

УДК 633, 638.1:621.396

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХНИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. А. Гаврилова, В. Г. Егорашин, А. В. Чурмасов, М. А. Кревский

**Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (НГСХА),
Общество с ограниченной ответственностью "Элм электроника-медицина" (ООО
ЭЛМ), г. Нижний Новгород**

Статья получена 12 ноября 2014 г.

Аннотация. В работе приведены данные исследований влияния ЭМИ СВЧ диапазона низкой интенсивности на цирканнуальные ритмы пчел и показатели прорастания семян некоторых сельскохозяйственных растений. Описан специально разработанный для этих целей СВЧ генератор. Даны предложения производству.

Ключевые слова. СВЧ излучение низкой интенсивности, СВЧ генератор, пчелы, семена, ячмень, горох, цирканнуальные ритмы.

Abstract. This paper presents the research data of low intensity microwave influence on circannual rhythms of bees and indicators of seed germination of some crop plants. Description of microwave generator specially developed for this purpose is provided. Proposals for the production are given.

Key words: microwave radiation of low intensity, microwave generator, bees, seeds, barley, peas, circannual rhythms.

Введение

Одно из приоритетных направлений развития сельского хозяйства является повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и животных. С этой целью применяются различные не всегда экологически и экономически оправданные способы. Создание универсальных, экологически безвредных, дешевых и простых методов подготовки посевного материала,

увеличивающих также сроки и качество его хранения, оптимизирующих технологические процессы кормопроизводства, условия содержания скота, борьбу с вредителями и болезнями животных и растений является важной научно-практической задачей.

Известно, что различные по происхождению электромагнитные излучения (ЭМИ) разной мощности и интенсивности обладают значительным влиянием на биологические объекты [3, 4, 11, 12]. Среди электромагнитных излучений высоких частот, СВЧ диапазон оказывает наиболее ярко выраженное воздействие на биологические объекты [8]. Передовым фронтом в изучении этого явления в настоящее время является изучение влияния на организмы ЭМИ сверхнизких интенсивностей, приближающихся к естественным [1, 2, 5]. На базе Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии под руководством Заслуженного деятеля науки Российской Федерации доктора биологических наук, профессора Бориса Николаевича Орлова было сделано открытие, основанное на том, что СВЧ излучение сверхслабой интенсивности ($10^{-8} - 10^{-15}$ Вт) оказывает влияние на цирканнуальные ритмы живых организмов [13]. СВЧ излучение природной нетепловой интенсивности является важнейшим экологическим фактором и оказывает естественное регулирующее влияние на биоритмы животных, а, следовательно, на физиолого-биохимические процессы происходящие в организме [14]. В связи с этим в наших исследованиях в качестве воздействующего фактора было выбрано электромагнитное излучение сверхнизкой интенсивности СВЧ диапазона.

Целью настоящих исследований было изучение влияния различных режимов облучения СВЧ полем природной нетепловой интенсивности на различные виды модельных биосистем.

Материал и методика исследований

В качестве модельных биообъектов в опытах с озонированием служили семена ценных сельскохозяйственных культур: ячменя (*Hordeum vulgáre* L.)

сорта «Эльф» и гороха полевого (*Pisum arvense* L.) сорта «Глорियोза», и одновозрастный расплод карпатских пчел (*Apis mellifera carnica*).

Облучение проводили на специально разработанном для этих целей генераторе электромагнитного излучения сверхнизкой интенсивности сантиметрового диапазона «Биоритм-1», состоящем из генератора сигналов, блока питания и антенны. Диапазон частот электромагнитных колебаний – 2,0 ÷ 4,0 ГГц и управляемой выходной мощностью (0,01 - 2,0) мВт. Уровень сигнала на выходе составлял (-20 +5) дБм с шагом 0,01 дБ.

Частота СВЧ излучения при обработке семян составляла $\nu = 2451$ МГц, интенсивность $I_0/I = 100,7$ дВ. Облучение проводилось в течение 2^x дней подряд в следующих режимах: 1) дневное облучение в течение 12 ч – 12-часовое отсутствие облучения (12д:12); 2) ночное облучение в течение 12 ч – 12-часовое отсутствие облучения (12н:12); 3) 6-часовое дневное облучение – 18 ч – перерыв (6д:18); 4) дневное облучение по 3 часа с перерывами 6 и 12 ч (3д:6:3д:12).

В указанном направлении с семенами растений было проведено 10 серий опытов. Всего 6000 семян ячменя и 3000 семян гороха при 4-хкратной биологической повторности.

Проращивание семян проводили в термостате. В течение всего периода проращивания в чашках Петри поддерживалась оптимальная влажность.

Показатели интенсивности ростовых процессов можно сопоставить с изменением массы растений при их прорастании: чем быстрее будет уменьшаться масса проростков, тем выше интенсивность обменных процессов. Кроме того определяли лабораторную всхожесть, энергию и среднюю скорость прорастания, а также среднюю длину проростка. Эффективность воздействия ЭМИ СВЧ сверхнизкой интенсивности оценивали по проценту к контролю указанных выше показателей прорастания. Обработку данных проводили по стандартным методикам [9] при $p < 0,05$.

В опытах с пчелами наблюдения проводились за 10-ю пчелиными

семьями. Обработка пчёл проводилась при различных режимах СВЧ облучения природной интенсивности с помощью портативного СВЧ генератора «Биоритм-1» при частоте 2580 МГц и мощности $10^{-3} - 10^{-5}$ Вт. Для пяти семей моделировался зимний короткодневный (декабрьский) режим СВЧ-излучения (7:17 ч), для других пяти семей – длиннодневный (июньский) режим СВЧ излучения (17:7 ч). Остальные пять семей были выбраны в качестве контроля, не были подвергнуты экранированию и подвергались только естественному СВЧ-излучению Солнца июньского режима. Изучались морфометрические и биохимические показатели пчёл (масса тела, длина крыла, накопление жиров, содержание воды и азота) и их пыльцесобираемая способность.

Результаты и обсуждение

Разработанный [15] для решения поставленных в исследовании задач сверхширокополосный генератор управляемый напряжением на биполярном транзисторе представляет собой автогенератор, собранный по обычной схеме емкостной трехточки.

Перестройка частоты генератора осуществляется напряжением, изменяющимся на переменной емкости — варакторе. Генератор представляет собой усилитель в обратную связь которого включен перестраиваемый контур. Проведено проектирование данной схемы генератора в результате которого получена топология и спроектирована монтажная схема.

На рисунке 1 представлены средние значения всхожести и интенсивности прорастания семян при воздействии на них СВЧ полем низкой интенсивности. Результаты проведенных исследований с растительными биообъектами показали, что заметное повышение лабораторной всхожести наблюдается у семян ячменя при ночном 12-тичасовом облучении в среднем до 16,6% (максимальное значение 24 %) по отношению к контролю, а также несколько ниже повышение было отмечено при 6-тичасовом дневном облучении в среднем по режиму до 10%, у семян гороха – в среднем около 20% (максимально около 28%) (рис. 1а). При действии низкоинтенсивного СВЧ

облучения с перерывом лабораторная всхожесть семян ячменя снижалась в среднем почти до 8 % по отношению к контролю.

Изменение массы в процессе прорастания семян ячменя при 12-часовом дневном облучении и при 6-тичасовом облучении по 3 часа с перерывами (3д:6:3д:12) семян ячменя СВЧ полем нетепловой интенсивности приводило к усилению ростовых процессов в среднем на 10 % по сравнению с контролем, при воздействии СВЧ излучения на семена гороха практически при всех режимах облучения достоверных отклонений от контроля по этому показателю не было (рис. 1б).

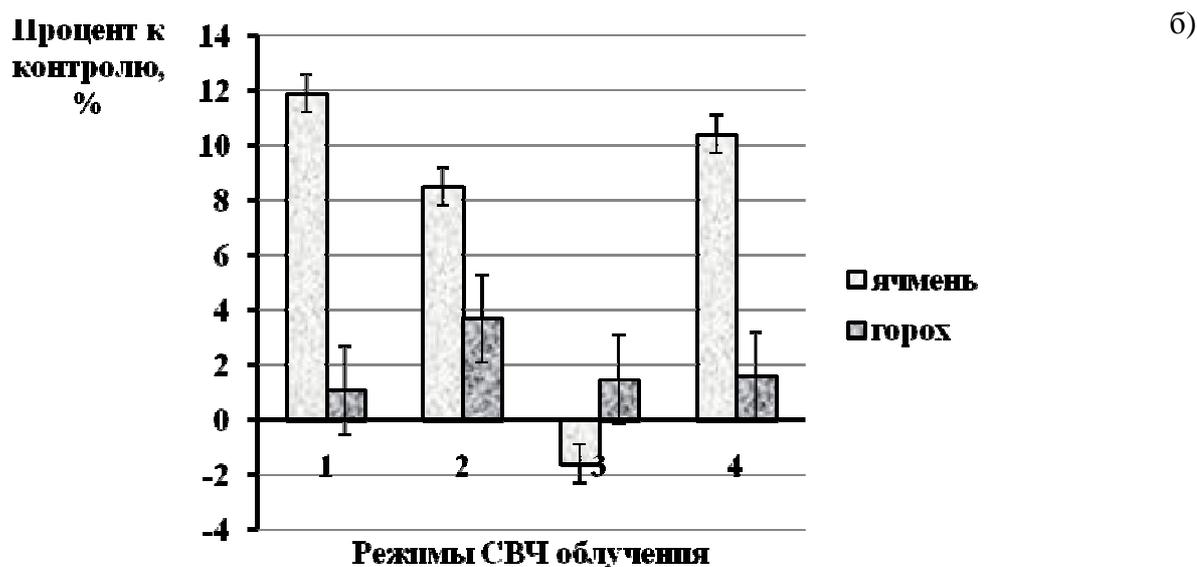
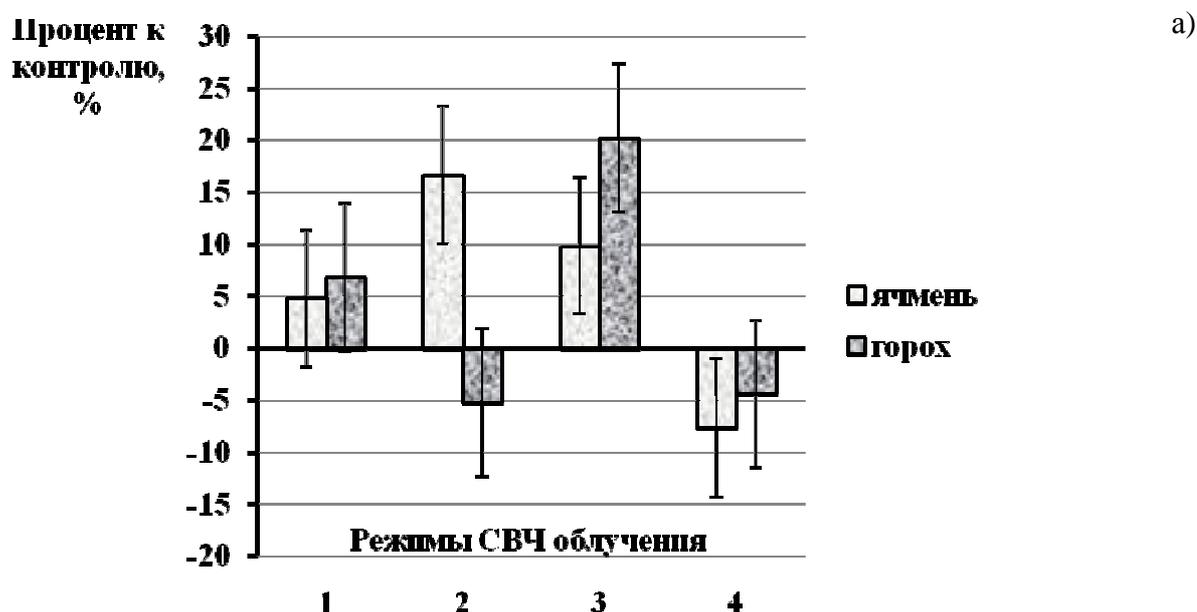
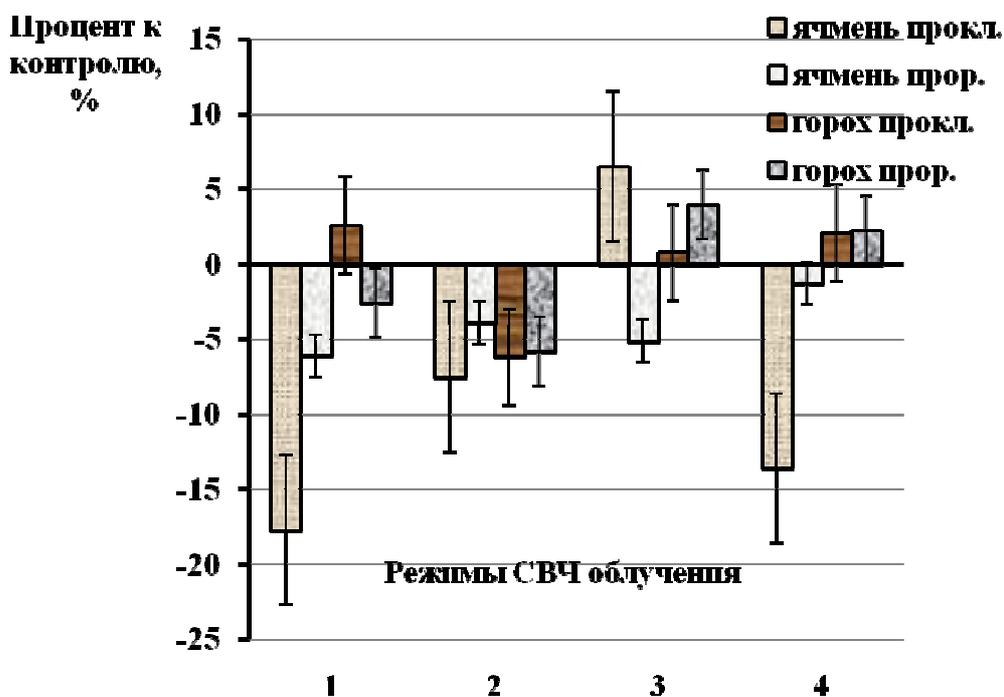
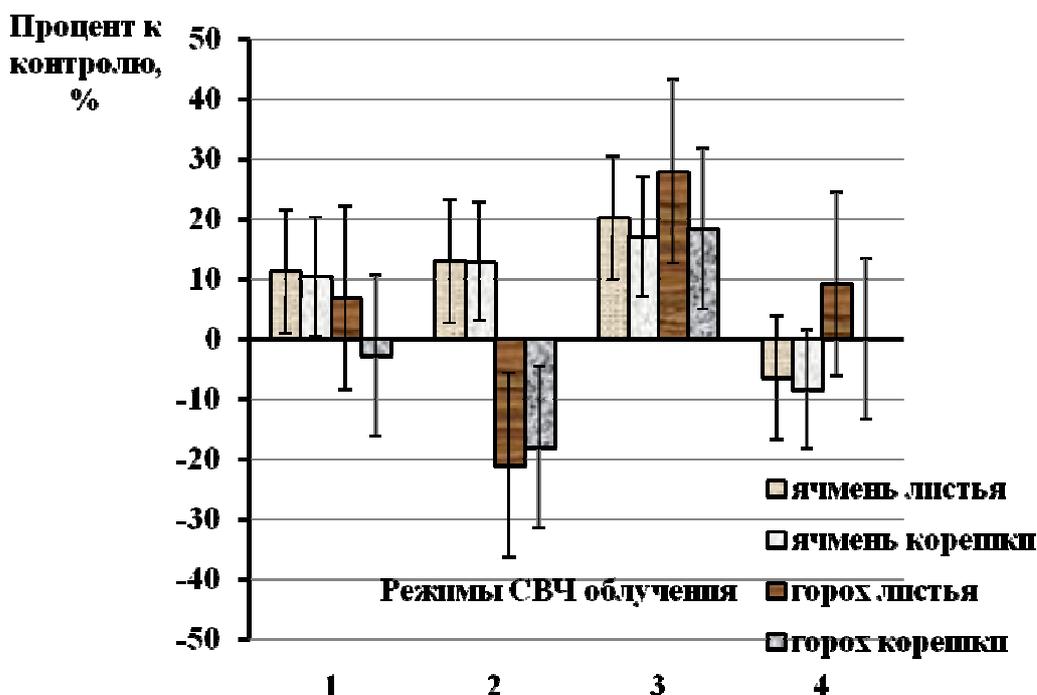


Рис. 1. Влияние СВЧ излучения сверхнизкой интенсивности на всхожесть (а) и интенсивность (б) ростовых процессов при прорастании семян ячменя и гороха.

* Процент к контролю надежен с $P > 0,95$, если значения доверительных интервалов превышают их абсолютные значения.

Значения вышеупомянутых показателей всхожести и интенсивности ростовых процессов характеризуют лишь общую усредненную реакцию биосистемы на воздействие СВЧ излучения. Причем повышение их значений после облучения отражает эффект стимуляции и нормализации обменных процессов, а понижение - их подавление и нарушение. Однако, ростовые процессы имеют большую сложность и многогранность и не могут поэтому быть полностью сведены к значениям указанных показателей. Существует множество особенностей обменных процессов, которые находят отражение в разнообразных биохимических, физиологических и морфологических явлениях при каждом уровне интенсивности обмена веществ. С морфологической точки зрения эти особенности могут быть отражены в количестве проростков с первичными листочками или с корешками в данный период времени, в размере этих органов и других показателях, которые, несомненно, меняются по мере развития растений. Формирование листового аппарата у растений можно связать с их готовностью к фотосинтезу, а развитие корешков – с их способностью к укоренению. Однако, изменение значений этих показателей (по сравнению с контролем) в ту или иную стороны уже нельзя связать с эффектом стимуляции или подавления ростовых процессов в результате воздействия некоторого фактора, так, как это было выше сделано в отношении показателя всхожести и интенсивности. Причина этого заключается в слабой изученности закономерности развития реакции биосистемы на СВЧ облучение. Очевидно, характер особенностей обменных процессов, если они достоверно выявлены, следует также фиксировать, исследовать их природу и использовать в народном хозяйстве.

На рисунке 2 приведены усредненные по каждому режиму облучения значения процента к контрольному значению некоторых показателей развития выбранных растительных объектов, отражающих особенности их реакции на изучаемые воздействия.



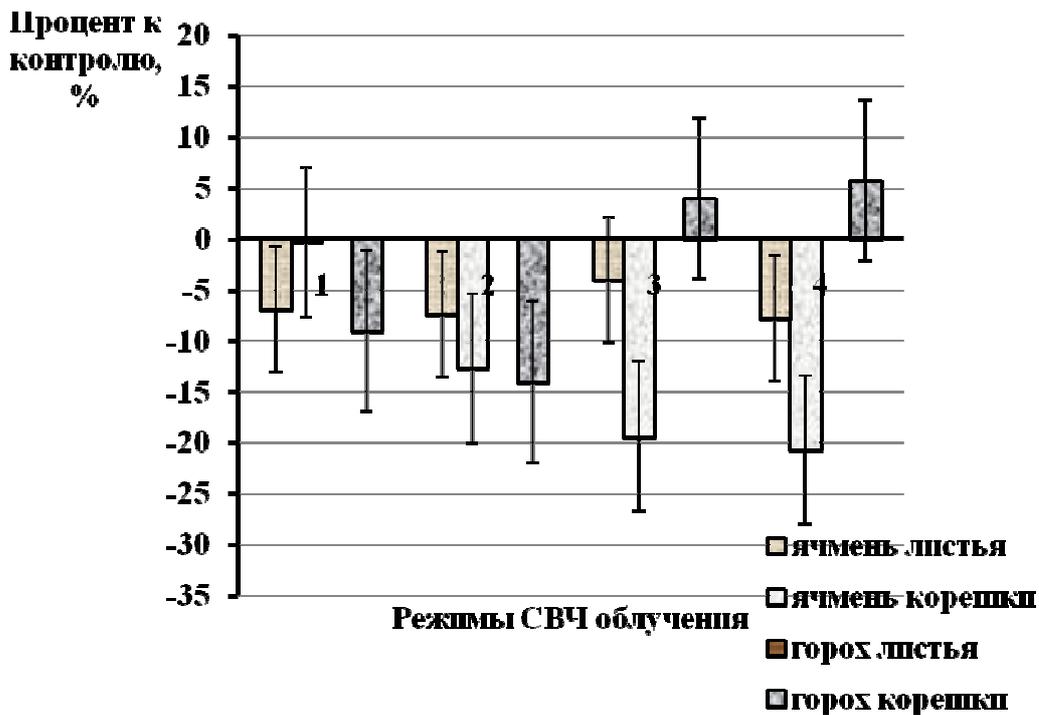


Рис. 2. Влияние различных режимов облучения СВЧ полем нетепловой интенсивности на различные морфофизиологические показатели прорастания семян ячменя и гороха:

- а – число проростков с первичными листочками и корешками,
- б – массу проросших и проросших семян,
- в – длину проростков с первичными листочками и корешками.

* Процент к контролю надежен с $P > 0,95$, если значения доверительных интервалов превышают их абсолютные значения.

Как следует из представленного выше рисунка, многие морфологические показатели развития растений (число проростков с первичными листочками, число проростков с первичными корешками, масса проросших семян, масса проросших семян, длина первичных листочков, длина первичных корешков) существенно и достоверно отличаются от соответствующих контрольных значений. Выявлено, что первый, 12-ти часовой дневной режим облучения повышает в среднем выход числа проростков с листочками как ячменя (\approx на 10 %), так и гороха (\approx на 7 %), а число семян с корешками возрастает при этом режиме облучения только у

ячменя (\approx на 10 %) (рис. 2а). Ночной 12-тичасовой режим облучения положительно повлиял на число как тех, так и других проростков для семян ячменя (около 13 %), и существенно (\approx на 20 %) снизил этот показатель для семян гороха. Третий, 6-тичасовой режим облучения благотворно влиял на обе культуры, повышая эти показатели на 20 и более % по сравнению с контролем. Прерывистое облучение уменьшало число семян как с листочками, так с корешками проростков ячменя, и повысило только число семян с листочками гороха.

Снижение массы в процессе прорастания, как уже говорилось выше, показывает усиление интенсивности этого процесса, поскольку расходуются только запасные питательные вещества самого семени (процесс фотосинтеза исключен). На рисунке 2б заметно, что почти при всех режимах облучения отмечено усиление интенсивности прорастания. Причем, для семян ячменя этот показатель выше, и проявляется в значительной степени на стадии проклеивания семян. Значит, усиление процесса семян под действием СВЧ излучения нетепловой интенсивности происходит интенсивнее в первые часы прорастания (до 18% в первом режиме и до 14% во втором). Ночной 12-тичасовой режим облучения хотя и не так выражено, но в равной мере (порядка 6-7%) стимулирует интенсивность прорастания семян обеих культур.

На показатель длины проростков ячменя и гороха практически все режимы облучения влияют подавляюще (рис. 2в). 6-тичасовой режим облучения, как сплошной, так и с перерывом, существенно снижает длину первичных корешков проростков ячменя.

Таким образом, СВЧ излучение малой интенсивности многосторонне влияет на ростовые процессы растений, что отражает сложность организации процессов жизнедеятельности и механизмов их регуляции. Изучение многогранности взаимодействия организма с СВЧ излучением является важной научной и производственной задачей.

Повышение продуктивности пчёл – одна из важных задач пчеловодства. Путём регуляции ритмов физиологических процессов, разработанный способ [13] позволяет влиять на обменные процессы организма пчел, оптимизировать процесс их подготовки к зимовке или к активной летней работе.

Основным показателем развития пчёл является сырая масса. При облучении пчёл различными моделями СВЧ облучения, сопоставленными с сезонными изменениями СВЧ облучения Солнца, было отмечено, что сырая масса при увеличении продолжительности облучения уменьшается (рис. 3). При этом пчёлы, которые развивались при длиннодневном периоде СВЧ облучения, имеют относительно к сырой массе большие размеры крыла. Так, отношение сырой массы к длине жилки, проходящей снизу дискоидальной ячейки, меньше у пчел, развивавшихся в условиях с более продолжительным СВЧ облучением. Следовательно, пчелы, которые развивались при длиннодневном СВЧ облучении, имеют меньшую сырую массу, приходящуюся на единицу длины крыла, и, потенциально более приспособлены к полету и летней деятельности в полевых условиях, имеют достоверно больше запасных питательных веществ в виде липидов, что особенно важно при зимовке.

Содержание воды в теле определяет уровень и направленность обмена веществ. Было выявлено, что пчелы, которые развивались при длиннодневном периоде СВЧ облучения, имеют больше гигроскопической воды в теле, что говорит о более интенсивном протекании физиологических процессов в организме при длиннодневном СВЧ облучении и о более медленном метаболизме с накоплением липидов при короткодневном СВЧ облучении (рис. 3).

В наших исследованиях мы также выявили у пчёл изменения в динамике содержания в теле общего азота. У пчел, развивавшихся при длиннодневном периоде СВЧ облучения, содержание общего азота в организме было выше, чем у пчел, которые развивались при короткодневном СВЧ облучении, что свидетельствует о том, что при длиннодневном СВЧ облучении развиваются

пчелы с более хорошо развитой мускулатурой, которая необходима пчелам для активной внутригнездовой и полевой работы (рис. 3).

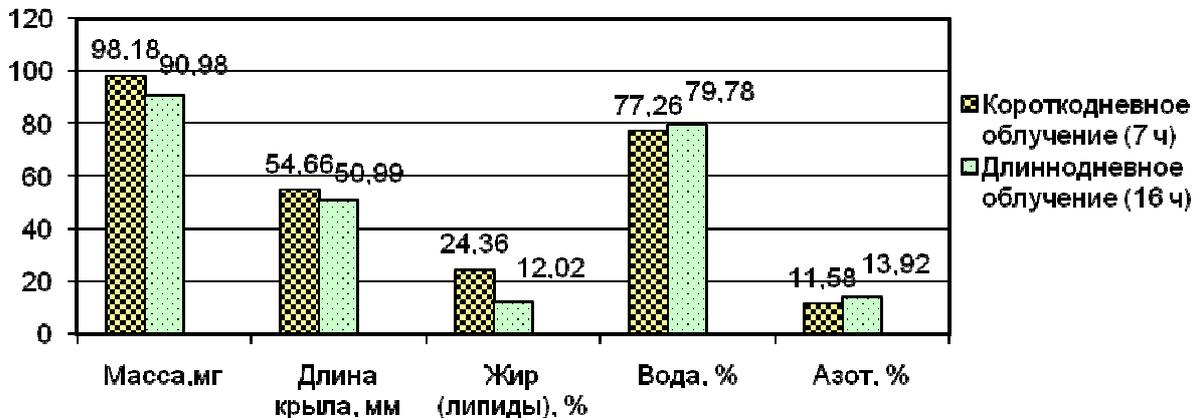


Рис. 3. Сравнение основных морфофизиологических показателей пчел при длиннодневном и короткодневном режиме СВЧ облучения.

Полученные нами данные согласуются с исследованиями других авторов по сезонной динамике морфофизиологических показателей у пчел [6, 7, 10, 16, 17, 18, 19].

Таким образом, в проведенных нами исследованиях было показано, что пчелы, развивавшиеся при короткодневном искусственном СВЧ облучении, приобретают физиологические процессы, направленные на подготовку к зимовке: повышенное содержание запасных питательных веществ, замедленный метаболизм, слабо развитый летательный аппарат. Пчелы, которые развивались при длиннодневном искусственном СВЧ облучении, приобретают морфофизиологические изменения, характерные для весенних или позднелетних пчел с активными физиологическими процессами небольшим количеством запасных питательных веществ и хорошо развитым летательным аппаратом.

Сходные сезонные изменения мы также наблюдали и у пчелиных маток. Так, масса головного и грудного отдела при искусственном короткодневном

СВЧ облучении больше чем при длиннодневном искусственном периоде СВЧ облучения. Мы полагаем, что при сокращении продолжительности СВЧ-дня происходит накопление запасных питательных веществ в организме, за счет чего сырая масса увеличивается.

Матки, которые развивались при искусственном длиннодневном периоде СВЧ облучения, имеют большие размеры переднего крыла по отношению к сырой массе, чем при короткодневном периоде искусственного СВЧ облучения, что особенно хорошо видно по отношению сырой массы к длине жилки проходящей снизу дискоидальной ячейки.

Такая же динамика наблюдается и при анализе общего азота у маток при сравнении результатов, полученных на пчелах. При искусственном короткодневном СВЧ облучении содержание общего азота в сухом обезжиренном веществе больше, чем при длиннодневном СВЧ облучении.

После оценки влияния СВЧ облучения на морфометрические показатели пчёл и пчелиных маток нами была проведена оценка влияния СВЧ облучения информационной мощности на пыльцесобираемую способность пчёл, конкретно на величину сбора пчелиной обножки и величину сложенной пчёлами в ульях перги. Учёт приноса пчелиной обножки и количества перги был проведён в пятнадцати семьях с однолетними матками. Выбранные для проведения эксперимента пчелиные семьи были примерно одинаковыми по силе, количеству расплода, запасам мёда и перги.

В начале эксперимента с облучением пчелиных семей подопытные семьи приносили примерно одинаковое количество пчелиной обножки, из которого тридцать процентов отбирал навесной пыльцеотборник.

В конце эксперимента было произведено сравнение среднесуточного количества отобранной пыльцеотборниками пчелиной обножки в семьях подверженных разным режимам СВЧ облучения нетепловой мощности (рис. 4). Выяснилось, что наибольшее суммарное количество обножки было отобрано у семей медоносных пчёл с короткодневным (7:17 ч) режимом облучения,

которое оказалось достоверно в среднем на 10,7 % больше принесённого количества пчелиной обножки медоносными семьями, подверженными длиннодневному режиму СВЧ облучения информационной мощности. Контрольные не экранированные пчелиные семьи, подверженные естественному июньскому режиму СВЧ облучения, принесли наименьшее количество пыльцы-обножки. Количество отобранной обножки в контроле оказалось достоверно на 13,4% меньше против количества у семей с короткодневным режимом облучения. Различие в отобранном количестве обножки между семьями с искусственным длиннодневным режимом СВЧ облучения информационной мощности и естественным длиннодневным режимом СВЧ облучения оказалось статистически недостоверным при 95% уровне надёжности.

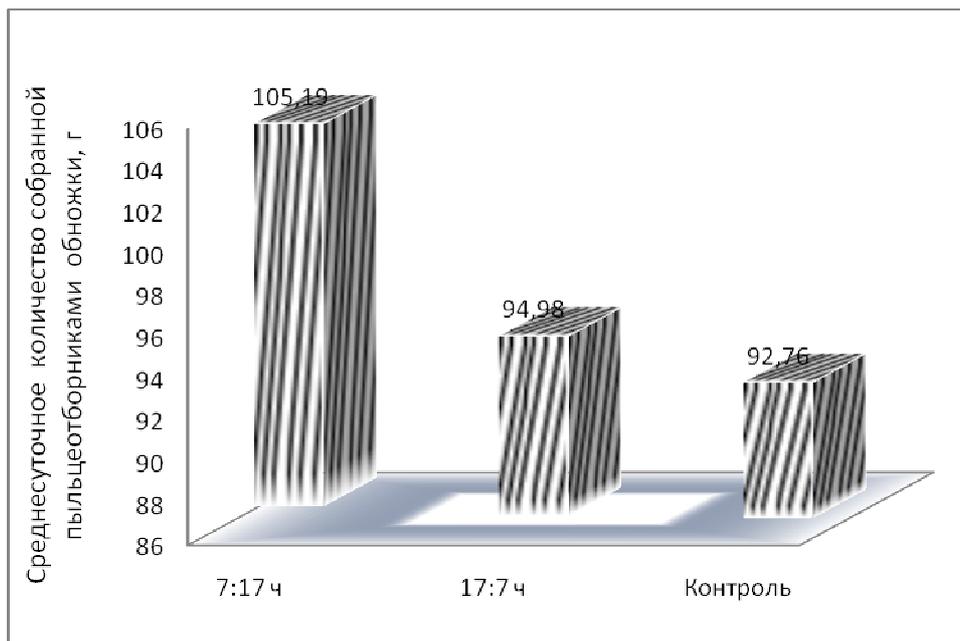


Рис. 4. Влияние короткодневного, длиннодневного искусственного СВЧ облучения и естественного длиннодневного СВЧ облучения (контроль) на количество собранной в среднем за сутки пыльцеотборниками обножки.

В результате оценки массы отобранной пыльцеотборниками пыльцы обножки у семей, подвергавшихся длиннодневному искусственному СВЧ

облучению можно видеть, что динамика изменений количества отобранной пыльцеотборниками пыльцы оказалась сходной с естественным длиннодневным СВЧ облучением, а незначительное увеличение при искусственном длиннодневном СВЧ облучении можно объяснить большей на 1,5 ч продолжительностью СВЧ облучения в естественных условиях, чем в опыте.

Для более полного составления мнения о влиянии разных режимов СВЧ облучения природной интенсивности на сбор пчёлами пыльцы было решено сопоставить наличие в гнёздах тех же семей медоносных пчёл и запасов перги (рис. 5, 6, 7) между двумя крайними датами их осмотра с мая по июнь.

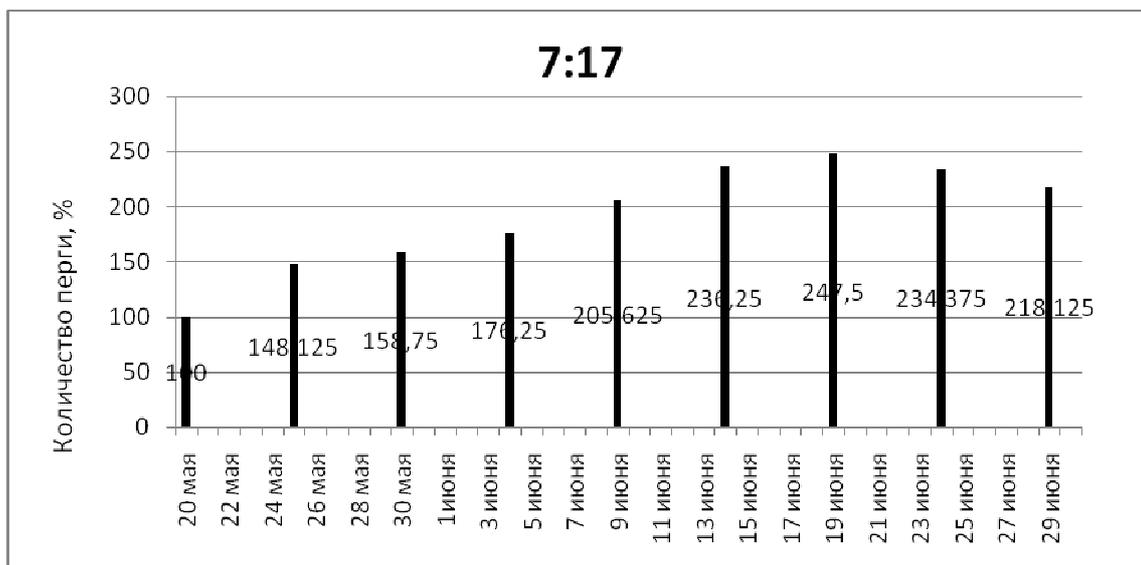


Рис. 5. Изменение количества перги при короткодневном СВЧ облучении природной интенсивности.

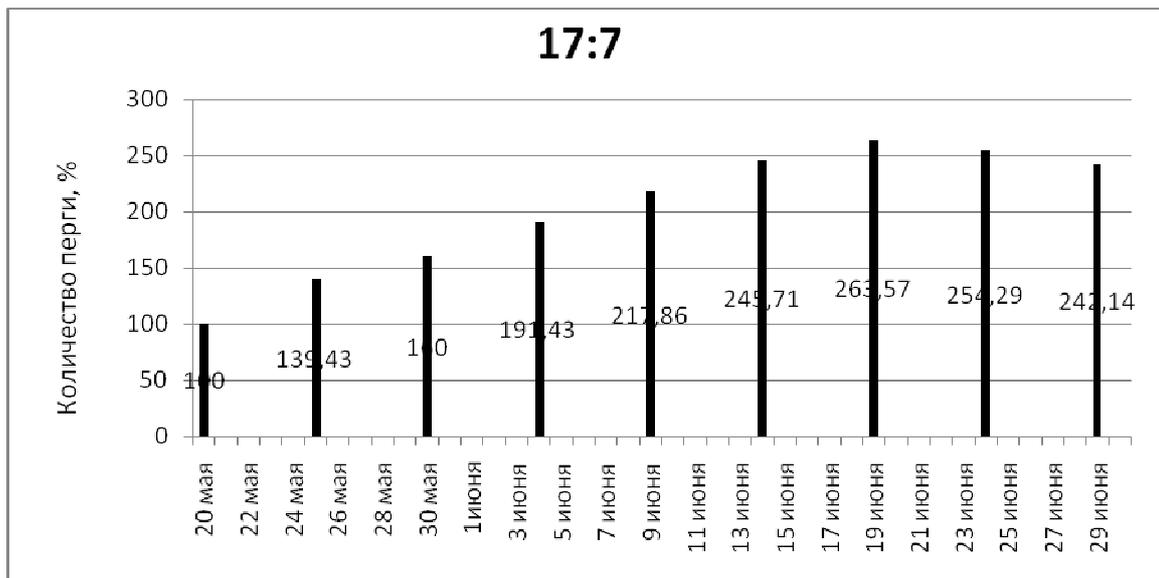


Рис. 6. Изменение количества перги при длиннодневном СВЧ облучении природной интенсивности.

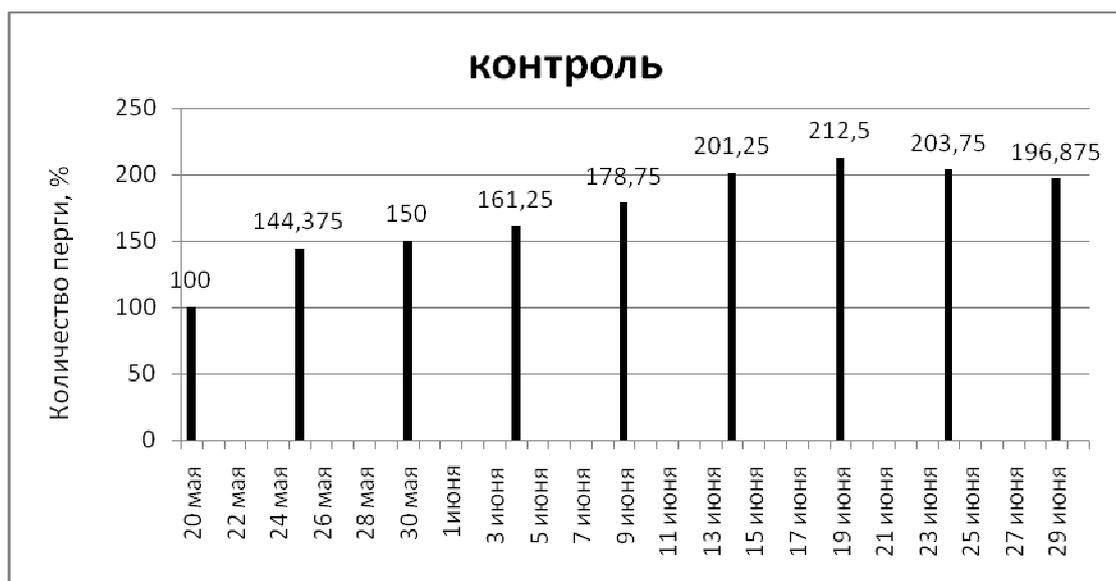


Рис. 7. Изменение количества перги в контроле (при естественном СВЧ облучении).

Различие в обнаруженном количестве перги между короткодневным режимом облучения и контролем оказалось достоверным $t_{st}=5,229$, при $P=0,999$, между длиннодневным режимом облучения и контролем оказалось достоверным $t_{st}=4,577$, при $P<0,997$. Различие между короткодневным режимом облучения и длиннодневном режимом облучения в обнаруженном количестве

перги, в отличие от собранной пыльцесборниками обножки в аналогичных режимах СВЧ облучения, оказалось достоверным $t_{st}=2,957$, при $P=0,98$.

Различие между крайними датами определения количества перги при короткодневном режиме СВЧ облучения составило 945 г, при длиннодневном режиме СВЧ облучения – 995 г, в контроле – 775 г (рис. 8). Несколько большее, в 50 г, количество перги во втором случае, видимо можно, объяснить, несколько большим количеством открытого расплода при короткодневном режиме СВЧ облучения.

Результаты положительного влияния короткодневного режима СВЧ излучения природной интенсивности на увеличение пыльцесобираемой способности пчёл нам представляется возможным логично объяснить общими закономерными изменениями биоритмов пчёл и их влияния в свою очередь на морфофизиологические показатели рабочих пчёл. Одним из следствий таких изменений может стать увеличение количества расплода, а значит будущих пчёл фуражиров, возможно увеличение эффективности пчёл как фуражиров и опылителей в отыскании и приносе нектара и пыльцы в свой улей.

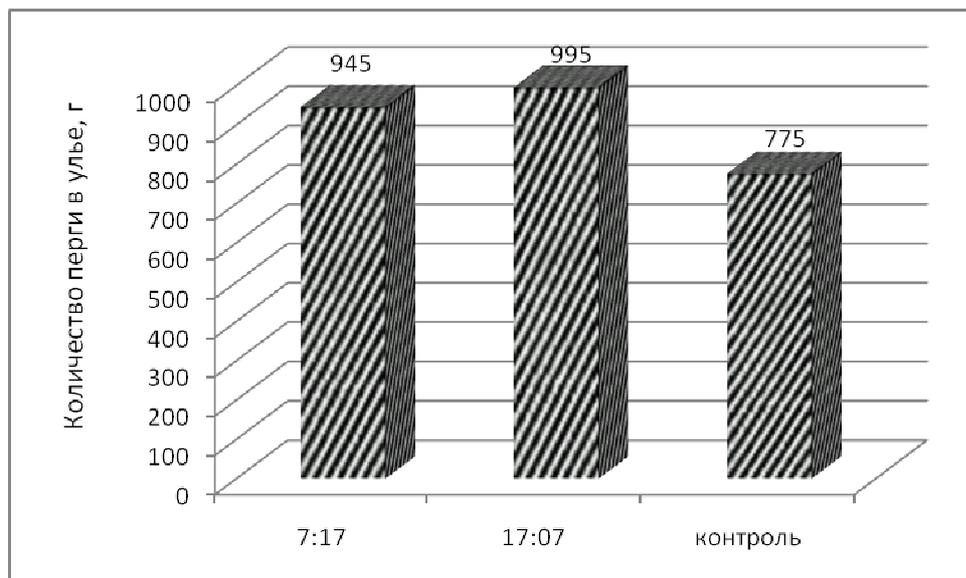


Рис. 8. Количество перги в ульях при разных режимах СВЧ облучения природной интенсивности.

Для осуществления текущего контроля физиологического состояния семей медоносных пчёл в исследовании был применён метод оценки акустического поведения рабочих пчёл. Физиологическое состояние пчелиных семей оценивалось с помощью метода, определяющего уровни активности рабочих пчёл по анализу их внутриульевого акустического поведения. Об уровне активности семьи медоносных пчёл судили по интенсивности генерируемых ими звуков. Она обычно увеличивается с ростом активности насекомых. При этом величина, на которую изменяется интенсивность звуков, находится в обратной зависимости от исходного уровня активности насекомых. Показателем физиологического состояния семей медоносных пчёл служит соотношение интенсивностей спектральных составляющих звуков в диапазоне 200-400 Гц. Частотное положение максимума спектральной энергии в этом диапазоне прямо связано с уровнем активности пчёл [6]. Спектральный анализ акустического поведения пчелиных семей был осуществлён с использованием компьютерной программы Audacity 1.3. Из за особенности данной программы сила звука (в децибелах – ДБ) в ней отображается с отрицательным знаком.

В частности, в тех случаях, когда пчёлы пассивны, пик интенсивности находится в области низких частот указанного диапазона. Активизация семьи под действием искусственной стимуляции или возбуждения пчёл, связанного с повышением их лётной активности, отражается на смещении пика интенсивности на область высоких частот. Во всех случаях это смещение тем больше, чем сильнее изменяется уровень активности пчёл. Значительное усиление высокочастотных составляющих в рассматриваемом диапазоне наблюдается в то время, когда пчёлы занимаются пополнением пищевых запасов, при перегреве гнезда, повышении в нём концентрации углекислого газа и т.п. В противоположность этому подготовка пчелиных семей к роению, представляющая собой накопление пассивных пчёл, выражается в усилении спектральных составляющих в области 210-240 Гц.

По данным проведённого исследования у экспериментальной семьи под

№1, находящейся за одни сутки перед роением частотная звуковая амплитуда оказалась смещенной в сторону низких частот (см. рис. 9). После же роения частотная звуковая амплитуда была смещена в сторону высоких частот (см. рис. 10). При этом звуковой фон семьи № 1 через двое суток от первоначальной записи (см. рис.9) стал выше на 15 дБ (см. рис. 10).

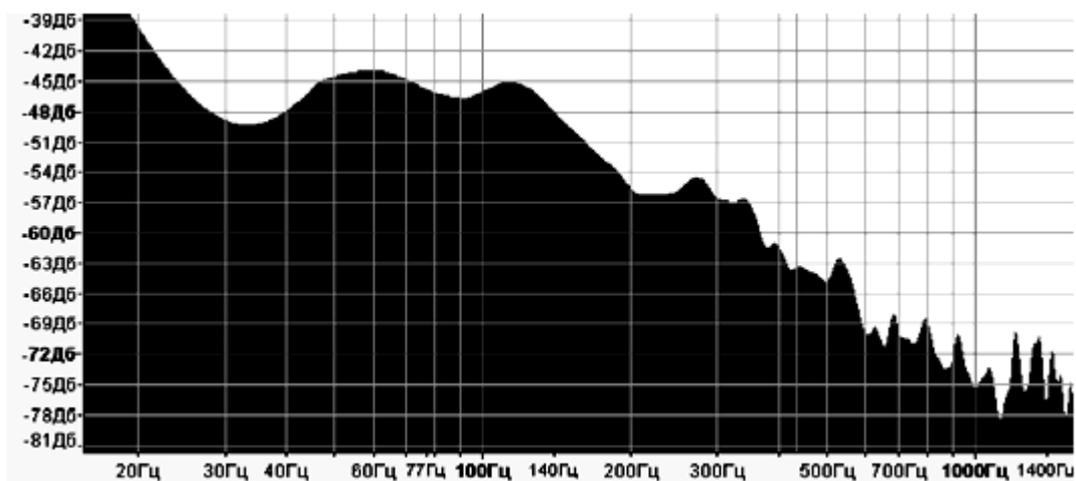


Рис.9. Семья №1 за день до роения.

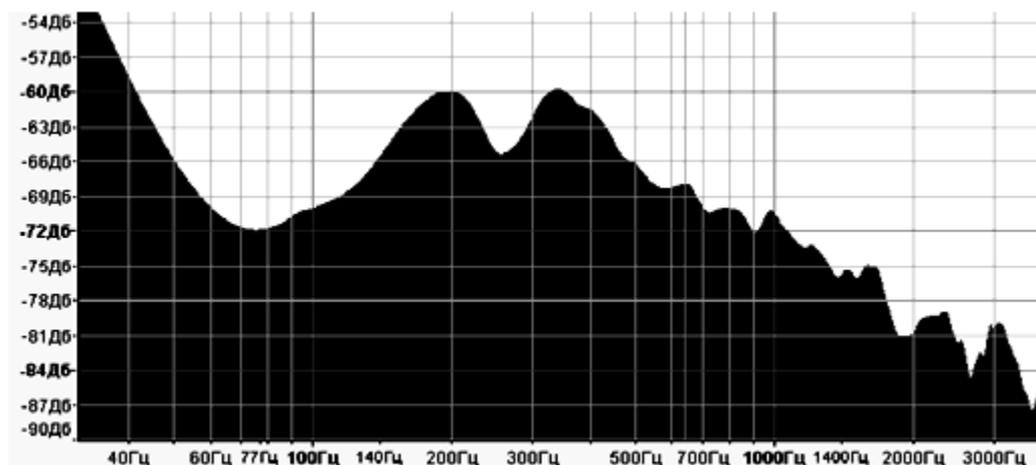


Рис. 10. Семья №1 через сутки после роения.

Использование СВЧ информационной интенсивности привело к увеличению силы фонового звучания пчёл облучаемого улья семьи № 12 на 10 ДБ и формированию трёх равновеликих пиков активности в диапазоне от 100 до 500 Гц (см. рис. 11) по сравнению с одновершинной амплитудно-частотной

спектральной кривой той же семьи, но не подверженной СВЧ облучению (см. рис. 12).

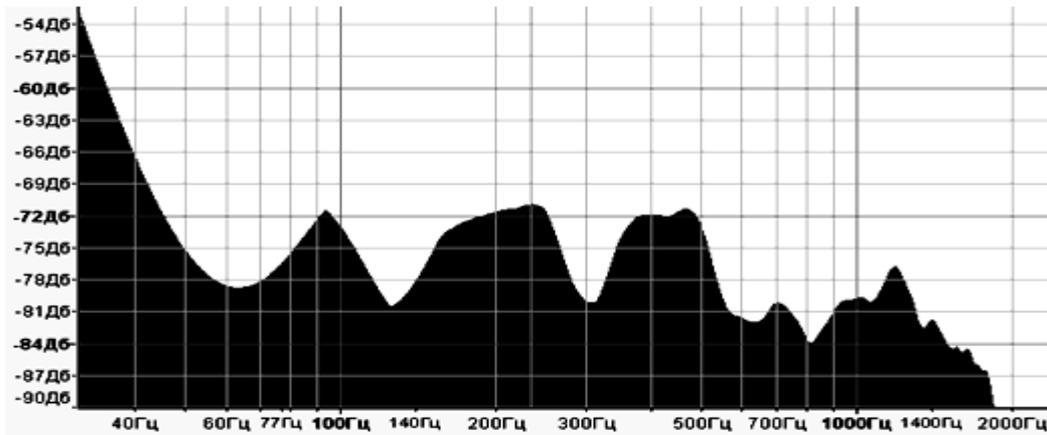


Рис. 11. Семья №12 (при работе СВЧ аппарата).

Проведённый эксперимент подтверждает перспективность использования звуковой диагностики для текущего мониторинга жизнедеятельности пчелиных семей. Окончание роения, так и СВЧ облучение вызывало у опытных семей усиление звукового фона, правостороннее смещение его пиков в указанных физиологически информативных аудио диапазонах. Направленное воздействие на пчёл СВЧ излучения малой интенсивности вынуждает последних усиливать звуковой фон заселённого ими улья в пределах 10 дБ. СВЧ излучение приводит к относительному увеличению пчёл-вентиляровщиц, о чём можно судить по наличию первого на рис. 11 пика интенсивности звучания (в окрестностях 90-100 Гц). В это же время пик интенсивности «звучания улья» в диапазоне от 200 до 400 Гц во время облучения сместился на высокочастотную его периферию (см. рис. 11), что свидетельствует о повышении общей активности пчёл по сравнению с их естественным фоновым СВЧ облучения состоянием (см. рис. 12).

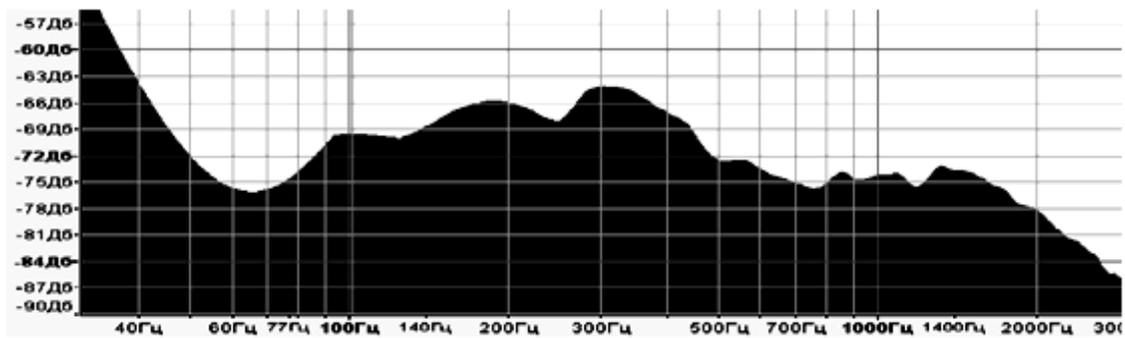


Рис. 12. Семья № 12 (без облучения).

Представленная в описанных выше экспериментах возможность определения по характеристикам аудиофона состояния пчелиных семей, подтолкнула нас к идее аналогичным образом сопоставить характеристики издаваемых пчелиными семьями звуков во время работы пыльцесборников при разных режимах СВЧ облучения природной интенсивности. Для этого мы в 2011 году провели следующий эксперимент.

Десятого июня 2011 года в 10 часов 30 минут была произведена запись семьи с работающим пыльцесборником (см. рис. 13). В физиологически активном спектре частот было зафиксировано два пика со следующими характеристиками: 211 Гц – 41,3 дБ и 416 Гц – 40 дБ.

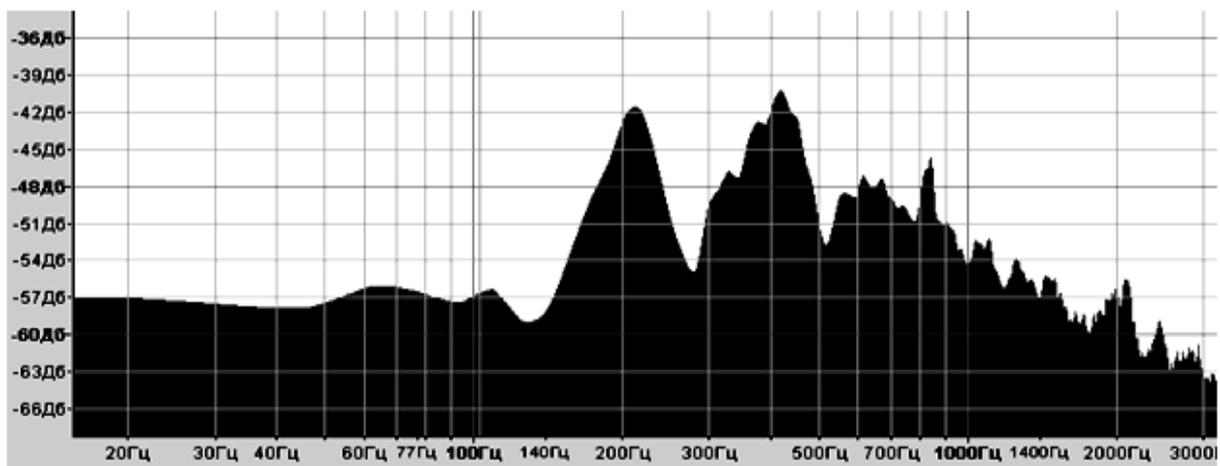


Рис. 13. Частотная характеристика издаваемых звуков пчёлами при работе пыльцесборника, при режиме естественного СВЧ облучения.

При короткодневном СВЧ облучении в семье во время работы пыльцеотборника звуковой фон работающих пчёл в физиологически активном диапазоне имел следующие характеристики: 174 Гц – 45 дБ и 369 Гц – 31,3 дБ (см. рис. 14).

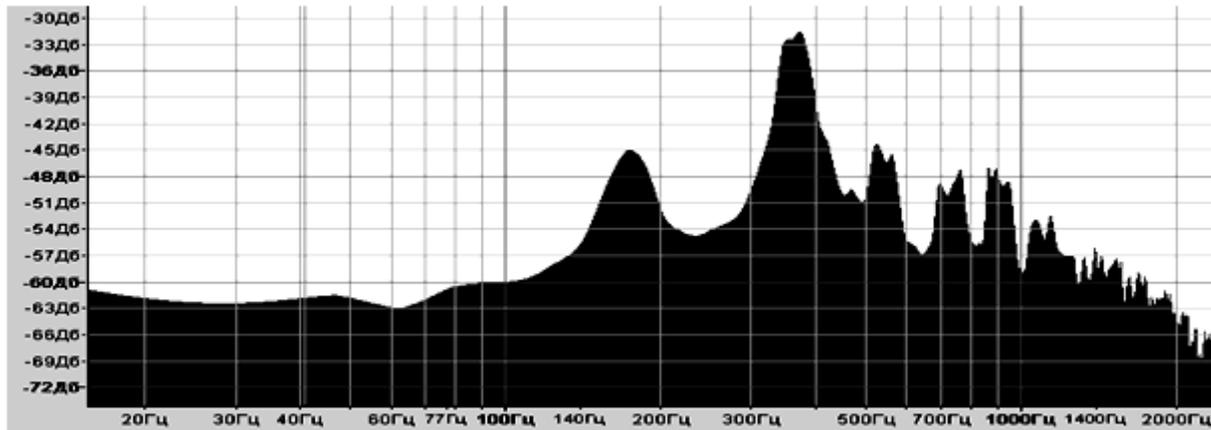


Рис. 14. Частотная характеристика издаваемых звуков пчёлами при работе пыльцеотборника во время короткодневного облучения.

В первом выявленном диапазоне частотный пик был смещён на 36 Гц в область более низких частот по отношению к семье не подверженной искусственному СВЧ облучению, что может свидетельствовать об усилении вентиляции гнезда в связи с увеличением приноса пчёлами этой семьи в свой улей пыльцы. Второй частотный пик в семье подверженной короткодневному СВЧ облучению пришелся на высокочастотную часть физиологически активного спектрального коридора (200-400 Гц) и оказался на 47 Гц меньше, чем в семье без облучения, но на целых 8,7 дБ мощнее, что может говорить о большей вовлеченности пчел в работу по заготовке пыльцы.

Подводя итог нашим исследованиям, можно констатировать, что, бесспорно, СВЧ излучение влияет на цирканнуальные ритмы одиночных насекомых и пчел. Это открывает перспективы активно воздействовать на цирканнуальные ритмы путем информационного воздействия на них СВЧ излучением, т.е. создается возможность управления жизнедеятельностью организма насекомых.

Безусловно, этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении. Мы только приступили к изучению данной проблемы, попытались наметить основные пути воздействия СВЧ излучения природных интенсивностей на цирканнуальные ритмы, уловить тенденции влияния данного излучения на живые организмы, показать его значимость и необходимость дальнейшего подробного изучения.

По полученным результатам можно сделать следующие **выводы**:

1. Обработка семян СВЧ излучением нетепловой интенсивности показала чувствительность ростовых процессов к разным режимам воздействия. Так, одна и та же длительность воздействия (12 ч) в разное время суток у одной и той же культуры приводит к повышению различных показателей: дневное облучение способствует усилению интенсивности процессов прорастания, а ночное повышает всхожесть. Причем усиление ростовых процессов наиболее выражено в первые часы прорастания. СВЧ излучение сверхнизкой интенсивности оказывает также воздействие на формирование фотосинтетического аппарата и корневой системы.

2. Облучение низкоинтенсивным СВЧ полем разных сельскохозяйственных культур дает различные результаты. Так, если у ячменя всхожесть повышается при 12-часовой ночной СВЧ обработке, то у гороха – при дневном 12-часовом воздействии. Наиболее выраженный стимулирующий эффект повышения всхожести у семян гороха был получен при 6-часовом СВЧ облучении.

3. Облучение пчел СВЧ полем сверхнизкой интенсивности показало, что регулируя время воздействия при оптимальной частоте в период развития насекомых можно управлять их сезонными физиологическими изменениями в организме.

4. СВЧ излучение природной интенсивности влияет на пыльцесобираемую способность пчёл, повышая ее при короткодневном (7:17 ч) режиме облучения.

Литература

1. Афромеев В. И. Реализация лечебно-диагностического воздействия физическими полями на организм человека с использованием СВЧ и ВАЧ объёмных интегральных схем и систем сверхбыстрой обработки информации на их основе/ В.И. Афромеев, И.В. Иванов, А.А. Яшин// Вестник новых медицинских технологий. Т.3, № 4. –1996. – С.59-60.
2. Банный В. А. Взаимодействие СВЧ-излучения нетепловой интенсивности с культурой дрожжевых клеток / В. А. Банный, А. В. Макаревич, Д. А. Орехов // Биомедицинская технология и радиоэлектроника. – 2002, № 5-6. – с. 102-105.
3. Бецкий О. В. Лечение электромагнитными полями / О. В. Бецкий, Н. Д. Девятков, Н. Н. Лебедева // Биомедицинская радиоэлектроника. □ 2000. □№7. □ С.3-9.
4. Григорьев Ю. Г. Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах // Сборник трудов Ежегодника РНКЗНИ 2003 г. М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004. С. 16 -73.
5. Егорашин В. Г. Использование информационного СВЧ-излучения и звуковой диагностики в исследованиях на медоносных пчелах (*Apis mellifera* L.) / В. Г. Егорашин, Б. Н. Орлов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, № 3 (22), 2011. – с. 40 – 42.
6. Еськов Е. К. Экология медоносной пчелы. – Рязань: Русское слово, 1995. – 391 с.
7. Жеребкин М. В. Зимовка пчёл / М.В. Жеребкин. М: Колос, 1979. - С. 315.
8. Исмаилов Э. Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучений / Э. Ш. Исмаилов. – М: Энергопромиздат, 1987. – 144 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа., 1990. – 300 с.
10. Лебедев В. И. Жизнь семьи пчёл в течение года./ В.И.Лебедев//

Пчеловодства, №1. 1997. С.9-12.

11. Орлов Б. Н. Пчёлы и электромагнитное поле // Пчеловодство. 1993. №7.С.38-39.

12. Орлов Б. Н. Эколого-физиологические аспекты действия некогерентных электромагнитных излучений на организм/ Б.Н. Орлов, А.В. Чурмасов, А.В. Казаков// Труды Межд. конф. Электромагнитные излучения в биологии. - Калуга, 2000. – С. 135-139.

13. Орлов Б. Н., Борисов Д. С. Закономерность информационного воздействия ЭМ излучения СВЧ природных интенсивностей на цирканнуальные ритмы живых организмов. Диплом № 230 на открытие, М., регистр. № 273, 7 октября 2003 г.

14. Орлов Б. Н. Биоритмы и электромагнитные колебания / Б. Н. Орлов, Р. Х. Авзалов, П. Я. Гушин, А. В. Чурмасов, А. В. Казаков. – М.: Капитал Принт, 2011. – С. 66 - 98.

15. Патент РФ № 66883, А01С 1/00. Устройство для обработки биообъектов низкоинтенсивным СВЧ излучением / Б. Н. Орлов, А. А. Гаврилова, А. В. Чурмасов, М. А. Кревский. – № 2007111431; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. – 1 с.

16. Радаев А. А. Биоэкологические закономерности стабильности развития пчелы медоносной *Apis mellifera* L. и их применение в биомониторинге: Автореф. дис. канд. биолог. наук: [Спец.] 03.00.16 – экология. – Н.Новгород: Б.И., 2001. – 23 с.

17. Рямова А. М. Различие в метаморфозе летних и осенних пчёл.// Пчеловодство, №12. 1978. – С. 7-8.

18. Яковлева М. И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. – Л.: Медицина, 1973. – 172 с.

19. Bailey J. The life cycle of a bee. New York: Bookwright Press, 1990. – 32 р.