

На правах рукописи

Филатов Дмитрий Владимирович

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВОГО
ПОВЕДЕНИЯ ПЧЁЛ ПРИ ДЕЙСТВИИ АБИОТИЧЕСКИХ
И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ**

03.03.01 – физиология

03.02.08 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Нижний Новгород
2012

Работа выполнена на кафедре физиологии и биохимии человека и животных
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Научные руководители: доктор биологических наук, профессор
Хомутов Александр Евгеньевич
доктор биологических наук
Ягин Валерий Васильевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Паренко Марина Константиновна

кандидат биологических наук
Радаев Алексей Анатольевич

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт
пчеловодства РАСХН

Защита состоится «31» мая 2012 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д.212.166.15 Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по адресу: 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. 1, биологический факультет.
Факс: (8312) 465-82-92

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Автореферат разослан « 25 » апреля 2012 г.

Учёный секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

С.В. Копылова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последние годы заговорили о КПС – коллапсе пчелиных семей, который проявляется в ослаблении семей осенью и слётом пчёл. Термин «Colony Collapse Disorder» (коллапс – полный упадок) впервые применили в США для обозначения явления, когда ульи с внешне нормальными в конце сезона семьями осенью вдруг оказываются без пчёл. При этом погибших пчёл нет ни на дне улья, ни вокруг него. Остаются нетронутыми медовые запасы с небольшим числом пчёл и маткой, которые обречены на гибель. Это явление приняло массовый характер в США, Европе: Греции, Италии, Испании, Польше, Португалии, Хорватии, Швейцарии и России (Ритгер, 2007; Пономарев, 2008; Николаенко, 2010; Chen, Evans, 2007).

Многие исследователи во всём мире соглашаются, что существует ряд факторов, которые могут негативно влиять на пчёл: новое поколение пестицидов + совместное воздействие группы пестицидов, накопление в воске остатков препаратов, которые применяют против варроатоза, прямые и сопутствующие разрушения, вызванные варроатозом + неизвестные вирусы, ухудшение биоразнообразия – небольшой набор пыльцы, новые заболевания, стресс, вызванный переменой погоды, миграцией семей пчёл, плохим питанием, электромагнитные излучения (особенно радиостанций, TV, мобильных телефонов и других приборов), влияние генетически модифицированных растений (Пономарёв, 2008; Сталетич, 2008; Пантюхина, 2008; Батуев и др., 2008, 2010; Николаенко, 2010; Hayes, 2007).

Оригинальную причину коллапса пчелиных семей выдвинул А. Корзун (2008). По его мнению, основная причина КПС заключается в том, что пчелы-сборщицы в улей не возвращаются из-за помех их навигационной системы, созданных человеком. Они теряют ориентировку и гибнут вдали от гнезда. По утверждению автора, для возвращения в улей пчелы используют не визуальную навигацию, а летят, используя физические поля. Признание этого факта позволило бы изучить и учесть все искусственные и естественные источники помех и, таким образом, избежать неоправданных потерь. Во время облёта пчелы визуалью не запоминают леток, а создают излучающее физическое поле – своего рода «приводную радиостанцию», сигналы которой принимают насекомые в полёте и могут лететь на этот источник излучения. Мощность поля очень мала и зависит от числа пчёл, принимающих участие в его создании, а также от метеорологических условий. Со временем они ослабевают, особенно после дождя, поэтому пчелы регулярно восстанавливают его. Если учесть, что каждая семья имеет свою частоту излучения, то поле пасеки представляет собой своеобразную сотовую телефонную станцию. Каналы этой станции работают для каждой семьи отдельно (Корзун, 2008).

Указанные причины коллапса пчёл в большинстве случаев являются гипотетическими, разноречивыми и, несмотря на большой исследовательский ин-

терес к проблеме, малочисленными. В связи с этим представляет интерес комплексное исследование возможных причин коллапса пчелиных семей.

Цель исследования – изучение экологических и физиологических особенностей пищевого поведения пчёл при действии абиотических и антропогенных факторов среды.

Задачи исследования:

1. Изучить пищевое поведение пчёл при разных условиях освещённости, температуры атмосферного воздуха, скорости перемещения воздуха.

2. Провести сравнительный анализ лётной активности пчёл при наличии естественного и искусственного источника корма.

3. Изучить хеморецептивную чувствительность пчёл к солям тяжёлых металлов и инсектицидам.

4. Провести сравнительный анализ кумуляции тяжелых металлов в пчелопродуктах и телах пчёл из разных экологических зон Нижегородской области.

Научная новизна. Изучено пищевое поведение пчёл при использовании искусственного источника корма (кормушка). Показано, что в весенне-летний период пчёлы начинают посещение кормушки в 5.00 часов при освещённости 1,54 клк и температуре 15°C, а заканчивают потребление сиропа в 22.00 при освещённости 0.055 клк и температуре 20°C. Потребление сахарного сиропа снижается при увеличении скорости воздушного потока, а при скорости 16 м/с потребление сиропа снижается до нуля. Впервые изучено пищевое поведение пчёл в зависимости от количества сиропа в кормушке и от величины перерыва между кормлениями.

Впервые проведён сравнительный анализ лётной активности пчёл при внутриульевом электромагнитном раздражении пчёл в условиях природных источников корма и постановки кормушки с сахарным сиропом. Показано, что при постановке кормушки искусственное электромагнитное поле в значительно меньшей степени влияет на лётную активность, чем при использовании пчёлами естественного источника корма.

Впервые проведён анализ чувствительности пчёл к солям тяжёлых металлов и инсектицидам. Установлено, что наибольшую аверсивную реакцию у пчёл вызывают соли кадмия, наименьшую цинка. Впервые проведён сравнительный анализ кумуляции тяжёлых металлов в телах пчёл и пчелопродуктах, полученных на пасеках, расположенных в сельскохозяйственных, лесных, луговых биотопах и промышленных районах Нижегородской области.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные о пищевом поведении пчёл в условиях воздействия абиотических и антропогенных факторов среды расширяют представления о физиологических и экологических процессах адаптивных реакций пчёл на внешние воздействия.

Фундаментальное значение для понимания процессов жизнедеятельности пчёл имеет информация о рецептивной чувствительности пчёл к экотоксикантам, как при их непосредственном воздействии на пчёл, так и жизненно

важные в первую очередь для пчёл продукты пчеловодства, от которых зависит выживаемость пчелиных семей.

Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры физиологии и биохимии человека и животных Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского и используются при чтении спецкурса «Экологическая физиология»

Положения, выносимые на защиту:

1. В весенне-летний период фуражирная активность пчёл начинается в утреннее время при температуре не менее 15°C и освещённости 1.54 кЛк, скорости воздушного потока не более 12 м/с. Скорость потребления сиропа зависит от его количества в кормушке.

2. В осенне-зимний период пищевое поведение пчёл связано с температурой атмосферного воздуха. При положительных и слабо отрицательных температурах зимний клуб пчёл имеет аморфную структуру и располагается ближе к летковому отверстию, при низких температурах клуб ограничивается двумя-тремя рамками и располагается вдали от леткового отверстия.

3. Лётная активность пчёл, при постановке внутри источника электромагнитного излучения, значительно выше в тех семьях, которые ориентированы на кормушку, чем в семьях, использующих природные источники корма.

4. Соли тяжёлых металлов и инсектициды, растворённые в 60% сахарном сиропе, вызывают у пчёл отрицательную обонятельную и вкусовую реакции в концентрациях 0.1–0.5%. Тяжёлые металлы максимально кумулируются в мёде и телах пчёл, в меньшей степени - в воске.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены и обсуждены: на XIV Всероссийской конференции «Успехи апитерапии» (Рыбное, 2009), на X юбилейной всероссийской научно-практической конференции «Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность» (Н. Новгород, 2009), на III Всероссийском с международным участием конгрессе студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010» (Н. Новгород, 2010), на Международной конференции «Пчеловодство – XXI век» (Москва, 2010), на Международной научно-практической конференции «Медовый мир» (Ярославль, 2011). По материалам диссертации опубликовано 14 научных статей, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 148 страницах и состоит из введения, 2 глав обзора литературы, материалов и методов исследования, 5 глав собственных исследований, выводов, библиографического указателя, приложения. Список цитируемой литературы содержит 156 источников, из которых 127 на русском и 29 на иностранных языках. Диссертация иллюстрирована 38 таблицами и 35 рисунками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа проводилась на пасеках Нижегородской области, в Воротынском, Варнавинском, Борском, Дальнеконстантиновском, Большеболдинском, Починковском, Спасском районах области на полноценных пчелиных семьях в

течение пчеловодных сезонов 2007–2011 г.г. Всего в экспериментах было задействовано 140 пчелиных семей.

Исследование мобилизационного пищевого поведения пчёл осуществлялось в экранированной камере размером 70x80x65 см, поднятой над уровнем земли на высоту 75 см, что соответствует высоте расположения верхнего леткового отверстия улья. Одна сторона камеры (80x65 см) открыта и обращена в сторону расположения ульев и обращена строго на север. В камере размещалась кормушка ёмкостью 1000 мл, в которой находился поплавок со штоком. Рядом с кормушкой помещалась градуированная шкала расхода сахарного сиропа в любой момент времени. Цена деления шкалы – 25 мл. Кормушка по длинной оси располагалась по линии север – юг. В кормушку заливали 60% сахарный сироп в объёме и во время, предусмотренного условиями эксперимента.

На внешней южной стороне камеры располагался анемометр и бытовой термометр, фиксирующий температуру на «солнце». Ещё один термометр находился в тени, непосредственно там, где располагались ульи. Уровень освещённости регистрировали при помощи люксметра «ТКАЛЮКС». Три раза в день снимали показания барометра, фиксируя давление утром в полдень и вечером. Время восхода и захода солнца регистрировали по метеорологическому справочнику.

В работе использовали методику пищевых условных рефлексов, разработанную в лаборатории низших животных Института физиологии им. И.П. Павлова (Лобашёв, 1958; Лопатина, 1971; Левченко, 2007).

При изучении влияния скорости воздушного потока на пищевое поведение пчёл с открытой стороны камеры, обращённой к ульям, устанавливали 4 компрессора с регулируемой мощностью. Скорость воздушного потока измеряли ручным анемометром.

Летная активность пчел оценивалась при помощи устройства, разработанного на кафедре физиологии и биохимии человека и животных ННГУ. Датчиком служил последовательный набор фотоэлементов, помещённый на прилетную доску. Датчик соединялся с усилителем и электромеханическим счетчиком, который фиксировал пролетающих мимо фотоэлемента пчел. Показания датчика регистрировались суммарно за 1 мин (имп/ мин).

В работе при изучении влияния электромагнитного поля на пищевую мобилизацию пчёл использовался специализированный электростимулятор ЭСС-4, разработанный на кафедре физиологии и биохимии человека и животных ННГУ, предназначенный для генерации модулированных импульсов напряжения с регулируемой длительностью паузой и амплитудой.

Электростимулятор коммутационными проводами соединялся с кассетами. Принципиальной особенностью кассеты является то, что электродная сетка в отсутствие пчел разомкнута и, соответственно, напряжение на кассете отсутствует. Пчела, попадая на электродную сетку, замыкает близлежащие электроды и подвергается воздействию импульсного тока.

Изучение амплитудно-частотных характеристик звукового режима пчел проводилось по методу, предложенному Е.К.Еськовым (1975). Анализ дина-

мических спектров звуковых сигналов производился с помощью широкополосных фильтров. Оценка спектра производилась в диапазоне 0-14 кГц, однако последующие эксперименты показали, что диапазоне 3-14 кГц звуковая активность отсутствует, в связи с чем диапазон анализа был сокращен до 3 кГц.

При изучении пищевой мобилизации пчёл регистрировали следующие параметры: длительность их кормления, количество пчёл на чашке, визуально оценивали поведение пчёл при подлёте к кормушке и при отлёте от нее. Время регистрировали с помощью секундомера. Наблюдения проводили в утренние часы по три часа на каждый опыт. В течение опыта данные записывали каждые десять минут.

В качестве экотоксикантов, добавляемых в сироп, были использованы соли металлов: $ZnSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, $CoCl_2$, $Sr(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2$, $CdBr_2$; а также соединения, используемые для борьбы с вредителями сельского хозяйства: децис, инсект- α , коллоидная сера. Все эти вещества использовались в нескольких концентрациях каждое: 0,0001; 0,001; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5; 10; 15%. С каждой концентрацией проводили по 3-4 повторных опыта.

Содержание тяжелых металлов, отличающихся потенциалами восстановления, определяли в пчелином меде, воске, телах пчёл и яде методом переменного-токовой инверсионной полярографии по методике, получившей в 1997 году метрологическую аттестацию Госстандарта РФ для анализа пищевых продуктов. Для этого использовали полярограф ПУ-1 с электрохимическим датчиком АКВ-0,7 и с компьютерной системой обработки информации ИВА-600.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента для множественных сравнений (Гланц, 1999).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Влияние метеоусловий на пищевое поведение пчёл

1.1 Освещённость. Для начала вылетов пчёл из улья важен определённый уровень освещения летка. В наших экспериментах первые пробные вылеты пчёл начинались в 4.00 часа утра при освещённости 0,0341кЛк (восход солнца в данный период – 4.00 утра). Однако активное потребление сахарного сиропа (600 мл/ч) регистрировалось в 6.00 часов при освещённости на солнце 6,320 кЛк, а в тени - 3,590 кЛк.

К 11.00 часам потребление сахарного сиропа достигало 1500 мл/ч и в течение длительного времени эта величина не изменялась, несмотря на снижение освещённости до 8,600 кЛк на солнце. В период с 21.00 до 22.00 часов при освещённости 0.055 кЛк пчёлы выбрали 1000 мл/ч сахарного сиропа, однако в 22.20 (заход солнца 22.10) при той же освещённости пчёлы прекратили лётную деятельность, хотя в кормушке находилось 1000 мл сиропа.

Для проверки правильности вывода о том, что пчёлы ориентируются при лётной активности не только на освещённость, нами были поставлены опыты, в которых от улья до кормушки (50 м) была протянута гирлянда электрических лампочек, которые создавали освещённость на всем пути 100 Лк, т.е. почти в два раза выше, чем естественная освещённость в 22.00. Оказалось, что пчёлы группировались на прилётной доске, однако лётной активности не наблюдалось.

По сведениям, приводимым Е.К. Еськовым и М.Д. Еськовой (2011), пчёлы нередко посещают естественные источники корма после захода солнца. Отмечены случаи посещения ими цветущих медоносов, обильно выделяющих нектар, в тёплые лунные ночи. Освещённость в лунную ночь может достигать 0.2 Лк, что соответствует минимальному уровню, необходимому для полётов к источникам корма вблизи улья (Еськов, Еськова, 2011).

Однако наши эксперименты, поставленные в тёплую (20°C) лунную ночь, не подтвердили данных приводимых выше. Мы наблюдали за поведением пчёл во время полнолуния, т.е. при максимальной освещённости в ночное время (10 Лк), однако в этом случае пчёлы не появлялись даже на прилётной доске.

1.2. Температура атмосферного воздуха. Пищевая мобилизация пчёл в весенне-летний период зависит не только от освещённости, но и от температуры атмосферного воздуха (Морева, 2005). Однако в наших экспериментах при наблюдении в июне-августе кривая изменений потребления сахарного сиропа практически соответствовала кривой изменений потребления в зависимости от освещённости.

Температура от 4.00 до 6.00 часов включительно не поднималась выше 15°C, тем не менее при указанной температуре в 6.00 часов потребление сиропа соответствовало 600 мл/ч. Дальнейшее повышение температуры до 35°C сопровождалось максимальным потреблением сиропа (1500 мл/ч).

В вечернее время, начиная с 20.00 часов, потребление пчёлами сахарного сиропа снижается, хотя температура атмосферного воздуха (23°C) соответствует 9.00. часам утра, когда потребление сиропа было максимальным (1500 мл/ч). Снижение температуры атмосферного воздуха до 20°C в 22.00 часа снижало потребление сиропа до 1000 мл/ч. В 22.20 температура атмосферного воздуха равнялась 20°C, однако лётная деятельность пчёл прекращалась и, соответственно, прекращалось потребление сахарного сиропа.

1.3. Зимовка. В наших экспериментах регистрация температуры пчелиного жилища в осенне-зимний период осуществлялась с 25 сентября 2009 г. по 20 марта 2010 г. в средней полосе России (Нижегородская обл.). В эксперименте были задействованы 4 пчелиные семьи, подготовленные к зимовке и размещенные в 24-рамочных лежаках из пенополистирола, силой восемь улочек. В каждой семье устанавливалось по 8 датчиков. Первый датчик устанавливался между корпусом улья и 1-ой сотовой рамкой, последующие датчики устанавливались между соответствующими сотовыми рамками на глубине 70 мм. Температура атмосферного воздуха регистрировалась обычным

ртутным термометром в 12.00 часов пополудни. В это же время снимались показатели с датчиков электротермометра.

Оценка температурного режима пчелиного жилища во время формирования зимнего клуба (сентябрь – октябрь) показала, что наименьшая температура пчелиного гнезда регистрируется в области между 7 и 8 сотовыми рамками, расположенными возле нижнего леткового отверстия. В этом случае, при колебаниях наружной температуры в течение суток от 8 до 18°C, внутриульевая температура в этой области колебалась в течение суток от 13 до 18°C.

Температура между 1 и 2 сотовыми рамками была максимальной и колебалась в зависимости от времени суток от 17 до 22°C, причем, следует заметить, что температура 21 - 22°C регистрировалась в 21.00 и 23.00 часов. В утренние и дневные часы (с 7.00 до 17.00 часов) увеличение температуры наблюдалось в области между 5 и 6, 7 и 8 сотовыми рамками.

Таким образом, можно предположить, что во время формирования зимнего клуба в сентябре – октябре основная масса пчел в ночное время сосредотачивается в области 1 и 2 сотовых рамок, т.е. области, наиболее удаленной от леткового отверстия, а в утреннее и дневное время основная масса пчел перемещалась к летковому отверстию.

Наши исследования показали, что формирование достаточно устойчивого зимнего клуба происходило в середине декабря при наружной температуре - 10°C. В это время температура в области установки 3 и 4 датчиков (между 2 и 3, 3 и 4 сотовыми рамками) поднималась до 22 - 23°C.

Регистрация температуры в первую декаду января, когда температура наружного воздуха в дневное время колебалась в пределах 0 - +3°C, показала, что зимний клуб пчел стал более диффузным, а высокая температура отмечалась при регистрации показателей 1– 5 датчиков. Интересно отметить, что максимум температуры отмечался между корпусом улья и 1-ой сотовой рамкой (датчик 1), а 2-ой температурный пик – между 3 и 4 сотовыми рамками.

При снижении температуры наружного воздуха в третьей декаде января до -18°C происходит концентрация зимнего клуба пчел и они располагаются в улочках между 1 и 4 сотовыми рамками, где температура колеблется от 18 до 26°C. Необходимо отметить, что температура на периферии гнезда, обращенной к летковому отверстию, не превышает 0°C.

В феврале, когда средняя температура наружного воздуха в дневное время в среднем равнялась -10°C, максимальная температура в улье регистрировалась в области размещения 4, 5 и 6 датчиков и колебалась от 21 до 25°C.

В марте, при температуре наружного воздуха в среднем -12°C, динамика распределения температур по разным областям пчелиного жилища практически соответствует февральским результатам. Максимальная температура (22 - 24°C) регистрируется между 3 – 5 сотовыми рамками. Температура в периферической области, обращенной к летковому отверстию минимальна и соответствует $2,5 \pm 0,3$ °C.

По нашим данным зимний клуб полностью распадается в начале апреля, когда температура наружного воздуха поднимается в дневное время до 10°C и выше. В это время внутри улья устанавливается температура, характерная для периода массового развития расплода.

Таким образом, полученные данные говорят о том, что в осеннее время ночью пчелы концентрируются вдали от леткового отверстия, а в дневное время располагаются ближе к летку. «Классический» зимний клуб образуется к середине декабря и располагается в центральной части гнезда, между 2 и 3, 3 и 4 сотовыми рамками.

В январе при усилении морозов зимний клуб смещается в сторону, противоположную летковому отверстию, причем температура между 6 и 7, 7 и 8 сотовыми рамками падает до 0°C. Здесь же следует заметить, что потепление сопровождается диффузией пчелиного клуба и он распределяется в улочках между стенкой улья и 5-ой сотовой рамкой.

В феврале и марте клуб начинает сдвигаться в область, расположенную вблизи леткового отверстия и даже при температуре -18°C располагается между 3 и 4, 4 и 5, 5 и 6 сотовыми рамками.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что пчелы, в зависимости от температуры атмосферного воздуха перемещаются по всему объему улья, в связи с чем расстановка кормовых рамок во время осенней ревизии должна быть равномерной.

1.4. Скорость воздушного потока. В предыдущих исследованиях большинства авторов (Еськов, 1992; Кривцов и др., 1999; Левченко, 2005) влияние ветра на лётную активность пчёл изучалось при естественном изменении воздушного потока. Однако ветер является весьма переменной величиной и его скорость может изменяться в разные временные промежутки, кроме того, низовой ветер по скорости сильно отличается от верхового. Для стабилизации условий эксперимента мы использовали модельные опыты, в которых скорость воздушного потока, образующегося при работе компрессора, изменялась по желанию экспериментатора.

В качестве контроля была выбрана скорость потребления сахарного сиропа при отсутствии перемещений воздуха. При этом скорость потребления сиропа к 20 мин от начала пищевой мобилизации достигала 40 мл/мин, а к 35 мин весь объём кормушки (1000 мл) был выбран пчелами (рис. 1).

При скорости воздушного потока 3 м/с максимальная скорость потребления сиропа наблюдается на 30 мин от начала пищевой мобилизации и соответствует 35 мл/мин. Затем скорость потребления сиропа снижается и на 40 мин тестовый объём сиропа при данной скорости воздушного потока оказывается полностью выбранным (рис. 1).

Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока до 5-ти, 8-ми и 12 м/с сопровождается сдвигом начала потребления сиропа. Так, при скорости воздушного потока 5 м/с потребление сиропа начинается с 10 мин от начала пищевой мобилизации, при 8 м/с – с 20 мин, а при 12 м/с – с 30 мин. Кроме того, с увеличением скорости воздушного потока увеличивается время потребления тестового объёма сиропа (1000 мл). Время потребления тестового

объёма сиропа при скорости воздушного потока 5 м/с и 8 м/с равно 60 мин, при 12 м/с – 80 мин. При скорости воздушного потока 16 м/с потребление сахарного сиропа пчёлами полностью прекращалось (рис 1).

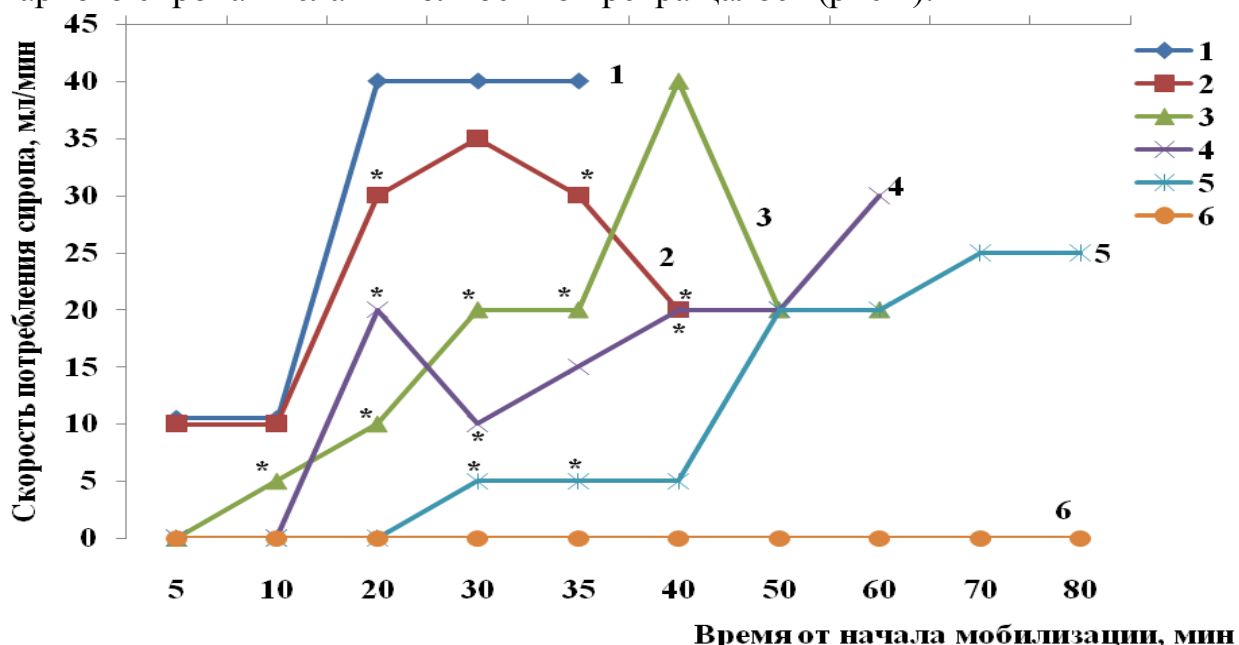


Рис. 1. Зависимость скорости потребления пчёлами сахарного сиропа от скорости воздушного потока

Скорость воздушного потока:

- | | | |
|------------------|------------|------------|
| 1- 0 (контроль); | 2- 3 м/с; | 3- 5 м/с; |
| 4- 8 м/с; | 5- 12 м/с; | 6- 16 м/с. |

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Таким образом, моделирование воздушного потока в области постановки кормушки сопровождалось изменением скорости потребления сахарного сиропа в зависимости от скорости «ветра». Максимальная скорость потребления (40 мл/мин) наблюдалась в контроле и при скорости воздушного потока 5 м/с. Возможно это связано с тем, что медоносные пчёлы в процессе поиска источника корма используют положительный анемотаксис, проявляющийся в ориентации продольной оси тела под углом 180° к направлению движения воздуха; точность проявления анемотаксической ориентации зависит от силы ветра и постоянства его направления (Левченко, 2005).

2. Влияние электромагнитного поля на пищевую мобилизацию пчёл

В первой серии экспериментов изучали лётную активность пчёл при раздражении электрическим током с 5.00 до 8.00 часов утра. Сравнивали лётную активность пчёл в контроле (без раздражения), с электрораздражением группы семей, ориентированных на природные источники корма и группы семей, ориентированных на кормушку.

В начальной стадии раздражения в 5.00 часов утра показатели лётной активности всех трёх групп пчелиных семей достоверно не отличались друг от друга. В 6.00 часов показатели лётной активности семей, в которых производилось электрораздражение, достоверно отличались от контроля.

В 8.00 часов в контрольной группе семей лётная активность равнялась 245.5 ± 2.3 имп/мин, в группе с электрораздражением, ориентированной на естественные источники корма, - 98 ± 7.6 имп/мин, в группе с электрораздражением, ориентированной на кормушку, - 102.9 ± 5.4 имп/мин.

Таким образом, группа семей, ориентированных на кормушку, хотя и достоверно уступает по параметрам лётной активности контрольной группе, однако их активность достоверно выше, чем в семьях, ориентированных на естественные источники корма, т.е. даже при непосредственном действии адекватного раздражителя обилие и близость корма превалируют над защитой гнезда от адекватного раздражителя, вызывающего оборонительный рефлекс.

Начиная с 16.00 в контрольной группе происходит довольно резкое снижение лётной активности и её полное отсутствие регистрируется в 21.00 час, аналогичная картина наблюдается в экспериментальных семьях, ориентированных на природные источники корма. В группе семей, ориентированных на кормушку, полное прекращение лётной деятельности фиксируется в 22.00.

Лётная активность пчёл при раздражении с 14.00 до 17.00 часов максимально различается во всех трёх группах семей в 15.00 часов. Так, если в контрольной группе лётная активность составляет 898.6 ± 42.2 имп/мин, то в группе семей, ориентированных на естественные источники корма при электрораздражении она составляет 469.0 ± 34.9 имп/мин, а ориентированных на кормушку - 806.5 ± 19.8 имп/мин (табл. 1).

Таблица 1

Изменение летной активности пчел (имп/мин) при раздражении
с 14.00 до 17.00 часов

Время суток (час)	Контроль (без раздражения)	Электрораздражение	
		Природный источник корма	Кормушка
7.00	191.2 ± 7.7	190.3 ± 4.0	213.5 ± 14.1
9.00	490.0 ± 46.1	502.0 ± 8.3	514.8 ± 21.3
12.00	766.2 ± 39.9	786.3 ± 51.8	784.5 ± 14.8
14.00	948.0 ± 22.8	$856.7 \pm 44.2^*$	924.3 ± 28.4
15.00	898.6 ± 42.2	$469.0 \pm 34.9^*$	$806.5 \pm 19.8^{*+}$
17.00	721.6 ± 24.2	$328.7 \pm 7.5^*$	$700.0 \pm 18.9^+$
20.00	366.8 ± 6.3	$272.5 \pm 7.6^*$	$734.6 \pm 15.8^{*+}$
21.00	0	0	494.6 ± 11.7
22.00	0	0	0

14.00 – 17.00 – время электрораздражения

* - различия между контрольной и экспериментальными группами статически значимы ($p < 0.05$)

+ - различия между экспериментальными группами статически значимы ($p < 0.05$)

Так же как и в предыдущих сериях экспериментов, лётная деятельность пчёл в контрольных семьях и в семьях, подвергавшихся электрораздражению

(природные источники корма) заканчивалась в 21.00, а при тех же условиях опыта в группе семей, ориентированных на кормушку – в 22.00 часа (табл. 1).

Таким образом, проведённые эксперименты позволяют сделать вывод о том, что обилие корма (кормушка) в условиях моделирования стресса при помощи электрораздражения увеличивают лётную активность пчёл, по сравнению с группой пчелиных семей, ориентированных на природные источники корма. Необходимо заметить, что при отсутствии электрораздражения и мобилизации пчёл на естественные источники корма лётная активность выше, чем при использовании кормушки. Однако в вечернее время, начиная с 19.00 часов, лётная активность пчёл к кормушке достоверно выше, чем к источникам природного корма.

3. Сравнительная характеристика акустической сигнализации пчёл при мобилизации на естественные источники корма и сахарный сироп

В наших экспериментах максимальная интенсивность акустической активности пчёл в течение светлого времени суток при их мобилизации на природные источники корма наблюдалась в диапазоне 350 – 700 Гц и колебалась в течение светлого времени суток в пределах 20 – 28 дБ (табл. 2).

Таблица 2

Изменение амплитудно-частотных характеристик звуковых сигналов пчел при пищевой мобилизации (кормушка) в дневное время (14.00-17.00 часов)

Частота, кГц	Интенсивность звука, дБ					
	Контроль	Мобилизация, час			Восстановление, час	
		1	2	3	1	2
0.25	28±1.2	41±2.4*	41±2.5	34±3.1	32±2.9	25±2.6
0.35	26±1.0	40±2.8*	40±1.9*	30±3.5	30±3.5	25±1.8
0.40	28±1.8	44±3.1*	44±2.6*	40±4.6*	33±4.1	29±1.5
0.60	18±1.1	36±2.9*	37±3.0*	32±2.4*	27±2.4*	22±2.3
0.70	28±1.5	44±3.8*	44±4.1*	38±2.6*	32±3.9	30±2.5
0.80	18±0.9	40±3.5*	38±3.2*	31±1.5*	28±2.3*	20±1.7
0.90	22±2.1	34±4.2*	35±1.7*	30±2.2*	27±3.5	20±2.6
1.00	18±2.2	32±2.2*	35±2.6*	29±3.6*	22±2.7	18±2.1
1.25	12±1.1	25±2.8*	26±2.8*	20±1.4*	16±1.9	12±1.4
1.60	18±1.0	30±2.1*	32±1.4*	28±2.2.*	21±2.6	18±2.4
1.70	20±1.4	35±4.0*	34±2.8*	30±2.8*	23±2.8	18±2.8
2.60	6±1.5	25±1.6*	25±3.7*	20±1.3*	10±2.9	8±1.3

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

При оценке акустической сигнализации пчёл, ориентированной на естественные источники корма было показано, что максимальный звуковой фон регистрируется с 14.00 до 17.00 часов. В это же время в естественных условиях наблюдается максимальная лётная активность пчёл, в связи с чем мы использовали этот временной период для постановки кормушки.

В этом случае в течение пищевой мобилизации пчёл с 14.00 до 17.00 во всём диапазоне частот интенсивность звуки увеличивалась относительно контроля (табл. 2).

Интенсивность звуковой внутриульевого сигнализации пчёл зависит не только от времени постановки кормушки, но и от количества сахарного сиропа в ней. Сравнивали амплитудно-частотные характеристики звуковых колебаний при постановке кормушки с 250, 500 и 1000 мл сахарного сиропа. В качестве контроля использовали данные, полученные в первый час мобилизации в каждой из трёх групп экспериментов.

Оказалось, что достоверное увеличение звукового фона во всём диапазоне частот регистрируется между первой, второй и третьей группами опытов, а также между второй и третьей группами при использовании 250 мл сиропа.

При наполнении кормушки сахарным сиропом в объёме 500 и 1000 мл интенсивность звука резко увеличивается относительно данных, полученных при использовании 250 мл. Однако при 500 и 1000 мл достоверной разницы между первым, вторым и третьим часом пищевой мобилизации не прослеживается.

4. Зависимость пищевого поведения пчёл от концентрации тяжёлых металлов и инсектицидов

4.1. Тяжёлые металлы. В первой серии экспериментов, данные которой в дальнейшем служили в качестве контроля, было исследовано поведение пчёл на чистом сахарном сиропе.

Кобальт. При низких концентрациях ионов кобальта (0.0001%) количество пчёл, посетивших кормушку, и время слизывания сиропа близки к контрольным величинам (табл. 3). По мере увеличения концентрации кобальта в сахарном сиропе, количество пчёл, прилетающих к кормушке, сокращается. Начиная с концентрации 0.05% уменьшается количество с 30.1±2.3 пчёл до 9.8±1.6 пчёл через 3 часа наблюдения (табл. 3).

Таблица 3

Изменение количества пчел (шт.) при различных концентрациях ионов кобальта в сахарном сиропе в течение 3-х часов

Концентрация, %	Время пищевой мобилизации, мин					
	10	40	70	100	150	180
0 (контроль)	0.00	7.5±0.9	14.2±1.2	18.6±1.5	28.2±1.2	30.1±2.3
0.0001	0.00	3.0±0.6*	9.2±1.5*	12.4±1.8*	28.3±2.1	26.4±2.5
0.001	0.00	4.1±0.8*	13.2±1.1	14.8±1.6	23.2±1.8*	24.7±2.1*
0.05	0.00	0.00	2.8±1.0*	4.2±1.7*	7.5±1.3*	9.8±1.6*
0.1	0.00	0.00	1.8±0.5*	2.0±0.1*	2.1±0.1*	5.2±0.3*
0.5	0.00	0.00	0.00	2.3±0.2*	2.5±0.1*	2.2±0.2*

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Цинк. В контрольной серии экспериментов количество одновременно кормящихся пчёл на 180 мин от начала опыта составляет 57±2.2 особей. До-

бавление в сахарный сироп сульфата цинка, концентрация которого соответствует 0.0001% картина посещения пчёлами кормушки достоверно не отличается от контроля (рис. 2).

Максимальное уменьшение количества пчёл на чашке Петри регистрируется при концентрации ионов цинка 0.1%. При этом условии количество пчёл, посетивших кормушку через три часа наблюдения составляет всего 20 ± 2.0 особей.

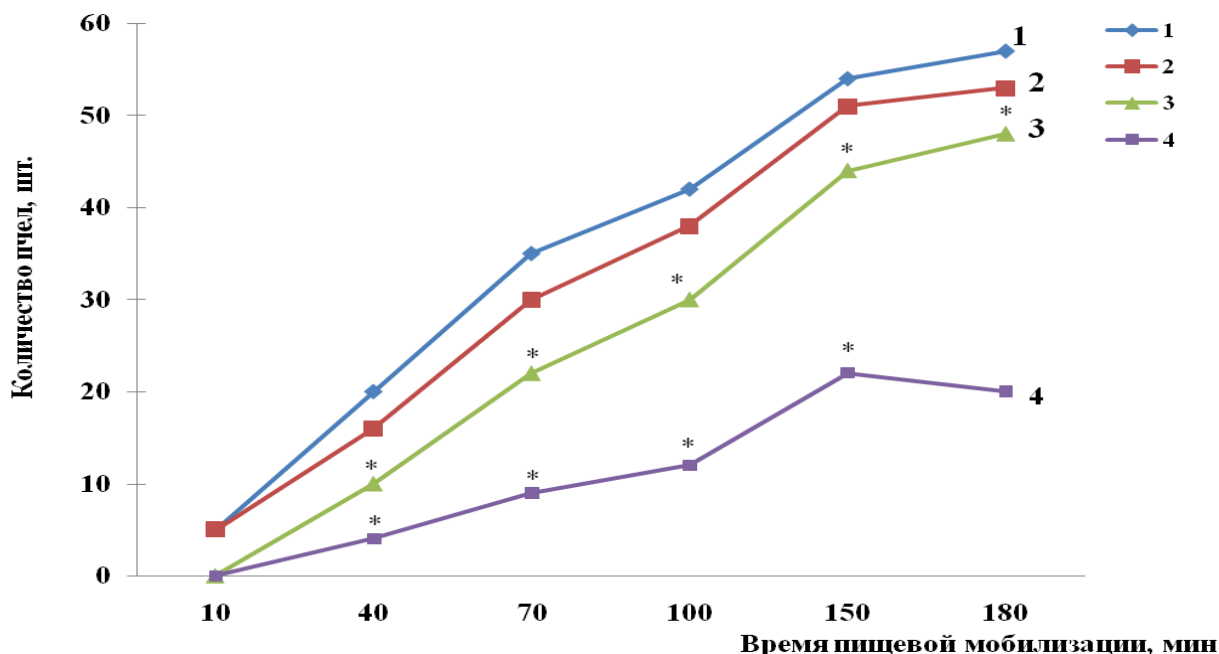


Рис. 2. Изменение количества пчел (шт.) при различных концентрациях ионов цинка в сахарном сиропе в течение трех часов

1- 0 (контроль); 2- 0,001 %;
3- 0,01 %; 4- 0,1 %.

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Соответственно уменьшению количества пчёл, посещающих кормушку, уменьшалось время кормления пчёл. Так, если при концентрации цинка 0.0001% время кормления составляло 191.3 ± 2.2 с, то при концентрации 0.1% эта величина снижалась почти в два раза, а при концентрации 10% время кормления пчёл составляло $40,7 \pm 4.0$ с.

Начиная с концентрации 5% прилетало только небольшое количество пчёл и через значительные промежутки времени. Время кормления сократилось, и, улетая, пчёлы не делали кругов над чашкой с сахарным сиропом.

Стронций. Количество посетивших кормушку пчёл и время слизывания ими сахарного сиропа близко к норме при концентрации стронция 0.0001 %. Начиная с концентрации стронция в сахарном сиропе 0.05% поведение пчёл резко меняется: резко снижается их число, уменьшается время кормления. При концентрации стронция выше 0.05% пчёлы не делают кругов для запоминания местности, а при концентрации 1–10% прилетают только одиночные пчёлы, но сироп пьют не все и быстро улетают.

Кадмий. При концентрации кадмия 0.0001% количество пчёл (табл. 4) и время кормления, начиная с 100-й мин наблюдения, достоверно не отличаются от контрольных величин. При концентрации кадмия 0.01% количество пчёл, посетивших кормушку, намного ниже нормы, сокращается время кормления, но те пчёлы, которые попробовали сироп, улетая, делали круги.

Таблица 4

Изменение количества пчел (шт.) при различных концентрациях кадмия в сахарном сиропе в течение 3-х часов

Концентрация, %	Время пищевой мобилизации, мин					
	10	40	70	100	150	180
0 (контроль)	0.00	7.5±0.9	14.2±1.2	18.6±1.5	28.2±1.2	30.1±2.3
0.0001	0.00	3.8±1.1*	5.7±0.8*	15.1±2.6	26.8±2.2	30.0±3.5
0.001	0.00	2.6±0.5*	7.3±0.8*	10.2±1.6*	17.9±2.1*	19.6±2.0*
0.05	0.00	0.00	2.2±0.3*	3.6±0.1*	4.1±0.6*	4.3±1.1*
0.1	0.00	0.00	0.00	2.4±0.2*	0.00	0.00
0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0.05$)

При концентрациях кадмия 0.05–0.5% количество пчёл резко уменьшалось, пчёлы переставали слизывать сироп, садились только одиночные пчёлы на чашку с сиропом и сидели не более 3 – 5 секунд. Перед тем как сесть пчёлы несколько секунд летали над кормушкой.

Свинец. Количество пчёл, одновременно присутствующих на чашке Петри с сахарным сиропом с добавлением свинца в концентрации 0.0001%, через 3 часа после постановки кормушки достоверно превышает контрольные величины. Так, оценка количества пчёл показала, что на 180-й мин количество пчёл составляло 42 ± 1.3 особей, а при добавлении свинца в концентрации 0.0001% - 56 ± 1.7 особей.

Начиная с концентрации 0.05% количество пчёл, посещающих кормушку, начинает заметно уменьшаться, и время кормления снижается. При более высоких концентрациях, начиная с 0.5%, пчёлы кружатся низко над чашкой, большинство сразу улетает, а некоторые всё-таки садятся на край чашки Петри и слизывают сироп, но очень недолго. При концентрациях более 5% пчёлы иногда садятся рядом, но к чашке не подходят и сироп не пробуют.

Количество невыбранного пчёлами сиропа увеличивается по мере того, как уменьшается количество пчёл, прилетающих к кормушке, уменьшается время кормления пчёл, зависящие от концентрации свинца в растворе сахарного сиропа.

Ртуть. Нормальное поведение наблюдалось у пчёл при концентрации ртути 0.0001%. При концентрации 0.001% время кормления и количество прилетающих пчёл сокращалось (табл. 5).

При повышении концентрации с 0.01% до 0.5% время кормления уменьшается и заметно увеличивается промежуток между прилетающими пчёлами. При концентрациях, превышающих 1%, пчёлы садятся на край

чашки, но сироп пьют лишь немногие из них, остальные тут же улетают. При более высоких концентрациях пчёлы подлетают близко к чашке с сахарным сиропом, но не садятся и корм не едят.

Таблица 5

Изменение количества пчел (шт.) при различных концентрациях ртути в сахарном сиропе в течение 3-х часов

Концентрация, %	Время пищевой мобилизации, мин					
	10	40	70	100	150	180
0 (контроль)	0.00	7.5±0.9	14.2±1.2	18.6±1.5	28.2±1.2	30.1±2.3
0.0001	0.00	2.8±0.6*	7.7±1.2*	17.2±1.7	23.1±0.5*	31.2±3.0
0.001	0.00	1.9±0.4*	4.5±0.8*	6.6±1.0*	21.8±1.3*	23.7±2.1
0.01	0.00	0.00	2.1±0.5*	4.0±0.8*	6.2±1.0*	8.6±0.7*
0.05	0.00	0.00	0.00	2.6±0.3*	3.8±0.2*	5.1±1.3*
0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	2.0±0.1*	2.5±0.4*

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0.05$)

Приведённые результаты совершенно очевидно показывают, что реакция пчёл на запах и вкус примесей солей металлов в сахарном сиропе зависит от их концентрации. Следует отметить как сходство, так и различия в поведении пчёл при различных концентрациях солей тяжёлых металлов.

Низкие концентрации всех солей металлов не отпугивают пчёл. Если они и чувствуют их вкус или запах, то они настолько слабы, что не вызывают чёткой аверсивной реакции. Концентрации солей металлов, расположенные в середине изучаемого диапазона, вызывают у пчёл отрицательную вкусовую реакцию, а высокие, начиная с 0.1% и выше, имеют запах, отпугивающий пчёл. Для человека эти соли имеют слабый запах только в очень высоких концентрациях (более 1%), а у пчёл, хотя пороги обонятельного восприятия ряда веществ близки к таковым у человека, даже слабые запахи могут вызывать реакцию избегания.

Что касается усиления вкусовой аверсии при концентрациях выше 0.05%, то у пчёл существует пищевая реакция на кислый вкус, к которому они имеют высокую чувствительность, а также на высокие концентрации горьких и солёных (0.5 - 0.1 моль/л) веществ. Существовали многочисленные попытки связать структуру веществ и их вкус, но оказалось, что это практически невозможно, так как различные анионы в разных сочетаниях могут давать кислый, или горький, или солёный вкус, или их сочетание, иногда даже с привкусом сладкого (Бронштейн, 1950).

Однако существуют некоторые отличия в реакции пчёл на вкус и запах солей металлов. О различиях во вкусовой реакции пчёл можно судить и по среднему времени кормления пчёл. Очевидно, что наименее привлекателен для них вкус кадмия, а наименьшую аверсивную реакцию вызывает цинк в достаточно высоких концентрациях.

4.2. Инсектициды. В следующем блоке экспериментов в качестве экотоксикантов были использованы три вещества, применяемы в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями (децис, инсект-альфа и коллоидная сера).

Децис. Применение дециса в концентрации 0.0001% в растворе сахарного сиропа сопровождается количественными характеристиками прилетающих к кормушке пчёл такими же как и в контрольной серии. Резкие изменения количества пчёл на чашке Петри наблюдаются при концентрации 0.05%. Во-первых, если в контроле единичные пчёлы появляются уже через 10 мин после начала пищевой мобилизации, то аналогичные явления при концентрации дециса 0.05% регистрируются только на 70 мин. К концу наблюдения (180 мин) в контроле одновременно на чашке Петри размещаются 30.1 ± 2.3 особей, а при концентрации дециса 0.05% только 7.8 ± 1.3 пчёл. По мере возрастания концентрации дециса в растворе сахарного сиропа уменьшается время кормления пчёл. Следует отметить, что при концентрации дециса 0.0001% количество пчёл, прилетающих к кормушке достоверно не отличается от контроля, а время кормления снижается с $219,8 \pm 4,3$ с в контроле до $187,3 \pm 4,2$ с.

Инсект-альфа. Поведение пчёл на сиропе с инсектом-альфа сходно с поведением пчёл на сиропе с децисом, однако резкое снижение количества пчёл на чашке Петри в случае с примесью инсект-альфа наблюдается при концентрации инсектицида 0.1%. В этом случае количество пчёл снижается на 180 мин от начала пищевой мобилизации до 3.1 ± 0.7 особей, хотя в контроле одновременно располагается в 10 раз больше пчёл.

Время кормления пчёл хотя и снижается по мере увеличения концентрации инсекта-альфа, однако этот процесс происходит довольно медленно.

По-видимому, запах дециса и инсекта-альфа в больших концентрациях отпугивает пчёл, а вкус не вызывает репеллентной реакции. Вероятно, эти два инсектицида сладкие, поскольку отмечено, что многие органические соединения обладают сладким вкусом (Бронштейн, 1950). Но пчёлы-разведчицы, попробовавшие эти инсектициды в больших количествах, вероятно, погибают в течение очень короткого времени и не могут передавать информацию об источнике корма в улей, поэтому количество пчёл при концентрациях выше 0.1% не увеличивается в течение опыта.

Коллоидная сера. Коллоидная сера, в отличие от дециса и инсекта-альфа, являющихся органическими инсектицидами, относится к серосодержащим неорганическим инсектицидам.

Реакция пчёл на коллоидную серу во многом сходна с реакцией на соли металлов, например кобальта, стронция, свинца. При концентрации 0.0001% пчёлы ведут себя также как на чистом сахарном сиропе. С повышением концентрации коллоидной серы с 0.001% до 0.05% количество пчёл и время кормления уменьшаются, но многие пчёлы, улетаая, делают круги над кормом. Начиная с концентрации 0.1%, к чашке Петри прилетают одиночные пчёлы, пьют сироп недолго и улетаают, не делая кругов. При дальнейшем увеличении концентрации до 0.5% пчёлы не подлетают к кормушке.

7.3. Изоамилацетат и эконоксиканты. Изоамилацетат - один из активных компонентов феромона защиты медоносной пчелы, который удалось экстрагировать из жал рабочих пчёл (одно содержит примерно 1 мкг). Изоамилацетат – это сложный эфир уксусной кислоты и изоамилового спирта. Как и все сложные эфиры, он гидролизует в кислой, но ещё лучше в щелочной среде и изменяется запах продуктов реакции и уже не возбуждает пчёл.

В наших экспериментах производилась оценка количества одновременно кормящихся пчёл в зависимости от изоамилацетата и вида экотоксикантов. Сравнивали количество пчёл при концентрации в растворе сахарного сиропа изоамилацетата 0.0001% и тяжёлых металлов в концентрации 0.0001% с количеством пчёл при добавлении только солей тяжёлых металлов в концентрации 0.0001%.

При добавлении в сахарный сироп изоамилацетата в концентрации 0.0001% количество пчёл резко сокращается относительно контроля. Так, если к концу наблюдения в контрольной серии количество пчёл составляло 30.1 ± 2.3 особей, то в то же время при добавлении изоамилацетата - 15.6 ± 1.7 пчёл (табл. 7).

Таблица 6

Зависимость количества кормящихся пчёл от добавления изоамилацетата (0.0001%) в сахарный сироп с солями тяжёлых металлов (0.0001%)

Условия эксперимента	Время пищевой мобилизации, мин				
	40	70	100	150	180
Сироп (контроль)	7.5 ± 0.9	14.2 ± 1.2	18.6 ± 1.5	28.2 ± 1.2	30.1 ± 2.3
Изоамилацетат (ИА)	$2.2 \pm 0.3^*$	$4.5 \pm 0.7^*$	$8.2 \pm 1.2^*$	$13.8 \pm 1.5^*$	$15.6 \pm 1.7^*$
Свинец (0.0001%)	10 ± 1.1	12 ± 1.6	22.0 ± 1.3	28.2 ± 1.8	36 ± 2.7
Свинец + ИА	0.00	$2.2 \pm 0.1^{*+}$	$5.3 \pm 0.4^{*+}$	$12.1 \pm 1.4^{*+}$	$17.0 \pm 1.0^{*+}$
Кобальт (0.0001%)	$3.0 \pm 0.6^*$	$9.2 \pm 1.5^*$	$12.4 \pm 1.8^*$	28.3 ± 2.1	36.4 ± 2.5
Кобальт + ИА	0.00	$2.8 \pm 1.0^{*+}$	$4.2 \pm 1.7^{*+}$	$7.5 \pm 1.3^{*+}$	$9.8 \pm 1.6^{*+}$
Стронций (0.0001%)	$4.0 \pm 0.6^*$	14.8 ± 1.0	16.7 ± 1.2	24.6 ± 2.2	29.1 ± 2.5
Стронций + ИА	0.00	$2.1 \pm 0.3^{*+}$	$3.4 \pm 0.7^{*+}$	$6.5 \pm 1.1^{*+}$	$8.1 \pm 1.4^{*+}$
Кадмий (0.0001)	$3.8 \pm 1.1^*$	$5.7 \pm 0.8^*$	15.1 ± 2.6	26.8 ± 2.2	30.0 ± 3.5
Кадмий + ИА	$2.6 \pm 0.5^*$	$4.3 \pm 0.8^*$	$10.7 \pm 1.6^{*+}$	$17.1 \pm 2.1^{*+}$	$19.3 \pm 2.0^{*+}$
Ртуть (0.0001%)	$2.8 \pm 0.6^*$	$7.7 \pm 1.2^*$	17.2 ± 1.7	$23.1 \pm 0.5^*$	31.2 ± 3.0
Ртуть + ИА	0.00	$2.1 \pm 0.5^{*+}$	$4.0 \pm 0.8^{*+}$	$6.2 \pm 1.0^{*+}$	$8.6 \pm 0.7^{*+}$

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

+ - Различия между группами металл и металл + ИА статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Количество пчёл, прилетающих к кормушке, при добавлении к сахарному сиропу тяжёлых металлов, как уже говорилось выше, незначительно отличается от контроля. Однако при содержании в сиропе тяжёлых металлов и изоамилацетата посещение пчёлами кормушки резко уменьшается. Достоверное уменьшение количества пчёл на чашке Петри, как по отношению к

контролю, так и по отношению к опытам, в которых содержатся только тяжёлые металлы, регистрируется уже через 40 мин от начала пищевой мобилизации и до конца наблюдения.

Аналогичным образом было изучено влияние изоамилацетата на репеллентную функцию исследуемых инсектицидов. В результате данного исследования было показано, что изоамилацетат, добавленный в сахарный сироп с инсектицидами, резко снижает количество пчёл, одновременно располагающихся на кормушке.

Таким образом, полученные результаты с большой степенью очевидности показывают, что реакция пчёл зависит как от качества, так и от концентрации веществ, добавляемых в сахарный сироп. Добавление в корм солей металлов пчёлы чувствуют с помощью органов обоняния только в высоких концентрациях, более низкие концентрации они определяют на вкус, и только после этого источник корма становится для пчёл менее привлекательным. При этом существует чёткая зависимость их реакции от концентрации вещества. Однако вкус некоторых инсектицидов, по-видимому, не вызывает отрицательных ощущений у пчёл, так как время их кормления значительно больше, чем при аналогичных концентрациях других веществ.

Весьма интересным является тот факт, что степень избегания пчёлами солей тяжёлых металлов коррелирует с физиологической потребностью в этих металлах. Так, например, суточная норма потребления кадмия в норме мала (0.5 – 1.0 мкг) и пчёлы максимально избегают раствор сахарного сиропа с кадмием, и, наоборот, потребность цинка в сутки 5 – 15 мг и пчёлы избегают его в гораздо меньшей степени (White, Handler, 1981). Возможно существует зависимость между реакцией пчёл на металл и необходимостью поддержания его концентрации в организме.

5. Содержание тяжёлых металлов в образцах пчелопродуктов, полученных в разных районах Нижегородской области

Нижегородская область является регионом, в котором можно выделить лесные, сельскохозяйственные и промышленные районы. К сельскохозяйственным районам можно отнести районы, расположенные на юге области (Дальнеконстантиновский, Большеболдинский, Починковский, Спасский), к лесным, районы расположенные в северной части области (Варнавинский, Борский). В качестве промышленного района нами был выбран г. Бор.

На первом этапе исследований определяли количество цинка меди в образцах мёда, полученного в разных районах Нижегородской области. Согласно современным стандартам ПДК для цинка в мёде составляет 3.0 мг/кг. (табл. 38; см прилож.) Количество цинка в образцах мёда, полученных в Варнавинском, Дальнеконстантиновском, Большеболдинском, Починковском и Спасском районах менее 0.01 мг/кг.

Максимальное количество цинка (70.4 мг/кг) содержалось в образце мёда, полученного с пасеки, расположенной в непосредственной близости от напряжённой автомобильной трассы Нижний Новгород – Киров. В образце мёда, взятого с пасеки, расположенной вблизи периферической трассы внут-

ри г. Бор количество цинка составило 8.8 мг/кг, в образце мёда, полученного от пчёл, медоносной базой которых являлись Борские пойменные луга, количество цинка составляло 0.9 мг/кг.

Во всех образцах мёда, полученного из разных районов Нижегородской области с различной экологической напряжённостью, количество меди достоверно ниже ПДК. Однако, следует заметить, что содержание меди наиболее высоко в Варнавинском (3.8 мг/кг) и Спасском (3.6 мг/кг) районах, а минимальное содержание в г. Бор (периферическая трасса). Тем не менее, содержание меди в мёде из указанных районов принципиально не отличается друг от друга.

Воск является производным восковых желёз рабочих пчёл, в связи с чем в меньшей степени зависит от факторов окружающей среды, чем мёд. Нами проведён сравнительный анализ содержания тяжёлых металлов в воске, взятом на пасеках Варнавинского и Борского (луга) районов. Оказалось, что содержание цинка, меди, кадмия и свинца в образцах воска значительно ниже ПДК. И в Варнавинском (3.1 ± 0.3 мг/кг) и в Борском (0.97 ± 0.03 мг/кг) районах максимального значения достигает содержание меди в образцах воска. Содержание других тяжёлых металлов колеблется в пределах 0.01 – 0.2 мг/кг.

Оценка тяжёлых металлов в телах пчёл показала, что максимальных значений достигает содержание цинка и меди. Так, содержание цинка в телах пчёл, взятых на пасеке, расположенной в пойменных лугах составляет 75.9 ± 7.6 мг/кг, а меди - 32.9 ± 2.4 мг/кг. В телах пчёл, взятых на пасеке, расположенной вблизи магистральной трассы Н. Новгород – Киров содержание цинка выше (90.2 ± 5.3 мг/кг), а содержание меди ниже (21.9 ± 1.7 мг/кг), чем в образцах из пойменных лугов. Количество кадмия в обоих образцах небольшое (0.001 мг/кг), а количество свинца в образце тел пчёл, расположенных у автотрассы более чем в пять раз выше, в пойменных лугах.

При анализе образцов мёда, пчелиного яда, воска и тел пчёл, взятых на пасеке, расположенной вблизи пойменных лугов (Борский район), было показано, что максимальное количество цинка (265,0 мг/кг) содержится в «чистом» пчелином яде, а в «грязном» пчелином яде содержание цинка составляет 116,7 мг/кг. Гораздо меньшее количество цинка содержится в телах пчёл и ничтожное количество в воске. Содержание меди максимальных значений достигает в телах пчёл и составляет 21,9 мг/кг. Содержание свинца имеет самые высокие значения также в телах пчёл. Содержание кадмия и ртути составляет менее 0.001 мг/кг (рис. 3).

Таким образом, самое большое количество цинка содержится в образце «чистого» и «грязного» пчелиного яда. Второе место по содержанию цинка занимают образцы тел пчёл. В мёде и воске содержится ничтожное количество цинка, за исключением образцов мёда, полученных с пасеки, расположенной вблизи напряжённой автотрассы Н.Новгород – Киров.

Биологическая роль цинка связана с его участием в ферментативных реакциях, протекающих в клетках. Он входит в состав важнейших ферментов: карбоангидразы, различных дегидрогеназ, фосфатаз, связанных с дыханием и другими физиологическими процессами, протеиназ и пептидаз, участвующих

в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена (РНК- и ДНК-полимераз). Помимо участия в дыхании и нуклеиновом обмене, цинк повышает деятельность половых желёз. Кроме того, многие соединения цинка обладают инсектицидными и фунгицидными свойствами, что характерно для пчелиного яда.

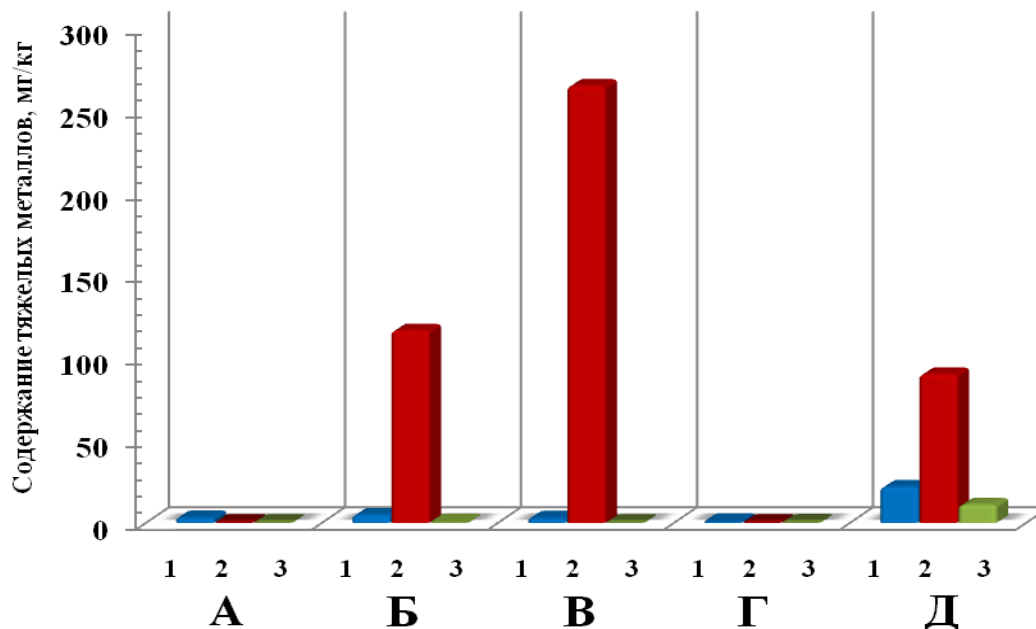


Рис. 3. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в образцах пчелопродуктов и телах пчел (Борский район, пойменные луга).

А – Мед; Б – Яд грязный; В – Яд чистый; Г – Воск; Д – Тела пчел.
1- Медь; 2- Цинк; 3- Свинец.

Как уже говорилось выше, потребность цинка в сутки довольно высокая 5–15 мг (White, Handler, 1981) и пчёлы накапливают его, особенно в жалоносном аппарате, являющимся в эволюционном плане производным репродуктивной системы.

В отличие от цинка, содержание меди в яде невелико, в то время как её содержание в телах пчёл достигает 21.9мг/кг. Медь, также как и цинк, является необходимым для пчёл микроэлементом, так как входит в состав ряда ферментов, влияет на обмен углеводов и минеральных веществ.

ВЫВОДЫ

1. В весенне-летний период пищевое поведение при искусственном кормлении (кормушка) сопровождается аверсивной реакцией пчёл при температуре в тени свыше 40°C, освещённости ниже 55 лк и скорости воздушного потока выше 16 м/с. В осенне-зимний период распределение пчелиного клуба по кормовым сотам зависит от температуры атмосферного воздуха.

2. Низкочастотное электромагнитное поле при внутриульевом расположении источника ЭМП снижает лётную активность пчёл. При ориентации пчёл на кормушку ЭМП снижает лётную активность в значительно меньшей степени, чем при ориентации на природные источники корма. Лётная актив-

ность в семьях, использующих природные источники корма, прекращается в 21.00, а потребление сахарного сиропа заканчивается в 22.00 часов.

3. Интенсивность звукового внутриульевого фона пчёл во всём диапазоне частотных характеристик достоверно выше в той группе, которая ориентирована на кормушку, чем у семей, использующих природные источники корма. Восстановление звукового фона до контрольных величин происходит в течение 2-х часов, после пищевой мобилизации.

4. Добавление к раствору сахарного сиропа солей тяжёлых металлов в концентрации 0.0001–10% [$ZnSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, $CoCl_2$, $Sr(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2$, $CdBr_2$] и инсектицидов (децис, инсект-альфа, коллоидная сера) интенсивность аверсивной реакции зависит от вида химического соединения и его концентрации в растворе.

5. Изоамилацетат в концентрации 0.0001% в сахарном сиропе снижает количество одновременно кормящихся пчёл в 2–2.5 раза относительно контроля. Совместное действие изоамилацетата и экотоксикантов в концентрации 0.0001% усиливает репеллентное действие в 2–6 раз.

6. Содержание тяжёлых металлов в образцах пчелопродуктов и телах пчёл, полученных в разных районах Нижегородской области, в большинстве случаев ниже ПДК. Содержание цинка в мёде, полученного на пасеке вблизи трассы Н.Новгород – Киров в 26 раз превышает ПДК. Максимальное количество цинка обнаружено в яде пчелином и составляет 265.0 мг/кг, а в телах пчёл – 90.2 мг/кг.

Предложения производству

1. При подготовке пчелиных семей к зимовке необходимо равномерное распределение кормовых рамок по пространству улья, так как в зависимости от температуры внешней среды зимний клуб пчёл изменяет свою конфигурацию.

2. Для получения экологически чистых продуктов пчеловодства необходима оценка местности на наличие экотоксикантов, которую можно производить при помощи апимониторинга.

3. При использовании инсектицидов рекомендуется добавлять в их раствор изоамилацетат, который обладает мощным репеллентным действием на пчёл.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Хомутов А.Е., Ягин В.В., Филатов Д.В. Зависимость топографии зимнего клуба от температуры окружающей среды // Пчеловодство, 2010. №10. С. 14-16.

2. Ягин В.В., Хомутов А.Е., Филатов Д.В. Сравнительная характеристика лётной активности пчёл до и после их мобилизации на сахарный сироп // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2010. № 2(2). С. 686-689.

3. Ягин В.В., Филатов Д.В. Изменение показателей микроклимата при внутриульевого мобилизации на сахарный сироп // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011. № 2(2). – С. 165-168.

Региональные издания

4. Филатов Д.В. Продукты пчеловодства в медицинской практике // Актуальные вопросы реабилитологии и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2006. – С. 293-296.

5. Филатов Д.В. Использование продуктов пчеловодства в медицинской практике // Материалы региональной межвузовской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2006. – С. 113-117.

6. Хомутов А.Е., Ягин В.В., Филатов Д.В. Оценка агрессивного поведения пчёл при внутригнездовом размещении раздражителя // Материалы XIV Всероссийской конференции «Успехи апитерапии». Рыбное, 28-30 мая 2009. С. 191-195.

7. Ягин В.В., Филатов Д.В., Хомутов А.Е. Влияние перевозки пчелиных семей на температурный режим пчелиного жилища // Материалы XIV Всероссийской конференции «Успехи апитерапии». Рыбное, 28-30 мая 2009. С. 187-191.

8. Ягин В.В., Филатов Д.В., Хомутов А.Е. Фотопериодические изменения пищевого рефлекса пчёл // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность. Материалы X юбилейной всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 20-21 октября 2009. С. 395-396.

9. Филатов Д.В. Особенности внутриульевого поведения пчёл при действии экстремальных абиотических факторов среды. Материалы III Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010». 24-29 мая 2010. Н. Новгород, 2010. С. 155.

10. Хомутов А.Е., Филатов Д.В., Ягин В.В. Содержание тяжёлых металлов в продуктах пчеловодства и хеморецепция пчёл. Материалы Международной конференции «Пчеловодство – XXI век». Москва, 17-20 мая 2010. С. 243-246.

11. Хомутов А.Е., Ягин В.В., Филатов Д.В. Формирование пчелиного клуба в период зимовки // Материалы IX Межвузовской научно-практической студенческой конференции «Туризм: вчера, сегодня, завтра». Н. Новгород, 2010. – С. 332-335.

12. Ягин В.В., Хомутов А.Е., Филатов Д.В. Изменение параметров акустической сигнализации пчёл при электрораздражении // Международная научно-практическая конференция «Медовый мир». Ярославль, 2011. – С. 115-117.

13. Филатов Д.В., Хомутов Д.А., Ягин В.В., Хомутов А.Е. Влияние инсектицидов на пищевое поведение пчёл // Международная научно-практическая конференция «Медовый мир». Ярославль, 2011. – С. 72.73.

