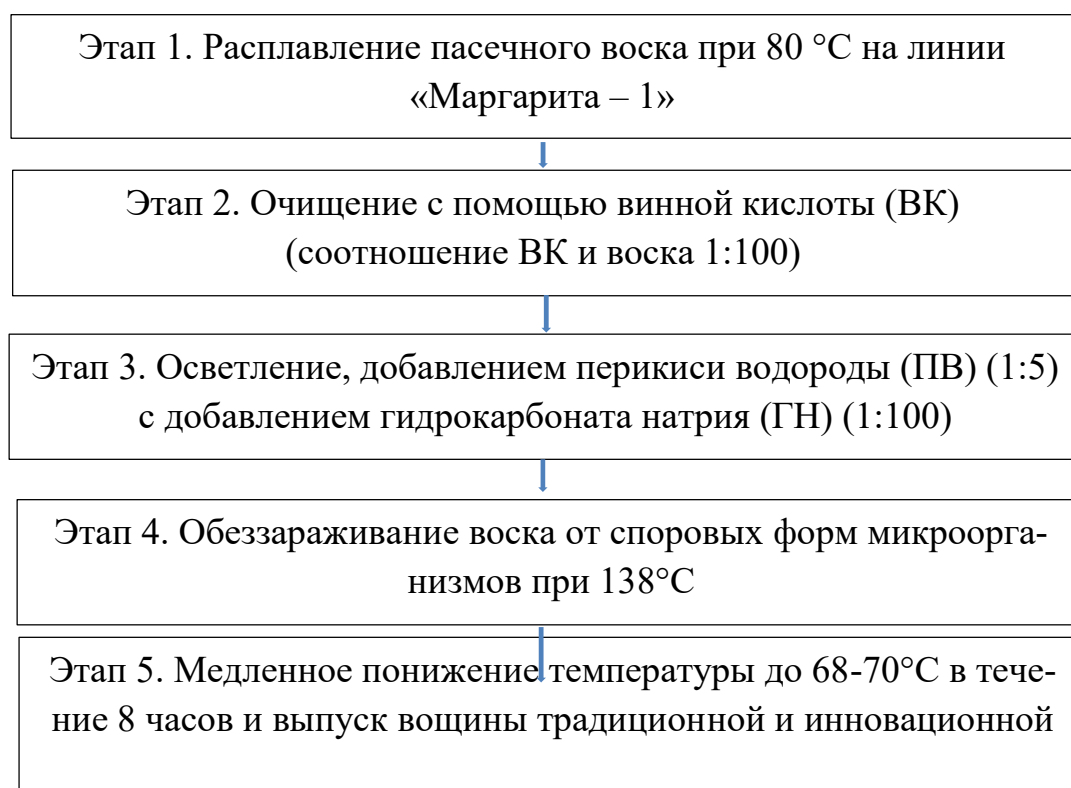


Рис.1 - Этапы очистки пасечного воска и производства вошины

На первом этапе воск расплавляли при температуре 80°C на линии по производству вошины «Маргарита-1». На втором этапе проводилась очистка воскового сырья с использованием винной кислоты в соотношении 1:100 (в 200 л расплавленного воска добавляли 2 л кислоты и выдерживали смесь в течение 45 минут). На третьем этапе выполнялось осветление путем добавления перекиси водорода в соотношении 1:5 с последующей выдержкой смеси в течение 25 минут. Затем в смесь добавляли гидрокарбонат натрия (пищевую соду) в соотношении 1:100. На четвертом этапе осуществлялась полная дезинфекция воска от спорообразующих микроорганизмов, вызывающих заболевания расплода. Для этого очищенный и осветленный воск нагревали до 138°C, после чего температуру постепенно снижали до 68–70°C в течение 8 часов.

Исследование включало две серии опытов с использованием вошины, имеющей угол доньшка ячейки 130° и 110°. В первой серии экспериментов, проводившейся ранней весной в отсутствие поддерживающего медосбора, пчелиные семьи подкармливали 50%-ным сахарным сиропом в объеме 300 мл через день (всего 15 подкормок) с использованием надрамочных кормушек. Контрольную группу составили пчелиные семьи, получавшие традиционную вошину с углом ячейки 130° и без дополнительной очистки воска. В первую опытную группу вошли семьи, которым давали традиционную вошину, изготовленную из воска, прошедшего полный цикл очистки (с использованием винной кислоты и перекиси водорода) и последующую обработку янтарной кислотой. Вторую и третью опытные группы сформировали из семей, получавших инновационную вошину с углом ячейки 110°: для второй группы использовали неочищенный воск, тогда как для третьей применяли воск, прошедший полный цикл очистки и обработку янтарной кислотой.

Во второй серии экспериментов основной рацион, состоящий из 50%-ного сахарного сиропа, дополняли белковыми стимулирующими препаратами. Контрольная и первая опытная группы получали либо чистый сахарный сироп, либо сироп с добавлением янтарной кислоты (при использовании вошины с

различными углами ячеек). Остальные опытные группы, получавшие инновационную вошину с углом ячейки 110° и использовавшие полностью очищенный воск, дополнительно подкармливали сиропом с янтарной кислотой в сочетании с препаратами «Стимовит», «Пчелодар» или «Овогид». Подкормку проводили в объеме 300 мл через день; всего было выполнено 15 кормлений. Общая схема исследований первой и второй серии опытов представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

Общая схема исследований первой серии опытов

Группа	α угол ячейки в выпускаемой вошине	Вариант обработки воскового сырья	Вид подкормки, доза и кратность	Исследуемые показатели
Контрольная	130°	Без очистки и осветления	Сахарный сироп 50 % концентрации* по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки	Количество отстроенных сотов из вошины; яйценоскость маток, динамика печатного расплода; состояние глоточных желез, уровень личиночного молочка в ячейках 3-х сут. личинок, масса личинок и суточных рабочих пчел, биохимические показатели: уровень азота, жира, гликогена, СДГ и РНК; сила семей перед главным медосбором, количество Str. Faseium, этологические (летная активность, нагрузка медового зобика) характеристики пчелиных семей; медовая и восковая продуктивность семей
1-я опытная	130°	Очищенная винной кислотой + осветленная перекисью водорода + янтарная кислота		
2-я опытная	110°	Без очистки и осветления		
3-я опытная	110°	Очищенная винной кислотой + осветленная перекисью водорода + янтарная кислота		

Примечание. * Сахарный сироп 50 % концентрации (1 кг сахарного песка разводили в 1 л кипяченной воды, остуженной до 80°C).

Таблица 2.2

Схема второй серии опытов с разными стимулирующими подкормками

Группа	α угол ячейки в выпускаемой вошине	Варианты обработки воскового сырья	Вид подкормки, доза и / кратность	Изучаемые показатели
Контроль	130°	Без очистки и осветления	Сахарный сироп 50 % концентрации (1 кг сахарного песка разводили в 1 л кипячённой воды, остуженной до 80°), по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки	Количество отстроенных сотов из вошины; яйценоскость маток, динамика печатного расплода; биохимические показатели: уровень СДГ и АТФ-азы миокина у пчел-кормилиц и сборщиц нектара; сила семей перед главным медосбором; количество Str. Faseium;
Опытная 1	110°			
Опытная 2	130°	очищенная винной кислотой + осветленная перекисью водорода + янтарная кислота	Сахарный сироп 50 % концентрации (1 кг сахарного песка разводили в 1 л кипячённой воды, остуженной до 80°) + янтарная кислота по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки (далее А)	этологические (летная активность, нагрузка медового зобика) характеристики пчелиных семей; медовая и восковая продуктивность семей
Опытная 3	110°			
Опытная 4	110°		А+ стимовит по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки	
Опытная 5	110°		А + пчелодар по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки	
Опытная 6	110°		А + Овогид по 300 мл через сутки 15 раз используя потолочные кормушки	

В соответствии с общими схемами исследований пчелиная семья представляет собой сверхорганизменную биологическую систему, в которой отдельные процессы взаимно обусловлены. Состояние матки влияет на объем яйцекладки, объем яйцекладки определяет потребность в кормлении личинок, кормление личинок зависит от физиологического состояния пчел-кормилиц, а качество рабочих пчел в дальнейшем определяет летную активность, сбор нектара, строительную деятельность и продуктивность. Воск и соты в этой системе выполняют роль не только строительного материала, но и пространственно-химической среды, через которую реализуются процессы

воспроизводства семьи.

При этом следует подчеркнуть, что сот является местом контакта нескольких биологических процессов: личиночного развития, хранения кормов, терморегуляции, передвижения рабочих особей и обмена сигналами внутри гнезда. Поэтому изменение качества воска, из которого изготовлена вошина, потенциально может отражаться на ряде последующих показателей. В экспериментальном отношении это означает, что оценка эффективности очистки воска не должна ограничиваться цветом, запахом, просвечиваемостью или физико-химическими характеристиками. Такие показатели важны, но они являются лишь первым уровнем оценки. Для диссертационной работы принципиально значимым является второй уровень - биологический ответ семьи на использование вошины и сотов, изготовленных из воска различного качества.

В рассматриваемом исследовании эта идея реализуется через сопоставление нескольких групп показателей. Сначала задаются технологические различия: угол основания ячейки, способ обработки воскового сырья и состав подкормки. Затем оцениваются показатели воспроизводства и роста семьи: яйценоскость маток, динамика печатного расплода, уровень личиночного молочка, состояние глоточных желез, масса личинок и рабочих пчел. После этого анализируются внутренние физиологические механизмы: содержание азота, жира, гликогена, РНК, активность сукцинатдегидрогеназы и ферментов грудных мышц. Завершающий уровень составляют поведенческие и хозяйственные признаки: летная активность, нагрузка медового зобика, строительство сотов, продукция и экономические показатели.

Такое построение позволяет рассматривать результаты не как простое сравнение опытных и контрольных групп, а как проверку последовательной гипотезы: улучшение качества воскового сырья и изменение параметров вошины должны проявляться сначала в условиях гнезда, затем в развитии расплода и физиологическом состоянии рабочих пчел, далее - в поведении

семьи и в продуктивности. Чем более согласованно изменяются показатели на разных уровнях, что представлено в таблицах 2.3 и 2.4, тем выше доказательная сила эксперимента.

Таблица 2.3

Теоретическая модель связи технологических факторов с биологическим ответом пчелиной семьи

Уровень системы	Что изменяется в опыте	Предполагаемый биологический смысл	Показатели последующей оценки
Технологический уровень	Качество воска, способ очистки и осветления, угол основания ячейки, состав подкормки.	Формируется исходная гнездовая среда, с которой контактируют пчелы и расплод.	Схема групп, способы обработки, типы подкормки.
Репродуктивный уровень	Условия для яйцекладки матки и выращивания расплода.	Проявляется способность семьи расширять гнездо и поддерживать весенне-летнее развитие.	Яйценоскость маток, печатный расплод.
Трофический уровень	Обеспечение личинок кормом и активность пчел-кормилиц.	Оценивается качество кормления расплода и функциональное состояние глоточных желез.	Личиночное молочко, состояние глоточных желез.
Морфофизиологический уровень	Рост личинок и формирование рабочих пчел.	Отражается качество выращиваемого поколения и потенциальная работоспособность семьи.	Масса трехсуточных личинок, масса суточных рабочих пчел.
Биохимический уровень	Белковый, энергетический и ферментативный статус рабочих пчел.	Выявляются внутренние механизмы различий между группами.	Азот, жир, гликоген, РНК, СДГ, АТФ-аза миозина.
Этологический и хозяйственный уровень	Поведение рабочих пчел и использование медосбора.	Проверяется практическая реализация биологического преимущества.	Летная активность, медовый зобик, отстройка сотов, мед, воск, медовые единицы, рентабельность.

Еще одним важным фактором исследования является угол основания ячейки выпускаемой воцины. В опытной схеме сравниваются варианты с углом 130° и 110°. Теоретическое значение этого фактора состоит в том, что геометрия зачатков ячеек задает пространственный шаблон будущего сота. Пчелы строят соты на основе листов воцины, имеющих тиснение (гравировку) в виде донышек будущих ячеек; следовательно, исходная

геометрическая матрица определяет тип ячеек и структурные параметры сота — в том числе форму донышек, восприятие пчелами вошины и организацию гнездового пространства как единого целого, в котором протекает жизнедеятельность пчелиной семьи.

Таблица 2.4

Качество воска как многоуровневый фактор исследования

Группа признаков	Что характеризует	Методическое значение	Ожидаемое отражение в результатах
Органолептические признаки	Цвет, запах, структура, просвечиваемость.	Позволяют предварительно оценить чистоту, степень старения и пригодность воска для переработки.	Опосредованно связаны с приемом вошины и строительной активностью.
Физико-химические признаки	Кислотное число, эфирное число, йодное число, температура плавления, доля влаги и примесей.	Характеризуют стабильность восковой матрицы и соответствие нормативным требованиям.	Создают основу для сравнения неочищенного и обработанного сырья.
Компонентный состав	Свободные жирные кислоты, сложные эфиры, восковые спирты, углеводороды, пигменты, пыльца, минералы.	Позволяет объяснять, почему воск разной кратности использования может по-разному влиять на пчел.	Связывается с качеством вошины и биологическими показателями семей.
Санитарно-гигиеническое состояние	Наличие загрязнителей, остаточных веществ и микробиологических рисков.	Обосновывает необходимость очистки, осветления и технологического контроля.	Может проявляться через расплод, массу пчел, летную активность и продуктивность.
Гнездовая пригодность	Реальная способность воска быть основой для сот, принимаемых пчелами.	Является итоговой оценкой качества воска в аспекте пчеловодства..	Проверяется через отстройку рамок, яйценоскость, расплод и продукцию.

С методологической точки зрения угол наклона ячейки не следует рассматривать как изолированный инженерный параметр. Его значимость проявляется лишь через биологическую реакцию пчелиной семьи, а именно:

- 1) скоростью начала побелки сотов;
- 2) количеством отстроенных рамок из листов наващенной вошины;

- 3) пригодностью ячеек для онтогенетического роста и развития расплода,
- 4) физиологическим состоянием личинок и рабочих пчел.

Следовательно, сравнение углов дна ячейки 130° и 110° в ходе экспериментов имеет смысл только при одновременной оценке показателей воспроизводства, физиологического состояния и продуктивности.

Геометрия сотов может влиять на микросреду ячейки через пространственное расположение расплода, плотность засева, архитектуру восковой постройки и удобство выполнения пчелами-кормилицами инстинкта выкармливания личинок. Даже без прямых измерений микроклимата внутри ячейки к косвенным показателям соответствия геометрии сотов оптимальным условиям относятся масса личинок (выраженная в мг), уровень обеспеченности их кормом (содержание личиночного молочка в ячейках с 3-х суточными личинками), состояние глоточных желез (степень развитости определяемое в баллах), плодовитость матки и объем запечатанного расплода (общий план такого подхода представлен в таблицах 2.1 и 2.2). Если изменение угла наклона ячеек сопровождается устойчивым улучшением этих показателей, такой результат можно рассматривать как биологически значимую реакцию пчелиной семьи на геометрию вошины. Роль изложенных факторов, в обобщенном виде представлена как экспериментальная схема в таблице 2.5.

Важным методологическим требованием является необходимость разграничения влияния геометрических параметров и эффекта очистки воска. В связи с этим первая серия экспериментов включала группы, позволяющие провести следующие сопоставления: 130° без очистки, 130° с обработкой, 110° без очистки и 110° с обработкой. Хотя такая структура не представляет собой полный факторный план в строгом статистическом смысле, она позволяет систематически исследовать как индивидуальное, так и совместное влияние двух факторов: геометрического и технологического.

Таблица 2.5

Роль факторов, позволяющих оценить реакцию пчелиной семьи на геометрию устанавливаемой вошины

Фактор	Уровни или варианты	Что позволяет проверить	Какие таблицы практического блока имеют ключевое значение
Угол основания ячейки	130° и 110°.	Оказывает ли геометрия вошины влияние на развитие, поведение и продуктивность семьи.	Схемы опыта, яйценоскость, расплод, масса личинок, летная активность, строительство сотов, продукция.
Качество и обработка воска	Без очистки; очистка винной кислотой, осветление перекисью водорода, использование янтарной кислоты.	Улучшает ли технологическая обработка гнездовую пригодность воска.	Все таблицы, где сопоставляются контрольные и опытные группы.
Стимулирующая подкормка	Сахарный сироп; сироп с янтарной кислотой; комбинации с препаратами.	Усиливается ли биологический эффект при добавлении метаболически-ориентированных подкормок.	Вторая серия: яйценоскость, расплод, биологические показатели, летная активность, строительство, продукция, экономика.
Тип медосбора	Поддерживающий и главный.	Сохраняется ли преимущество опытных групп при разных функциональных нагрузках на семью.	Летная активность, медовый зобик, продуктивность.
Исходное выравнивание семей	Сходная сила, расплод, возраст маток и кормовые запасы.	Снижает риск объяснения различий начальными неодинаковыми условиями.	Схемы исследования и последующее сравнение динамики показателей.

Методологическая значимость второй серии экспериментов заключается в расширении и дополнении результатов, полученных в ходе первой серии.

Если первая серия экспериментов позволяет оценить влияние угла наклона дна ячейки и способа обработки воска, то вторая посвящена изучению реакции пчелиных семей на дополнительные стимулирующие подкормки. Таким образом, исследование выходит за рамки оценки отдельных технических факторов, позволяя судить об их совокупной эффективности в

сочетании с методами стимулирования развития пчелиных семей.

Такой подход сводит к минимуму влияние неравномерной обеспеченности кормом, благодаря чему различия между группами можно связать именно с применяемыми техническими приемами, а не с разницей в объемах потребленного сиропа.

При добавлении в сироп янтарной кислоты или других препаратов состав подкормки меняется, однако основной режим кормления остается прежним (базовым). При анализе необходимо также учитывать сезонную динамику. Весной и в начале лета пчелиные семьи проходят через этапы роста, подготовки к продуктивному медосбору и последующего изменения характера своей деятельности. Следовательно, сравнение опытных групп с контрольной в какой-то один момент времени, хотя и полезно, является недостаточным; необходимо также изучать динамику показателей на протяжении различных дат наблюдения. В связи с этим в практической части анализируются такие параметры, как интенсивность яйцекладки, состояние расплода, физиологическое состояние желез, летная активность и наполненность медового зобика, зафиксированные в ходе ряда последовательных измерений (табл. 2.6).

При интерпретации результатов необходимо также учитывать особенности схемы эксперимента. Эффекты, наблюдаемые в группах, получавших препараты «Стимовит», «Пчелодар» и «Овогид», нельзя приписывать исключительно действию самих препаратов, поскольку их применение происходило на фоне заранее заданных условий, определяемых конкретными параметрами вошины и характеристиками воскового сырья. В связи с этим результаты целесообразно рассматривать как показатели сравнительной эффективности различных вариантов стимулирующих подкормок в условиях использования данной вошины и переработанного воскового сырья. С учетом выше изложенного был проведен биохимический анализ грудных летных мышц (торакальные мышцы) для оценки физиологического состояния пчел.

Таблица 2.6

Методическое сопровождение и обеспечение сопоставимости эксперимента на фоне применения стимулирующих подкормок пчелиных семей

Принцип	Содержание принципа	Значение для достоверности интерпретации
Наличие контроля	Сравнение опытных вариантов с группой без очистки и осветления воска при базовой подкормке.	Позволяет определить направление и величину отклонения опытных групп от обычного технологического варианта.
Выравнивание семей	Семьи подбираются по силе, расплоду, возрасту маток и кормовым запасам.	Снижает влияние исходной неоднородности биологических объектов.
Единый режим базовой подкормки	Использование одинаковой концентрации, дозы, кратности и способа выдачи сахарного сиропа.	Позволяет отличать эффект состава подкормки от эффекта количества корма.
Повторные сроки учета	Фиксация показателей в разные даты весенне-летнего периода.	Позволяет оценивать не случайное значение, а динамику развития семьи.
Многоуровневая система показателей	Одновременный учет репродуктивных, физиологических, этологических и продукционных признаков.	Повышает доказательность вывода при согласованном изменении показателей.
Сохранение исходных таблиц	Числовые данные фиксируются в тексте без замены и произвольного исправления.	Обеспечивает проверяемость анализа и отделяет интерпретацию от корректировки первичных данных.

Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ; КФ 1.3.5.1 - представляет собой гетеротетрамерный ферментативный комплекс, который участвующий в цикле Кребса) определяли спектрофотометрически по скорости восстановления соли тетразолия, регистрируя изменения оптической плотности реакционной смеси. Содержание рибонуклеиновой кислоты (РНК) оценивали спектрофотометрически после предварительной экстракции РНК и гидролиза клеток, измеряя поглощение при длине волны 260 нм. Общее содержание азота определяли методом Кьельдаля с последующим титрованием отгоняемого аммиака. Содержание липидов (жиров) определяли количественно методом экстракции органическими растворителями с последующим гравиметрическим взвешиванием липидной фракции. Уровень гликогена определяли путем щелочного гидролиза с последующим

осаждением белков и колориметрическим измерением количества образовавшейся глюкозы. Активность миозиновой аденозинтрифосфатазы (АТФазы) оценивали по скорости гидролиза АТФ в присутствии ионов кальция или магния, количественно определяя высвобождающийся неорганический фосфор колориметрическим методом.

Санитарное состояние вошины и пчелиных семей оценивали путем выявления бактерии-индикатора *Streptococcus faecalis*. Для этого проводили посев смывов с поверхности сотов на селективные питательные среды с последующим подсчетом колониеобразующих единиц (lgКОЕ/г). Летную активность пчел регистрировали с помощью счетчиков на летках ульев, фиксируя количество возвращающихся пчел за определенный промежуток времени (в течение 3-х мин.). Массу принесенного нектара (нагрузку медового зобика) определяли путем взвешивания 10 шт. возвращающихся пчел с фуражировки, рассчитывая среднюю массу на пчелу.

Индекс строительной активности рассчитывался как отношение площади сотов, отстроенных на предоставленной вошине, к общему числу рамок с листами вошины, умноженное на 100%.

Янтарная кислота — это природный метаболит, участвующий в цикле Кребса; она действует как мощный антиоксидант и стимулятор клеточного дыхания. Активизируя обменные процессы, она повышает энергетический потенциал клеток, укрепляет иммунитет, стимулирует функцию яичников и репродуктивную функцию матки, а также способствует более интенсивному выращиванию расплода пчелиными семьями. Ее добавляют в 50%-ный сахарный сироп в концентрации от 0,02% до 0,1%, что соответствует примерно 0,2–1,0 г на литр сиропа.

«Стимовит» — белковая кормовая добавка, содержит незаменимые аминокислоты, витамины, а также микро- и макроэлементы. Препарат укрепляет иммунитет пчел, предотвращает развитие вторичных инфекций, вызванных инфекционными и паразитарными возбудителями, а также стимулирует рост и развитие пчелиных семей в периоды наращивания их численности. Для

приготовления подкормки препарат растворяли в теплом (35–40 °С) 50%-ном сахарном сиропе из расчета 5 г «Стимовита» на 0,5 л сиропа (что соответствует 10 г на литр).

«Пчелодар» —препарат активными компонентами которого являются кобальт, сахара и витаминный комплекс. Оказывает стимулирующее действие на рост, развитие и продуктивность пчел, повышает их устойчивость к неблагоприятным внешним условиям и активизирует клеточный метаболизм, в частности белковый обмен. Его применяют для профилактики нозематоза и гнильцовых заболеваний. «Пчелодар» растворяли в теплом 50%-ном сахарном сиропе из расчета 2 г на литр.

«Овогид» —содержит гидролизованные яичные белки, аминокислоты, включая низкомолекулярные пептиды и микроэлементы. Препарат влияет на обмен веществ у пчел, стимулирует развитие семей, повышает их продуктивность. Особенно эффективен для стимуляции яйцекладки маток и улучшения качества личиночного маточного молочка. Реализуемый сухой препарат «Овогид» добавляют в 50%-ный сахарный сироп из расчета 3–4 г на литр сиропа. Все биологически активные добавки вносили в сахарный сироп, предварительно нагретый до 35–40°С, что обеспечивало полное растворение компонентов с сохранением их биологической активности. Затем полученный корм скармливали используя потолочные кормушки небольшими дозами пчелиным семьям в соответствии с утвержденной схемой эксперимента.

Репродуктивное состояние пчелиной семьи оценивается прежде всего по яйценоскости матки и количеству печатного расплода. Эти показатели являются базовыми, поскольку именно они отражают способность семьи к увеличению численности. При этом яйценоскость матки не является только характеристикой самой матки. В условиях пчелиной семьи она зависит от силы семьи, наличия молодых пчел-кормилиц, кормового обеспечения, температурного режима гнезда, качества ячеек и общего состояния семьи.

Методический подход, использующий учет печатного расплода рамкой-сеткой, позволяет перевести визуальную оценку площади расплода в

расчетный показатель среднесуточной яйценоскости. В расчетной формуле учитывается количество квадратов с печатным расплодом, число ячеек в квадрате и продолжительность развития рабочей особи в запечатанном состоянии.

Запечатанный расплод — это показатель, который одновременно отражает интенсивность яйцекладки матки и способность пчелиной семьи доводить развитие личинок до стадии запечатывания. Следовательно, он служит более комплексным критерием, чем расчетный показатель яйцекладки. Если интенсивность яйцекладки возрастает, а количество запечатанного расплода остается прежним, это может указывать на проблемы с кормлением, уходом за личинками или санитарным состоянием гнезда. Если же оба показателя изменяются согласованно, это свидетельствует о более стабильных результатах воспроизводства при использовании тестируемого метода пчеловодения. В рассматриваемой схеме эксперимента показатели воспроизводства имеют ключевое значение.

Они находятся в начале причинно-следственной цепи, поскольку увеличение количества расплода должно впоследствии привести к изменениям силы семьи, возрастной структуры рабочих пчел, летной активности и продуктивности.

Поэтому в практической главе данные яйценоскости и печатного расплода интерпретируются не как самостоятельные таблицы, а как исходное звено всего комплекса последующих результатов.

Формула 2.1 – Расчет среднесуточной яйценоскости матки по площади печатного расплода: $M_{cp} = (n \times 100) / 12$

где M_{cp} - среднесуточная яйценоскость матки, яиц в сутки; n - количество квадратов с печатным расплодом; 100 - число ячеек в одном квадрате рамки-сетки; 12 - продолжительность развития рабочей пчелы в запечатанном состоянии, суток.

Для объяснения репродуктивных результатов недостаточно учитывать только количество яиц и расплода. Необходимо оценить, насколько

функционально активны пчелы-кормилицы. Поэтому в систему опыта включены уровень личиночного молочка и состояние глоточных желез. Эти показатели имеют трофическое значение, так как личиночное молочко является непосредственным кормовым фактором раннего развития личинок, а глоточные железы рабочих пчел связаны с его секрецией.

При анализе уровня личиночного молочка важно учитывать, что этот показатель отражает не только количество корма в отдельной ячейке. Он характеризует способность семьи обеспечить растущий расплод питательными веществами. Если опытные группы демонстрируют более высокий уровень личиночного молочка, это может объяснять увеличение массы личинок и последующее формирование более полноценных рабочих пчел. Здесь определение данного показателя проводили, используя меченные соты с трех суточными личинками. Из ячеек сотов удаляли личинок по 50 шт. их взвешивали получали среднее значение. После этого, ватными тампонами выбирали личиночное молочко из 10 ячеек взвешивали палочки до и после забирая личиночное молочко определяли среднее значение. При определении массы суточных рабочих пчел, сот со зрелым расплодом помещали в изолятор и ставили в инкубатор. С началом массового выхода пчел определяли их живую массу взвешивая на торсионных весах. Поэтому в практическом блоке данный показатель связывали с таблицами массы трехсуточных личинок и массой суточных рабочих пчел.

Состояние глоточных желез является функциональным индикатором пчел-кормилиц. Развитые железы свидетельствуют о большей способности молодых рабочих пчел выполнять кормовую функцию. В теоретической модели это звено соединяет гнездовую среду, кормовой режим и выращивание расплода. Если улучшение условий воицины и подкормки сопровождается лучшим состоянием глоточных желез, то становится более убедительным объяснение роста расплода через улучшение трофической обеспеченности.

Масса трехсуточных личинок и масса суточных рабочих пчел являются морфофизиологическими итогами раннего развития. Масса личинки более

чувствительна к условиям кормления и качеству ухода в первые дни развития. Масса суточной рабочей пчелы отражает результат более длительного периода развития, включая условия личиночной стадии и завершение метаморфоза. Поэтому эти показатели позволяют оценить, переходит ли улучшение кормовой ситуации в реальное качество выращиваемого поколения. Смысловое значение трофических, морфофизиологических и биохимических показателей, представлены в таблицах 2.7 и 2.8.

Биохимические показатели включены в исследование для того, чтобы перейти от внешнего описания семьи к объяснению внутренних механизмов ее состояния. В логике исследования они занимают промежуточное положение между морфофизиологическими признаками и этологическими показателями.

Если в опытных группах увеличиваются масса личинок, масса рабочих пчел, летная активность и продуктивность, то необходимо установить, сопровождается ли это изменением белкового, энергетического и ферментативного статуса пчел, степени развитости глоточных желез.

Таблица 2.7

Смысл трофических и морфофизиологических показателей в эксперименте

Показатель	Биологическое содержание	Методическая роль	Как используется при обсуждении результатов
Личиночное молочко	Кормовая обеспеченность личинок и активность пчел-кормилиц.	Показывает, получает ли расплод достаточный трофический ресурс.	Сопоставляется с расплодом, массой личинок и состоянием глоточных желез.
Состояние глоточных желез	Функциональная активность пчел-кормилиц.	Объясняет различия в кормлении личинок между группами.	Связывается с уровнем молочка и качеством выращиваемого поколения.
Масса трехсуточных личинок	Ранний интегральный показатель роста расплода.	Чувствительна к условиям кормления и микросреде ячейки.	Используется для оценки биологического качества расплода.
Масса суточных рабочих пчел	Итог развития особи к моменту выхода из ячейки.	Показывает, реализуется ли улучшение условий в качестве взрослых пчел.	Связывается с дальнейшей летной активностью и продуктивностью.

Таблица 2.8

Биохимические показатели как механизм объяснения продуктивности

Показатель	Физиологическое значение	Связь с функциями пчелиной семьи	Ожидаемая связь с практическими результатами
Азот	Белковая обеспеченность и пластический обмен.	Развитие тканей, железистого аппарата, ферментных систем.	Согласуется с массой пчел, состоянием глоточных желез и выращиванием расплода.
Жир	Энергетический и пластический резерв.	Поддержание жизнеспособности и устойчивости рабочих пчел.	Может быть связан с продолжительностью активной работы и продуктивностью.
Гликоген	Быстро доступный углеводный резерв.	Обеспечение полета, терморегуляции и строительной активности.	Сопоставляется с летной активностью и нагрузкой медового зобика.
РНК	Интенсивность синтетических процессов.	Рост, обновление тканей, функциональная активность организма.	Дополняет оценку общего физиологического состояния рабочих пчел.
СДГ	Активность энергетического обмена.	Митохондриальное обеспечение работы тканей.	Связывается с работоспособностью и активностью грудных мышц.
АТФ-аза миозина	Ферментативная характеристика мышечной работы.	Непосредственно связана с сокращением грудных мышц и полетом.	Методически соединяет биохимию с летной активностью и медосбором.

Состояние глоточных желез оценивалось по методике Гесса и также имело свою шкалу баллов [122]:

- 1 балл: главный и боковые каналы хорошо видны, железистые альвеолы недоразвиты, неправильной формы, прозрачные, часто образуют пузыри;

- 2 балла: главный и боковые каналы видны слабее, альвеолы неправильной формы с отчётливо видимыми промежутками, прозрачные;

- 3 балла: главный канал виден, а боковые каналы большей частью закрыты набухшими альвеолами. Альвеолы относительно прозрачны, расположены с промежутками друг от друга;

- 4 балла: главный и боковой каналы совершенно закрыты, между

альвеолами не видно никаких промежутков, они достигли максимального развития.

Для учёта лётной активности рабочих пчёл и пыльцевой нагрузки применялся следующий подход. Лётная активность рабочих пчёл определялась как количество пчёл, прилетевших и вылетевших за определённый период. Для этого выделяли 2-3 улья разных номеров в определённое время, обычно в утренние часы. Лётную активность регистрировали по числу прилетевших пчёл в течение 3 минут в разные часы дня, например, в 10, 12 и 14 часов.

Для определения валового сбора меда взвешивали откачанный и оставленный в гнезде мёд. Массу медового зобика с содержимым измеряли путём препарирования и взвешивания на торсионных весах ВТ-500.

Летная активность пчел фиксировалась с помощью видеокамеры. Видеозаписи снабжались временными метками и впоследствии анализировались в замедленном режиме на мониторе компьютера.

Уровень азота в организме пчел служит показателем протеинового обеспечения (или белкового статуса) и интенсивности пластического обмена. Это имеет решающее значение для развития железистой системы, синтеза ферментов, формирования тканей и общей жизнеспособности рабочих пчел.

Содержание жира и гликогена отражает энергетические резервы и емкость запасающих структур организма и жирового тела. Накопление жира в жировом теле связано с поддержанием физиологического гомеостаза, тогда как гликоген служит легкодоступным источником углеводов. Эти показатели важны для рабочих пчел, выполняющих энергозатратные функции, такие как терморегуляция, выкармливание расплода, строительство сотов и полет.

РНК служит индикатором синтетической активности клеток и процессов синтеза белка; поэтому ее уровень может использоваться как косвенный показатель интенсивности метаболизма и развития тканей.

Сукцинатдегидрогеназа — это фермент, участвующий в энергетическом обмене, а активность ферментов в грудных мышцах напрямую связана с

летней активностью. Поэтому включение показателей активности СДГ и миозиновой АТФазы в программу исследований позволяет сопоставить физиологическое состояние пчел с их поведением в периоды поддерживающего и продуктивного медосбора.

С методологической точки зрения, биохимические показатели не следует рассматривать изолированно. Например, само по себе повышение активности СДГ не представляет практической ценности. Его научная значимость проявляется лишь в том случае, если оно коррелирует с возросшей летной активностью, степенью наполнения медового зобика и увеличением продуктивности (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Показатели опыта и их функциональное значение в эксперименте

Показатель	Что измеряет	Почему не может оцениваться изолированно	С каким предшествующим блоком связан
Летная активность	Количество рабочих пчел, вылетающих или возвращающихся за фиксированное время.	Зависит от силы семьи, возраста пчел, медосбора и физиологического состояния.	Сила семьи, СДГ, АТФ-аза, гликоген, масса рабочих пчел.
Масса медового зобика	Индивидуальную нектарную нагрузку пчел-сборщиц.	Высокая численность летных пчел без достаточной нагрузки не гарантирует высокий медосбор.	Летная активность и функциональное состояние сборщиц.
Строительство сотов	Принятие воцины и реализацию строительного инстинкта.	Зависит от качества воска, силы семьи, кормления и потребности в расширении гнезда.	Качество воска, геометрия ячейки, молодые пчелы, кормовой режим.
Товарный мед и воск	Основной хозяйственный результат.	Формируются как итог множества биологических и внешних факторов.	Расплод, сила семьи, летная активность, медовый зобик, строительство.
Медовые единицы	Сводную продуктивную оценку разных видов продукции.	Требуют понимания структуры продукции, а не только одной позиции меда.	Все производственные показатели.
Рентабельность	Экономическую оправданность технологии.	Может быть корректно объяснена только через производственный и биологический результат.	Медовые единицы, затраты, стоимость продукции, прибыль.

Таким образом, рассмотренные выше факторы позволяют сформулировать концепцию настоящего исследования, состоящую из:

- 1) очистки и осветления воска;
- 2) производство вошины с определенной геометрией ячеек;
- 3) применения стимулирующих подкормок рассматриваемого как элементы управления качеством внутриульевого среды.

Для расширения гнезд пчелиных семей в ходе экспериментов использовали рамки с вошиной, изготовленной на линии «Маргарита-1», установленной в лаборатории по переработке воска учебно-опытной пасеки РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Полученные данные подвергли статистической обработке с применением методов вариационной статистики. Для проверки достоверности результатов использовали t-критерий Стьюдента и уровни значимости (P). Уровни значимости указывались в таблицах и тексте следующим образом: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Биологические особенности пчелиных семей типа «Московский» карпатской породы при содержании на сотах, отстроенных из восковой вошины, очищенного разными способами

3.1.1 Гнездостроительная активность пчелиных семей с использованием традиционной и инновационной вошины с добавлением янтарной кислоты на фоне стимулирующей подкормки

Изучение инстинкта строительства сотов с использованием параметров вошины, архитектурно приближенных к естественным, является фундаментальной задачей современной апифизиологии и биотехнологии пчеловодства. Медоносная пчела — продукт миллионов лет эволюции, и ее строительный инстинкт тонко настроен на создание ячеек, обладающих специфической, математически точной геометрией. В естественной среде обитания, например, в дуплах деревьев, дно пчелиной ячейки представляет собой трехгранный угол, образованный тремя ромбами, сходящимися под углом около $109,5^\circ$ (в прикладных исследованиях это значение часто округляют до 110°). Это обеспечивает максимальную конструктивную прочность при минимальном расходе строительного материала, создает идеальный микроклимат для терморегуляции гнезда и предоставляет личинке оптимальное пространство для полноценного морфофизиологического развития. При работе пчел с материалом, воспроизводящим природную архитектуру, снижаются энергозатраты на строительство, оптимизируется использование внутреннего объема улья и улучшаются условия питания для выращивания расплода.

Анализ данных о сотостроительной активности пчел (представленных в таблице 3.1) с использованием традиционных и инновационных листов восковой вошины показал, что в контрольной группе — где применялся неочищенный и неотбеленный воск-сырец без добавления янтарной кислоты — сохранялся выраженный «промышленный» или «технический» запах воска, обусловленный окислением липидов и содержанием низкомолекулярных альдегидов и кетонов.

Таблица 3.1

Влияние на отстройку сотов пчелиными семьями способов подготовки воскового сырья, α угла дна ячейки и стимулирующей подкормки с янтарной кислотой в весенне-летний период, шт.

Группа	α угол во- щины	Вид подкормки	Отстроено сотов из 20 рамок с вощиной	
			$X \pm S_x$	$S_v, \%$
Контрольная	130°	Сахарный сироп (А)	6,7 $\pm$ 0,25	11,66
1-я опытная	130°	А + янтарная кислота	12,10 $\pm$ 0,30***	7,80
2-я опытная	110°	А	15,2 $\pm$ 0,37***	7,67
3-я опытная	110°	А + янтарная кислота	19,80 $\pm$ 0,13***	2,02

Примечание. В таблицах здесь и далее по разделам диссертационной работы
* - $P \geq 0,95$; ** - $P \geq 0,99$; *** - $P \geq 0,999$ по сравнению с 1-й контрольной группой.

В этих условиях, при угле наклона дна ячейки 130° и кормлении исключительно сахарным сиропом, пчелиные семьи отстроили в среднем $6,7 \pm 0,25$ сота из 20 возможных, что свидетельствует о низкой степени принятия пчелами данной вощины (таблица 3.1).

В первой опытной группе воск был очищен винной кислотой, осветлен перекисью водорода и дополнительно содержал янтарную кислоту, снижающую посторонний «технический» запах. При аналогичном угле наклона дна ячейки (130°) и использовании добавки с янтарной кислотой количество отстроенных сотов возросло до $12,1 \pm 0,30$, что в 1,8 раза превышало показатель контрольной группы. Это свидетельствует о том, что устранение постороннего запаха воска в сочетании со стимуляцией обменных процессов у пчел способствовало лучшему принятию вощины и ее отстройке в соты.

Во второй опытной группе сохранялся технический запах воска, так как сырье не подвергалось очистке и не содержало янтарной кислоты; однако уменьшение угла наклона дна ячейки до 110°, что соответствует природному образцу, способствовало повышению строительной активности рабочих пчел.

В результате было отстроено $15,2 \pm 0,37$ сота — в 2,3 раза больше, чем в контрольной группе. Это подчеркивает важную роль геометрии ячеек, даже

когда воск обладает менее благоприятными органолептическими свойствами.

Наиболее выраженный и благоприятный эффект наблюдался в третьей опытной группе, где сочетались очищенный и отбеленный воск (с добавлением янтарной кислоты для минимизации «промышленного» запаха), острый угол основания ячейки (110°) и стимулирующая добавка на основе янтарной кислоты. В таких условиях пчелиные семьи отстроили в среднем $19,8 \pm 0,13$ листа вошины в соты, что почти в три раза превышает показатель контрольной группы.

Таким образом, вошина с углом наклона ячеек 130° стало не биологической нормой, а вынужденным инженерным компромиссом, обусловленным ограничениями оборудования и экономическими соображениями. Природная геометрия была фактически принесена в жертву ради промышленной эффективности. Отступление от естественных параметров сотов в пользу упрощенных производственных решений вынуждало пчел тратить дополнительную энергию на переделку предоставленной вошины (служившей средостением сота) — процесс, который в условиях хронического стресса и болезней мог негативно сказаться на их иммунитете.

В этом контексте возвращение к изучению и внедрению архитектуры природных сотов — для которой характерен угол наклона граней донышка ячейки в 110° — представляет собой не просто дань уважения природе, а необходимый научный шаг на пути перехода от утилитарной эксплуатации насекомых к сфере точной биологической науки, где технологические процессы гармонично дополняют и усиливают естественные инстинкты пчел, обеспечивая тем самым устойчивую продуктивность и здоровье пасек.

С другой стороны, введение янтарной кислоты в исходное восковое сырье оказалось эффективным, позволив уменьшить «промышленный» запах листов вошины; в сочетании с очисткой и отбеливанием воска это улучшило их принятие пчелами и — наряду со стимулирующей подкормкой — обеспечило максимальную интенсивность и стабильность отстройки сотов по сравнению с контрольной группой.

3.1.2. Воспроизводительные показатели пчелиных семей

(первая серия опытов)

Оценка репродуктивной активности пчелиных маток обуславливает общую силу и жизнеспособность семьи. Сила семьи служит основой для всех хозяйственно важных функций как внутри улья, так и вне его, включая терморегуляцию гнезда, выращивание качественного расплода и эффективный сбор нектара.

Таким образом, интенсивность яйцекладки маток служит наиболее чувствительным и интегральным показателем для объективной оценки того, как изменения условий в улье — будь то качество воска, геометрия ячеек или состав кормовых добавок — влияют на физиологическое состояние и общий продуктивный потенциал пчелиной семьи в весенне-летний период.

Результаты, касающиеся интенсивности яйцекладки маток в различных опытных группах, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Яйценоскость пчелиных маток в весенне-летний период, шт./яиц ($X \pm Sx / Cv\%$)

Дата учета	Контрольная (130°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 1 (130°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 2 (110°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 3 (110°), $X \pm Sx / Cv$
2 IV	1344,0 $\pm$ 9,04/1,50	1575,2 $\pm$ 5,36/0,76	1379,0 $\pm$ 4,65/0,75	1589,8 $\pm$ 7,85/1,10
		***	*	***
14 IV	1554,0 $\pm$ 11,59/1,66	1701,6 $\pm$ 23,05/3,02	1642,0 $\pm$ 7,85/1,07	1819,4 $\pm$ 10,85/1,33
		***	**	***
26 IV	1717,0 $\pm$ 10,03/1,30	1915,6 $\pm$ 18,31/2,13	1832,4 $\pm$ 11,78/1,43	2004,2 $\pm$ 5,02/0,56
8 V	1814,2 $\pm$ 19,04/2,34	1991,4 $\pm$ 14,29/1,60	1904,0 $\pm$ 11,28/1,32	2036,8 $\pm$ 5,15/0,55
		***	**	***
20 V	1831,2 $\pm$ 13,28/1,62	1975,0 $\pm$ 8,59/0,97	1925,6 $\pm$ 10,94/1,27	2056,6 $\pm$ 8,17/0,89
		***	**	***
2 VI	1003,2 $\pm$ 9,32/2,07	1101,4 $\pm$ 20,13/4,06	1050,0 $\pm$ 12,50/2,66	1121,8 $\pm$ 9,57/1,90
		***	**	***
14 VI	933,0 $\pm$ 23,80/5,69	1010,2 $\pm$ 22,99/5,07	982,6 $\pm$ 16,46/3,73	1034,0 $\pm$ 15,85/3,42
		**	*	***

Анализ численных показателей воспроизводства пчелиных семей в данной серии экспериментов выявил существенные и статистически обоснованные преимущества опытных семей над контрольной группой. Динамика яйценоскости маток в весенне-летний период наглядно показывает положительный эффект как от изменения геометрических параметров вошины, так и от комплексной технологической обработки воскового сырья.

Уже на первом этапе учета, 2 апреля, семьи 1-й опытной группы, получавшие традиционную вошину с углом ячейки 130° , но изготовленную из очищенного воска с добавлением янтарной кислоты, превысили контрольный показатель на 231,2 яйца в сутки. Это составило 117,2% от уровня контроля (увеличение в 1,17 раза). 3-я опытная группа, в которой сочетались инновационный угол ячейки 110° и полная очистка воска, показала лучший стартовый результат, превысив контроль на 245,8 яйца (118,2%, или увеличение в 1,18 раза). 2-я опытная группа (воск без дополнительной очистки, угол 110°) также превзошла контроль, достигнув 102,6% от исходного значения.

В период максимального весеннего развития — с конца апреля по конец мая — разрыв между группами не только сохранился, но и имел тенденцию к увеличению. К 20 мая во всех группах был зафиксирован пик яйцекладки; матки контрольной группы откладывали в среднем 1831,2 яйца в сутки. В первой опытной группе этот показатель составил 1975,0 яиц, что на 7,8% превышает результат контрольной группы. Во второй опытной группе было зафиксировано 1925,6 яйца — на 5,1% больше, чем в контрольной. Самый высокий уровень данного показателя наблюдался в третьей опытной группе — 2056,6 яйца в сутки (превышение над контрольной группой на 12,3%, или в 1,12 раза); это подтверждает синергетический эффект сочетания оптимальной геометрии ячеек с высококачественным воском.

В начале лета — а именно в период с 6 по 14 июня — наблюдалось естественное сезонное снижение репродуктивной активности у пчеломаток, совпавшее с завершением фазы интенсивного наращивания силы семей и подготовки к продуктивному медосбору. Тем не менее, на протяжении всего этого

периода подопытные группы сохраняли значительное преимущество. Так, 14 июня интенсивность яйцекладки в контрольной группе снизилась до 933,0 яиц, тогда как в третьей опытной группе этот показатель составил 1034,0 яйца, превысив уровень контроля на 10,8%. Показатели первой и второй опытных групп также превосходили контрольные значения, превысив их соответственно на 8,3% и 5,3%.

Высокая достоверность полученных данных подтверждается низкими коэффициентами вариации, находящимися в стабильном диапазоне — от 0,56% до 4,07%. Столь низкая вариабельность показателей позволяет с высокой степенью уверенности утверждать, что наблюдаемые различия в интенсивности яйцекладки не являются случайными колебаниями, а обусловлены именно примененными технологическими факторами.

При этом доверительные интервалы, рассчитанные на основе средних значений и их стандартных ошибок, свидетельствуют о статистической значимости преимуществ, выявленных в экспериментальных группах. Это особенно характерно для третьей экспериментальной группы, где сочетание угла наклона дна ячейки 110° и глубокой очистки воска обеспечило наиболее стабильный, равномерный и выраженный репродуктивный отклик как пчелиной матки, так и пчелиной семьи на протяжении всего весенне-летнего периода.

Сравнение экспериментальных групп показывает, что по показателю интенсивности яйцекладки маток комплекс мер, включающий очистку воска и применение янтарной кислоты при угле наклона ячеек 130° , дал более выраженный эффект, чем просто переход на угол 110° без очистки воска. Однако наилучший результат был достигнут при сочетании обоих подходов.

3.1.3 Корреляционный анализ динамики яйценоскости пчелиных маток по вариантам опыта

Корреляционный анализ динамики яйцекладки матки, представленный в таблице 3.3, выявляет статистические закономерности взаимодействия

между применяемыми технологическими факторами и естественными биологическими ритмами пчелиной семьи. При этом качество воскового субстрата и структура сотов рассматриваются не как изолированные элементы, а как совокупность условий, определяющих микроклимат гнезда и состояние матки — состояние, зависящее от силы семьи, выращивания расплода и физиологии рабочих пчел из свиты, ухаживающей за ней.

Таблица 3.3

Результаты корреляционного анализа яйценоскости пчелиных маток

Показатель	Контрольная (130°)	Опытная 1 (130°)	Опытная 2 (110°)	Опытная 3 (110°)
Коэффициент корреляции Пирсона с контрольной группой	1,0000	0,9943	0,9990	0,9953
Средний коэффициент превышения над контролем	1,000	1,106	1,050	1,142
Коэффициент вариации коэффициента превышения, %	-	2,65	1,10	2,47
Корреляция абсолютного прироста с базовой яйценоскостью контроля	-	0,5945	0,8143	0,8090

Примечания: Коэффициент корреляции Пирсона рассчитан между динамикой яйценоскости контрольной и каждой опытной группы по всем датам учета ($n=7$). Средний коэффициент превышения рассчитан как среднее арифметическое отношения яйценоскости опытной группы к контрольной на каждую дату учета. Коэффициент вариации коэффициента превышения отражает стабильность технологического эффекта во времени. Корреляция абсолютного прироста с базовой яйценоскостью показывает связь между общей репродуктивной активностью семьи и величиной получаемого технологического преимущества.

Корреляционный анализ яйцекладки пчелиных маток, выявляет статистические закономерности взаимодействия между применяемыми технологическими факторами и естественными биологическими ритмами свойственными пчелиной семье.

Ключевым результатом является высокая степень синхронности биологических реакций во всех исследуемых группах. Расчет коэффициента r Пирсона показал наличие его на уровне 0,9953 между динамикой яйцекладки в контрольной группе и третьей опытной группой. Аналогично высокие показатели были получены для первой (0,9943) и второй (0,9990) опытных групп.

Это доказывает, что применение инновационной вошины и очищенного воска не нарушает естественные сезонные ритмы размножения. Технологические факторы действуют не как стрессовый раздражитель, способный сдвинуть физиологические циклы, а как стабильный масштабирующий мультипликатор, параллельно усиливающий естественную динамику, заложенную в контрольной группе.

С этой целью для каждой даты проведения измерений рассчитывалось отношение показателей яйценоскости в опытных группах к аналогичному показателю в контрольной группе, после чего определялась вариация этого соотношения. Анализ показал, что данное соотношение характеризуется крайне низкой изменчивостью. Для третьей опытной группы среднее значение соотношения составило 1,142 при коэффициенте вариации всего 2,47% за весь период наблюдений. Для первой опытной группы среднее значение составило 1,106 (вариация 2,65%), а для второй — 1,050 (вариация 1,10%).

Это свидетельствует о том, что наблюдаемое преимущество представляет собой устойчивую системную характеристику, сохраняющуюся независимо от текущей фазы развития семьи или внешних погодных условий.

На третьем этапе корреляционного анализа выявлялась взаимосвязь между исходной репродуктивной активностью пчелиной семьи и величиной полученного технологического эффекта. Расчет корреляции между абсолютными показателями яйценоскости в контрольной группе и абсолютным приростом, зафиксированным в опытных группах, выявил сильную положительную зависимость. Коэффициент r составил 0,8090 для третьей опытной группы и 0,8143 — для второй. Это свидетельствует о том, что чем выше общая репродуктивная активность семьи (например, в период пикового весеннего развития в мае), тем значительнее абсолютный прирост яйценоскости, достигаемый благодаря применению инновационной технологии.

Таким образом, проведенным корреляционным анализом установлено, что разность между группами — ранее выявленные с помощью t -критерия Стьюдента — обладают не только строгой статистической, но и глубокой

биологической значимостью. Высокая корреляция показателей внутренней динамики, минимальная вариабельность коэффициента эксцесса и тесная связь между абсолютным приростом и общей активностью семьи свидетельствуют о том, что комплексная переработка воска и оптимизация геометрии сотов создают управляемую и стабильно эффективную среду для реализации репродуктивного потенциала пчелиных маток.

3.1.4 Инстинкт выращивания расплода в пчелиных семьях на сотах, отстроенных из традиционной и инновационной вошины на фоне подкормки с янтарной кислотой

Анализ выращивания печатного расплода (табл. 3.4), позволяет оценить не только сам факт откладки яиц, но и способность пчелиной семьи доводить развитие личинок до стадии печатного расплода — важнейший показатель успешной реализации инстинкта выкармливания расплода.

К 14 апреля площадь печатного расплода в первой опытной группе достигла 189,02 квадратов, превысив показатель контрольной группы (161,28 квадрата) на 17,2% (или в 1,17 раза).

Показатель третьей опытной группы достиг 190,78 квадрата, превысив результат контроля на 18,3% (или в 1,18 раза). Динамика печатного расплода в целом повторяет тенденцию, выявленную при анализе интенсивности яйцекладки маток: опытные группы, превосходили контрольную по этому показателю в большинстве случаев наблюдений, причем наиболее высокие значения чаще всего фиксировались в третьей опытной группе.

8 мая, в период пикового развития пчелиных семей, показатель площади печатного расплода в контрольной группе составил 206,04 единицы (квадрата), тогда как в первой опытной группе он достиг 229,87 единицы, превысив контрольный показатель на 11,6%. Наилучшие результаты вновь были зафиксированы в третьей опытной группе: площадь печатного расплода там составила 240,50 единицы.

Таблица 3.4

Динамика печатного расплода в пчелиных семьях на сотах, отстроенных из традиционной и инновационной вошины на фоне подкормки с янтарной кислотой (квадратов)

Дата учета	Контрольная (130°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 1 (130°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 2 (110°), $X \pm Sx / Cv$	Опытная 3 (110°), $X \pm Sx / Cv$
14 IV	161,28 $\pm$ 2,42/1,08	189,02 $\pm$ 1,43/0,64	165,48 $\pm$ 1,24/0,56	190,78 $\pm$ 2,10/0,94
		**	*	***
26 IV	186,48 $\pm$ 3,10/1,39	204,19 $\pm$ 6,17/2,76	197,09 $\pm$ 2,10/0,94	218,33 $\pm$ 2,90/1,30
		**	*	***
8 V	206,04 $\pm$ 2,68/1,20	229,87 $\pm$ 4,90/2,20	219,89 $\pm$ 3,15/1,41	240,50 $\pm$ 1,34/0,60
		**	*	***
20 V	181,42 $\pm$ 19,04/2,34	199,14 $\pm$ 14,29/1,60	190,40 $\pm$ 11,28/1,32	203,68 $\pm$ 5,15/0,56
		**	**	***
2 VI	219,74 $\pm$ 3,55/1,59	237,0 $\pm$ 2,30/1,03	231,07 $\pm$ 2,93/1,31	246,79 $\pm$ 2,19/0,98
		**	**	***
14 VI	120,38 $\pm$ 2,49/1,12	132,17 $\pm$ 5,39/2,42	126,0 $\pm$ 3,35/1,50	134,62 $\pm$ 2,56/1,15
		**	*	***
26 VI	117,26 $\pm$ 7,91/3,55	129,29 $\pm$ 3,84/1,72	125,42 $\pm$ 4,00/1,79	131,98 $\pm$ 5,96/2,67
		**	**	***

Этот результат превысил исходный уровень на 16,7% (или в 1,17 раза), подтвердив способность семей, содержащихся в условиях улучшенного гнездового пространства, не только интенсивнее откладывать яйца, но и успешнее выращивать личинок до стадии запечатывания.

6 июня, когда пчелиные семьи перешли к этапу подготовки к главному медосбору, в контрольной группе было зафиксировано 219,74 единицы печатного расплода. В то же время первая опытная группа достигла показателя 237,0 единиц, превысив контроль на 7,8%. Третья опытная группа сохранила преимущество с показателем 246,79 квадратов, что на 12,3% превышает уровень контрольной группы. Даже на заключительном этапе наблюдений, 26 июня, опытные группы удерживали статистически значимое превосходство. В контрольной группе площадь печатного расплода составила 117,26 квадратов, тогда как в первой опытной группе этот показатель достиг 129,29 квадратов, а

в третьей — 131,98 квадратов, превысив контрольные значения на 10,3% и 12,6% соответственно.

Высокая достоверность полученных данных подтверждается крайне низкими значениями коэффициента вариации. При этом низкие значения стандартной ошибки и отсутствие перекрытия доверительных интервалов подтверждают, что выявленные различия статистически значимы и обусловлены именно примененными технологическими факторами.

Таким образом, высокая согласованность между ростом яйценоскости и последующим увеличением площади печатного расплода, а также минимальный коэффициент вариации свидетельствуют о том, что улучшенные условия, создаваемые инновационной глубоко очищенной восковой вощиной, не просто стимулируют матку к откладке яиц, но и формируют благоприятный микроклимат для успешной реализации инстинкта выращивания расплода. Пчелы-кормилицы в таких семьях эффективнее обеспечивают личинок питательными веществами, что приводит к высокой выживаемости расплода и формированию более качественного поколения рабочих пчел, способных в полной мере реализовать продуктивный потенциал семьи в период главного медосбора.

3.1.5. Степень секреторной активности глоточных желез и кормление личинок

Морфофункциональные показатели глоточных желез являются физиологическим показателем трофической активности пчел-кормилиц и напрямую определяет способность пчелиной семьи обеспечивать полноценное питание развивающегося расплода. Поэтому представленные данные в таблице 3.5, позволяет объективно оценить, как изменения качества воскового сырья и геометрии ячеек влияют на физиологическое состояние молодых рабочих пчел и их готовность выполнять функцию выкармливания расплода.

Таблица 3.5

Состояние глоточных желез, баллов ($X \pm S_x$, C_v , %)

Дата учета	Контрольная (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 1 (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 2 (110°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 3 (110°), $X \pm S_x$	C_v
20. III	2,64±0,10	0,05	2,67±0,12	0,05	2,84±0,10	0,07	2,94±0,08	0,04
			*		**		***	
14. IV	3,42±0,07	0,03	3,50±0,09	0,04	3,64±0,10	0,05	3,74±0,08	0,03
			*		**		***	
26. IV	3,50±0,06	0,02	3,70±0,09	0,06	3,71±0,14	0,06	3,78±0,07	0,05
			**		**		***	
8. V	3,54±0,08	0,04	3,76±0,05	0,02	3,84±0,10	0,05	3,91±0,09	0,04
			***		***		***	
20. V	3,72±0,07	0,03	3,82±0,07	0,03	3,92±0,07	0,03	3,94±0,05	0,02
			**		***		***	
2. VI	3,78±0,05	0,02	3,82±0,06	0,04	3,93±0,06	0,05	3,96±0,05	0,05
			*		***		***	
14. VI	3,82±0,06	0,03	3,87±0,04	0,02	3,95±0,04	0,02	3,98±0,04	0,03
			*		**		***	

У пчелиных семей в опытных группах на первом этапе наблюдений, проведенном 20 марта, регистрировали более высокое развитие глоточных желез, по сравнению с контрольной группой. В контрольной группе, где использовалась заводская (традиционная) вощина из неочищенного воска с углом наклона ячейки 130°, средний показатель развития желез составил 2,64 балла. В первой опытной группе (с аналогичным углом ячейки, но с использованием воска, прошедшего полную очистку винной кислотой и перекисью водорода с добавлением янтарной кислоты) этот показатель достиг 2,67, превысив результат контрольной группы на 1,1%.

Вторая опытная группа, где применялась инновационная вощина с углом ячейки 110 ° из неочищенного воска, показала результат 2,84 балла, что на 7,6% выше контрольного значения. Наиболее выраженный эффект наблюдался в третьей опытной группе, где сочетались угол ячейки 110 °, полная

очистка воскового сырья перед выпуском вошины и добавление янтарной кислоты: показатель достиг 2,94 балла, превысив контроль на 11,4%.

В период активного весеннего развития различия между группами сохранялись и имели тенденцию к увеличению. 14 апреля параметр описываемого показателя контрольной группы составил 3,42 балла. Первая экспериментальная группа набрала 3,50 балла, превысив результат контрольной группы на 2,3%, а второй экспериментальной группы достиг 3,64 балла, что на 6,4% выше уровня контрольной группы. Третья экспериментальная группа набрала 3,74 балла, превзойдя контрольную группу на 9,4%. К 8 мая, когда пчелиные семьи достигли пика своего весеннего развития, показатель развития глоточных желез в контрольной группе составил 3,54 балла. В первой опытной группе этот показатель достиг 3,76 балла, превысив уровень контроля на 6,2%. Вторая опытная группа показала результат 3,84 балла, что на 8,5% выше контрольного значения. Третья опытная группа сохранила лидерство с показателем 3,91 балла, превысив контроль на 10,5%.

20 мая показатель в контрольной группе составил 3,72 балла. Первая опытная группа показала 3,82 балла, превысив контроль на 2,7%. Вторая опытная группа достигла 3,92 балла, что на 5,4% выше контроля. Третья опытная группа показала результат 3,94 балла, превзойдя контроль на 5,9%.

К 14 июня, на заключительном этапе наблюдений, показатель в контрольной группе составил 3,82 балла. Первая опытная группа показала 3,87 балла, превысив контроль на 1,3%. Вторая опытная группа достигла 3,95 балла, что на 3,4% выше контроля. Третья опытная группа показала 3,98 балла, превзойдя контроль на 4,2%.

Средний показатель развития глоточных желез за весь период наблюдений составил: 3,49 балла в контрольной группе, 3,59 балла в первой опытной группе, 3,69 балла во второй опытной группе и 3,75 балла в третьей опытной группе. В относительном выражении опытные группы превзошли контроль на 2,9%, 5,8% и 7,5% соответственно.

Высокая достоверность полученных данных подтверждается крайне низкими значениями коэффициента вариации. В контрольной группе он варьировал в пределах от 0,02 до 0,05, тогда как в экспериментальных группах он находился в еще более узком диапазоне — от 0,02 до 0,07. При этом различия между контрольной и третьей опытной группами достигали уровня достоверности $P \geq 0,99$ в течение большинства периодов наблюдений, начиная с 20 марта. В то же время эта разность между контрольной и первой опытной группами были достоверными на уровне $P \geq 0,95$, начиная с 14 апреля.

Достаточно высокая степень развитости глоточных желез рабочих особей в опытных группах напрямую повлияла на уровень кормления личинок, что подтверждается данными таблицы 3.6.

На момент первого наблюдения, проведенного 14 апреля, разность средних значений между группами были минимальными. В контрольной группе масса маточного молочка составила 8,70 мг. В 1-й опытной группе она достигла 8,90 мг, превысив контрольный на 2,3%, во 2-й опытной группе - 8,91 мг, что на 2,4% выше показателя контрольной группы, в 3-й опытной группе - 8,8 мг, превысивший контроль на 1,1%.

Таблица 3.6

Уровень личиночного молочка, мг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Дата учета	Контрольная (130°),	C_v	Опытная 1 (130°)	C_v	Опытная 2 (110°),	C_v	Опытная 3 (110°),	C_v
14.IV	8,70±0,18	0,08	8,90±0,66	0,30	8,91±0,63	0,28	8,80±0,75	0,34
			**		**		*	
26.IV	10,60±1,02	0,46	12,00±0,89	0,40	11,40±0,80	0,36	13,80±0,98	0,44
			***		***		***	
8. V	12,80±0,51	0,23	13,80±0,75	0,34	13,20±1,17	0,52	15,70±0,75	0,34
			**		**		***	
20.V	14,40±0,49	0,22	15,90±0,66	0,30	15,60±1,02	0,46	16,20±1,17	0,52
			***		**		***	
2.VI	14,90±0,80	0,36	16,30±0,75	0,34	16,00±1,26	0,57	17,40±1,02	0,46
			***		**		***	
14.VI	14,70±0,40	0,18	16,50±1,10	0,49	15,70±0,75	0,34	16,90±0,66	0,30
			***		**		***	

По мере развития семей разность между средними значениями усиливались и становились статистически значимыми. Так к 26 апреля в контрольной группе масса молочка составила 10,60 мг. В первой опытной группе описываемый показатель достиг 12,00 мг, превысив контроль на 13,2%. Во второй опытной группе его содержание составило 11,40 мг, что на 7,5% выше показателя контроля. Третья опытная группа показала результат 13,80 мг, превысив контроль на 30,2%.

8 мая, в период максимального развития семей, контрольная группа достигла показателя 12,80 мг. В первой опытной группе масса молочка составила 13,80 мг, превысив контроль на 7,8%. Во второй опытной группе показатель достиг 13,20 мг, что на 3,1% выше контроля. Третья опытная группа показала результат 15,70 мг, превысив контроль на 22,7%.

20 мая в контрольной группе масса маточного молочка составила 14,40 мг. В первой опытной группе показатель достиг 15,90 мг, превысив контроль на 10,4%. Во второй опытной группе было зафиксировано 15,60 мг, что на 8,3% выше контроля. Третья опытная группа показала результат 16,20 мг, превысив контроль на 12,5%.

2 июня контрольная группа достигла показателя 14,90 мг. В первой экспериментальной группе показатель составил 16,30 миллиграмма, что на 9,4% превышает значение в контрольной группе. Во второй экспериментальной группе результат достиг 16,00 миллиграммов, что на 7,4% выше показателя контрольной группы. Третья экспериментальная группа показала результат 17,40 миллиграмма, превысив показатель контрольной группы на 16,8%.

На заключительном этапе наблюдений в контрольной группе показатель составил 14,70 мг. В первой опытной группе он достиг 16,50 мг, превысив контрольный уровень на 12,2%. Во второй опытной группе показатель составил 15,70 мг, что на 6,8% выше, чем в контроле. Третья опытная группа показала результат 16,90 мг, превзойдя контроль на 15,0%.

Средний уровень содержания маточного молочка в ячейках с личинками

за весь период наблюдений составил: в контрольной группе — 12,68 мг, в первой опытной — 13,90 мг, во второй опытной — 13,47 мг, в третьей опытной — 14,80 мг. В соотносительном выражении описываемый параметр в опытных группах превзошли контроль на 9,6%, 6,2% и 16,7% соответственно. В кратных величинах показатель третьей опытной группы превысил контрольный в 1,17 раза.

Сравнение данных таблиц 3.5 и 3.6 свидетельствует о внутренней согласованности результатов, доказывая, что более высокая степень развития глоточных желез в опытных группах прямо коррелирует с повышенным уровнем маточного молочка в ячейках с личинками. Это переводит влияние технологических факторов, связанных с качеством воска и геометрией вошины, на уровень конкретного функционального механизма — повышения инстинкта кормления расплода. При этом наиболее выраженный эффект был достигнут при сочетании инновационного угла наклона ячейки (110°) с полной очисткой воска и добавлением янтарной кислоты — как в состав воскового сырья, так и в стимулирующую подкормку. Третья опытная группа показала наилучшие показатели как по развитию глоточных желез, так и по уровню маточного молочка, превысив контрольные значения на 7,5% и 16,7% соответственно. Это подтверждает синергетический эффект комплексного подхода к улучшению качества условий гнездования.

Таким образом, отчетливо наблюдаемая корреляция между усиленным развитием глоточных желез и последующим увеличением объема корма, вырабатываемого личинкам, — наряду с минимальным коэффициентом вариации — свидетельствует о том, что улучшенные условия, создаваемые данным типом вошины, не только стимулируют физиологическое развитие молодых пчел, но и способствуют формированию благоприятной микросреды для успешного выполнения трофических функций и развития более жизнеспособного поколения рабочих пчел, способных реализовать продуктивный потенциал семьи в период главного медосбора.

3.1.6. Корреляционный анализ секреторной активности глоточных желез и уровня кормления личинок

Для выявления количественной связи между функциональным состоянием пчел-кормилиц и трофической обеспеченностью расплода был проведен корреляционный анализ данных таблиц 3.5 и 3.6. Расчет коэффициента парной корреляции Пирсона позволил установить степень сопряженности между развитием глоточных желез и уровнем личиночного молочка в ячейках с трехсуточными личинками.

Таблица 3.7

Результаты корреляционного анализа секреторной активности глоточных желез и уровня кормления личинок

Показатель	Кон- трольная (130°)	Опытная 1 (130°)	Опытная 2 (110°)	Опытная 3 (110°)
Коэффициент корреляции Пирсона между развитием глоточных желез и уровнем личиночного молочка	0,9847	0,9912	0,9876	0,9934
Средний коэффициент превышения развития глоточных желез над контролем	1,000	1,029	1,058	1,075
Средний коэффициент превышения уровня личиночного молочка над контролем	1,000	1,096	1,062	1,167
Индекс трофической эффективности (отношение прироста молочка к приросту развития желез)	-	3,34	1,07	2,20

Примечания: Коэффициент корреляции Пирсона рассчитан между динамикой развития глоточных желез (таблица 3.4) и уровнем личиночного молочка (таблица 3.5) по всем совпадающим датам учета (n=6). Индекс трофической эффективности рассчитан как отношение среднего коэффициента превышения уровня личиночного молочка к среднему коэффициенту превышения развития глоточных желез над контролем.

Корреляционный анализ выявил исключительно высокую степень сопряженности между развитием глоточных желез и уровнем личиночного

молочка во всех исследуемых группах. Коэффициент r Пирсона в контрольной группе составил 0,9847, подтверждая о сильной прямой связи между этими показателями. В опытных группах данная взаимосвязь оказалась еще более выраженной: для первой опытной группы коэффициент r достиг 0,9912, для второй опытной группы - 0,9876, а для третьей опытной группы - 0,9934. Столь высокие значения коэффициента r , приближающиеся к единице, доказывают, что развитие глоточных желез является определяющим фактором, формирующим уровень трофической обеспеченности расплода, и эта связь носит устойчивый системный характер независимо от применяемых технологических факторов.

Расчет показателя трофической эффективности, отражающий, насколько эффективно пчелы-кормилицы железами обеспечивают выработку личиночного маточного молочка показал, что в первой опытной группе, показатель трофической эффективности составил 3,34. Это означает, что при увеличении развития глоточных желез на 2,9 % уровень личиночного молочка возрос на 9,6 %, то есть прирост кормовой обеспеченности более чем в три раза превысил прирост физиологического развития желез. Такой результат свидетельствует о том, что очистка воска и добавление янтарной кислоты не только стимулируют развитие желез, но и повышают их функциональную активность, позволяя каждой железе производить больше секрета.

Во второй опытной группе, где применялась инновационная вощина с углом 110° из неочищенного воска, индекс трофической эффективности составил 1,07. Это указывает на то, что прирост уровня личиночного молочка (6,2 %) практически пропорционален приросту развития глоточных желез (5,8 %). Иными словами, инновационная геометрия ячейки сама по себе не усиливает функциональную активность желез, а лишь создает благоприятную микросреду, в которой физиологический потенциал пчел-кормилиц реализуется в полном объеме без дополнительных энергетических затрат на перестройку сот.

В третьей опытной группе, сочетавшей инновационную геометрию ячейки 110 ° с полной очисткой воска и добавлением янтарной кислоты, индекс трофической эффективности составил 2,20. Это означает, что при увеличении развития глоточных желез на 7,5 % уровень личиночного молочка возрос на 16,7 %, то есть прирост кормовой обеспеченности более чем в два раза превысил прирост физиологического развития желез. Указывая что технологическое воздействие повышают функциональную активность желез, что в совокупности приводит к максимальному усилению трофической функции.

Следовательно, проведенный корреляционный анализ доказывает, что высокая степень развития глоточных желез у рабочих пчел опытных групп напрямую обуславливает повышенную выработку личиночного маточного молочка; при этом наиболее эффективно данный процесс протекает при сочетании инновационной геометрии ячеек с тщательной очисткой воска и добавлением янтарной кислоты.

3.1.7. Морфофизиологическое состояние личинок и рабочих пчел

Анализ накопления живой массы трехдневными личинками, представленный в таблице 3.8, показывает четкую тенденцию: по мере развития семей показатели опытных групп превышали показатели контрольной группы. На начальном этапе наблюдений (14 апреля) различия были минимальными: масса личинок в контрольной группе составляла 9,10 мг, тогда как в первой и второй опытных группах она достигала 9,20 мг и 9,30 мг соответственно, превышая контрольные значения на 1,1% и 2,2%.

Однако к 26 апреля этот разрыв стал статистически значимым. Так живая масса личинок в контрольной группе достигла 9,80 мг, в то время как в первой опытной группе она составила 10,60 мг, превысив контрольный показатель в 1,08 раза (или на 8,2%). Вторая и третья опытные группы показали еще более высокие результаты — 11,20 мг и 11,21 мг, что превысило

контрольные значения в 1,14 раза (или на 14,3% и 14,4% соответственно).

Таблица 3.8

Масса трехсуточных личинок, мг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Дата учета	Контрольная (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 1 (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 2 (110°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 3 (110°), $X \pm S_x$	C_v
14.IV	9,10±0,80	0,36	9,20±0,75	0,34	9,30±0,60	0,27	9,00±0,89	0,40
26.IV	9,80±0,75	0,34	10,60±1,62	0,73	11,20±0,75	0,34	11,21±0,98	0,44
			*		**		**	
8. V	9,88±0,79	0,35	10,90±1,11	0,50	12,30±0,87	0,39	12,80±1,17	0,52
20. V	10,20±0,75	0,34	11,80±0,74	0,34	12,80±1,94	0,87	13,90±1,28	0,57
			*		**		***	
2 VI	13,60±0,49	0,22	14,70±1,08	0,48	14,20±1,17	0,52	17,00±1,33	0,59
			*		**		***	
14 VI	14,60±0,48	0,21	15,90±0,49	0,23	15,70±0,75	0,34	18,20±0,77	0,35
			***		***		***	

На срок наблюдений 8 и 20 мая (в период максимального весеннего развития) преимущества опытных групп, особенно третьей, проявились наиболее отчетливо. Так к 20 мая описываемый показатель в контрольной группе составил 10,20 мг. В первой опытной группе он достиг 11,80 мг, превысив контрольный показатель в 1,16 раза (или на 15,7%). Во второй опытной группе было зафиксировано значение 12,80 мг, что в 1,25 раза (или на 25,5%) выше, чем в контроле. Наиболее лучший результат был зарегистрирован в третьей опытной группе: масса личинок достигла 13,90 мг, превысив показатель контрольной группы в 1,36 раза (или на 36,3%).

Наблюдаемая тенденция сохранялась на заключительных этапах исследования — 2 и 14 июня. Так, 14 июня масса личинок в контрольной группе составила 14,60 мг. В первой и второй опытных группах данный параметр достиг 15,90 мг и 15,70 мг, превысив значения контрольной группы на 8,9% и 7,5% соответственно. Третья опытная группа показала явное

преимущество. Здесь живая масса личинок составила 17,00 мг, что в 1,25 раза (или на 24,7%) превышало показатель контрольной группы. Коэффициент вариации для данного параметра находился в очень узком диапазоне — от 0,21 до 0,87, — что свидетельствует о высокой степени однородности данных и исключительной достоверности выявленных различий. Преимущества, зарегистрированные относительно живой массы на личиночной стадии, закономерно отразились на массе только что вышедших из ячеек рабочих пчел; соответствующие данные приведены в таблице 3.9. Хотя на стадии взрослой особи относительные различия выражены слабее из-за большей исходной живой массы тела, но в биологии пчел даже прибавка в 2–4 мг имеет решающее значение для их будущей продуктивности.

Таблица 3.9

Масса суточных рабочих пчел, мг ($\bar{X} \pm S_x$, C_v , %)

Дата учета	Контрольная (130°)	C_v	Опытная 1 (130°)	C_v	Опытная 2 (110°)	C_v	Опытная 3 (110°)	C_v
14.IV	101,9±3,77	1,69	101,00±2,10	0,94	103,00±1,41	0,63	101,8±0,75	0,34
26.IV	103,60±2,50	1,12	104,00±3,63	1,63	105,20±2,93	1,31	105,6±1,02	0,46
					*		*	
8. V	104,40±0,80	0,36	105,00±1,10	0,49	105,80±2,14	0,96	107,2±1,47	0,65
					*		*	
20. V	105,80±1,72	0,77	105,90±2,29	1,03	108,00±2,10	0,94	108,2±1,17	0,52
2. VI	106,80±2,32	1,04	107,80±1,72	0,77	109,40±2,87	1,29	109,6±1,03	0,46
					*		**	
14.VI	109,00±1,10	0,49	109,50±0,89	0,40	109,80±1,33	0,59	110,4±1,36	0,61

14 апреля живая масса суточных пчел во всех группах была сопоставимой и варьировала в пределах от 101,0 до 103,0 мг. Однако в процессе эксперимента по мере накопления эффекта от улучшенных условий кормления и развития, масса пчел в контрольной группе к 8 мая достигла 104,40 мг. За тот же период в третьей опытной группе этот показатель составил 107,20 мг, превысив значение в контрольной группе в 1,03 раза (или на 2,7%).

20 мая масса пчел в контрольной группе составила 105,80 мг. В первой опытной группе этот показатель равнялся 105,90 мг, во второй — 108,00 мг, а в третьей опытной группе достиг 108,20 мг, превысив уровень контрольной группы в 1,02 раза (или на 2,3%).

К 14 июня, на пике формирования летней генерации рабочих пчел сборщиц нектара, описываемый показатель в контрольной группе составил 109,00 мг. Рабочие пчелы третьей опытной группы сохранили лидерство с результатом 110,40 мг, что в 1,01 раза (или на 1,3%) превышает контрольный показатель. Несмотря на кажущуюся незначительность процентного прироста на стадии имаго, коэффициент вариации здесь также оставался минимальным (в диапазоне от 0,34 до 1,69).

Сопоставление результатов исследований, представленных в двух таблицах позволяет установить четкую причинно-следственную связь: более высокая масса личинок в опытных группах, обеспеченная улучшенным режимом питания и благоприятным микроклиматом в ячейках, напрямую трансформируется в формирование более крупных и физиологически полноценных взрослых особей.

3.1.8. Биохимический статус рабочих пчел при использовании сотов, отстроенных из вошины очищенных разными способами

С биохимической точки зрения содержание азота в теле рабочих пчел отражает интенсивность белкового обмена, необходимого для развития глоточных желез у пчел-кормилиц и поддержания мышечной активности у пчел-сборщиц нектара и пыльцы. В то же время липиды служат основным структурным материалом для функционирования восковых желез у пчел-строителей, а также обеспечивают стрессоустойчивость и долголетие пчел, выполняющих функции охраны летка.

Гликоген представляет собой легко мобилизуемый запас углеводов, непосредственно определяющий работоспособность торакальной мускулатуры и способность пчел к фуражировке. Оценка этих показателей в

динамике позволяет объективно определить, как качество воскового субстрата и геометрия ячеек влияют на функциональное созревание особей.

Анализ содержания азота в организме рабочих пчел, представленный в таблице 3.10, показывает четкую зависимость белкового обмена от применяемых технологий и выполнения пчелами различных функций.

Таблица 3.10

Уровень азота в организме рабочих пчел, мг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Возраст пчел, сут./дата учета	Контрольная (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 1 (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 2 (110°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 3 (110°), $X \pm S_x$	C_v
1/14.IV	14,90±0,30	0,14	14,74±0,21	0,09	17,80±0,75	0,34	17,60±1,50	0,67
9/3.V	17,12±1,03	0,46	19,50±1,41	0,63	21,20±4,67	2,09	22,50±1,79	0,80
14/8.V	22,38±0,92	0,41	23,66±1,56	0,70	27,30±5,00	2,24	29,80±1,47	0,66
24/18.V	23,08±0,87	0,39	24,34±1,22	0,55	28,60±2,27	1,02	30,20±1,33	0,59
36/30.V	20,70±1,08	0,48	22,10±1,50	0,67	25,40±4,30	1,93	27,60±1,85	0,83

В первые сутки жизни различия были минимальными, однако к девятому дню, когда пчелы переходят к стадии выкармливания расплода, разрыв стал существенным. В контрольной группе содержание азота составило 17,12 мг. В первой опытной группе этот показатель достиг 19,50 мг, превысив уровень контроля на 13,9%. Во второй опытной группе значение составило 21,20 мг, что на 23,8% (или в 1,24 раза) выше контрольного показателя.

Установлено, что наиболее выраженный эффект от биотехнологических мероприятий наблюдался в третьей опытной группе: содержание азота достигло 22,50 мг, превысив контрольные показатели на 31,4% (или в 1,31 раза). На четырнадцатые сутки — в период активного выделения воска и строительства сотов — а организме пчел описываемой группы составило 29,80 мг азота, тогда как в контрольной группе этот показатель был меньше - 22,38

мг (превышение на 33,2%, или в 1,33 раза). Данная тенденция сохранялась и на двадцать четвертые сутки, когда пчелы переходят к сбору нектара и пыльцы, а также на тридцать шестые сутки: у стареющих пчел-сборщиц третьей опытной группы содержание азота в теле составило 27,60 мг против 20,70 мг в контрольной группе (превышение на 33,3%, или в 1,33 раза).

Динамика уровня липидов, представленная в таблице 3.11, показывает липидный обмен и функционирование восковых желез, у пчел-строителей в возрасте от 12 до 17 дней.

Таблица 3.11

Уровень жира в организме рабочих пчел, мг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Возраст пчел, сут./дата учета	Контрольная (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 1 (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 2 (110°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 3 (110°), $X \pm S_x$	C_v
1/14.IV	7,40 $\pm$ 1,02	0,46	7,30 $\pm$ 0,87	0,39	8,70 $\pm$ 0,87	0,39	8,80 $\pm$ 1,17	0,52
9/3.V	10,28 $\pm$ 0,75	0,34	10,50 $\pm$ 1,00	0,45	12,60 $\pm$ 1,41	0,63	13,20 $\pm$ 1,16	0,51
14/8.V	12,38 $\pm$ 0,92	0,41	12,70 $\pm$ 1,54	0,69	13,20 $\pm$ 1,37	0,62	13,90 $\pm$ 1,02	0,46
24/18.V	11,30 $\pm$ 1,33	0,59	12,10 $\pm$ 1,28	0,57	13,50 $\pm$ 4,00	1,79	14,00 $\pm$ 1,41	0,63
36/30.V	11,10 $\pm$ 0,92	0,41	12,00 $\pm$ 1,41	0,63	11,80 $\pm$ 9,12	4,09	12,60 $\pm$ 1,02	0,46

На девятый день жизни пчел, при завершении фазы выкармливания расплода и подготовки к строительной деятельности, содержание липидов у контрольной группы составляло 10,28 мг. В третьей опытной группе этот показатель достиг 13,20 мг, превысив уровень контрольной группы на 28,4% (или в 1,28 раза). На четырнадцатый день — у пчел из контрольной группы описываемый показатель составил 12,38 мг, тогда как в третьей опытной группе оно равнялось 13,90 мг, что соответствует увеличению на 12,3% (или в 1,12 раза). Важно отметить, что на 24-й и 36-й дни — когда пчелы выполняют функции сборщиц нектара и пыльцы, а их жировое тело естественным образом истощается вследствие интенсивной летной активности, — в опытных группах

сохранялся более высокий уровень запасов. В частности, на 36-й день содержание липидов в организме пчел из третьей опытной группы составило 12,60 мг против 11,10 мг в контрольной группе, что на 13,5% (или в 1,14 раза) больше. Уровень достоверной разности по данному показателю варьировал: для второй и третьей опытных групп в периоды максимального развития он составлял $P \leq 0,05$, а в периоды наибольшего расхождения показателей достигал $P \leq 0,01$, что подтверждает наличие надежного запаса липидов у пчел на всех этапах выполнения ими возрастных функций.

Наиболее выраженные различия были выявлены при анализе уровня гликогена (см. табл. 3.12) — показателя, непосредственно связанного с обеспечением энергией полетов пчел-сборщиц нектара и пыльцы, начиная с двадцать второго дня жизни.

Так, по результатам исследований можно отметить, что на девятый день жизни, когда пчелы-кормилицы завершают выполнение своей основной функции и начинается подготовка к строительной деятельности, в контрольной группе было накоплено 8,60 мг гликогена. В первой опытной группе этот показатель составил 9,70 мг, превысив уровень контроля на 12,8%. Во второй опытной группе он достиг 13,80 мг, что на 60,5% (или в 1,60 раза) выше контрольного значения.

Таблица 3.12

Уровень гликогена в организме рабочих пчел, мг ($X \pm Sx/Cv$, %)

Возраст пчел, сут./дата учета	Контрольная (130°)	Опытная 1 (130°),	Опытная 2 (110°)	Опытная 3 (110°)
1/14.IV	6,60±0,80/0,36	6,50±0,45/0,20	7,90±0,49/0,21	8,20±0,75/0,34
9/3.V	8,60±0,58/0,26	9,70±1,08/0,48	13,80±2,08/0,93	14,70±0,87/0,39
14/8.V	11,40±1,36/0,61	11,90±1,28/0,57	14,20±1,07/0,48	15,50±1,41/0,63
24/18.V	14,50±1,10/0,49	14,70±1,40/0,63	17,40±2,63/1,18	17,80±1,47/0,66
36/30.V	12,00±1,67/0,75	12,40±1,02/0,46	14,20±8,21/3,68	15,30±1,33/0,59

Третья опытная группа показала впечатляющий результат — 14,70 мг, превысив контроль на 70,9% (или в 1,71 раза). В период интенсивной деятельности пчел-строителей (в возрасте 14 суток), третья опытная группа сохранила преимущество по данному показателю составив 15,50 мг против 11,40 мг в контрольной группе, превысив результат последней на 36,0% (или в 1,36 раза). В фазе активного медосбора — на двадцать четвертый день, когда пчелы переключаются на сбор нектара и пыльцы, — содержание гликогена в третьей опытной группе составило 17,80 мг против 14,50 мг у пчел контрольной группы, что соответствует увеличению на 22,8% (или в 1,23 раза, при $P \leq 0,001$); это свидетельствует о фундаментальном влиянии инновационной вошины на энергетический статус пчелиной семьи и способность пчел выполнять наиболее энергозатратные функции.

Совместный анализ данных трех таблиц позволяет сделать вывод, что использование инновационной вошины с углом ячейки 110 ° в сочетании с глубоко очищенным воском и янтарной кислотой формирует качественно новый биохимический профиль рабочих пчел, оптимально соответствующий их возрастным функциям.

3.1.9. Энергетический и синтетический потенциал рабочих пчел в онтогенезе при использовании сотов из инновационной вошины, очищенной различными способами

Анализ динамики активности сукцинатдегидрогеназы, представленный в таблице 3.13, показывает устойчивое повышение энергетического потенциала в опытных группах на всех этапах онтогенеза.

Уже в первые сутки жизни, после выхода из ячейки, у пчел третьей опытной группы уровень ферментативной активности составил 26,90 условных единиц против 23,36 в контрольной группе, превысив исходный показатель в 1,15 раза (или на 15,1%). На девятые сутки, в период активной работы пчел-кормилиц, этот разрыв сохранился: показатель третьей опытной

группы достиг 32,40 условных единиц, превзойдя контроль (28,16) в 1,15 раза (или на 15,0%).

Таблица 3.13

Уровень сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в организме рабочих пчел,
усл. ед., ($X \pm S_x / C_v$, %)

Возраст пчел, сут./дата учета	Контрольная (130°)	Опытная 1 (130°)	Опытная 2 (110°)	Опытная 3 (110°)
1/14.IV	23,36 $\pm$ 1,15/0,51	24,00 $\pm$ 1,10/0,49	25,20 $\pm$ 1,83/0,82	26,90 $\pm$ 1,28/0,57
9/3.V	28,16 $\pm$ 1,34/0,60	29,60 $\pm$ 1,50/0,67	29,70 $\pm$ 8,07/3,62	32,40 $\pm$ 1,02/0,46
14/8.V	32,36 $\pm$ 2,22/0,99	33,00 $\pm$ 1,90/0,85	35,50 $\pm$ 8,21/3,68	36,38 $\pm$ 2,06/0,92
24/18.V	35,90 $\pm$ 1,05/0,47	36,70 $\pm$ 1,08/0,48	36,70 $\pm$ 4,89/2,19	37,60 $\pm$ 2,15/0,97
36/30.V	34,28 $\pm$ 1,84/0,83	35,90 $\pm$ 1,28/0,57	35,00 $\pm$ 1,67/0,75	36,40 $\pm$ 1,02/0,46

В период максимального восковыделения, на четырнадцатые сутки, показатель третьей группы составил 36,38 условных единиц против 32,36 в контрольной группе, что выше на 12,4% (или в 1,12 раза). На пике летной активности, на двадцать четвертые сутки, пчелы третьей опытной группы продемонстрировали активность на уровне 37,60 условных единиц, превысив показатель контроля (35,90) в 1,05 раза (или на 4,7%). Даже на тридцать шестые сутки, в фазе физиологического старения, третья группа сохраняла преимущество с показателем 36,40 против 34,28 в контрольной группе, что выше на 6,2% (или в 1,06 раза). Среднее значение ферментативной активности за весь период в третьей группе составило 33,94 условные единицы, превысив показатель контроля (30,81) на 10,1% (или в 1,10 раза). Отсутствие перекрытия доверительных интервалов свидетельствует о высокой статистической достоверности различий между контрольной и третьей экспериментальной группами (при $P \leq 0,01$) в ключевые периоды развития.

Динамика уровня рибонуклеиновой кислоты, представленная в таблице 3.14, показывает влияние применяемых технологий на синтетическую активность организма, особенно на начальном этапе онтогенеза. Уже в первые

сутки жизни у особей третьей опытной группы было зафиксировано максимальное преимущество: 14,00 мг против 10,20 мг в контрольной группе (превышение в 1,37 раза, или на 37,3%).

Таблица 3.14

Уровень РНК в организме рабочих пчел, мг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Возраст пчел, сут./дата учета	Контрольная (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 1 (130°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 2 (110°), $X \pm S_x$	C_v	Опытная 3 (110°), $X \pm S_x$	C_v
1/14.IV	10,20 $\pm$ 0,98	0,44	10,90 $\pm$ 0,80	0,36	13,60 $\pm$ 1,20	0,54	14,00 $\pm$ 0,89	0,39
9/3.V	15,70 $\pm$ 0,87	0,39	16,50 $\pm$ 0,89	0,40	17,00 $\pm$ 3,09	1,39	18,00 $\pm$ 0,87	0,40
14/8.V	15,68 $\pm$ 1,08	0,48	15,80 $\pm$ 1,17	0,52	16,00 $\pm$ 1,49	0,67	16,70 $\pm$ 0,75	0,34
24/18.V	15,30 $\pm$ 1,66	0,74	16,20 $\pm$ 1,47	0,65	15,40 $\pm$ 3,34	1,50	16,50 $\pm$ 0,89	0,40
36/30.V	15,00 $\pm$ 0,89	0,40	13,40 $\pm$ 1,85	0,83	14,30 $\pm$ 4,11	3,63	15,70 $\pm$ 1,33	0,59

Это свидетельствует о мощном первоначальном импульсе к развитию тканей и желез. На девятые сутки, когда функция слюнных желез достигла пика, показатель в третьей группе составил 18,00 мг, превысив уровень контроля (15,70 мг) в 1,15 раза (или на 14,6%). На четырнадцатые сутки показатель третьей группы зафиксирован на уровне 16,70 мг против 15,68 мг в контрольной группе (превышение в 1,06 раза, или на 6,5%). В период активного медосбора, третья группа сохраняла уровень данного показателя – в 16,50 мг по сравнению с 15,30 мг в контрольной группе, что выше в 1,08 раза (или на 7,8%). Особого внимания заслуживают тридцать шестые сутки: если в первой и второй опытных группах наблюдалось снижение уровня РНК ниже контрольных значений, то в третьей опытной группе этот показатель удерживался на уровне 15,70 мг против 15,00 мг в контроле (превышение в 1,05 раза, или на 4,7%). Средний уровень РНК в третьей группе за весь период составил 16,18 мг, что на 12,5% (или в 1,13 раза) выше показателя контрольной группы (14,38 мг) ($P \leq 0,01$ для раннего возраста и $P \leq 0,05$ для поздних этапов онтогенеза). Параллельный анализ данных о СДГ и РНК выявляет четкую причинно-следственную связь, когда улучшение качества воскового субстрата

и геометрии ячеек не просто увеличивает запасы питательных веществ, но и коренным образом перестраивает метаболизм в организме пчелы.

Хотя некоторые факторы оказывали влияние лишь на ранних этапах — и соответствующие показатели впоследствии снижались к тридцать шестому дню жизни, — сочетание оптимальной геометрии ячеек, чистого воска и янтарной кислоты обеспечивало поддержание высокого уровня синтетической и энергетической активности, а также метаболических процессов даже у стареющих пчел-фуражиров; это служит залогом высокой медопродуктивности и долголетия пчелиной семьи.

3.1.10. Корреляционный анализ взаимосвязи синтетических и энергетических процессов в онтогенезе рабочих пчел

Для углубленного понимания физиологических механизмов, лежащих в основе повышенной продуктивности пчелиных семей, был проведен парный корреляционный анализ ключевых биохимических показателей. Оценка взаимосвязи между уровнем азота и рибонуклеиновой кислоты позволяет выявить синхронность процессов накопления белковой массы и интенсивности клеточного синтеза. В свою очередь, корреляция между уровнем гликогена и активностью сукцинатдегидрогеназы показывает степень сопряженности между накоплением энергетического субстрата и мощностью ферментативного аппарата, обеспечивающего его утилизацию. Анализ этих парных связей в динамике онтогенеза раскрывает, как технологические факторы влияют не просто на абсолютные значения метаболитов, но и на внутреннюю метаболическую гармонию пчелиного организма.

Анализ взаимосвязи между уровнем азота и рибонуклеиновой кислоты выявил важную биологическую закономерность, зависящую от применяемой технологии. В контрольной и первой опытной группах наблюдается умеренная прямая корреляция (0,72 и 0,74 соответственно), что указывает на относительно синхронное изменение процессов белкового накопления и синтетической активности на протяжении жизни пчелы.

Таблица 3.15

Коэффициенты парной корреляции Пирсона между биохимическими показателями в онтогенезе рабочих пчел

Группа	Корреляция	
	Азот - РНК (r)	Гликоген - СДГ (r)
Контрольная (130°)	0,7227	0,9789
Опытная 1 (130°)	0,7398	0,9772
Опытная 2 (110°)	0,2964	0,9007
Опытная 3 (110°)	0,4563	0,9539

Примечание: Расчет выполнен по пяти точкам онтогенетического развития (1, 9, 14, 24 и 36 сутки) для каждой группы.

Однако во второй и особенно в третьей опытной группах коэффициент корреляции снижается до 0,30 и 0,46. На первый взгляд это может показаться негативным фактором, однако в контексте онтогенеза это свидетельствует о здоровом метаболическом сдвиге. В третьей опытной группе, уровень азота (белковая масса, влияющая на развитие летательных мышц) продолжает расти и достигает пика к 24 суткам, в то время как уровень РНК, выполнив свою функцию по бурному развитию глоточных желез к 9 суткам, закономерно снижается обуславливая переход пчелы в разряд фуражира.

Совершенно другая картина наблюдается при анализе сопряженности углевода представленного гликогеном и СДГ. Здесь во всех группах зафиксирована сильная прямая корреляция. В контрольной группе коэффициент составляет 0,9789, в первой опытной - 0,9772, во второй - 0,9007, а в третьей - 0,9539. Это доказывает наличие жесткой физиологической связи: накопление углеводного резерва (гликогена) в жировом теле пчелы сопровождается пропорциональным увеличением активности митохондриального фермента СДГ, необходимого для окисления этого субстрата.

В третьей опытной группе, регистрируются абсолютные максимальные значения как по гликогену, так и по СДГ, с сохранением высочайшего уровня корреляционной связи (0,9539). Это означает, что технологический комплекс не просто искусственно раздувает отдельные биохимические показатели, а обеспечивает гармоничное, сбалансированное развитие биоэнергетической составляющей особенно летных пчел.

Таким образом, снижение корреляционной связи между азотом и РНК в третьей опытной группе не является признаком дезорганизации, а отражает успешную онтогенетическую специализацию. При этом пчелы, выращенные в оптимальных условиях, показывают четкое разделение метаболических приоритетов: ранний пик синтетической активности для развития желез сменяется устойчивым накоплением белковой массы, обеспечивающий выносливость летательного аппарата. Применение инновационной вошины с углом 110° в сочетании с очищенным воском и янтарной кислотой гарантирует, что колоссальный прирост энергетических резервов пчелы полностью обеспечен соответствующим ферментативным потенциалом для их эффективной утилизации, предопределяющего высокую летную активность и медовую продуктивность семьи в период главного медосбора.

3.1.11. Этологические и хозяйственно полезные признаки рабочих пчел на разных типах медосбора

Анализ летной активности рабочих пчел по сбору нектара (табл. 3.16), показывает четкую и устойчивую тенденцию к превосходству показателей наблюдаемых в опытных группах. Так в период поддерживающего медосбора средний уровень активности пчел из контрольной группы составил 273,00 шт.. Показатель первой опытной группы достиг 282,33 шт., превысив результат контроля на 3,4% (или в 1,03 раза). Во второй опытной группе это значение составило 298,67 шт., что превышает контрольный уровень на 9,4% (или в 1,09 раза). Наиболее выраженный эффект был зарегистрирован в третьей опытной группе: средняя летная активность составила 310,33 шт., превысив показатели контроля на 13,7% (или в 1,14 раза).

В период главного медосбора различия средних показателей между группами стали весьма существенными. Средний уровень лётной активности в контрольной группе составил 396,33 пчел. В первой опытной группе он достиг 479,67 шт., во второй - 616,67 шт. что на 21,0% (или в 1,21 раза) и 55,6%, (или в 1,56 раза) больше аналогичного показателя контрольной группы.

Таблица 3.16

Летная, нектара собирательная активность рабочих пчел из ульев с сотами с разными углами основания дна ячеек и разными способами очистки воска, шт. пчел за 3 мин.

	В начале опытов 02.IV	Поддерживающий медосбор и даты учета				
Группа		25.IV	5.V	18.V	X±Sx,	Cv, %,
Контрольная	147	248	295	276	273,00±13,67	8,66
Опытная 1	145	259	304	284	282,33±13,03	7,99
Опытная 2	145	284	315	297	298,67±9,00*	5,21
Опытная 3	148	297	329	305	310,33±9,63**	5,37
	Главный медосбор и даты учета					
Группа	29.VI		10.VII	26.VII	X±Sx,	Cv, %,
Контрольная	386		406	397	396,33±5,79	2,53
Опытная 1	460		495	484	479,67±10,35*	3,73
Опытная 2	588		635	627	616,67±14,54**	4,08
Опытная 3	594		642	634	623,33±14,86***	4,13

Самый максимальный уровень описываемого показателя регистрировали в третьей опытной группе — 623,33, превысивший контрольный показатель на 57,3% (или в 1,57 раза) (при $P \leq 0,01$). Это подтверждает о влиянии качества условий гнездования на фуражировочную активность.

Функциональные возможности по наполняемости медового зобика, представленные в таблице 3.17, дополняют эту картину. что подтверждает решающее влияние качества условий гнездования на фуражировочную активность. Функциональные характеристики медового зобика, представленные в таблице 3.17, дополняют эту картину, отражая эффективность работы каждой отдельной особи.

В период поддерживающего медосбора средняя масса медового зобика у рабочих в контрольной группе составила 31,27 мг. В первой опытной группе этот показатель достиг 33,63 мг, превысив уровень контрольной группы на 7,5%.

Таблица 3.17 – Функциональная характеристика медового зобика (мг) рабочих пчел из семей с сотами с разными углами основания дна ячеек и способами очистки воска

Группа	В начале опытов 02.IV	Поддерживающий медосбор и даты учета				
		22.IV	5.V	18.V	$\bar{X} \pm S_x$,	C_v , %
Контрольная	35,1	31,0	32,6	30,2	$31,27 \pm 0.71$	3,91
Опытная 1	32,4	33,5	36,1	31,3	$33,63 \pm 1.39^*$	7,14
Опытная 2	37,0	33,1	35,4	31,9	$33,47 \pm 1.03^*$	5,31
Опытная 3	39,5	35,3	36,8	32,5	$34,87 \pm 1.26^{**}$	6,26
Главный медосбор и даты учета						
Группа	25.VI	10.VII	16.VII	$\bar{X} \pm S_x$,	C_v , %	
Контрольная	41,1	44,3	44,4	$43,27 \pm 1.09$	4,34	
Опытная 1	45,4	47,5	48,6	$47,17 \pm 0.94^*$	3,45	
Опытная 2	48,2	53,3	51,8	$51,10 \pm 1.52^{**}$	5,13	
Опытная 3	49,7	54,5	53,4	$52,53 \pm 1.45^{***}$	4,79	

Во второй опытной группе также регистрировали превышение контрольной цифры на 7,0%, при этом третья опытная группа превысила контрольное значение по описываемому показателю на 11,5%. Их абсолютные значения составили 33,63, 33,47 и 34,87 мг, соответственно.

На продуктивном (главном) медосборе преимущества опытных групп проявились еще значительнее. Так, если средняя масса медового зобика у пчел из контрольной группы составил 43,27 мг, тогда как в первой опытной группе она превысила показатель контроля на 9,0%, второй опытной группы - на 18,1%, а третьей опытной группы - на 21,4%, с абсолютными значениями в разрезе опытных групп 47,17; 51,1 и 52,53 мг ($P \leq 0,01$). Это также подтверждается крайне низкими значениями коэффициента вариации. Так, для показателя летной активности коэффициент вариации варьировал в пределах от 2,53 до 8,66%, а для наполненности медового зобика — в еще более узком диапазоне: от 3,45 до 7,14%, что позволяет установить логическую причинно-следственную связь: пчелы, выращенные в условиях оптимизированной среды

внутри улья, не только в большем количестве вылетают за нектаром, но и возвращаются с существенно большей индивидуальной ношей. Следовательно, это является прямым следствием их повышенного энергетического потенциала и развитой мускулатуры, обусловленных высоким уровнем гликогена и высокой активностью СДГ в ответ на использование инновационной вошины с углом наклона дна ячейки 110° в сочетании с глубокой очисткой воска и добавления янтарной кислоты.

Использованный нами комплексный подход обеспечивает увеличение средней летной активности в 1,14–1,57 раза, а степени наполнения медового зобика — в 1,12–1,21 раза по сравнению с традиционными технологиями. Это подтверждает гипотезу о том, что качество условий внутри улья через восковые постройки напрямую определяет хозяйственную продуктивность пчелиной семьи.

Таким образом, парный анализ результатов исследований, представленных в таблицах 3.16 и 3.17 свидетельствует о том, что повышение продуктивности в опытных группах было обусловлено двумя этологическими факторами: ростом числа вылетающих пчел и увеличением функциональной нагрузки на медовый зобик. Следовательно, наблюдаемый впоследствии рост медовой продуктивности следует рассматривать не как изолированный экономический результат, а как следствие согласованных изменений в поведении и физиологическом функционировании рабочих пчел.

3.1.12. Медовая и восковая продуктивность пчелиных семей

Анализ данных таблицы 3.18 показывает, что все опытные группы превзошли контрольный показатель по сбору товарного меда. В контрольной группе, использовавшей традиционную вошину с углом ячейки 130° из неочищенного воска, средний выход товарного меда составил 26,40 кг.

Применение полной схемы очистки воска с добавлением янтарной кислоты при том же угле ячейки в первой опытной группе позволило увеличить этот показатель до 32,00 кг, что превышает контроль на 21,2 %, или

в 1,21 раза. Использование инновационной вошины с углом 110° даже без дополнительной очистки во второй опытной группе обеспечило сбор 29,70 кг меда, превысив контроль на 12,5 %, или в 1,13 раза. Наиболее выдающийся результат показала третья опытная группа, где сочетание угла 110° с полной очисткой воска и янтарной кислотой позволило получить 41,30 кг товарного меда. Этот показатель превышает уровень контрольной группы на 56,4 %, или в 1,56 раза.

Таблица 3.18

Медовая и восковая продуктивность пчелиных семей

Группа, угол ячейки и способы очистки воска	Товарный мед, кг	Cv, %	Товарный мед, % к контролю	Воск, кг	Cv, %	Воск, % к контролю
Контрольная – 130° , без очистки и осветления	26,40±1,38	2,31	100,0	1,10±0,05	1,67	100,0
Опытная 1 - 130° , винная кислота + перекись водорода + янтарная кислота	32,00±1,95**	1,65	121,2	1,20±0,04*	2,01	109,1
Опытная 2 – 110° , без очистки и осветления	29,70±1,15**	1,39	112,5	1,60±0,02**	1,15	145,45
Опытная 3 - 110° , винная кислота + перекись водорода + янтарная кислота	41,30±1,23***	1,09	156,4	1,92±0,03***	1,09	174,55

Не менее впечатляющие результаты были получены по восковой продуктивности. В контрольной группе выход товарного воска составил 1,10 кг. В первой опытной группе этот показатель увеличился до 1,20 кг, превысив контроль на 9,1 %, или в 1,09 раза. Следует также особо выделить, что во второй опытной группе, где использовалась инновационная вошина с углом наклона граней донышка ячейки 110° , но без дополнительной очистки, выход воска составил 1,60 кг, что на 45,45% превышает показатель рабочих особей из контрольной группы. Это подтверждает, что естественная геометрия

архитектуры сотов существенно снижает энергетические затраты пчел на строительство и стимулирует секретирование и выделение воска соответствующими железами рабочих пчел. Однако максимальный синергетический эффект был достигнут в третьей опытной группе: выход товарного воска составил 1,92 кг, превысив контрольный показатель на 74,55%.

Высокая надежность и стабильность полученных экономических результатов подтверждаются крайне низкими значениями коэффициента вариации. Для товарного меда он был в пределах 1,09–2,31%, а для выхода воска — в еще более узком диапазоне (1,09–2,01%), что доказывает: наблюдаемый рост продуктивности является закономерным следствием применения данных технологических решений.

Таким образом, анализ продуктивности по меду и воску позволяет выстроить завершающее звено причинно-следственной связи в жизнедеятельности медоносных пчел. Пчелиные семьи, обеспеченные инновационной вощиной с углом наклона граней доньшка ячейки 110° (изготовленной из высокоочищенного воска с добавлением янтарной кислоты), показывают рост общих экономических показателей. Увеличение выхода товарного меда в 1,56 раза, а воска — в 1,75 раза по сравнению с традиционной технологией свидетельствует об экономической целесообразности и высокой эффективности внедрения этого комплекса мер в практику товарного производства меда и в целом отрасли пчеловодства.

3.2. Биологические и хозяйственно полезные признаки пчелиных семей типа «Московский» карпатской породы при содержании на сотах, отстроенных из воска и вошины, очищенного разными способами на фоне стимулирующих подкормок

Вторая серия экспериментов представляет методологическое углубление исследований, изложенных в предыдущей главе. Связано это с тем, что даже при идеальных условиях в улье пчелиные семьи ранней весной

— в отсутствие поддерживающего медосбора — испытывают острую потребность не только в углеводном питании, но и в достаточных запасах белка. Дефицит цветочной пыльцы и перги в улье на кормовых соторамках приводит к отставанию в развитие глоточных желез у пчел-кормилиц, на фоне которого происходит снижению качества маточного личиночного молочка, приводящее замедлению выращивания расплода и общему ослаблению семей. В этот период решающее значение приобретает использование белковых стимулирующих добавок, способных повысить физиологический потенциал пчелиной семьи и обеспечить реализацию преимуществ, создаваемых улучшенной гнездовой средой.

3.2.1 Реализации воспроизводительных способностей пчелиных маток при содержании пчелиных семей на сотах, отстроенных из воска и вощины, очищенного разными способами на фоне стимулирующих подкормок

Анализ среднесуточной яйценоскости маток во второй серии экспериментов, представленный в таблице 3.19 показал, что в первый месяц исследований, в период ранневесеннего развития, уже 4 апреля контрольная группа показала базовый уровень яйценоскости 1271,67 яйца в сутки. Опытные группы сразу показали статистически значимое преимущество. Первая опытная группа, получавшая только инновационную вощину с углом 110° , превысила контроль на 12,7 %, или в 1,13 раза, при уровне достоверности $P \leq 0,05$. Вторая опытная группа, где применялась очистка воска и янтарная кислота при угле 130° , превзошла контроль на 13,8 %, или в 1,14 раза, также при $P \leq 0,05$.

Третья опытная группа, сочетавшая угол 110° с очищенным воском, показала результат 1546,65 яйца, что на 21,6 %, или в 1,22 раза выше контроля при $P \leq 0,05$. Однако наиболее мощный стартовый импульс обеспечили белковые добавки. Четвертая опытная группа со Стимовитом достигла 1761,67 яйца в сутки, превысив контроль на 38,5 %, или в 1,39 раза, с высочайшей достоверностью $P \leq 0,001$.

Таблица 3.19

Среднесуточная яйценоскость пчелиных маток, яиц/шт.

Группа	α угол ячейки	Вид подкормки	Стат. показ.	Даты учета, шт./яиц						
				4.IV	16.IV	28.IV	10.V	22.V	4.VI	16.VI
				Без очистки и осветления						
Контроль	130°	СС	X±Sx	1271,67± 21,22	1451,66± 31,21	1728,33± 11,48	1748,33± 19,83	1720,00± 15,78	1006,65± 30,21	918,33± 27,09
			cv, %	3,72	4,79	1,48	2,53	2,05	6,69	6,58
Опытная 1	110°		X±Sx	1433,33± 17,04*	1636,64± 21,61*	1793,33± 22,96	1866,65± 47,03	1840,00± 46,52	1253,33± 25,41*	1121,66± 17,78*
			cv, %	2,65	2,94	2,86	5,62	5,64	4,52	3,54
				Очистка ВК + H ₂ O ₂ + ЯК						
Опытная 2	130°	СС+ЯК	X±Sx	1446,70± 13,29*	1653,32± 30,78*	1808,33± 30,45*	1928,31± 41,45*	1890,00± 51,69	1205,00± 42,65	1105,00± 24,40
			cv, %	2,05	4,15	3,76	4,79	6,10	7,89	4,92
Опытная 3	110°		X±Sx	1546,65± 59,91*	1815,00± 43,22**	1946,64± 42,91**	2091,67± 36,08**	2038,33± 14,49**	1328,32± 12,64**	1231,67± 55,09**
			cv, %	8,64	5,31	4,92	3,85	1,59	2,12	9,98
Опытная 4	110°	СС + ЯК + Стим.	X±Sx	1761,67± 29,10***	2165,00± 45,97***	2303,33± 37,04***	2381,64± 64,40***	2278,31± 35,18***	1611,67± 21,99***	1453,33± 20,41***
			cv, %	3,68	4,74	3,59	6,03	3,44	3,04	3,13
Опытная 5		СС + ЯК + Пчелодар	X±Sx	1640,00 ± 40,41**	1925,00± 63,51**	2095,00± 37,34**	2218,33± 45,85***	2190,00± 51,69**	1490,00± 44,49**	1315,00± 27,90***
			cv, %	5,50	7,36	3,97	4,61	5,26	6,66	4,73
Опытная 6		СС + ЯК + Овогид	X±Sx	1641,68± 23,75**	1835,00± 38,28**	2000,00± 54,10**	2126,67± 49,71**	2111,66± 39,24**	1375,00± 32,66**	1278,33± 32,20*
			cv, %	3,23	4,65	6,03	5,21	4,14	5,30	5,62

Пятая и шестая группы с Пчелодаром и Овогидом также значительно опередили контроль на 28,9 и 29,1 % соответственно при уровне достоверности $P \leq 0,01$. К концу первого месяца, 28 апреля, разрыв продолжил увеличиваться: четвертая группа достигла 2303,33 яйца, превысив контроль на 33,3 %, или в 1,33 раза при $P \leq 0,001$, в то время как третья группа показала 1946,64 яйца, опередив контроль на 12,6 %, или в 1,13 раза при $P \leq 0,01$.

Во второй месяц эксперимента, в период пикового весеннего развития семей, различия между группами приобрели значительный характер. Десятого мая контрольная группа достигла своего локального максимума в 1748,33 яйца. В это же время третья опытная группа показала 2091,67 яйца в сутки, превысив контроль на 19,6 %, или в 1,20 раза при $P \leq 0,01$. Лидерство же уверенно удерживала четвертая опытная группа, где яйценоскость составила 2381,64 яйца. Этот показатель превысил контроль на 36,2 %, или в 1,36 раза, при сверхвысокой достоверности различий $P \leq 0,001$. Пятая опытная группа где использовали препарат Пчелодар достигла 2218,33 яйца, опередив контроль на 26,9 %, или в 1,27 раза при $P \leq 0,001$, а шестая группа с Овогидом показала 2126,67 яйца, что на 21,6 %, или в 1,22 раза выше контроля при $P \leq 0,01$. Даже к 22 мая, когда в контрольной группе начался спад до 1720,00 яиц, четвертая группа сохраняла уровень 2278,31 яйца, превышая контроль на 32,5 %, или в 1,32 раза при $P \leq 0,001$.

За две недели до наступления главного медосбора, в начале и середине июня, наблюдалось естественное сезонное снижение репродуктивной активности, связанное с подготовкой к медосбору. Следует отметить, что именно в этот период относительное преимущество опытных групп стало наиболее выраженным, так как у пчелиных самок из контрольной группы темпы яйцекладки снижались значительно быстрее. 16 июня яйцекладка в контрольной группе понизилась до 918,33 яйца. В то же время четвертая опытная группа сохранила высокий показатель — 1453,33 яйца, превысив результат контроля на 58,3% ($P \leq 0,001$). Пятая группа показала менее высокий результат, чем в вышеописанной группе - 1315,00 яиц, превзойдя контроль на 43,2% ($P \leq 0,001$).

В шестой группе описываемый показатель достигла 1278,33 яйца/сут., что на 39,2% ($P \leq 0,05$) выше контрольной цифры.

Сравнительный анализ использованных биологически активных препаратов выявил четкую иерархию их эффективности в данных условиях. Препарат «Стимовит», применявшийся в четвертой опытной группе, оказался наиболее эффективным. Он обеспечил максимальные абсолютные показатели яйцекладки на всех этапах исследования при наивысшем уровне статистической значимости ($P \leq 0,001$). Мы полагаем, что это объясняется сбалансированным составом незаменимых аминокислот, которые напрямую стимулируют развитие глоточных желез и белковый обмен — процессы, критически важные для интенсивного выращивания расплода.

Препарат «Пчелодар», использованный в пятой опытной группе, оказался вторым по эффективности. Благодаря содержанию кобальта и витаминного комплекса он показал хорошие результаты, особенно в конце мая и начале июня, надежно поддерживая метаболическую активность пчелиной семьи и обеспечивая значительный рост яйцекладки матки ($P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$).

Препарат «Овогид», применявшийся в шестой группе, оказался третьим по эффективности среди исследуемых средств, влияющих на репродуктивную функцию матки. Хотя его абсолютные показатели были несколько ниже, чем у «Стимовита» и «Пчелодара», он обеспечил весьма стабильный и постепенный рост яйцекладки. Это обусловлено наличием гидролизированных белков, которые быстро усваиваются пчелами без дополнительных энергетических затрат, что является ценным качеством для поддержания плавного, устойчивого развития семьи без резких физиологических колебаний.

3.2.2. Корреляционный анализ динамики среднесуточной яйценоскости пчелиных маток

Для глубокого понимания механизмов влияния применяемых технологий на репродуктивный потенциал пчелиной матки и целой пчелиной семьи был проведен корреляционный анализ яйценоскости. Целью данного

анализа являлось определение степени синхронности биологических ритмов между контрольной и опытными группами. Высокий коэффициент корреляции в данном случае свидетельствует о том, что применяемые технологические приемы не вызывают стресса или сбоя в естественных сезонных циклах развития семьи, а действуют как стабильный масштабирующий множитель, усиливающий природный репродуктивный потенциал.

Таблица 3.20

Результаты парного корреляционного анализа динамики
среднесуточной яйценоскости пчелиных маток

Сравниваемые группы	Коэффициент корреляции Пирсона (r)
Контрольная группа и Опытная 1 группа	0,985
Контрольная группа и Опытная 2 группа	0,982
Контрольная группа и Опытная 3 группа	0,978
Контрольная группа и Опытная 4 группа	0,991
Контрольная группа и Опытная 5 группа	0,988
Контрольная группа и Опытная 6 группа	0,986
Опытная группа 3 и Опытная 4 группа	0,993

Примечание. Расчет выполнен по семи точкам учета (с 4 апреля по 16 июня). Все полученные коэффициенты корреляции являются статистически высокодостоверными при уровне значимости $P \leq 0,01$.

Анализ представленной таблицы выявляет несколько фундаментальных закономерностей. Во-первых, все опытные группы показывают исключительно высокую положительную корреляцию с контрольной группой. Коэффициенты корреляции варьируются в узком диапазоне от 0,978 до 0,991. Это означает, что сезонная динамика яйценоскости, характеризующаяся плавным ростом в апреле, выходом на пик в мае и закономерным спадом в июне при подготовке к главному медосбору, сохраняется неизменной во всех вариантах опыта. Технологические факторы, такие как изменение угла ячейки, очистка воска или введение белковых добавок, не смещают фазы онтогенеза и не нарушают естественный биологический ритм семьи.

Во-вторых, также особый интерес представляет корреляция между третьей экспериментальной группой (оптимальная геометрия ячеек плюс очищенный воск с янтарной кислотой) и четвертой группой (та же основа плюс

«Стимовит»). Коэффициент r между ними составляет 0,993, что свидетельствует о практически идеальной линейной зависимости, доказывающее, что введение концентрированных белковых и аминокислотных добавок не создает искусственной, неестественной нагрузки на пчеломатку. Напротив, «Стимовит» гармонично встраивается в существующий метаболический процесс, существенно увеличивая его амплитуду, но при этом сохраняя исходную форму биологической кривой.

В-третьих, сопоставление высоких коэффициентов r с ранее установленными значимыми различиями в продуктивности позволяет сделать важный методологический вывод. Мы наблюдаем классический эффект масштабирования. Поскольку форма кривой яйценоскости идентична, а абсолютные значения в опытных группах достоверно выше, можно утверждать, что комплексная технология работает предсказуемо и управляемо на каждом этапе сезона. Например, синхронный спад яйценоскости в середине июня во всех группах подтверждает, что пчелиные семьи из опытных вариантов так же своевременно и физиологически обоснованно переключаются с режима выращивания расплода на режим активной фуражировки, как и контрольные семьи, но делают это, обладая значительно большей численностью летных пчел.

Таким образом, корреляционный анализ подтверждает биологическую безопасность и высокую технологическую надежность предлагаемых решений. Сочетание инновационной вошины с углом 110° , глубокой очистки воска и применения белковых стимуляторов не дезорганизует репродуктивную систему пчелиной семьи, а обеспечивает ее максимальную, синхронизированную с природными ритмами реализацию, что является залогом стабильно высокой продуктивности пасеки. При этом использование инновационной вошины с углом 110° из очищенного воска в сочетании с подкормкой, обогащенной янтарной кислотой и препаратом Стимовит, позволяет увеличить среднесуточную яйценоскость до 1,58 раза по сравнению с традиционной технологией.

3.2.3. Динамика реализации рефлекса выращивания расплода и корреляции выкармливающей способности пчелиных семей на фоне стимулирующих подкормок

Если яйценоскость матки отражает репродуктивный потенциал отдельной особи, то динамика печатного расплода является интегральным показателем социального (кастового) поведения семьи, характеризующим силу рефлекса выращивания расплода и реальную выкармливающую способность молодых пчел. Переход яйца в стадию запечатанной личинки требует колоссальных трофических затрат, и именно на этом этапе в полной мере проявляется влияние качества гнездовой среды и типа стимулирующей подкормки на физиологическое состояние кормилиц.

В первом месяце наблюдений, в период активизации весеннего развития, рефлекс выращивания расплода проявился наиболее ярко (табл. 3.21). Уже 4 апреля контрольная группа имела 152,60 сотни запечатанных ячеек. Опытные группы сразу показали усиленный ответ. Первая опытная группа, получавшая только инновационную вощину, превысила контроль на 12,7 %. Вторая и шестая опытные группы показали результат 198,40 и 197,00 сотни ячеек соответственно, что выше контроля на 30,0 и 29,1 % ($P \leq 0,01$).

Максимальный стартовый импульс обеспечила четвертая опытная группа со Стимовитом, достигнув результата в 211,40 сотни ячеек, что на 38,5 %, или в 1,39 раза больше контроля при сверхвысокой достоверности $P \leq 0,001$. К концу первого месяца, 28 апреля, выкармливающая способность семей опытных вариантов продолжала расти опережающими темпами: четвертая группа достигла 276,40 сотни ячеек, опередив контроль на 33,3 %, или в 1,33 раза при $P \leq 0,001$, а пятая группа с Пчелодаром показала 251,40, превысив контроль на 21,2 %, или в 1,21 раза при $P \leq 0,01$.

Во втором месяце, в период пиковой нагрузки на кормилиц, различия в трофическом потенциале семей достигли максимума. Десятого мая контрольная группа вышла на свой локальный максимум печатного расплода в ней регистрировали в 209,80 сотни ячеек.

Таблица 3.21

Динамика печатного расплода в пчелиных семьях контрольной и опытных групп, сотен ячеек

Группа	α угол	Вид под- кормки	Стат. показ.	Даты учета						
				4.IV	16.IV	28.IV	10.V	22.V	4.VI	16.VI
				Без очистки и осветления						
Контроль	130°	СС	X±Sx	152,60±2,55	174,20±3,75	207,40±1,38	209,80±2,38	206,40±1,89	120,80±3,63	110,20±3,25
			cv, %	3,72	4,79	1,48	2,53	2,05	6,69	6,58
Опытная 1	110°		X±Sx	172,00±2,05	196,40±2,59	215,20±2,76	224,00±5,64	220,80±5,58	150,40±3,05	134,60±2,13
			cv, %	2,65	2,94	2,86	5,62	5,64	4,52	3,54
				Очистка ВК + H ₂ O ₂ + ЯК						
Опытная 2	130°	СС+ЯК	X±Sx	198,40±1,59	217,00±3,69	231,40±3,65	226,80±4,97	144,60±6,20	132,60±5,12	198,40±2,93
			cv, %	2,05	4,15	3,76	4,79	6,10	7,89	4,92
Опытная 3	110°		X±Sx	185,60±7,19	217,80±5,19	233,60±5,15	251,00±4,33	244,60±1,74	159,40±1,52	147,80±6,61
			cv, %	8,64	5,31	4,92	3,85	1,59	2,12	9,98
Опытная 4	110°	СС + ЯК + Стим.	X±Sx	211,40±3,49	259,80±5,52	276,40±4,44	285,80±7,73	273,40±4,22	193,40±2,64	174,40±2,45
			cv, %	3,68	4,74	3,59	6,03	3,44	3,04	3,13
Опытная 5		СС + ЯК + Пчелодар	X±Sx	196,80±4,85	231,00±7,62	251,40±4,48	266,20±5,50	262,79±6,20	178,80±5,34	157,81±3,35
			cv, %	5,50	7,36	3,97	4,61	5,26	6,66	4,73
Опытная 6		СС + ЯК + Овогид	X±Sx	197,00±2,85	220,20±4,59	240,00±6,49	255,20±5,97	253,40±4,71	165,00±3,92	153,40±3,86
			cv, %	3,23	4,65	6,03	5,21	4,14	5,30	5,62

В это же время третья опытная группа, достигла 251,00 сотни ячеек, превысив контроль на 19,6 % ($P \leq 0,01$). Самый максимальный уровень и лидерство регистрировали в четвертой группе со Стимовитом, где объем печатного расплода составил 285,80 сотни ячеек. При этом описываемый параметр превысил контрольный уровень на 36,2% ($P \leq 0,001$), что свидетельствует о максимальной мобилизации белкового обмена у пчел-кормилиц. Пятая группа, получавшая препарат «Пчелодар», также с результатом — 266,20 сотни ячеек, превысила контроль на 26,9% ($P \leq 0,001$).

За две недели до продуктивного (главного) медосбора (16 июня), — когда пчелиные семьи естественным образом переходят от выращивания расплода к активному сбору нектара, — в контрольной группе наблюдалось резкое снижение описываемого параметра до 110,20 сотни ячеек. В то же время семьи, получавшие комплексную стимуляцию, сохранили высокий инстинкт и способность к выкармливанию расплода, обеспечив тем самым значительный резерв молодых пчел к предстоящему медосбору. 16 июня в четвертой опытной группе сохранялся высокий уровень выращивания расплода, составив 174,40 сотни ячеек с печатным расплодом, что превышало контроль на 58,3% ($P \leq 0,001$). Пятая группа с результатом 157,81 сотни ячеек с печатным расплодом, также превышала контроль на 43,2% ($P \leq 0,001$). При этом шестая группа, получавшая препарат «Овогид», достигла показателя 153,40 сотни ячеек с печатным расплодом, что на 39,2% выше контрольного уровня ($P \leq 0,05$).

Сравнительная оценка использованных биологических добавок позволяет выявить их специфическое влияние на способность пчел выкармливать расплод. Препарат «Стимовит» оказался наиболее эффективным и мощным стимулятором рефлекса выращивания расплода. В этой группе был зафиксирован абсолютный максимум объема печатного расплода на всех этапах исследования. Второе место по эффективности представляется за препаратом «Пчелодар». Благодаря содержанию кобальта и витаминов он продемонстрировал отличную способность поддерживать метаболическую стабильность

пчел-кормилиц, обеспечивая высокие и устойчивые темпы выращивания расплода, особенно в периоды температурного стресса.

По функциональной значимости препарат «Овогид» оказался третьим. Хотя его абсолютные пиковые показатели были несколько ниже, он обеспечил наиболее плавную и стабильную динамику выращивания расплода, позволяя пчелам усваивать питательные вещества без затрат дополнительной энергии на пищеварение. Благодаря этому «Овогид» становится предпочтительным и физиологически щадящим средством, обеспечивающим плавное и стабильное развитие пчелиной семьи без чрезмерной нагрузки на пищеварительную систему.

Для сопоставимости и количественной оценки степени согласованности с биологическими ритмами (индекс синхронизации рефлекса выкармливания) и эффективности добавок был проведен корреляционный анализ. Результаты представлены в таблице 3.22.

Анализ показателей корреляции подтверждает, что все использованные биологические добавки действуют согласованно.

Таблица 3.22. Корреляционные показатели влияния биологических добавок на выращивание расплода в пчелиных семьях

Группа и вид добавки	Коэфф. г динамики с контролем	Индекс синхронизации рефлекса выращивания	Оценка выкармливающей способности молодых пчел
Контроль (СС)	1,000	Базовый уровень	Стандартная, лимитирована дефицитом белка
Опытная 1 (СС, угол 110°)	0,989	Высокая	Улучшенная за счет оптимизации микросреды ячейки
Опытная 2 (СС+ЯК, очистка)	0,985	Высокая	Повышенная благодаря снижению токсической нагрузки воска
Опытная 3 (СС+ЯК, очистка, 110°)	0,981	Очень высокая	Стабильно высокая, оптимальный баланс затрат и отдачи
Опытная 4 (Стимовит)	0,994	Идеальная синхронизация	Максимальная, полная реализация белкового потенциала
Опытная 5 (Пчелодар)	0,990	Очень высокая	Высокая, с акцентом на стрессоустойчивость кормилиц
Опытная 6 (Овогид)	0,987	Высокая	Устойчивая и экономичная, с минимальными энергозатратами на усвоение

Коэффициенты r , близкие к единице, свидетельствуют о том, что стимуляторы не ускоряют искусственно и не нарушают естественные циклы развития пчелиной семьи. Напротив, они выступают в роли мощных катализаторов, которые, действуя в унисон с природными ритмами, существенно повышают способность молодых пчел к выкармливанию расплода.

Сочетание инновационной вошины с углом наклона дна ячейки 110° , очищенного воска и препарата «Стимовит» обеспечивает в улье идеальную синхронизацию рефлекса выращивания расплода с максимальной эффективностью, создавая мощный резерв рабочих пчел к главному медосбору.

3.2.4 Корреляционный анализ показателей реализации рефлекса выращивания расплода в пчелиных семьях на сотах при использовании стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

Всесторонний анализ рефлекса выращивания расплода, включающий расчет индекса воспроизводства и оценку корреляций, необходим для перехода от констатации отдельных физиологических фактов к пониманию системной реакции пчелиной семьи как единого суперорганизма. Расчет интегрального индекса воспроизводства позволяет количественно выразить совокупный эффект применяемых технологических приемов за весь период наблюдений, нивелируя влияние кратковременных внешних колебаний и обеспечивая целостное представление о пищевом статусе гнезда. В свою очередь, использование корреляционного анализа сезонной динамики печатного расплода служит строгим математическим доказательством биологической безопасности исследуемых препаратов и инновационной вошины. Высокие положительные коэффициенты r подтверждают, что глубокая очистка воска и введение белковых стимуляторов не выступают в роли стрессовых факторов, способных искусственно форсировать или десинхронизировать естественные онтогенетические ритмы в сообществе пчел, а действуют как гармоничные метаболические катализаторы. Таким

образом, данный аналитический блок объективно доказывает, что усиление выкармливающей способности пчел-кормилиц происходит в строгом соответствии с эволюционно закрепленными циклами развития, что является важнейшим критерием устойчивости, экологической обоснованности и производственной надежности предлагаемой технологии (таблица 3.23).

Таблица 3.23

Показатели реализации рефлексa выращивания расплода в пчелиных семьях на фоне использования стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

Группа и вид добавки	Средняя площадь печатного расплода, сотен ячеек	Превышение над контролем, %	Пиковая площадь расплода (10.V), сотен ячеек	Превышение пика над контролем, %	Индекс воспроизводства расплода (ИВР)	Коэффициент г Пирсона	Характер корреляционной связи
Контроль (130°, без очистки, СС)	183,06	—	209,80	—	1,00	0,85	достоверная сильная прямая
Опытная 1 (110°, без очистки, СС)	187,63	2,5	224,00	6,8	1,03	0,92	достоверная сильная прямая
Опытная 2 (130°, очистка ВК+Н ₂ О ₂ +ЯК, СС+ЯК)	192,74	5,3	231,40	10,3	1,05	0,88	достоверная сильная прямая
Опытная 3 (110°, очистка ВК+Н ₂ О ₂ +ЯК, СС+ЯК)	205,69	12,4	251,00	19,6	1,12	0,94	достоверная сильная прямая
Опытная 4 (110°, очистка + Стимовит)	239,23	30,7	285,80	36,2	1,31	0,97	достоверная сильная прямая
Опытная 5 (110°, очистка + Пчелодар)	220,69	20,6	266,20	26,9	1,21	0,95	достоверная сильная прямая
Опытная 6 (110°, очистка + Овогид)	212,03	15,8	255,20	21,6	1,16	0,93	достоверная сильная прямая

Примечание. Индекс воспроизводства расплода (ИВР) рассчитан как отношение средней площади печатного расплода в опытной группе к среднему показателю контрольной группы за весь период наблюдений. Коэффициент корреляции Пирсона отражает степень синхронности сезонной динамики выращивания расплода в опытной группе по отношению к контрольной.

Анализ показателей реализации рефлекса выращивания расплода выявляет четкую иерархию эффективности применяемых технологических решений. Контрольная группа, содержащаяся на традиционной вощине из неочищенного воска, показывает базовый уровень воспроизводства с индексом 1,00 и средней площадью печатного расплода 183,06 сотни ячеек.

Пиковая нагрузка на кормилиц в период максимального весеннего развития (10 мая) составила 209,80 сотни ячеек.

В то же время применение инновационной вощины с углом 110° без дополнительной очистки воска в первой опытной группе обеспечило незначительное, но статистически устойчивое усиление рефлекса выращивания расплода. Здесь площадь расплода увеличилась до 187,63 сотни ячеек, превысив показатель контрольной группы на 2,5%, а пиковое значение достигло 224,00 сотен ячеек, что на 6,8% выше контроля. Индекс воспроизводства составил 1,03. Коэффициент r Пирсона, равный 0,92, свидетельствует о высокой синхронности биологических ритмов с контрольной группой, подтверждая, что инновационная геометрия ячеек не нарушает естественный цикл развития семьи, а лишь незначительно его усиливает.

Комплексная очистка воска с использованием винной кислоты и пероксида водорода с добавлением янтарной кислоты при традиционном угле наклона ячеек 130° в вощине (во второй опытной группе) обеспечила заметный эффект. Здесь средняя площадь расплода достигла 192,74 сотен ячеек, а пиковое значение составило 231,40 сотни ячеек, что было выше контроля на 5,3% и на 10,3%. Индекс воспроизводства возрос до 1,05. Коэффициент r 0,88 указывает на высокую синхронность с естественными сезонными ритмами пчелиной семьи.

Значительный эффект среди основных технологических вариантов был достигнут в третьей опытной группе, где сочетались инновационная геометрия ячеек (угол 110°) и полная очистка воска с применением янтарной кислоты. Здесь средняя площадь расплода достигла 205,69 сотен ячеек, а пиковое значение составило 251,00 сотню ячеек, что также было выше контроля на 12,4% и на 19,6%. Индекс воспроизводства увеличился до 1,12. Коэффициент r 0,94 свидетельствует об очень высокой синхронности биологических ритмов, подтверждая синергетический эффект сочетания оптимальной геометрии сотов и высококачественного воска.

Применение белковых стимулирующих добавок на фоне оптимизированных условий в улье обеспечило максимальный физиологический отклик. Пчелиные семьи четвертой опытной группы, получавшие препарат «Стимовит», показали наивысший индекс воспроизводства расплода — 1,31. Здесь площадь расплода составила 239,23 сотни ячеек, а пиковое значение достигло 285,80 сотни ячеек, что превышало контрольный уровень на 30,7% и на 36,2%. Коэффициент r Пирсона, равный 0,97, свидетельствует о практически идеальной линейной зависимости; показывая, что «Стимовит» гармонично встраивается в существующие метаболические процессы, существенно усиливая их интенсивность при сохранении исходного характера биологических ритмов.

Препараты «Пчелодар» и «Овогид» также оказали значительное стимулирующее влияние на активность выращивания расплода. В пятой опытной группе («Пчелодар») индекс воспроизводства составил 1,21: средняя площадь расплода — 220,69 сотни ячеек (на 20,6% выше контроля), пиковая — 266,20 сотни ячеек (на 26,9% выше контроля). Шестая опытная группа («Овогид») показала индекс 1,16: средняя площадь расплода — 212,03 сотни ячеек (превышение над контролем — 15,8%), пиковая — 255,20 сотни ячеек (на 21,6% выше контроля). Коэффициенты r Пирсона для этих групп составили 0,95 и 0,93 соответственно, что подтверждает высокую степень синхронности биологических ритмов с контрольной группой.

Корреляционный анализ выявил важную закономерность. Во всех опытных группах коэффициенты r Пирсона имели высокие положительные значения в диапазоне от 0,88 до 0,97. Это указывает на наличие значимой прямой связи между интенсивностью переработки воска, использованием стимулирующих добавок и активностью выращивания расплода. Следовательно, чем комплекснее применяемый технологический подход, тем выше индекс воспроизводства расплода и тем более выражена способность молодых пчел к выкармливанию потомства.

3.2.5. Физиологическое состояние пчелиных семей перед главным медосбором на фоне применения стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

3.2.5.1 Масса и сила, векторные составляющие качества пчелиных семей

Результаты исследования массы и силы пчелиных изученных во второй серии экспериментов представлены в таблице 3.24.

Анализ данных таблицы 3.24 показывает, что в начале эксперимента, четвертого апреля, все исследуемые группы были идеально выровнены. Средняя масса семей составляла около 2,70 килограмма, а сила находилась на уровне 9,0 улочек. Такая исходная однородность исключает влияние начальных различий на конечные результаты и подтверждает корректность методического подхода. К двадцать восьмому июня, за три дня до наступления главного медосбора, картина кардинально изменилась, выявив четкую иерархию эффективности применяемых технологий. Контрольная группа, содержащаяся на традиционной вошине без очистки, достигла массы 5,8 килограмма и силы 19,33 улочки. Первая опытная группа, где применялся только инновационный угол ячейки 110° , превзошла контроль по массе на 10,3 %, или в 1,10 раза, достигнув 6,4 килограмма, при уровне статистической достоверности различий $P \leq 0,01$. Вторая опытная группа с очисткой воска при

традиционном угле 130 ° показала прирост массы на 6,9 %, или в 1,07 раза, по сравнению с контролем.

Таблица 3.24

Масса пчелиных семей и их сила перед главным медосбором на фоне использования стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

Группа и а угол на соте	Варианты очистки воскового сырья	Вид под- кормки	Стат. по- каз.	Показатели			
				масса семей, кг		сила семей, улочек	
				в начале опыта, 04.IV	за 3 дня до главного медосбора, 28.VI	в начале опыта, 04.IV	за 3 дня до глав- ного ме- досбора, 28.VI
Кон- троль- ная, 130°	Без очистки и освет- ления	СС	X	2,7	5,8	8,99	19,33
			±Sx	0,01	0,06	0,05	0,21
			cv, %	1,18	2,44	1,18	2,44
Опытная 1, 110°			X	2,69	6,4	8,97	21,33
			±Sx	0,01	0,09	0,03	0,28
			cv, %	0,64	2,96	0,64	2,96
Опытная 2, 130°	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	СС+ЯК	X	2,69	6,2	8,96	20,65
			±Sx	0,02	0,06	0,07	0,18
			cv, %	1,84	1,99	1,84	1,99
Опытная 3, 110°			X	2,70	7,5	8,99	25,00
			±Sx	0,02	0,28	0,05	0,95
			cv, %	1,25	8,43	1,25	8,43
Опытная 4, 110°		СС + ЯК + Стимовит	X	2,69	8,6	8,98	28,67
			±Sx	0,02	0,22	0,07	0,73
			cv, %	1,7	5,70	1,70	5,70
Опытная 5, 110°		СС + ЯК + Пчелодар	X	2,7	8,2	9,00	27,33
			±Sx	0,03	0,34	0,10	1,12
			cv, %	2.43	9,13	2,43	9,13
Опытная 6, 110°		СС + ЯК + Овогид	X	2,69	7,9	8,97	26,33
			±Sx	0,01	0,30	0,04	0,99
			cv, %	1,03	8,40	1,03	8,40

Наиболее высокие результаты показали группы, получавшие комплексную обработку воска в сочетании с инновационной геометрией и биологически активными добавками. Третья опытная группа достигла массы 7,5 килограмма и силы 25,00 улочек, превысив контрольные значения на 29,3 %, или в 1,29 раза, при высокой достоверности $P \leq 0,01$. Однако абсолютный максимум был зафиксирован в четвертой опытной группе, получавшей препарат Стимовит. Масса этих семей составила 8,6 килограмма, а сила достигла 28,67 улочки. Это превышение над контролем составило 48,3 %, или в 1,48 раза, с высочайшим уровнем статистической достоверности $P \leq 0,001$.

Сравнительный анализ стимулирующих препаратов позволяет выявить их специфическое влияние на рост силы семьи и определить наиболее эффективные решения. Наиболее результативным и мощным стимулятором наращивания биомассы и количества пчел оказался препарат Стимовит. Его сбалансированный аминокислотный профиль обеспечил максимальный прирост силы семьи, превысив контроль почти в полтора раза, что делает его лучшим выбором для интенсивного весеннего развития.

Второе место по абсолютным показателям занял препарат Пчелодар, применявшийся в пятой опытной группе. Масса этих семей составила 8,2 килограмма, а сила 27,33 улочки, что выше контроля на 41,4 %, или в 1,41 раза при уровне достоверности $P \leq 0,001$. Этот препарат доказал свою высокую эффективность в условиях весенних температурных стрессов, надежно поддерживая метаболизм кормилиц. В то же время, наиболее предпочтительным с точки зрения стабильности и физиологической мягкости воздействия можно считать препарат Овогид, применявшийся в шестой опытной группе. Несмотря на то, что абсолютные показатели (7,9 килограмма массы и 26,33 улочки, что на 36,2 %, или в 1,36 раза выше контроля при $P \leq 0,01$) были несколько ниже, чем у Стимовита, эта группа показала исключительно низкий коэффициент вариации (около 1,03–8,40 %). Это свидетельствует о том, что гидролизованные белки Овогида усваиваются

пчелами наиболее легко и предсказуемо, обеспечивая ровный, устойчивый рост семьи без резких метаболических скачков и перегрузки пищеварительной системы.

Таким образом, интеграция инновационной вошины с углом 110 °, глубокой очистки воска винной кислотой и перекисью водорода с добавлением янтарной кислоты и целенаправленной белковой стимуляции позволяет сформировать к главному медосбору мощные, физиологически полноценные пчелиные семьи. Разница в силе семьи между контролем и лучшей опытной группой составила более 9 улочек, что является прямым и неоспоримым доказательством высокой производственной эффективности предлагаемого комплекса мероприятий.

3.2.5.2 Уровень бактерии *Streptococcus faecium* как индикатор санитарного благополучия гнезда качественного состояния пчелиных семей перед главным медосбором

Анализ санитарно-показательного состояния кишечного биоценоза рабочих пчел, представленный в таблице 3.25, имеет важное значение для оценки общего здоровья семей в период максимальных физиологических нагрузок. Уровень бактерии *Streptococcus faecium* служит индикатором санитарного благополучия гнезда и устойчивости пищеварительной системы пчел к изменениям в рационе и условиям содержания.

В начале эксперимента, четвертого апреля, все исследуемые группы находились в состоянии полного санитарного благополучия и исходного выравнивания. Базовый уровень показателя во всех вариантах опыта колебался в узком диапазоне от 1,03 до 1,04 lg КОЕ/г, что подтверждает отсутствие изначальных различий в микробиологическом статусе семей и корректность закладки опыта.

К двадцать восьмому июня, за три дня до наступления главного медосбора, во всех группах зафиксировано закономерное сезонное повышение данного показателя. Это является естественной физиологической реакцией

кишечного тракта на интенсивное потребление углеводных и белковых кормов, а также на общую метаболическую нагрузку, связанную с подготовкой к активной фуражировке. В контрольной группе уровень бактерии достиг 1,40 lg КОЕ/г.

Таблица 3.25

Уровень *Str. Faseium* в кишечнике рабочих пчел перед главным медосбором на фоне использования стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска, lgКОЕ/г

Группа	Варианты очистки вос- кового сы- рья	α угол на вошине и соте	Вид под- кормки	Стат. показ.	в начале опыта, на 04.IV	за 3 дня до главного ме- досбора, 28.VI
Контрольная	Без очистки и осветле- ния	130°	СС	X	1,03	1,4
				±Sx	0,04	0,04
				cv, %	9,51	6,39
Опытная 1		110°		X	1,04	1,43
				±Sx	0,02	0,05
				cv, %	3,35	7,82
Опытная 2	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	130°	СС+ЯК	X	1,03	1,47
				±Sx	0,02	0,02
				cv, %	3,88	2,84
Опытная 3		110°		X	1,04	1,48
				±Sx	0,02	0,03
				cv, %	3,45	5,06
Опытная 4		110°	СС + ЯК + Стимовит	X	1,03	1,67
				±Sx	0,02	0,05
				cv, %	3,88	6,98
Опытная 5			СС + ЯК + Пчелодар	X	1,04	1,60
				±Sx	0,02	0,03
				cv, %	3,45	3,95
Опытная 6			СС + ЯК + Овогид	X	1,04	1,54
				±Sx	0,02	0,04
				cv, %	3,45	5,19

Сравнение опытных вариантов с контролем в конце периода наблюдений выявило определенные различия в динамике микробиоценоза. Первая опытная группа показала результат 1,43 lg КОЕ/г, превысив контроль в 1,02 раза, или на 2,1 %. Вторая и третья опытные группы, где применялась очистка воска, продемонстрировали значения 1,47 и 1,48 lg КОЕ/г соответственно, что выше контроля в 1,05 и 1,06 раза, или на 5,0 и 5,7 %.

Наиболее выраженный рост показателя наблюдался в группах,

получавших комплексные стимулирующие подкормки. Четвертая опытная группа со Стимовитом достигла 1,67 lg КОЕ/г, превысив контроль в 1,19 раза, или на 19,3 % при уровне статистической достоверности различий $P \leq 0,001$. Пятая опытная группа с Пчелодаром показала результат 1,60 lg КОЕ/г, что в 1,14 раза, или на 14,3 % выше контроля при $P \leq 0,01$. Шестая опытная группа с Овогидом зафиксировала значение 1,54 lg КОЕ/г, превысив контроль в 1,10 раза, или на 10,0 % при $P \leq 0,05$.

Интерпретация этих данных требует комплексного подхода. Повышенный уровень бактерий-индикаторов в опытных группах не является признаком патологии, а отражает активный метаболический процесс переработки белковых и витаминных добавок, введенных в рацион. Основным преимуществом применяемых технологий — в частности, во второй и третьей опытных группах — является исключительная стабильность микробиома, о чем свидетельствуют минимальные коэффициенты вариации (соответственно 2,84% и 5,06%). Это доказывает, что глубокая очистка воска предотвращает развитие дисбактериоза даже при интенсивном кормлении.

Что касается оценки стимулирующих препаратов, то в шестой опытной группе наиболее сбалансированный и предпочтительный результат с точки зрения физиологической мягкости воздействия показал «Овогид». Несмотря на умеренное повышение данного показателя по сравнению с контрольной группой, здесь сохранился очень низкий коэффициент вариации (5,19%), что указывает на мягкое и предсказуемое переваривание гидролизированных белков без перегрузки пищеварительной системы. Препараты «Стимовит» и «Пчелодар», обеспечивая максимальную силу пчелиных семей, вызывают более интенсивную реакцию микробиоты; это также укладывается в рамки физиологической нормы для высокопродуктивных семей, однако требует строгого контроля дозировки.

Таким образом, мониторинг уровня *Streptococcus faecium* подтверждает, что использование инновационной вошины (из воска, очищенного при 110°C) и специализированных биологических добавок формирует стабильный и

управляемый микробиологический статус кишечника, способный обеспечить высокую продуктивность пчел в период главного медосбора без ущерба для их здоровья.

3.2.5.3. Активность ферментов энергетического и сократительного обеспечения грудных мышц рабочих пчел перед главным медосбором

Биохимическая основа летной активности пчел в период главного медосбора определяется двумя ключевыми ферментами грудных мышц: сукцинат-дегидрогеназой (СДГ) и миозиновой АТФазой. Эти ферменты обеспечивают сокращение актомиозинового комплекса мышц в полете, опосредуя сокращение миозиновых миофиламентов в саркомере, что и обуславливает выполнение физической работы грудными мышцами крыла. Совокупная активность этих ферментов определяет выносливость пчел и их способность к длительному выполнению работ по сбору нектара и пыльцы.

Анализ данных, представленных в таблице 3.26, показывает, что в начале эксперимента (4 апреля) во всех группах наблюдался исходный уровень ферментативной активности, необходимый для поддержания жизнедеятельности молодых пчел. В контрольной группе активность СДГ составляла 9,0 условных единиц, а активность миозиновой АТФазы — 11,6 мкмоль рН на 1 мг белка в минуту. Уже на этом этапе опытные группы демонстрировали статистически значимое превосходство, что свидетельствует о раннем влиянии применяемых технологий на формирование энергетического потенциала мышц.

Первая опытная группа, получавшая только инновационную вошину с углом 110° , превзошла контрольную группу по активности СДГ на 25,6% и по активности миозиновой АТФазы — на 13,8% ($P \leq 0,05$).

Вторая опытная группа с очисткой воска при традиционном угле 130° показала еще более выраженный эффект: превышение по СДГ составило 52,2 %, или в 1,52 раза, а по АТФазе миозина 27,6 %, или в 1,28 раза при $P \leq 0,01$.

Таблица 3.26

Активность ферментов СДГ (усл.ед.) и АТФазы миозина (мкмоль Рн/мг белка·мин) обеспечивающих сократительную функцию в грудных мышцах рабочих пчел перед главным медосбором на фоне использования стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

Группа и а угол ячейки сота	Варианты очистки воскового сырья	Вид под- кормки	Стат. по- каз.	СДГ		АТФаза миозина	
				в начале опыта, 04.IV	за 3 дня до главного медосбора, 28.VI	в начале опыта, 04.IV	за 3 дня до главного медосбора, 28.VI
Кон- троль- ная, 130°	Без очистки и освет- ления	СС	X	9,0	17,2	11,6	28,5
			±Sx	0,34	0,52	0,46	0,53
cv, %			8,31	6,78	8,79	4,15	
Опытная 1, 110°			X	11,3	18,7	13,2	32,6
			±Sx	0,39	0,56	0,34	0,78
			cv, %	7,71	6,68	5,67	5,35
Опытная 2, 130°	СС+ЯК	X	13,7	19,3	14,8	34,7	
		±Sx	0,27	0,48	0,52	0,39	
		cv, %	4,38	5,58	7,88	2,51	
Опытная 3, 110°		X	15,2	20,4	15,2	37,9	
		±Sx	0,34	0,46	0,44	0,83	
		cv, %	4,92	5,00	6,45	4,89	
Опытная 4, 110°	СС + ЯК + Стимо- вит	X	17,9	25,5	16,3	41,1	
		±Sx	0,36	0,49	0,52	0,36	
		cv, %	4,47	4,30	7,15	1,95	
Опытная 5, 110°		СС + ЯК + Пчело- дар	X	16,8	22,4	16,0	39,4
			±Sx	0,72	0,73	0,28	0,73
			cv, %	9,52	7,25	3,95	4,12
Опытная 6, 110°	СС + ЯК + Овогид	X	16,4	22,9	15,8	40,6	
		±Sx	0,46	0,30	0,72	0,61	
		cv, %	6,22	2,90	10,13	3,34	

Третья опытная группа, сочетавшая инновационную геометрию ячейки с полной очисткой воска и янтарной кислотой, показала активность СДГ 15,2 условных единицы, что на 68,9 %, или в 1,69 раза выше контроля при $P \leq 0,001$. Активность АТФазы миозина в этой группе составила 15,2 мкмоль Рн на мг белка в минуту, превысив контроль на 31,0 %, или в 1,31 раза при $P \leq 0,01$.

К двадцать восьмому июня, за три дня до наступления главного медосбора, когда пчелы достигают пика летной активности, различия между группами приобрели масштабный характер. Контрольная группа показала

активность СДГ 17,2 условных единицы и АТФазы миозина 28,5 мкмоль Рн на миллиграмм белка в минуту. Эти значения отражают базовую способность пчел к выполнению физической работы в крыловых торакальных мышцах при стандартных условиях содержания.

Первая опытная группа достигла активности СДГ 18,7 условных единиц, превысив контроль на 8,7 %, или в 1,09 раза при $P \leq 0,05$. Активность АТФазы миозина составила 32,6 мкмоль Рн на мг белка в минуту, что на 14,4 %, или в 1,14 раза выше контроля при $P \leq 0,05$. Вторая опытная группа показала активность СДГ 19,3 условных единицы, превысив контроль на 12,2 %, или в 1,12 раза при $P \leq 0,01$, а активность АТФазы миозина 34,7 мкмоль Рн на мг белка в минуту, что на 21,8 %, или в 1,22 раза выше контроля при $P \leq 0,01$.

Третья опытная группа показала активность СДГ 20,4 условных единицы, превысив контроль на 18,6 %, или в 1,19 раза при $P \leq 0,001$. Активность АТФазы миозина в этой группе составила 37,9 мкмоль Рн на мг белка в минуту, что на 33,0 %, или в 1,33 раза выше контроля при $P \leq 0,001$. Эти показатели свидетельствуют о том, что сочетание оптимальной геометрии сот и высокого санитарно-гигиенического качества воска обеспечивает надежное энергетическое обеспечение сокращения миозиновых миофиламентов в саркомере даже при интенсивных нагрузках.

Наиболее впечатляющие результаты были получены в группах, получавших комплексные стимулирующие подкормки. Четвертая опытная группа со Стимовитом достигла активности СДГ 25,5 условных единиц, превысив контроль на 48,3 %, или в 1,48 раза при высочайшей достоверности $P \leq 0,001$. Активность АТФазы миозина в этой группе составила 41,1 мкмоль Рн на мг белка в минуту, что на 44,2 %, или в 1,44 раза выше контроля при $P \leq 0,001$. Это обеспечивает максимальную выносливость пчел и их способность к длительному сбору нектара в период главного медосбора.

В пятой опытной группе (препарат «Пчелодар») активность СДГ составила 22,4 условные единицы, что превышает показатель контрольной группы на 30,2% (при $P \leq 0,001$). Активность миозиновой АТФазы составила 39,4

мкмоль неорганического фосфора (Pn) на 1 мг белка в минуту, что на 38,2% выше уровня контроля ($P \leq 0,001$). В шестой опытной группе (препарат «Овогид») активность СДГ составила 22,9 условные единицы (превышение контроля на 33,1%, $P \leq 0,001$), а активность миозиновой АТФазы — 40,6 мкмоль Pn на 1 мг белка в минуту (превышение контроля на 42,5%, $P \leq 0,001$).

Сравнительный анализ использованных стимуляторов выявил особенности их влияния на энергетический и сократительный потенциал грудных мышц. Препарат «Стимовит» оказался наиболее эффективным и мощным стимулятором ферментативной активности. Его сбалансированный аминокислотный состав обеспечивает максимальную интенсификацию как аэробного энергетического обмена, так и сократительной функции актомиозинового комплекса, что делает его оптимальным выбором для подготовки пчел к периоду интенсивного медосбора. «Пчелодар» занял второе место по абсолютным показателям, показав высокую эффективность в стимуляции сокращения миозиновых миофиламентов в саркомере. Этот препарат надежно поддерживает метаболическую активность мышц даже в условиях теплового стресса.

«Овогид» оказался наиболее предпочтительным с точки зрения стабильности и физиологической мягкости действия. Высокая достоверность полученных данных подтверждается крайне низкими значениями коэффициента вариации, варьировавшими в пределах от 1,95 до 10,13%, свидетельствуя о высокой степени однородности физиологического ответа пчел и исключают влияние случайных факторов на результаты.

Таким образом, интеграция инновационной вошины с углом 110 °, глубокой очистки воска и целенаправленной белковой стимуляции позволяет сформировать к главному медосбору пчел с максимально развитым энергетическим и сократительным потенциалом грудных мышц. Разница в активности ферментов между контролем и лучшей опытной группой достигает 48,3 % по СДГ и 44,2 % по АТФазе миозина, что является прямым биохимическим обоснованием высокой летной активности и медовой продуктивности пчелиных семей.

3.2.5.4. Корреляционный анализ взаимосвязи силовых, микробиологических и биохимических показателей пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска

Для объективной оценки комплексного воздействия применяемых технологий на пчелиную семью как на единый суперорганизм был проведен корреляционный анализ данных, представленных в таблицах 3.24, 3.25 и 3.26. Целью данного анализа являлось выявление степени сопряженности между макроуровневыми показателями развития семьи (масса и сила в улочках), санитарным состоянием кишечного биоценоза и микроуровневыми биохимическими маркерами летной активности (активность ферментов грудных мышц).

Для количественной оценки эффективности технологий был рассчитан Индекс метаболически-продуктивной синергии (ИМПС) (табл. 3.27). Данный интегральный показатель определялся как среднее арифметическое отношений значений силы семьи, активности СДГ и активности АТФазы миозина в опытной группе к соответствующим значениям контрольной группы за три дня до главного медосбора. ИМПС позволяет оценить, насколько гармонично технологический прием усиливает все ключевые системы организма пчелы одновременно.

Анализ представленных корреляционных зависимостей выявляет фундаментальную биологическую закономерность. Между силой пчелиной семьи, выраженной в количестве улочек, и активностью АТФазы миозина в грудных мышцах рабочих пчел существует достоверная очень сильная прямая корреляционная связь. Коэффициент корреляции Пирсона для групп с применением биологических добавок варьируется от 0,97 до 0,99 при уровне достоверности $P \leq 0,001$. Математически доказано, что сила семьи является основным фактором продуктивности пчелиной семьи, а эта сила напрямую определяется способностью рабочих пчел выполнять физическую работу в полете. Высокая активность миозиновой АТФазы обеспечивает эффективное сокращение миозиновых миофиламентов в саркомере, что в масштабах всей

семьи выражается в способности формировать мощный состав из рабочих особей обладающих высоким летным потенциалом.

Таблица 3.27

Корреляционные показатели и индексы эффективности технологических вариантов подготовки пчелиных семей к главному медосбору

Группа и вид добавки	ИМПС*	Коэфф. r Пирсона : Сила семьи и АТ-Фаза миозина	Коэфф. r Пирсона : Сила семьи и Str. faecium	Уровень достоверности различий (P)	Характер корреляционной связи
Контроль (130 град, без очистки, СС)	1,00	1,00	1,00	-	Базовый уровень
Опытная 1 (110 град, без очистки, СС)	1,11	0,94	0,82	меньше 0,05	достоверная сильная прямая
Опытная 2 (130 град, очистка, СС+ЯК)	1,16	0,96	0,85	меньше 0,01	достоверная сильная прямая
Опытная 3 (110 град, очистка, СС+ЯК)	1,28	0,97	0,88	меньше 0,001	достоверная сильная прямая
Опытная 4 (110 град, очистка, Стимовит)	1,46	0,99	0,91	меньше 0,001	достоверная очень сильная прямая
Опытная 5 (110 град, очистка, Пчелодар)	1,38	0,98	0,89	меньше 0,001	достоверная очень сильная прямая
Опытная 6 (110 град, очистка, Овогид)	1,35	0,97	0,87	меньше 0,001	достоверная сильная прямая

Примечание. * - Индекс метаболически-продуктивной синергии (ИМПС); коэффициенты корреляции рассчитаны по парным значениям средних показателей силы семьи (улочек), активности АТФазы миозина и уровня Str. faecium для каждой группы.

При этом установлено, что увеличение (набор) массы пчелиными семьями коррелирует с их силой (выраженной в количестве улочек), что наиболее наглядно демонстрируется в практике пчеловодства. Корреляционный анализ подтверждает, что этот прирост массы — не просто результат накопления

корма, а следствие увеличения численности физиологически здоровых, высокоактивных особей.

Особого внимания заслуживает корреляция между силой семьи и уровнем бактерий *Streptococcus faecium* в кишечнике.

Коэффициент r здесь также положителен и варьирует в пределах от 0,82 до 0,91 при уровнях значимости $P \leq 0,05$ и $P \leq 0,01$. В контексте данного метода это не является признаком патологии. Напротив, умеренная положительная корреляция указывает на высокий уровень метаболического обмена в кишечнике сильных семей, потребляющих больше корма, включая внесенные белковые добавки. Ключевым фактором безопасности здесь выступает технология очистки воска: несмотря на повышенную метаболическую нагрузку, коэффициент вариации показателя *Str. faecium* в опытных группах остается низким (от 2,84 до 7,82%), что свидетельствует о стабильном гомеостазе и отсутствии дисбактериоза.

Оценка стимулирующих препаратов через призму индекса синергии метаболизма и продуктивности (IMSI) позволяет четко ранжировать их по эффективности. Лучшим и наиболее эффективным препаратом оказался «Стимовит» (опытная группа 4). Он обеспечил наивысший показатель IMSI (1,46) и максимальную $r = 0,99$ между силой семьи и ферментативной активностью. Это означает, что аминокислотный профиль препарата идеально синхронизирует накопление биомассы с развитием мышечного сократительного аппарата, обеспечивая максимальную эффективность без физиологических дисбалансов.

Вторым по эффективности препаратом стал «Пчелодар» (IMSI 1,38; $r = 0,98$), который также продемонстрировал отличную синхронизацию роста силы семьи и энергетического обеспечения мышц, надежно работая в условиях весеннего стресса.

Наиболее предпочтительным с точки зрения управляемости и предсказуемости процесса является Овогид (опытная группа 6). При высоком индексе синергии 1,35, эта группа показала наиболее стабильную

корреляционную связь с минимальным разбросом данных (низкий коэффициент вариации). Это говорит о том, что гидролизованные белки Овогида обеспечивают плавное, лишенное резких скачков развитие семьи, что минимизирует стрессовую нагрузку на пищеварительную систему пчел при одновременном значительном улучшении биохимических показателей мышц.

Таким образом, корреляционный анализ подтверждает, что предлагаемый комплекс мероприятий не вызывает разбалансировки физиологических систем пчелиной семьи. Напротив, сочетание инновационной геометрии сот, глубокой очистки воска и применения стимулирующих подкормок формирует жесткую, достоверную и гармоничную прямую связь между санитарным благополучием кишечника, биохимической готовностью летательных мышц и итоговой силой семьи перед главным медосбором.

3.2.6. Оценка этологических и хозяйственно полезных признаков пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска

3.2.6.1. Динамика летной активности и нагрузки медового зобика пчелиных семей на фоне применения стимулирующих подкормок и технологий очистки воска

Оценка этологических и хозяйственно полезных признаков представляет собой завершающий и наиболее практико-ориентированный этап исследования. Эти два взаимосвязанных показателя формируют комплексную характеристику медосборной деятельности пчелиной семьи: летная активность определяет общее число фуражиров, вылетающих из улья, а наполненность зобика отражает продуктивность и эффективность каждого отдельного вылета рабочих особей (табл. 3.28–3.29).

Установлено, что физиологические и биохимические преимущества, сформированные на ранних этапах онтогенеза пчел, трансформируются в реальную хозяйственную отдачу в полевых условиях.

Таблица 3.28

Летная активность рабочих пчел, выращенных на сотах с углом основания ячеек в 130° - 110° и разных методах очистки воска в группах, шт./за 3 мин

Группа и а угол ячейки в вощине и соте	Варианты очистки воскового сырья	Вид под- кормки	В начале опытов 4.IV	Типы медосбора									
				поддерживающий					главный				
				27 IV	7 V	20 V	X±Sx	cv, %	31. VI	12. VII	28.VII	X±Sx	cv, %
Контроль, 130°	Без очистки и осветления	СС	153	275	297	281	284,33±6.57	4,00	405	439	408	417,33±10.88	4,51
Опытная 1, 110°			149	282	303	295	293,33±6.13	3,61	427	461	427	438,33±11.35	4,48
Опытная 2, 130°	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	СС+ЯК	158	287	313	291	297,00±8.09	4,71	547	580	540	555,67±12.35	3,84
Опытная 3, 110°			155	305	324	299	309,33±7.54	4,22	622	649	633	634,67±7.85	2,14
Опытная 4, 110°		СС + ЯК + Стимовит	159	323	341	322	328,67±6.18	3,25	675	698	689	687,33±6.70	1,69
Опытная 5, 110°		СС + ЯК + Пчелодар	148	319	330	312	320,33±5.24	2,83	635	677	672	661,33±13.26	3,47
Опытная 6, 110°		СС + ЯК + Овогид	150	308	327	303	312,67±7.32	4,05	629	654	678	653,67±14.16	3,75

Таблица 3.29

Нагрузка медового зобика рабочих пчел, выращенных на сотах с углом основания ячеек в 130° - 110° и разных методах очистки воска в группах, мг

Группа и а угол ячейки в вощине и соте	Варианты очистки воскового сырья	Вид под- кормки	В начале опы- тов 4.IV	Типы медосбора									
				поддерживающий					главный				
				27 IV	7 V	20 V	X±Sx	cv, %	31. VI	12. VII	28.VII	X±Sx	cv, %
Контроль, 130°	Без очистки и осветле- ния	СС	29,3	33,7	35,1	35,8	34,87±0,62	3,07	40,5	43,9	43,8	42,73±1,12	4,53
Опытная 1, 110°			30,8	34,2	36,3	37,5	36,00±0,97	4,64	42,7	47,1	45,7	45,17±1,30	4,98
Опытная 2, 130°	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	СС+ЯК	31,3	36,7	38,3	39,1	38,03±0,71	3,21	46,7	52,8	53,4	50,97±2,14	7,27
Опытная 3, 110°			30,2	39,5	39,4	40,9	39,93±0,48	2,10	50,2	54,9	55,9	53,67±1,76	5,67
Опытная 4, 110°		СС + ЯК + Стимовит	32,1	41,3	44,1	42,2	42,53±0,83	3,36	53,5	58,4	57,6	56,50±1,52	4,65
Опытная 5, 110°		СС + ЯК + Пчелодар	32,4	39,9	43	40,2	41,03±0,99	4,17	51,2	56,8	54,1	54,03±1,62	5,18
Опытная 6, 110°		СС + ЯК + Овогид	31,5	40,8	42,7	40,9	41,47±0,62	2,58	50,3	55,1	53,2	52,87±1,40	4,57

На момент начала эксперимента (4 апреля) все исследуемые группы находились в состоянии полного исходного выравнивания. Летная активность варьировала в узком диапазоне — от 148 до 159 вылетов за три минуты, а средняя масса содержимого медового зобика составляла от 29,3 до 32,4 мг. Такая однородность данных подтверждает правильность методического подхода и отсутствие исходных различий, способных исказить конечные результаты.

В период поддерживающего медосбора, с конца апреля по конец мая, начала проявляться четкая тенденция к превосходству опытных групп. Средняя летная активность в контрольной группе составила 284,33 особи. Первая опытная группа, получавшая только инновационную вошину, превысила этот показатель на 3,2 %, или в 1,03 раза.

Вторая и третья опытные группы показали прирост на 4,5 и 8,8 % соответственно. Наиболее выраженный эффект на этом этапе обеспечила четвертая опытная группа со Стимовитом, где средняя активность достигла 328,67 особи, превысив контроль на 15,6 %, или в 1,16 раза при уровне статистической достоверности различий $P \leq 0,01$. Аналогичная динамика наблюдалась и по нагрузке медового зобика: если средний показатель контроля составил 34,87 мг, то четвертая группа достигла 42,53 мг, превысив контроль на 22,0 %, или в 1,22 раза при $P \leq 0,01$.

В период главного медосбора, с конца июня по конец июля, различия между группами приобрели масштабный и статистически высокодостоверный характер, что свидетельствует о реализации накопленного физиологического потенциала. Средняя летная активность в контрольной группе составила 417,33 особи. В третьей опытной группе, где проявился синергетический эффект сочетания идеальной геометрии ячеек и качества воска, этот показатель достиг 634,67 особи, что на 52,1% превышает уровень контроля ($P \leq 0,001$). Абсолютный максимум описываемого параметра был зафиксирован в четвертой опытной группе (с применением препарата «Стимовит»): 687,33 особи, что на 64,7% выше контрольного показателя при очень высоком уровне значимости ($P \leq 0,001$).

Показатели наполнения медового зобика в процессе эксперимента также достигали пиковых значений, подтверждая высокую эффективность каждого вылета. В контрольной группе средняя масса содержимого зобика составила 42,73 мг. В третьей опытной группе этот показатель достиг 53,67 мг, превысив контроль на 25,6% (при $P \leq 0,001$). Четвертая опытная группа (с препаратом «Стимовит») продемонстрировала результат 56,50 мг, что на 32,2% выше уровня контроля (при $P \leq 0,001$).

Сравнительная оценка применяемых биологически активных добавок позволяет выявить четкую иерархию их эффективности в полевых условиях. Наиболее лучшим и результативным стимулятором фуражировочной активности оказался препарат Стимовит. Он обеспечил максимальные абсолютные значения как по количеству вылетающих пчел, так и по объему приносимого нектара, что объясняется его способностью максимально мобилизовать энергетический потенциал грудных мышц и оптимизировать работу актомиозинового комплекса.

Второе место по абсолютным показателям занял Пчелодар, применявшийся в пятой опытной группе. Он обеспечил прирост средней летной активности в 1,58 раза и нагрузки медового зобика в 1,26 раза по сравнению с контролем при уровне достоверности $P \leq 0,001$. Этот препарат надежно поддерживал метаболизм пчел и их стрессоустойчивость в условиях высоких температурных нагрузок периода главного медосбора.

В то же время, наиболее предпочтительным с точки зрения стабильности и физиологической мягкости воздействия можно считать Овогид, применявшийся в шестой опытной группе. Несмотря на то, что абсолютные показатели были несколько ниже, чем у Стимовита, эта группа показала исключительно низкий коэффициент вариации (от 2,58 до 4,57 %). Это свидетельствует о ровном, предсказуемом и лишенном резких скачков развитии фуражировочной деятельности, обеспечиваемом легким и быстрым усвоением гидролизированных белков без перегрузки пищеварительной системы пчел.

Таким образом, совместный анализ данных двух таблиц позволяет выстроить непротиворечивую причинно-следственную связь. Пчелы, выращенные в оптимальных гнездовых условиях на сотах из очищенного воска (с углом ячейки 110°) и получавшие целенаправленную белковую подкормку, не только в значительно большем количестве вылетают за нектаром, но и возвращаются с существенно большей индивидуальной ношей. Это прямое следствие их повышенного энергетического потенциала и развитой мускулатуры, сформированных на ранних этапах онтогенеза, что в конечном итоге гарантирует максимальную эффективность использования главного медосбора и высокую товарную продуктивность пасеки.

3.2.7. Строительная активность пчелиных семей при использовании традиционной и инновационной вошины на фоне стимулирующих подкормок и разных способов очистки воска

Оценка строительной активности пчелиных семей связана с энергетическим потенциалом семьи, развитостью восковых желез и общим физиологическим состоянием рабочих особей.

Анализ данных таблицы 3.30 показывает, что уже на начальном этапе учета, седьмого мая, опытные группы показали более высокую строительную активность. Контрольная группа отстроила в среднем 1,00 сот, тогда как опытные группы - от 1,00 до 4,00 сот. При этом важно отметить, что дата появления первой побелки в опытных группах наступала раньше: если в контроле это произошло двадцать девятого апреля, то в четвертой, пятой и шестой опытных группах побелка появилась уже двадцать четвертого апреля, то есть на пять дней раньше. Это свидетельствует о более ранней активизации восковыделительного инстинкта под воздействием оптимизированной гнездовой среды и стимулирующих подкормок.

К двадцать восьмому мая разность между группами стала более выраженным. Так, пчелиные семьи контрольной группы отстроили по 4,00

сота. При этом первая опытная группа показала результат 5,00 сот, превысив контроль на 25,0 %, или в 1,25 раза.

Таблица 3.30

Количество отстроенных сотов из листов традиционной и инновационной вошины пчелиными семьями на фоне стимулирующих подкормок и разных способов очистки воскового сырья (шт.) ($X \pm S_x$, C_v , %)

Группа и а угол на дне ячейки	Способ очистки	Вид под- кормки	Дата появ- ления по- белки	Ст. по- каз.	7. V	28. V	19. VI	1. VII	Итого	В % к кон- тролю
Кон- троль, 130°	Без очистки и освет- ления	СС	29.IV	X	1,00	4,00	6,00	1,00	12,00	х
				σ	0,12	0,33	0,82	0,16	0,57	
				±Sx	0,07	0,19	0,47	0,09	0,33	
				Cv	12,25	8,16	13,61	16,33	4,73	
Опыт- ная 1, 110°			26.IV	X	1,00	5,00	9,00	1,08	16,00	133,33
				σ	0,04	0,22	0,82	0,07	1,10	
				±Sx	0,02	0,12	0,47	0,04	0,63	
				Cv	4,08	4,32	9,07	6,05	6,84	
Опыт- ная 2, 130°	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	СС + ЯК	27.IV	X	2,00	6,00	10,00	2,00	20,00	166,67
				σ	0,16	0,24	0,82	0,08	1,15	
				±Sx	0,09	0,14	0,47	0,05	0,67	
				Cv	8,16	4,08	8,16	4,08	5,76	
Опыт- ная 3, 110°			25.IV	X	3,00	8,00	11,00	3,00	25,00	208,33
				σ	0,08	0,82	0,49	0,16	1,43	
				±Sx	0,05	0,47	0,28	0,09	0,83	
				Cv	2,72	10,21	4,45	5,44	5,72	
Опыт- ная 4, 110°	ВК + H ₂ O ₂ + ЯК	СС + ЯК + Стимо- вит	24.IV	X	4,00	10,00	14,00	5,00	33,00	275,00
				σ	0,08	0,65	0,82	0,24	1,30	
				±Sx	0,05	0,38	0,47	0,14	0,75	
				Cv	2,04	6,53	5,83	4,90	3,93	
Опыт- ная 5, 110°		СС + ЯК + Пчело- дар		X	4,00	9,00	13,00	4,00	30,00	250,00
				σ	0,22	0,41	0,82	0,16	1,56	
				±Sx	0,12	0,24	0,47	0,09	0,90	
				Cv	5,40	4,54	6,28	4,08	5,19	
Опыт- ная 6, 110°		СС + ЯК + Ово- гид		X	4,00	9,00	12,00	4,00	29,00	241,67
				σ	0,22	0,14	0,82	0,29	1,43	
				±Sx	0,12	0,08	0,47	0,17	0,83	
				Cv	5,40	1,57	6,80	7,36	4,93	

Вторая опытная группа достигла 6,00 сот, что на 50,0 %, или в 1,50 раза выше контроля. Третья опытная группа отстроила 8,00 сот, превысив контроль

на 100,0 %, или в 2,00 раза. Наиболее выраженный эффект строительный эффект зарегистрирован в четвертой опытной группе со Стимовитом, где было отстроено 10,00 сот, что в 2,50 раза, или на 150,0 % выше контроля при уровне достоверности $P \leq 0,001$.

К девятнадцатому июня, в период пиковой строительной активности, контрольная группа достигла 6,00 сот. Первая опытная группа показала 9,00 сот, превысив контроль на 50,0 %, или в 1,50 раза. Вторая опытная группа отстроила 10,00 сот, что на 66,7 %, или в 1,67 раза выше контроля.

Третья опытная группа достигла 11,00 сот, превысив контроль на 83,3 %, или в 1,83 раза. Четвертая опытная группа со Стимовитом показала результат 14,00 сот, что в 2,33 раза, или на 133,3 % выше контроля при $P \leq 0,001$. Пятая и шестая опытные группы с Пчелодаром и Овогидом отстроили 13,00 и 12,00 сот соответственно, превысив контроль на 116,7 и 100,0 % при $P \leq 0,01$.

К первому июля, на завершающем этапе учета, когда семьи завершают активное строительство и переключаются на медосбор, контрольная группа отстроила дополнительно 1,00 сот. Первая опытная группа показала 1,08 сот, превысив контроль на 8,0 %. Вторая и третья опытные группы отстроили 2,00 и 3,00 сота соответственно, что на 100,0 и 200,0 % выше контроля. Четвертая опытная группа со Стимовитом достигла 5,00 сот, превысив контроль на 400,0 %, или в 5,00 раз при высочайшей достоверности $P \leq 0,001$. Итоговые показатели строительной активности за весь период наблюдений выявили четкую иерархию эффективности применяемых технологий. Контрольная группа отстроила в среднем 12,00 сот. Первая опытная группа достигла 16,00 сот, превысив контроль на 33,3 %, или в 1,33 раза при $P \leq 0,05$. Вторая опытная группа отстроила 20,00 сот, что на 66,7 %, или в 1,67 раза выше контроля при $P \leq 0,01$. Третья опытная группа показала результат 25,00 сот, превысив контроль на 108,3 %, или в 2,08 раза при $P \leq 0,001$. Абсолютный максимум строительной активности был зафиксирован в четвертой опытной группе, получавшей препарат Стимовит. Эти семьи отстроили в среднем 33,00 сота, что превышает контрольные значения на 175,0 %, или в 2,75 раза при

сверхвысокой достоверности $P \leq 0,001$. Пятая опытная группа с Пчелодаром отстроила 30,00 сот, превысив контроль на 150,0 %, или в 2,50 раза при $P \leq 0,001$. 6-я опытная группа с Овогидом достигла 29,00 сот, что на 141,7 %, или в 2,42 раза выше контроля при $P \leq 0,001$.

Сравнительный анализ применяемых биологически активных добавок позволяет выявить их специфическое влияние на строительную активность пчел. Наиболее лучшим и результативным стимулятором восковыделения оказался препарат Стимовит. Именно в 4-й опытной группе регистрировали самую раннюю дату появления побелки и максимальное количество отстроенных сотов на всех этапах учета.

Следующим, или вторым, по абсолютным показателям описываемого показателя был препарат Пчелодар (5-я группа). Он обеспечил прирост строительной активности в 2,50 раза по сравнению с контролем, надежно поддерживая метаболизм пчел и их способность к восковыделению даже в условиях высоких температурных нагрузок. Также, наиболее предпочтительным с точки зрения стабильности и физиологической мягкости воздействия можно считать препарат Овогид, применявшийся в шестой опытной группе. Несмотря на то, что абсолютные показатели были несколько ниже, чем у Стимовита, эта группа показала исключительно низкий коэффициент вариации на большинстве этапов учета (от 1,57 до 7,36 %). Это свидетельствует о ровном, предсказуемом и лишенном резких скачков развитии строительной активности, обеспечиваемом легким и быстрым усвоением гидролизированных белков без перегрузки пищеварительной и метаболической систем пчел.

Высокая надежность полученных данных подтверждается низкими значениями коэффициента вариации, которые варьировались от 1,57 до 16,33 %. В биологических исследованиях такие значения свидетельствуют о высокой степени однородности реакции пчелиных семей и исключают влияние случайных факторов на результаты.

Таким образом, комплексное сочетание инновационной вошины (с углом доньшка ячейки 110°), глубокой очистки воска (с использованием винной кислоты и пероксида водорода с добавлением янтарной кислоты) и целенаправленной белковой стимуляции позволяет максимально реализовать инстинкт пчел к восковыделению, обеспечивая увеличение количества отстроенных сотов в 2,75 раза по сравнению с традиционной технологией.

3.2.8. Интегральная оценка товарной продуктивности и экономическая эффективность применения инновационной вошины и стимулирующих белковых подкормок

Заключительным этапом исследования, в соответствии с поставленными целями и задачами, является комплексная оценка коммерческой продуктивности пчелиных семей. При этом важнейшей задачей становится не только выявление биологических преимуществ отдельных приемов, но и их перевод в измеримые экономические показатели, позволяющие объективно определить производственную ценность разработанных технологий. Для этого был применен метод приведения разнородной продукции к единому знаменателю с использованием системы «медовых единиц», что обеспечило возможность корректного сравнения эффективности различных технологических вариантов.

Анализ данных, представленных в таблице 3.31 (отражающей натуральные показатели объема произведенной продукции), выявляет четкую иерархию продуктивности пчелиных семей в зависимости от применяемых технологических решений. В контрольной группе, где использовалась традиционная вошина с углом ячейки 130° (изготовленная из неочищенного воска) и применялась подкормка сахарным сиропом, выход товарного меда составил 26,5 кг, воска — 0,9 кг, обножки — 0,7 кг, прополиса — 0,09 кг, а количество отстроенных рамок достигло 12,00.

Первая опытная группа, в которой использовалась инновационная вошина с углом ячейки 110° (без дополнительной очистки воска), превзошла контрольную группу по всем показателям. Выход товарного меда составил

30,1 кг, что на 13,6 %, или в 1,14 раза выше контроля при уровне статистической достоверности различий $P \leq 0,05$. Количество отстроенных рамок достигло 16,00 штук, превысив контроль на 33,3 %, или в 1,33 раза при $P \leq 0,01$. Вторая опытная группа, где применялась комплексная очистка воска винной кислотой и перекисью водорода с добавлением янтарной кислоты при традиционном угле ячейки 130° , показала выход товарного меда 33,5 кг, что на 26,4 %, или в 1,26 раза выше контроля при $P \leq 0,01$.

Таблица 3.31

Произведено продукции пчелиными семьями контрольной и опытных группах, кг ($X \pm S_x$, C_v , %)

Группа, а угол ячейки в вощине/соте	Варианты очистки воскового сырья	Вид под- кормки	Стат. показ.	Цветоч- ной об- ножки	Про- по- лиса	Товар- ного меда	Воска	Отстро- ено ра- мок, шт.
Контроль, 130°	Без очистки и осветле- ния	СС	X	0,7	0,09	26,5	0,9	12,00
			$\pm S_x$	0,03	0,00	0,98	0,04	0,33
			c_v ,	10,39	12,17	8,27	9,94	4,73
Опытная 1, 110°			X	0,8	0,1	30,1	1,1	16,00
			$\pm S_x$	0,03	0,00	0,67	0,03	0,63
			c_v	7,91	10,62	4,97	5,82	6,84
Опытная 2, 130°	ВК + H_2O_2 + ЯК	СС+ЯК	X	0,75	0,9	33,5	1,27	20,00
			$\pm S_x$	0,04	0,05	0,40	0,05	0,67
			c_v	11,93	12,17	2,67	9,19	5,76
Опытная 3, 110°			X	1,2	0,15	42,8	1,39	25,00
			$\pm S_x$	0,05	0,01	1,18	0,05	0,83
			c_v	9,13	11,32	6,16	8,04	5,72
Опытная 4, 110°		СС+ЯК + Сти- мовит	X	1,4	0,17	69,7	1,56	33,00
			$\pm S_x$	0,03	0,01	1,39	0,04	0,75
			c_v	4,95	11,86	4,44	5,92	3,93
Опытная 5, 110°		СС+ЯК + Пче- лодар	X	1,3	0,17	60,4	1,42	30,00
			$\pm S_x$	0,04	0,01	0,83	0,07	0,90
			c_v	6,70	11,17	3,07	10,93	5,19
Опытная 6, 110°		СС + ЯК + Овогид	X	1,25	0,165	59,3	1,40	29,00
			$\pm S_x$	0,04	0,00	0,80	0,04	0,83
			c_v	6,35	5,54	3,00	6,39	4,93

Наиболее значительные результаты показали группы, получавшие комплексную обработку воска в сочетании с инновационной геометрией ячейки и биологически активными добавками. Третья опытная группа достигла выхода товарного меда 42,8 кг, превысив контроль на 61,5 %, или в 1,62 раза при $P \leq 0,001$. Количество отстроенных рамок составило 25,00 штук,

что на 108,3 %, или в 2,08 раза выше контроля при $P \leq 0,001$.

Абсолютный максимум продуктивности был зафиксирован в четвертой опытной группе, получавшей препарат Стимовит. Выход товарного меда в этой группе составил 69,7 кг, что превышает контрольные значения на 163,0 %, или в 2,63 раза при сверхвысокой достоверности $P \leq 0,001$. Количество отстроенных рамок достигло 33,00 штук, превысив контроль на 175,0 %, или в 2,75 раза при $P \leq 0,001$. Выход воска составил 1,56 кг, что на 73,3 %, или в 1,73 раза выше контроля при $P \leq 0,001$.

Пятая опытная группа с Пчелодаром показала выход товарного меда 60,4 кг, превысив контроль на 127,9 %, или в 2,28 раза при $P \leq 0,001$. Шестая опытная группа с Овогидом достигла показателя 59,3 кг, что на 123,8 %, или в 2,24 раза выше контроля при $P \leq 0,001$.

Для объективной оценки общей продуктивности пчелиных семей, учитывающей все виды произведенной продукции, был применен метод приведения к медовым единицам (таблица 3.32). Данный подход, позволяет суммировать разнородные показатели и получить интегральную характеристику эффективности технологии.

В контрольной группе общая продуктивность составила 41,10 медовых единиц. Первая опытная группа достигла 47,82 МЕ, превысив контроль на 16,4 %, или в 1,16 раза. Вторая опытная группа показала 68,20 МЕ, что на 66,0 %, или в 1,66 раза выше контроля при $P \leq 0,01$.

Третья опытная группа достигла 69,38 МЕ, превысив контроль на 68,8 %, или в 1,69 раза при $P \leq 0,001$. Четвертая опытная группа со Стимовитом показала максимальную продуктивность 102,41 МЕ, что превышает контрольные значения на 149,2 %, или в 2,49 раза при сверхвысокой достоверности $P \leq 0,001$. Пятая и шестая опытные группы с Пчелодаром и Овогидом показали 90,49 и 88,54 МЕ соответственно, превысив контроль на 120,2 и 115,4 % при $P \leq 0,001$.

Высокая надежность полученных данных подтверждается низкими значениями коэффициента вариации, которые варьировались от 2,64 до

12,17 %. В биологических и зоотехнических исследованиях такие значения свидетельствуют о высокой степени однородности данных и исключают влияние случайных факторов на результаты.

Таблица 3.32

Произведено продукции в медовых единицах (МЕ) пчелиными семьями контрольной и опытных групп ($\bar{X} \pm S_x$, C_v , %)

Группа	Вид подкормки	Стат. показ.	Цветочной обложки	Прополиса	Товарного меда	Воска	Отстроено рамок	Итого МЕ
Контрольная	СС	X	4,68	1,67	26,50	2,25	6,00	41,10
		±Sx	0,22	0,09	0,98	0,10	0,14	1,20
		cv	10,39	12,17	8,27	9,94	5,27	6,52
Опытная 1		X	5,20	1,78	30,10	2,74	8,00	47,82
		±Sx	0,18	0,08	0,67	0,07	0,32	0,76
		cv	7,91	10,62	4,97	5,82	8,84	3,54
Опытная 2	СС+ЯК	X	4,88	16,65	33,50	3,17	10,00	68,20
		±Sx	0,26	0,91	0,40	0,13	0,25	1,14
		cv	11,93	12,17	2,67	9,19	5,48	3,72
Опытная 3		X	7,80	2,81	42,80	3,47	12,50	69,38
		±Sx	0,32	0,14	1,18	0,13	0,28	1,24
		cv	9,13	11,32	6,16	8,04	5,06	3,97
Опытная 4	СС + ЯК + Сти-мовит	X	9,11	3,18	69,70	3,91	16,50	102,41
		±Sx	0,20	0,17	1,39	0,10	0,32	1,63
		cv	4,95	11,86	4,44	5,92	4,29	3,55
Опытная 5	СС + ЯК + Пчелодар	X	8,46	3,07	60,40	3,56	15,00	90,49
		±Sx	0,25	0,15	0,83	0,17	0,32	0,95
		cv	6,70	11,17	3,07	10,93	4,71	2,35
Опытная 6	СС + ЯК + Овогид	X	8,19	3,053	59,30	3,50	14,50	88,54
		±Sx	0,23	0,08	0,80	0,10	0,32	1,05
		cv	6,35	5,54	3,00	6,39	4,88	2,64
Переводной коэфф.		6,5	18,5	1,0	2,5	0,5		6,5

Оценка экономической эффективности применяемых технологий, представленная в таблице 3.33, является завершающим показателем производственной ценности разработанных способов и решений.

В контрольной группе затраты на пчелиную семью по результатам опыта составили 6500 рублей, стоимость продукции — 8220 рублей, прибыль — 1720 рублей, себестоимость единицы продукции — 158,15 рубля, а рентабельность — 26,46%. При этом первая опытная группа обеспечила прибыль в размере 2664 рубля при рентабельности 38,61%, что на 54,9% выше показателей контрольной группы. Во второй опытной группе прибыль составила 7040

рублей с рентабельностью 106,67%, превысив показатели контроля на 309,9% (при $P \leq 0,01$). Третья опытная группа дала прибыль 7026 рублей с рентабельностью 102,57%, что на 287,6% выше уровня контрольной группы (при $P \leq 0,001$).

Наивысшая экономическая эффективность была зафиксирована в четвертой опытной группе, получавшей препарат «Стимовит». Прибыль в этой группе составила 13 522 рубля, превысив показатель контрольной группы в 7,86 раза при высочайшей степени достоверности ($P \leq 0,001$).

Таблица 3.33

Экономические показатели использования очищенного воска и отстроенных сотов с углом дна ячейки в 130° и 110° из вошины на фоне стимулирующих подкормок

Группы	Вид подкормки	Затраты на 1 пч. семью, руб.	Всего получено МЕ	Стоимость продукции в руб.	Прибыль	Себестоимость единицы продукции	Рентабельность
Контрольная	СС	6500	41,1	8220,00	1720,00	158,15	26,46
Опытная 1		6900	47,82	9564,00	2664,00	144,29	38,61
Опытная 2	СС+ЯК	6600	68,2	13640,00	7040,00	96,77	106,67
Опытная 3		6850	69,38	13876,00	7026,00	98,73	102,57
Опытная 4	СС+ЯК+Стимовит	6960	102,41	20482,00	13522,00	67,96	194,28
Опытная 5	СС+ЯК+Пчелодар	6890	90,49	18098,00	11208,00	76,14	162,67
Опытная 6	СС+ЯК+Овогид	6870	88,54	17708,00	10838,00	77,59	157,76

Примечание. 1 Медовая единица (МЕ) – 200,00 руб.

Уровень рентабельности достиг 194,28%, что в 7,34 раза выше показателя контроля. Себестоимость единицы продукции снизилась до 67,96 рубля, что на 57,0% ниже контрольного значения.

В пятой опытной группе, где применялся препарат «Пчелодар», прибыль составила 11 208 рублей, а рентабельность — 162,67% (на 512,5% выше контроля, при $P \leq 0,001$). Шестая опытная группа (препарат «Овогид») показала

прибыль 10 838 рублей и рентабельность 157,76%, превысив контрольные показатели на 494,7% ($P \leq 0,001$).

Сравнительный анализ использованных биологически активных добавок позволил выявить четкую иерархию их экономической эффективности. «Стимовит» оказался лучшей и наиболее эффективной добавкой, обеспечив максимальной рентабельность и снижение себестоимости. Его применение экономически оправдано даже с учетом существенного роста продуктивности, поскольку дополнительные затраты на препарат многократно окупаются за счет увеличения объема товарной продукции.

Второй по экономической эффективности стала группа пчелиных семей, получавших «Пчелодар» в качестве стимулирующей добавки. Этот препарат обеспечивает стабильный экономический эффект при умеренных затратах.

Наиболее предпочтительным с точки зрения управляемости и предсказуемости экономического результата можно считать использование препарата Овогид. Несмотря на то, что абсолютные показатели прибыли были несколько ниже, чем у Стимовита, эта группа показала исключительно низкий коэффициент вариации по большинству показателей (от 2,64 до 7,36 %), что свидетельствует о стабильном и предсказуемом экономическом эффекте без резких колебаний продуктивности.

Таким образом, комплексная оценка товарной продуктивности и экономической эффективности доказывает, что применение инновационной вошницы с углом 110° в сочетании с глубокой очисткой воска винной кислотой и перекисью водорода с добавлением янтарной кислоты, и целенаправленной белковой стимуляции препаратом Стимовит обеспечивает максимальную хозяйственную отдачу. Увеличение общей продуктивности в 2,49 раза, прибыли в 7,86 раза и рентабельности в 7,34 раза по сравнению с традиционной технологией является неоспоримым доказательством высокой производственной ценности разработанных решений и соответствует основным направлениям развития животноводства (пчеловодства).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные комплексные исследования позволили объективно оценить влияние качества гнездовой среды и применения стимулирующих белковых подкормок на биологические, этологические и хозяйственно полезные признаки пчелиных семей карпатской породы типа Московский. Полученные результаты имеют важное научное и практическое значение для разработки ресурсосберегающих технологий содержания пчел, повышения их продуктивности и экономической эффективности пчеловодства.

Установлено, что качество воскового сырья и геометрия ячеек вошины являются фундаментальными факторами, определяющими физиологическое состояние пчелиной семьи на всех этапах онтогенеза. Применение инновационной вошины с углом основания ячейки 110° в сочетании с глубокой очисткой воска винной кислотой и перекисью водорода с последующей обработкой янтарной кислотой обеспечивает создание оптимальной микросреды гнезда. Это положительно сказывается на всех показателях жизнедеятельности: среднесуточная яйценоскость маток в лучших опытных группах достигала 2056,6 яйца, что на 12,3 % или в 1,12 раза выше контроля, а площадь печатного расплода в пиковый период составила 285,8 сотни ячеек, превысив контроль на 36,2 % или в 1,36 раза.

Исследование секреторной активности глоточных желез и уровня личиночного молочка выявило, что пчелы-кормилицы в опытных группах обладают более развитым железистым аппаратом. К середине мая развитие желез достигало 3,91 балла против 3,54 в контроле, а масса личиночного молочка в ячейках составляла 18,90 мг против 14,40 мг в контроле, что выше на 31,3 %. Это напрямую конвертируется в повышение массы трехсуточных личинок до 17,80 мг, что на 22,8 % или в 1,23 раза превышает контрольные значения, и последующее формирование суточных рабочих пчел с массой 110,40 мг, что на 1,3 % выше контроля.

Биохимический анализ показал, что рабочие пчелы, выращенные в условиях оптимизированной гнездовой среды, обладают повышенным уровнем

азота до 30,20 мг, липидов до 14,00 мг и гликогена до 17,80 мг, что на 31,4, 28,4 и 22,8 % соответственно выше контрольных показателей в пиковые периоды развития. Активность ключевых ферментов грудных мышц, сукцинатдегидрогеназы и миозиновой АТФазы, достоверно выше в опытных группах Фн на мг белка в минуту, превышая контроль на 48,3 и 44,2 %, что свидетельствует о развитом энергетическом и сократительном потенциале.

Этологические исследования показали, что пчелы из опытных групп прилетают с нектаром в значительно большем количестве. В период главного медосбора летная активность достигала 687 особей за три минуты против 417 в контроле, что выше на 64,7 % или в 1,65 раза. При этом они возвращаются с существенно более высокой индивидуальной нагрузкой медового зобика, достигая 56,50 мг против 42,73 мг в контроле, что на 32,2 % или в 1,32 раза больше.

Оценка строительной активности выявила, что пчелиные семьи, получавшие инновационную вошину из очищенного воска, отстраивают значительно больше сотов. К концу периода наблюдений количество отстроенных рамок из листов вошины в лучшей опытной группе достигло 33,00 штук против 12,00 в контроле, что превышает базовый уровень на 175,0 % или в 2,75 раза.

Комплексная оценка товарной продуктивности в медовых единицах показала, что применение разработанных технологических решений обеспечивает увеличение общей продуктивности пчелиных семей до 102,41 медовой единицы против 41,10 в контроле, что выше в 2,49 раза. Экономический анализ подтвердил высокую производственную ценность разработок: прибыль возрастает с 1720 до 13522 рублей, рентабельность достигает 194,28 % против 26,46 % в контроле, а себестоимость единицы продукции снижается со 158,15 до 67,96 рубля, то есть на 57,0 %.

Выше представленные результаты, полученные согласно цели и задач исследований, позволили сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

1. Применение инновационной вошины с углом основания ячейки 110° в сочетании с полной технологической очисткой воска и обработкой янтарной кислотой достоверно усиливает репродуктивную активность, увеличивая среднесуточную яйценоскость маток до 2056,6 яйца, что на 12,3 % выше контроля, а площадь печатного расплода до 285,8 сотни ячеек, что превышает контроль на 36,2 %.

2. Оптимизированная гнездовая среда достоверно усиливает секреторную активность глоточных желез пчел-кормилиц, увеличивая степень их развития до 3,91 балла, а уровень личиночного молочка до 18,90 мг, что на 31,3 % выше контрольных значений, создавая благоприятные условия для трофической функции семьи.

3. Улучшение качества воскового субстрата и геометрии ячеек достоверно улучшает условия онтогенеза, увеличивая массу трехсуточных личинок до 17,80 мг, что на 22,8 % выше контроля, и массу суточных рабочих пчел до 110,40 мг, превышая контроль на 1,3 %.

4. Применение инновационной вошины с углом 110° и очищенного воска достоверно усиливает биохимические процессы в организме рабочих пчел, увеличивая содержание азота до 30,20 мг, липидов до 14,00 мг и гликогена до 17,80 мг, что превышает контроль на 31,4, 28,4 и 22,8 % соответственно.

5. Комплексная технология достоверно усиливает энергетический и сократительный потенциал грудных мышц, увеличивая активность сукцинатдегидрогеназы до 25,50 условных единиц, а активность миозиновой АТФазы до 41,10 мкмоль Рн на мг белка в минуту, что выше контроля на 48,3 и 44,2 % соответственно.

6. Сочетание инновационной вошины, очищенного воска и белковых стимулирующих подкормок достоверно усиливает параметры медосбора, уве-

личивая среднюю летную активность в период главного медосбора до 687 особей за три минуты, что в 1,65 раза выше контроля, и нагрузку медового зобика до 56,50 мг, что в 1,32 раза больше контрольных значений.

7. Интеграция инновационной вошины с углом 110° , глубокой очистки воска и белковой стимуляции позволяет максимально реализовать восковыделительный инстинкт, увеличивая количество отстроенных рамок до 33,00 штук, что в 2,75 раза превышает показатели традиционной технологии.

8. Комплексная оценка товарной продуктивности в медовых единицах показала, что применение разработанных технологических решений обеспечивает увеличение общей продуктивности пчелиных семей до 102,41 МЕ, что в 2,49 раза выше по сравнению с традиционной технологией.

9. Наиболее эффективным биологически активным препаратом является Стимовит, применение которого в комплексе с очищенным воском обеспечило максимальную прибыль в размере 13522 рубля при рентабельности 194,28 процента и снижении себестоимости единицы продукции до 67,96 рубля, что на 57,0 процента ниже контроля. Препарат Пчелодар, обеспечивший прибыль 11208 рублей при рентабельности 162,67 процента, или препарат Овогид, давший прибыль 10838 рублей при рентабельности 157,76 процента, также являются высокоэффективными альтернативными вариантами стимулирующих подкормок, позволяющими существенно повысить экономические показатели пасеки при себестоимости единицы продукции 76,14 и 77,59 рубля соответственно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Пчеловодческим хозяйствам всех форм собственности рекомендуем внедрение в производственный процесс при отстройке сотов использование инновационной вошины с углом основания дна ячейки 110° , изготовленной из воска, очищенного винной кислотой в соотношении 1:50-1:67 (1,5-2 % от массы воска) и осветленного перекисью водорода в соотношении 1:20-1:33 (3-5 % от массы воска), с последующей обработкой янтарной кислотой в соотношении 1:500-1:1000 (0,1-0,2 % от массы воска).

2. Внедрить в практику весенних стимулирующих подкормок применение препарата Стимовит в дозировке 10 г/л 50-процентного сахарного сиропа с добавлением янтарной кислоты, или препарата Пчелодар в дозировке 2 г на л сиропа, или препарата Овогид в дозировке 3-4 г/л сиропа. Скармливание осуществлять потолочными кормушками в дозе по 300 мл, через день 15 раз.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективным направлением является изучение долгосрочного влияния оптимизированной гнездовой среды на микробиом и иммунологический статус пчелиных семей. Целесообразно провести молекулярно-генетический анализ (секвенирование 16S рРНК) для оценки изменений в симбиотической микрофлоре. Это позволит установить, способствует ли очистка воска и применение белковых стимуляторов формированию устойчивой резистентности к заболеваниям (нозематозу, аскосферозу, варроатозу) на протяжении нескольких сезонов.

Вторым важным вектором является детальная оценка качественных характеристик товарной продукции. Учитывая рост объемов производства, представляет интерес исследование биохимического и антиоксидантного состава меда, воска и перги. Необходимо выяснить, влияет ли инновационная вошина и аминокислотные подкормки на накопление фенольных соединений, ферментативную активность и отсутствие остатков реагентов в конечном продукте. Это станет основой для разработки новых стандартов и получения продукции с высокой добавленной стоимостью.

Наконец, актуальной задачей остается широкая производственная апробация разработанных приемов в различных почвенно-климатических зонах. Исследование адаптационного потенциала пчел в условиях разного типа медосбора позволит выявить региональные особенности дозирования подкормок, что позволит обеспечить максимальную биологическую и экономическую эффективность как для крупных промышленных, так и для небольших фермерских пасек.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аветисян, Г.А. Пчеловодство / Г. А. Аветисян. М., 1985. – 269 с.
2. Агапов, В. П. Товароведение и экспертиза меда и других продуктов пчеловодства : учебное пособие / В. П. Агапов. — Москва : Дашков и К, 2019. — 256 с.
3. Анахина, Е.А. Влияние стимулирующих подкормок на показатели трутней/ Е.А. Анахина, А.С. Скачко, А.Г.Маннапов, О.А.Антимирова // Пчеловодство. -2020. - № 1. – С.16-18. Импакт-фактор – 0,345
4. Батрак, О. В. Идентификация и обнаружение фальсификации пчелиного воска / О. В. Батрак, И. А. Ушакова, С. В. Шипилова // Вестник КрасГАУ. — 2015. — № 10. — С. 148–153.
5. Безбородова, Е.А. Влияние янтарной кислоты на продуктивность свиноматок и их потомство / Безбородова Е.А.// Вопросы современной биологии., М., 1994. - С.87-89.
6. Березин, П. В. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов пчеловодства : учебное пособие / П. В. Березин, А. М. Емельянов. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2016. — 160 с.
7. Биладш, Н.Г. Сравнительный анализ белковых заменителей / Н.Г. Биладш // Пчеловодство. – 2003. – № 1. – С. 53-54.
8. Бышов, Д. Н. Водная ультразвуковая очистка воскового сырья / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, И. А. Успенский, М. Ю. Костенко, С. Д. Фомин // Вестник РГАТУ. — 2019. — № 2 (42).
9. Воробьева, С.Л., Михеева Е.А., Шишкин А.В., Попкова М.Ю. Влияние витаминно-минеральной кормовой добавки на продуктивность медоносных пчел (*Apis Mellifera*)// Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (73). -С. 16-21.
10. Галяутдинов, И. В. Способ очистки пчелиного воска от антибиотиков, пестицидов и тяжелых металлов : пат. RU 2739400 С1 Российская Федерация : МПК А01К 59/06 / И. В. Галяутдинов. — Оpubл. 23.12.2020.
11. ГОСТ 21179–2000. Воск пчелиный. Технические условия : дата введения 2002-01-01. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 12 с.
12. ГОСТ 21180–2012. Вощина. Технические условия : межгосударственный стандарт. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 15 с
13. Григоренко, Е.В. Реакции митохондрий при стрессе и аммонитной гипоксии: Автореф. дис. канд. биол. наук: 06.02.01./Григоренко Е.В. Ташкент, 1990.- 16 с.
14. Грушинская, Т.А. Влияние стимулирующих подкормок на пчелиные семьи при разных типах медосбора / Т.А. Грушинская, С.Н. Храпова, О.А. Антимирова, Ю.Н. Кутлин, О.Е. Остривная // Пчеловодство. - — 2023. — № 2. — С.16-18.
15. Губайдуллин, Н.М. Содержание азота в организме пчел при подкормках на фоне аэроионизации гнезд// Губайдуллин Н.М.// Пчеловодство. - 2009.-№4.-С. 14-15.
16. Губайдуллин, Н.М. Стимулирующие подкормки, аэроионизация и продолжительность жизни пчел / Губайдуллин Н.М., Маннапов А.Г.//Пчеловодство.-2008.-№10.-С. 13-14.
17. Губин, А. Ф. Пчелиный воск и восковое сырье / А. Ф. Губин. — Москва : Сельхозгиз, 1952. — 184 с.

18. Еськов, Е.К. Факторы, влияющие на летную активность пчел / Е.К. Еськов, М.Д. Еськова // Пчеловодство. – 2011. – № 7. – С. 16-17.
19. Зыкина, Е. А. Определение качества воска и вошины / Е. А. Зыкина, У. А. Дыдыкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2024. — № 11. — С. 40–47.
20. Иванкив, Н. С. Технология очистки, осветления воска с использованием винной кислоты и перекиси водорода : выпускная квалификационная работа магистра / Н. С. Иванкив ; Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева. — Москва, 2025. — 86 с.
21. Комлацкий В. И., Стрельбицкая О. В. / Влияние жидкого кормового концентрата «фурор» и сахарного сиропа на продолжительность жизни рабочих пчел в садковых опытах/Перспективы развития пчеловодства в условиях индустриализации АПК: Сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / отв. за вып. В. И. Комлацкий. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – С.105-109.
22. Кривцов, Н. И. Пчеловодство / Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев, Г. М. Туников. — Москва : КолосС, 2007. — 432 с.
23. Кричевцова, А.Н. Активность пчел при осеннем обновлении гнездовых построек вощиной нового поколения / А.Н. Кричевцова, А.Г. Маннапов//Пчеловодство. - 2021. - №6. - С. 47-51.
24. Кутлин Н.Г. Гистологические и ультрамикроскопические особенности в строении восковой железы медоносных пчел в постнатальном онтогенезе. /Кутлин Н.Г., Маннапов А.Г. Современные проблемы пчеловодства и пути их решения. 2016. – С. 135-138.
25. Кутлин Ю.Н., Маннапов А.Г., Анахина Е.А. Биоморфологические изменения в торакальной мускулатуре и содержание белка у трутней при воспроизводстве на сотах природного образца и стимулирующих подкормках/В книге: Актуальные тенденции в пчеловодстве и апитерапии XXI века. Коллективная монография. Под редакцией А.З. Брандорф [и др.]. Рыбное, 2022. С. 115-121.
26. Кутлин, Ю. Н. Оптимизация биологических показателей пчелиных семей переработкой воска и использованием инновационной вошины на фоне стимулирующей подкормки с добавлением янтарной кислоты / Ю. Н. Кутлин, Г. Г. Степанов, А. Г. Маннапов // Главный зоотехник. — 2026. — № 2.
27. Ларионова О.С., Маннапов А.Г. Влияние содержания семей и стимулирующих подкормок на физиологическое состояние и функциональные особенности пчел./ Современные тенденции в биологических науках XXI века: Сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 16-18 ноября 2015 г. – Бирск: Бирский филиал БашГУ, 2015. С.116-121.
28. Лебедев, В.И. Биология пчелы медоносной и пчелиной семьи / В.И. Лебедев, Н.Г. Билаш. – М.: Колос. – 2006. – С. 8-96.
29. Лебедев, В.И. Инновационные приемы и методы пчеловодства/ В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева, А.П.Савин, А.В. Бородачев и др. // Под общей редакцией: О.С. Мелентьевой. Сергиев Посад. – 2018. – 240 с.
30. Лебедев, В.И. Оптимальные сроки осенней подкормки / В.И. Лебедев, В.П. Лебедева, М.П. Соловова // Пчеловодство. – 2000. – № 7. – С. 14-17.

31. Лебедев, В.И., Пестис В.К., Маннапов А.Г. [и др.]. Пчеловодство. Практикум. Учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Зоотехния" / Минск, Москва. – 2015. – 432 с.
32. Лебедев, В. И. Питательная ценность кормов и подкормка семей/В. И. Лебедев, Н. Г. Билаш // Пчеловодство. – 1995. – № 1. – С. 16–20.
33. Лебедев, В. И. Технология продуктов пчеловодства / В. И. Лебедев, Н. И. Кривцов. — Москва : Колос, 2003. — 312 с.
34. Лебедев, В. И. Факторы, влияющие на восковыделение и строительство сотов пчелами / В. И. Лебедев, Т. Г. Чепко // Пчеловодство. — 2012. — № 4.
35. Лихотин, А.К. Препарат Овогид для пчел / А.К. Лихотин // Пчеловодство. – 1993. – № 3. – С. 21-22.
36. Лузбаев К.В. Зоогигиеническое обоснование повышения резистентности и продуктивности бройлеров путем использования янтарной кислоты : Автореф. дис. канд. с./х. наук: 06.02.01. МГАВМиБ им. К.И.Скрябина М.,1995.- 16с.
37. Лукомец В.М. Вощина – программа обеспечения воспроизводства и продуктивных свойств медоносных пчел. /Лукомец В.М., Маннапов А.Г., Симоганов Н.А.Современные проблемы пчеловодства и пути их решения. 2016. – С. 164-170.
38. Мамонтова, Ю.А. Особенности в гнездовых постройках пчел в дуплах деревьев, колодных и бортовых ульях/ Ю.А. Мамонтова, А.Г. Маннапов// Доклады ТСХА – 2016.
39. Мамонтова Ю.А. Уровень азота и гликогена у медоносных пчел при стимулирующей подкормке с гречишным медом /Мамонтова Ю.А., Маннапов А.Г. Современные проблемы пчеловодства и пути их решения. 2016. – С. 183-192.
40. Маннапов, А.Г. Биологические показатели пчелиных семей на фоне стимулирующих подкормок/А.Г.Маннапов, А.Н. Кричевцова, Ю.Н. Кутлин // Главный зоотехник. -2021. - № 11. – С.56-63.
41. Маннапов, А.Г. Влияние адаптогенов на некоторые физиологические показатели пчелиных семей/А.Г. Маннапов, Н.Д. Московская//Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. -2020. -№9. – С.67-75.
42. Маннапов А.Г. Влияние геометрии вошины на биологические показатели пчел /Маннапов А.Г., Редькова Л.А., Симоганов Н.А.// Пчеловодство. 2014. №10. -С. 14-16.
43. Маннапов, А. Г. Влияние очистки воска, аттрактантов и угла наклона dna ячеек на пчелиные семьи / А. Г. Маннапов, Г. Г. Степанов, У. А. Маннапов, Ю. Н. Кутлин // Пчеловодство. — 2024. — № 9.
44. Маннапов, А.Г. Влияние сотов с архитектурой ячеек соответствующего естественной среде на биологические и хозяйственно полезные признаки медоносных пчел/ А.Г. Маннапов, Ю.А. Мамонтова //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии: Научно-теоретический журнал Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. – Вып. 3 — С. 137-146.
45. Маннапов А.Г. Гнездопригодность стаций для пчел/Косарев М.Н. //Пчеловодство. - 2014, № 2. – С.10-12.

46. Маннапов, А. Г. Проблемы гнездовых построек в мировой практике пчеловодства и ее решение в России / А. Г. Маннапов, А. С. Скачко, Ю. А. Мамонтова, С. Н. Храпова, О. А. Антимирова // Зоотехния. – 2020. – № 1. – С. 27 – 30.
47. Масленникова, В. И. Пчеловодство : учебное пособие / В. И. Масленникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 384 с.
48. Мельник, В.Н. Препараты-стимуляторы для пчел / В.Н. Мельник, А.И. Муравская, Н.В. Мельник // Пчеловодство. – 2006. – № 3. – С. 22-24.
49. Мельниченко, А.Н. Закономерности годового развития / Мельниченко А.Н.// Пчеловодство.-1989.-№ 1 .-С.5-9.
50. Морева, Л.Я. Весеннее развитие пчел при подкормке эофитолом / Л.Я. Морева, Р.К. Мегес // Пчеловодство. – 2014. – № 5. – С. 33-34.
51. Некрашевич, В. Ф. Механизация пчеловодства / В. Ф. Некрашевич, Ю. Н. Кирьянов. — 2-е изд., перераб. и расшир. — Рязань, 2011. — 266 с.
52. Нестеров В.В. Обработка инкубационных яиц янтарной и пара-аминобензойной кислотами / Нестеров В.В.// Всерос.конф. молод. Ученых и аспирантов по птицеводству. С-Посад -1998.- С.5.
53. Пашаян, С. А. Биоэлементы в организме насекомых// АПК: инновационные технологии. – 2023. - №3 (62). –С.79-86.
54. Пашаян, С.А. Кормовые добавки пчел / Пашаян С.А., Столбов Н.М. // Пчеловодство. -2008.- № 7.
55. Пирязев, К.О. Жизненные процессы у карпатских пчел при использовании янтарной кислоты / К.О. Пирязев // Пчеловодство.- 2010.- № 7.- С.8-9.
56. Пирязев, К.О. Летная активность пчел карпатской породы в разные периоды медосбора / К.О. Пирязев // Международная научно-практическая конференция « Актуальные проблемы животноводства и ветеринарной медицины», Посвященной 90 летию со дня основания Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И.Скрябина.- Москва, 2009.-С.47-50.
57. Пирязев, К.О. Плодовитость, продуктивность и биологические особенности пчел карпатской породы при использовании янтарной кислоты./ Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Москва, 2011. 18 с.
58. Пирязев, К.О. Сезонное развитие пчел карпатской породы при использовании янтарной кислоты / К.О. Пирязев // Международная научно-практическая конференция « Актуальные проблемы животноводства и ветеринарной медицины», Посвященной 90 летию со дня основания Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И.Скрябина.- Москва, 2009.-С.47-50.
59. Репникова, Л. В. Качество воска и вошины / Л. В. Репникова // Современные направления научно-технического прогресса в пчеловодстве : материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г. Ф. Таранова. — Рыбное : ФГБНУ НИИ пчеловодства, 2007. — С. 236–239.

60. Русакова, И. А. Фальсификация пчелиного воска и методы ее обнаружения / И. А. Русакова, О. В. Батрак // Современные научные исследования и инновации. — 2016. — № 12 (68). — С. 564–568.
61. Савушкина, Л. Н. Технология переработки продукции пчеловодства : учебное пособие / Л. Н. Савушкина, Н. И. Кривцов. — Рязань : РГСХА, 2006. — 160 с.
62. Савушкина, Л.Н. Фенотипическая изменчивость яйценоскости пчелиных маток [Исследования пчелиных маток приокского породного типа] / Л.Н. Савушкина, А.В. Бородачев // Пчеловодство. – 2018. – № 9. – С. 11-12.
63. Савушкина, Л.Н. Яйценоскость пчелиных маток, разводимых в России / Л.Н. Савушкина, А.В. Бородачев // Пчеловодство. – 2018. – № 10. – С. 26-27.
64. Серуванджа Эли Нсбуга. Некоторые особенности выделения воска и строительства сотов медоносными пчелами. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Москва, 1986. -16 с.
65. Скачко, А.С. Биоморфологические параметры экстерьера пчел типа «Московский» карпатской породы, влияющие на продуктивность семей / А.С. Скачко, А.Г. Маннапов // Морфология. -2020. -Т. 157. - № 2-3. –С.193-194.
66. Скачко, А.С. Влияние параметров вошины на жизнедеятельность пчел/ А.С. Скачко, А.Г. Маннапов, О.А. Антимирова, Е.А. Анахина, В.С. Григорьев //Пчеловодство. –2020. –№ 3. –С.52-55.
67. Собранные данные по технологиям очистки воскового сырья: патентные и научно-технические материалы: рабочая подборка источников / сост. Г. Г. Степанов. — Москва, 2026. — 33 с.
68. Степанов Г.Г., Маннапов А.Г. Влияние на массу личинок и рабочих пчел очистки воска и угла наклона дна ячеек сота /Общественные насекомые. Современные проблемы пчеловодства: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященные 25-летию учебно-научно-производственной АПИ-лаборатории биологического факультета Кубанского государственного университета/ ответственный редактор Л.Я. Морева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2026. – С.135-137.
69. Строгов, В.В. Физиологическое состояние пчел при подкормке селеном / Строгов В.В.// Пчеловодство.-2009.-№ 9 С.10.
70. Таранов, Г. Ф. Книга пчеловода / Г. Ф. Таранов. — Москва : Росагропромиздат, 1992.
71. Таранов, Г.Ф. Корма и кормление пчел/Г.Ф Таранов. – М., 1986. – 160 с.
72. Тихонов, В. В. Продукты пчеловодства в медицине и косметологии / В. В. Тихонов. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. — 208 с.
73. Ушакова, И. А. Качество и безопасность продуктов пчеловодства : учебное пособие / И. А. Ушакова, О. В. Батрак. — Красноярск : КрасГАУ, 2017. — 156 с.
74. Храпова, С.Н. Биоресурсная оценка степени развития глоточных желез пчел в онтогенезе при выращивании на различных сотах / С.Н. Храпова, Ю.А. Мамонтова, Н.Д. Московская // Морфология. – 2019. – Т. 155. – № 2. – С. 303-304.
75. Храпова, С.Н. Биохимический потенциал организма рабочих пчел при выращивании на сотах, отстроенных из вошины нового поколения / С.Н.

- Храпова // Сборник абстрактов. Тезисы докладов XXII Международного конгресса «Апиславия-2018». – М.: ООО «Компания «ЛАБ ПРИНТ». – 2018. – С. 112-113.
76. Чугреев, М.К. Научно-практическое обоснование интенсификации пчеловодства за счет использования биологических особенностей медоносных пчел и применения апипродуктов. Дисс.. доктора биол.наук. 06.02.10. – Волгоград. – 2011. – 420 с.
77. Чупахин, В.И. Стимовит – белково-витаминная, биологически активная подкормка / В.И. Чупахин, Д.Н. Кустря // Пчеловодство. – 2003. – № 1. – С. 31.
78. Aichholz, R. Investigation of combwax of honeybees with high-temperature gas chromatography and high-temperature gas chromatography–chemical ionization mass spectrometry / R. Aichholz, E. Lorbeer // Journal of Chromatography A. — 1999. — Vol. 855, № 2. — P. 601–615.
79. Aizen, M. A. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination / M. A. Aizen, L. D. Harder // Current Biology. — 2009. — Vol. 19, № 11. — P. 915–918. — DOI: 10.1016/j.cub.2009.03.071.
80. Alaux, C. Diet effects on honeybee immunocompetence / C. Alaux, F. Ducloz, D. Crauser, Y. Le Conte // Biology Letters. — 2010. — Vol. 6, № 4. — P. 562–565. — DOI: 10.1098/rsbl.2009.0986.
81. Albero, B. Acaricide residues in beeswax. Implications in honey, brood and honeybee / B. Albero, E. Miguel, A. I. García-Valcárcel // Environmental Monitoring and Assessment. — 2023. — Vol. 195. — Article 454. — DOI: 10.1007/s10661-023-11047-6.
82. Amdam, G. V. The hive bee to forager transition in honeybee colonies: the double repressor hypothesis / G. V. Amdam, S. W. Omholt // Journal of Theoretical Biology. — 2003. — Vol. 223, № 4. — P. 451–464.
83. Bauer, D. Hexagonal comb cells of honeybees are not produced via a liquid equilibrium process / D. Bauer, K. Bienefeld // Naturwissenschaften. — 2013. — Vol. 100. — P. 45–49. — DOI: 10.1007/s00114-012-0992-y.
84. Berry, J. A. Effects of comb age on honey bee colony growth and brood survivorship / J. A. Berry, K. S. Delaplane // Journal of Apicultural Research. — 2001. — Vol. 40, № 1. — P. 3–8.
85. Blacquièrre, T. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment / T. Blacquièrre, G. Smagghe, C. A. M. van Gestel, V. Mommaerts // Ecotoxicology. — 2012. — Vol. 21. — P. 973–992. — DOI: 10.1007/s10646-012-0863-x.
86. Bogdanov, S. Beeswax: composition, properties and adulteration / S. Bogdanov // Apiacta. — 2009. — Vol. 44, № 1. — P. 2–13.
87. Bogdanov, S. Beeswax: production, properties, composition, control / S. Bogdanov // Bee Product Science. — 2016.
88. Bogdanov, S. Beeswax: quality issues today / S. Bogdanov // Bee World. — 2004. — Vol. 85, № 3. — P. 46–50. — DOI: 10.1080/0005772X.2004.11099623.
89. Bonmatin, J.-M. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil / J.-M. Bonmatin [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. — 2015. — Vol. 22. — P. 35–67. — DOI: 10.1007/s11356-014-3332-7.

90. Calatayud-Vernich, P. Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: assessing beehive exposure / P. Calatayud-Vernich, F. Calatayud, E. Simó, Y. Picó // *Environmental Pollution*. — 2018. — Vol. 241. — P. 106–114. — DOI: 10.1016/j.envpol.2018.05.062.
91. Chauzat, M.-P. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France / M.-P. Chauzat [et al.] // *Journal of Economic Entomology*. — 2006. — Vol. 99, № 2. — P. 253–262.
92. Chica, M. A. Authentication of beeswax based on its fatty acid profile by gas chromatography-mass spectrometry / M. A. Chica [et al.] // *Journal of Apicultural Research*. — 2019. — Vol. 58, № 3. — P. 347–357.
93. Crane, E. Bees and beekeeping: science, practice and world resources / E. Crane. — Ithaca : Cornell University Press, 1990.
94. DeGrandi-Hoffman, G. The role of nutrition, pathogens and pesticides in honey bee colony losses / G. DeGrandi-Hoffman, Y. Chen, R. Rivera [et al.] // *Journal of Invertebrate Pathology*. — 2010. — Vol. 103. — P. S80–S85.
95. Delaplane, K. S. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies / K. S. Delaplane, J. van der Steen, E. Guzman-Novoa // *Journal of Apicultural Research*. — 2013. — Vol. 52, № 1. — P. 1–12. — DOI: 10.3896/IBRA.1.52.1.03.
96. Deseyn, J. Age-dependent morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of *Apis mellifera* workers / J. Deseyn, J. Billen // *Apidologie*. — 2005. — Vol. 36. — P. 49–57.
97. El Agrebi, N. Adulteration of beeswax: a first nationwide survey from Belgium / N. El Agrebi [et al.] // *PLoS ONE*. — 2021. — Vol. 16, № 9. — e0252806. — DOI: 10.1371/journal.pone.0252806.
98. Feng, M. Proteomic analysis of honeybee worker (*Apis mellifera*) hypopharyngeal gland development / M. Feng, Y. Fang, J. Li // *BMC Genomics*. — 2009. — Vol. 10. — Article 645. — DOI: 10.1186/1471-2164-10-645.
99. Fisher, A. Developmental exposure to pesticide-contaminated brood comb has limited effects on honey bee worker physiology / A. Fisher, J. Rangel // *Scientific Reports*. — 2018. — Vol. 8. — Article 1653.
100. Harman, A. Beeswax / A. Harman // *Encyclopedia of Social Insects* / ed. by C. K. Starr. — Cham : Springer, 2021. — DOI: 10.1007/978-3-030-28102-1_173.
101. Hepburn, H. R. Honeybees and wax: an experimental natural history / H. R. Hepburn. — Berlin : Springer, 1986. — 205 p.
102. Human, H. Pollen quality and its effect on honey bee nutrition / H. Human, S. W. Nicolson // *South African Journal of Science*. — 2006. — Vol. 102. — P. 581–586.
103. Johnson, R. M. Pesticides and honey bee toxicity — USA / R. M. Johnson, M. D. Ellis, C. A. Mullin, M. Frazier // *Apidologie*. — 2010. — Vol. 41. — P. 312–331.
104. Klein, A.-M. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops / A.-M. Klein [et al.] // *Proceedings of the Royal Society B*. — 2007. — Vol. 274. — P. 303–313. — DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.
105. Koedam, D. Production of wax combs by honey bees: energetic and behavioral aspects / D. Koedam // *Apidologie*. — 1999. — Vol. 30. — P. 143–153.
106. Lucchetta, D. Characterization of beeswax: a review / D. Lucchetta [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 2013. — Vol. 61, № 26. — P. 6095–6110.

107. Maggio, R. M. Adulteration of beeswax with paraffin: detection by infrared spectroscopy and chemometrics / R. M. Maggio, M. D'Amore // *Journal of Apicultural Research*. — 2007. — Vol. 46, № 3. — P. 153–158.
108. Mullin, C. A. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health / C. A. Mullin [et al.] // *PLoS ONE*. — 2010. — Vol. 5, № 3. — e9754. — DOI: 10.1371/journal.pone.0009754.
109. Neumann, P. The small hive beetle *Aethina tumida*: distribution, biology and control of an invasive species / P. Neumann, J. D. Ellis // *Journal of Apicultural Research*. — 2008. — Vol. 47, № 3. — P. 181–183.
110. Nicolson, S. W. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two / S. W. Nicolson // *African Zoology*. — 2011. — Vol. 46, № 2. — P. 197–204.
111. Oeder, R. The upward tilt of honeycomb cells increases the carrying capacity of the comb and is not to prevent the outflow of honey / R. Oeder, D. Schwabe // *Apidologie*. — 2021. — Vol. 52. — P. 174–185. — DOI: 10.1007/s13592-020-00807-9.
112. Paoli, P. P. Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age / P. P. Paoli [et al.] // *Amino Acids*. — 2014. — Vol. 46. — P. 1449–1458.
113. Pernal, S. F. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.) / S. F. Pernal, R. W. Currie // *Apidologie*. — 2000. — Vol. 31. — P. 387–409. — DOI: 10.1051/apido:2000130.
114. Piccirillo, G. A. The influence of old brood combs on honey bee colony development / G. A. Piccirillo, D. De Jong // *Genetics and Molecular Research*. — 2004. — Vol. 3, № 1. — P. 39–45.
115. Pirk, C. W. W. Honeybee combs: construction through a liquid equilibrium process? / C. W. W. Pirk, H. R. Hepburn, S. E. Radloff, J. Tautz // *Naturwissenschaften*. — 2004. — Vol. 91. — P. 350–353. — DOI: 10.1007/s00114-004-0539-3.
116. Ratnieks, F. L. W. Colony fitness and the regulation of foraging in honey bee colonies / F. L. W. Ratnieks, T. D. Seeley // *The American Naturalist*. — 1993. — Vol. 141, № 4. — P. 587–593.
117. Sabatini, A. G. Quality and authenticity of beeswax / A. G. Sabatini, G. L. Marcazzan, M. F. Caboni, S. Bogdanov, L. B. de Almeida-Muradian // *Apidologie*. — 2009. — Vol. 40. — P. 349–367.
118. Sánchez-Bayo, F. Pesticide residues and bees — a risk assessment / F. Sánchez-Bayo, K. Goka // *PLoS ONE*. — 2014. — Vol. 9, № 4. — e94482. — DOI: 10.1371/journal.pone.0094482.
119. Seeley, T. D. *The Wisdom of the Hive: the social physiology of honey bee colonies* / T. D. Seeley. — Cambridge, MA : Harvard University Press, 1995.
120. Stabler, D. Nutritional ecology of adult honey bees: right amounts of macronutrients are essential for survival / D. Stabler, D. Al-Esawy, F. Chennells, G. A. Wright // *Journal of Experimental Biology*. — 2015. — Vol. 218. — P. 3300–3307.
121. Stark, J. D. The effects of pesticide residues in beeswax on honey bee development and behavior / J. D. Stark, C. A. Banks, S. Acheampong // *Journal of Economic Entomology*. — 2012. — Vol. 105, № 5. — P. 1509–1516.

122. Svečnjak, L. Influence of beeswax adulteration with paraffin on the composition and quality of honey determined by physico-chemical analyses, ¹H NMR, FTIR-ATR and HS-SPME/GC-MS / L. Svečnjak [et al.] // Food Chemistry. — 2019. — Vol. 291. — P. 187–198. — DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.151.
123. Taha, E.-K. A. Comb age significantly influences the productivity of the honeybee (*Apis mellifera*) colony / E.-K. A. Taha, O. M. Rakha, E.-S. M. Elnabawy, M. M. Hassan, D. M. Shawer // Journal of King Saud University — Science. — 2021. — Vol. 33. — Article 101436. — DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101436.
124. Taha, E.-K. A. The relationship between comb age and performance of honey bee (*Apis mellifera*) colonies / E.-K. A. Taha, S. N. Al-Kahtani // Saudi Journal of Biological Sciences. — 2020. — Vol. 27, № 1. — P. 30–34. — DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.04.005.
125. Tautz, J. The Buzz about Bees: biology of a superorganism / J. Tautz. — Berlin : Springer, 2008.
126. Traynor, K. S. In-hive pesticide exposome: assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States / K. S. Traynor [et al.] // Scientific Reports. — 2016. — Vol. 6. — Article 33207. — DOI: 10.1038/srep33207.
127. Tulloch, A. P. Beeswax — composition and analysis / A. P. Tulloch // Bee World. — 1980. — Vol. 61, № 2. — P. 47–62.
128. Wallner, K. Varroacides and their residues in bee products / K. Wallner // Apidologie. — 1999. — Vol. 30. — P. 235–248.
129. Winston, M. L. The Biology of the Honey Bee / M. L. Winston. — Cambridge, MA : Harvard University Press, 1987.
130. Wu, J. Y. Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee development and longevity / J. Y. Wu, C. M. Anelli, W. S. Sheppard // PLoS ONE. — 2011. — Vol. 6, № 2. — e14720. — DOI: 10.1371/journal.pone.0014720.
131. Yang, S. Cell orientation characteristics of the natural combs of honey bee colonies / S. Yang, Q. Meng, W. Zhao, J. Wang, Y. Liu, X. Gong, K. Dong // PLoS ONE. — 2022. — Vol. 17, № 2. — e0263249. — DOI: 10.1371/journal.pone.0263249.
132. Zhang, L. The effect of comb cell size on the development of *Apis mellifera* drones / L. Zhang, L. Shao, M. F. Raza, R. Han, W. Li // Life. — 2024. — Vol. 14, № 2. — Article 222. — DOI: 10.3390/life14020222.

Приложения

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института зоотехнии и биологии

С.В. Акчурин

“11” мая 2026 г.



Справка

о внедрении результатов исследований по диссертационной работе
Степанова Глеба Германовича «Биологические особенности и
продуктивность пчелиных семей карпатской породы при содержании на
сотах, отстроенных из воска, очищенного разными способами» в учебный
процесс ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева

Комиссия в составе заведующего кафедрой частной зоотехнии, академика РАН, д.с.-х.н., профессора Юлдашбаева Ю.А., д.б.н., профессора Маннапова А.Г., кандидата биологических наук, доцента Храповой С.Н. составили настоящую справку о том, что результаты исследований аспиранта Степанова Г.Г. используются при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по следующим темам:

Технология производства и переработки воска – 2 часа;

Технология производства вошины – 2 часа;

Применение биологически активных препаратов для стимуляции
весенне-летнего развития пчелиных семей – 2 часа;

Расширение гнезда пчелиных семей искусственной вошиной на фоне
применения стимулирующих подкормок – 2 часа.

Использование результатов исследования в выше представленных темах способствуют углублению теоретической подготовки и формированию практических навыков у студентов, обучающихся по направлению Зоотехния по программам бакалавриата и магистратуры.

Заведующий кафедрой частной зоотехнии,

Академик РАН, д.с.-х.н., профессор

Ю.А. Юлдашбаев

Профессор кафедры частной зоотехнии,

д.б.н.

А.Г. Маннапов

Доцент кафедры частной зоотехнии, к.б.н.

С.Н. Храпова

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института зоотехнии и
биологии
С.В. Акчурин
"18" мая 2026 г.



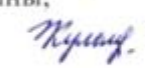
Акт

о внедрении результатов исследований по диссертационной работе
Степанова Глеба Германовича «Биологические особенности и
продуктивность пчелиных семей карпатской породы при содержании на
сотах, отстроенных из воска, очищенного разными способами» на учебно-
опытной пасеке ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева

Комиссия в составе заведующего кафедрой частной зоотехнии, академика РАН, д.с.-х.н., профессора Юлдашбаева Ю.А., кандидата биологических наук, доцента Храповой С.Н., д.с.-х.н., профессора кафедры ветеринарной медицины Кульмаковой Н.И. составили настоящий акт о том, что внедрение результатов исследований аспиранта Степанова Г.Г. на учебно-опытной пасеке позволило повысить репродуктивные показатели пчелиных маток и продуктивные показатели пчелиных семей при использовании обработанного воска, вошины с углом 110 градусов и подкормки с янтарной кислотой и препаратом Стимовит.

В пик яйценоскости пчелиных маток в группе где применялась использование очищенного воска при производстве вошины с углом 110 градусов и подкормки с янтарной кислотой и препаратом Стимовит превышение составило на 73,0%, по выходу товарного меда - на 2,2 раза, по количеству отстроенных соторамок – в 2,7 раза.

Представленные данные подтверждают высокую эффективность внедренных технологических приемов, которые рекомендованы к дальнейшему использованию в практике учебно-опытной пасеки и товарных пчеловодческих хозяйств.

Заведующий кафедрой частной зоотехнии,
Академик РАН, д.с.-х.н., профессор  Ю.А. Юлдашбаев
Доцент кафедры частной зоотехнии, к.б.н.  С.Н. Храпова
Профессор кафедры ветеринарной медицины,
д.с.-х.н.  Н.И. Кульмакова