ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

Тобоев Вячеслав Андреевич
д-р биол. наук, проф. Чувашского государственного университета, РФ, г. Чебоксары
E-mail: stoboev@gmail.com

Кириллов Алексей Васильевич
магистрант Чувашского государственного университета, РФ, г. Чебоксары
E-mail: leshkin1993@yandex.ru

Евсеев Артем Сергеевич
студент Чувашского государственного университета, РФ, г. Чебоксары
E-mail: sumerh@mail.ru

EXPERIMENTAL RESEARCH OF EFFECTS ACTION EMR OF MOBILE PHONES ON ABILITY TO LIVE OF BEER COLONIES

Vyacheslav Toboev
doctor of biological sciences, professor of Chuvash State University, Russia, Cheboksary

Aleksey Kirillov
student of Chuvash State University, Russia, Cheboksary

Artem Evseev
student of Chuvash State University, Russia, Cheboksary

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Министерства Образования и Науки РФ.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности реагирования медоносных пчел (*Apis mellifera L.)* на электромагнитное излучение сотовых телефонов. Показано, что эффекты воздействия ЭМИ дециметрового диапазона зависят от функционального состояния пчел на момент воздействия.

ABSTRACT

Features of reaction of honey bees on electromagnetic radiation of mobile phones are viewed. It is shown, that effects of action EMR of a decimeter gamut depend on the functional state of bees at the moment of action.

Ключевые слова: пчелиная семья; вибрационная и электромагнитная стимуляция; акустический отклик; спектр; функция обобщенного среднего.

Keywords: bee colony, vibrational and electromagnetic stimulation, acoustic response, spectrum, generalized mean value function.

В последние годы во всем мире по неизвестным причинам наблюдается массовая гибель пчелиных семей. Пчелы стали исчезать повсеместно, зимой и летом и с такой большой скоростью, что это явление, не имеющее научного объяснения, получило название «коллапс пчел» (Colony Collapse Disorder, CCD) [2–5; 10; 11].

Ученые, занимающиеся проблемами пчеловодства, полагают, что причин гибели пчел несколько. При этом самыми вероятными называются: инвазивный клещ varroa; отравление пестицидами, применяемыми для борьбы с сорняками; возможный стресс, подавляющий иммунитет пчел, вызываемый одним или сочетанием нескольких факторов, таких как нехватка пыльцы или нектара, тесное расположение ульев на пасеке, опыление растений с низкой питательной ценностью и другие; возделывание монокультур; генетически модифицированные культуры; перенос патогенных микроорганизмов.

Недавно были сделаны попытки изучить другую возможную причину гибели пчел – повсеместное распространение сотовой связи (электромагнитные излучения сотовых телефонов и базовых станций) [6; 7; 9]. Результаты, полученные в этих исследованиях, очень противоречивы. Так в работах [7; 9] исследования выполнены с применением радиотелефонов, расположенных на дне ульев. Авторы считают, что подвергавшиеся их воздействию пчелы-фуражиры теряли ориентацию при возвращении в улей. Описываются эксперименты, в которых из-за потери навигации пчелам не удавалось вернуться

в ульи, что приводило к гибели пчелиных семей, так как в ульях оставались только матки, молодые пчелы и расплод разного возраста. В работе [6] обнаружено резкое гудение пчел при включении расположенных в улье (над гнездом пчел) двух сотовых телефонов в режим разговора. Такое поведение пчел регулярно наблюдалось примерно через 25–40 минут после начала мобильной телефонной связи. Возбуждение, которое контролировалось по интенсивности и частоте звуков, происходило только после перевода телефонов в режим активной связи и сохранялось до 12 часов после окончания продолжительной мобильной телефонной связи. Автор отмечает, что пчелы не возбуждались, если телефоны находились в режиме ожидания.

На основании этих данных можно констатировать сам факт влияния излучения мобильных телефонов на функционирование систем жизнеобеспечения медоносных пчел, однако механизмы данного вида воздействий остаются неопределенными. Есть основание считать, что термические воздействия, которые опосредованы в основном высокочастотными излучениями мобильных телефонов не проявляются из-за малой их интенсивности при организации связи системы «телефон – базовая станция». Дистанционный и отсроченный (кумулятивный) характер воздействий, наблюдаемый в работах некоторых авторов, может быть следствием низкочастотных модуляций излучений телефонов на частотах 217 и 8.35 Гц, используемых в стандарте GSM.

В связи с этим целью данной работы является выявление особенностей воздействия электромагнитного поля, излучаемого мобильным телефоном, на функционирование пчелиных семей в разные периоды их жизнедеятельности.

Материалы и методы. Эксперименты проведены в весенне-летний и осенне-зимний периоды с семьями, находившимися в стандартных ульях Дадана-Блатта и изолированными скоплениями пчел, численностью 250…450 особей в энтомологических садках. В улей помещались телефоны, работающие в режиме приема, дозвона и активной связи. В последнем случае два телефона размещались над гнездом пчел и после 25 минут нахождения в режиме ожидания переводились на 60 минут в режим разговора. По окончании, которого телефоны опять переводились в режим ожидания и запись продолжалась еще 2 часов. Воздействие производилось с помощью стандартных мобильных телефонов HTC one S и Phillips X333. Заявленные фирмами производителями значения SAR (удельная поглощаемая мощность) для этих телефонов соответственно равны

1,00 и 0,633 Вт/кг. Электромагнитное излучение мобильных телефонов, работающих в стандарте GSM с несущей частотой в диапазоне 890–915 МГц, является импульсным с частотой следования импульсов 217 Гц и, кроме того, «модулировано» человеческим голосом. Поэтому были проведены измерения и расчеты показателей плотности потока энергии (ППЭ) излучения (мкВт/см^2) и низкочастотных магнитных и электрических полей (нТл и В/м), генерируемых телефонами. Для измерения ППЭ использовался измеритель ЭМП П3-33 М, а для измерения магнитного и электрического поля – П3-80 с цифровым преобразователем П3-80-ЕН500. Средние значения плотности потока энергии (ППЭ) на расстоянии 5 см от телефонов (в ближнем поле) на месте проведения экспериментов составляли 11.3 ± 0.3 и 13.2 ± 0.5 мкВт/см^2. С увеличением расстояния ППЭ телефонов выравниваются и составляют 5.0±0.4, 0.8±0.3 и 0.2±0.1 мкВт/см^2 соответственно при удалении на 10, 20 и 30 см.

Для записи звука использовался микрофонный капсюль МК 265 (Россия) в составе анализатора спектра «Экофизика 110А». Кроме звука контролировалась температура в разных зонах локализации пчел в ульях и садках. Температуру измеряли микротермодатчиками (KTY-21-6, фирма Siemens, Германия). Статистический анализ полученных данных проведен с использованием пакета Systat 10.2. Результаты значимы на уровне $P \leq 0.05$ (t – статистика).

Результаты и обсуждения. В процессе экспериментальных исследований было реализовано от 5 до 12 серий измерений температурных значений и получены осциллограммы акустических сигналов в разные периоды жизнедеятельности пчелиных семей. На первом этапе анализа акустических данных выделялись статистические однородные участки. Эти участки сигнала имеют одинаковую временную структуру и не содержат звуков отдельных пчел, т. е. локальных участков с резкими и нехарактерными особенностями [1]. На следующем этапе статистически однородные участки подвергались спектральному анализу с целью выявления акустического отклика пчелиных семей на излучения мобильных телефонов. Для этого выделенный участок заменялся конечным набором гармоник, содержащим ограниченную совокупность ($K<35$) не кратных друг другу частот, заключенных в интервале $\omega_{min} \leq \omega_k \leq \Omega_{max}$[8]. Затем производилось сравнение спектральных данных для пчелиных семей, подверженных воздействию излучения мобильных телефонов, со спектральными характеристиками других семей, которые не были подвержены внешнему воздействию, а выполняли функцию контроля. Для каждого измерения выделялись основные

частоты, используемые в качестве дискриминирующих признаков. Сравнение исследуемых спектров акустических сигналов со спектрами контрольных семей проводилось с привлечением функций обобщенного среднего [1].

Скопления, образованные относительно небольшим количеством пчел, отвечают плавным повышением температуры в центральной части на активацию мобильных телефонов (рисунок 1).

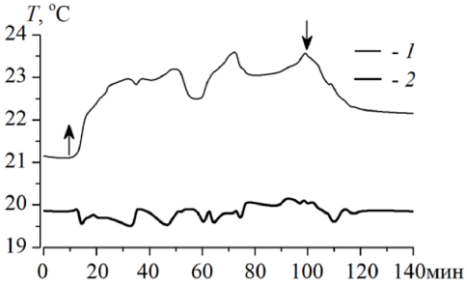


Рисунок 1. Изменение температуры (1) в скоплении пчел (250±6) после активации сотовых телефонов (стрелка вверх – момент включения телефонов в режим разговора, стрелка вниз – прекращение разговорного режима и перевод в режим ожидания): 2 – внешняя температура

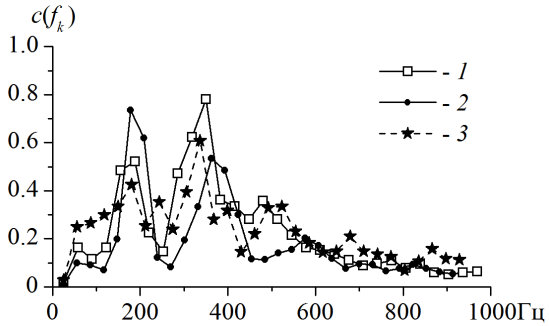


Рисунок 2. Амплитудно-частотные спектры выделенных участков акустического сигнала пчел длительностью по 30 мс: 1 – телефоны находятся в режиме ожидания (соответствует 10 мин. на температурной кривой); 2 – в режиме активной связи (соответствует 40 мин); 3 – телефоны снова переведены в режим ожидания (соответствует 130 мин)

Под влиянием электромагнитного излучения антенн телефонов в течение первых 10 мин. температура в центре скопления (250…450 особей) повышалась в среднем на 2.1°С. Активации телефонов влияет на спектральные характеристики акустических сигналов, генерируемых пчелами в диапазоне частот от 50 до 600 Гц (рисунок 2).

В частности, в полосе частот от 50 до 250 Гц интенсивность звуков может увеличиться на 6–10 дБ и сохраниться на этом уровне до выключения режима активной связи телефонов. Во всех сериях измерений в спектральном диапазоне 350…450 Гц наблюдается сдвиг интенсивной составляющей на 20±5.6 Гц в сторону высоких частот.

В данной работе обнаружилось неоднозначная картина реагирования пчелиных семей на воздействие ЭМИ сотовых телефонов в разные периоды жизнедеятельности пчел. В стандартных ульях температурные кривые возбуждения пчел в летний и осенний периоды во многом схожи (рисунок 3). В весенний период у 3 семей (n=15) обнаружилось усиление реакции (кумуляция эффекта) на длительное воздействие ЭМИ (рисунок 4). Латентный период составляет 28…55 мин. Пчелы могут находиться в возбужденном состоянии до 2.5 часа при температуре в центральной части гнезда 41.4±2.1°С. Значительное уменьшение температуры наблюдается только через 1.5…3 часа после перевода телефонов в режим ожидания. Последствия такого воздействия для этих семей печальны: все они к осени погибли.

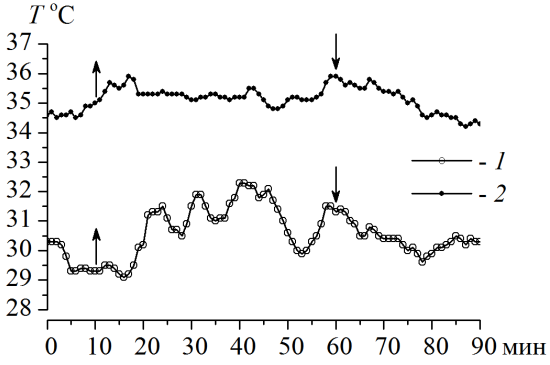


Рисунок 3. Типичная картина изменения внутригнездовой температуры в зимнем скоплении пчел после активации сотовых телефонов (телефоны помещены на холстик на расстоянии 15–25 см друг от друга): 1 – май, 2 – октябрь

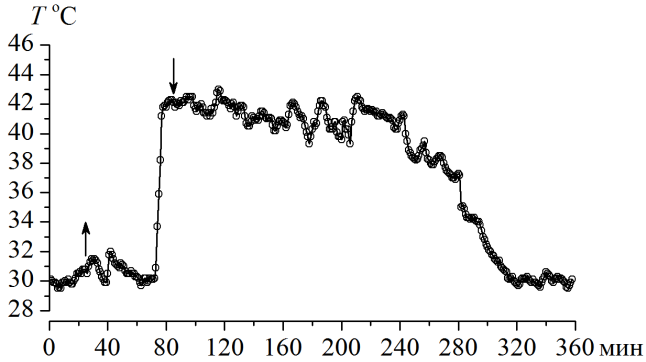


Рисунок 4. Изменение внутригнездовой температуры в пчелиной семье численностью около 25 тыс. пчел до и после активации сотовых телефонов (стрелка вверх – момент включения телефонов в режим разговора, стрелка вниз – прекращение разговорного режима и перевод в режим ожидания)

В отличие от температурных изменений, интенсивность генерируемых пчелами звуков начинает увеличиваться постепенно с момента включения сотовых телефонов в режим разговора (рисунок 5). Спектральный анализ записанных сигналов показывает незначительное изменение основных дискриминирующих частот (рисунок 6).

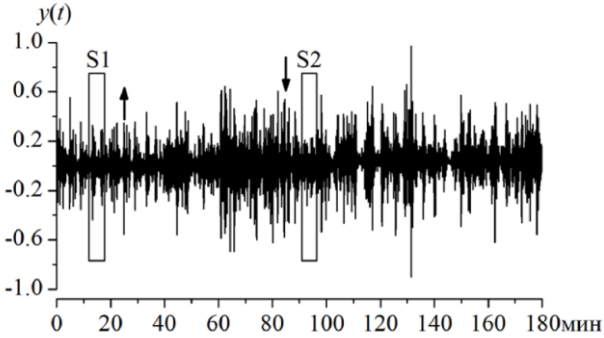


Рисунок 5. Запись звуков пчел до и после активация сотовых телефонов (стрелка вверх – момент активации телефонов, стрелка вниз – момент перевода телефонов в режим ожидания)

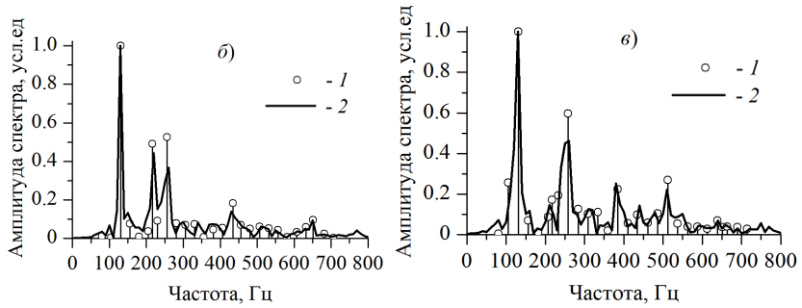


Рисунок 6. Амплитудно-частотные спектры выделенных участков S1 (а) и S2 (б)

Анализ полученных результатов по динамике изменения температуры и спектральных характеристик акустических шумов пчел при активации мобильных телефонов позволяет констатировать наличие выраженных закономерностей. На данном этапе исследований эти закономерности можно сформулировать следующим образом: дестабилизирующее действие электромагнитного излучения проявляется в увеличении флуктуаций тепловых и акустических процессов в скоплениях пчел и смещении основных частот акустического сигнала в сторону возрастании на 20–30 Гц. Степень выраженности ответных реакций пчел при сохранении интенсивности воздействия варьирует от весны к осени. С наступлением летнего периода, соответствующего накоплению большого количества пчел в семьях, невоспроизводимость биологических эффектов воздействия ЭМИ возрастает, достигая 75 %. Ближе к осени характерные черты ответных реакций в области частот сотовой связи проявляются слабо. Причины отсутствия или слабой выраженности эффектов неоднозначны: это может быть связано с повышенной резистентностью осенних пчел, отсутствием расплода в гнездах и мотивации накопления кормовых запасов.

Еще одной причиной разнонаправленности эффектов воздействия ЭМИ может являться тот факт, что в действительности сигналы GSM никогда не являются постоянными. Всегда присутствуют вариации интенсивности и частоты этих сигналов. Электромагнитные поля с изменяющимися параметрами обычно являются более биологически активными, чем поля с постоянными параметрами. Возможно, по этой причине пчелам труднее к ним адаптироваться. Можно, конечно, провести эксперименты с постоянными GSM сигналами, но они не имитируют реальные условия. Для имитации реальных условий

мы использовали в наших экспериментах обычный телефон стандарта связи GSM.

В реальных условиях пчелиные семьи не подвергаются воздействию ближнего поля сотового телефона, аналогичному тому, которому подвергается пользователь телефона и пчелы в наших экспериментах. Это дает основание полагать, что импульсное радиочастотное излучение с частотой повторения импульсов 217 Гц, испускаемое телефонами стандарта GSM не может быть причиной коллапса пчел. Однако неоднозначность полученных результатов и, особенно, наличие кумуляции эффекта говорят о необходимости продолжения исследований, связанных с рассмотрением вопросов влияния ЭМИ дециметрового диапазона на развивающихся пчел, находящихся на разных стадиях онтогенеза, и на репродуктивную способность маток.

Список литературы:

1. Еськов Е.К., Тобоев В.А. Анализ статистически однородных фрагментов акустических шумов, генерируемых скоплениями насекомых // Биофизика. 2010. Т. 55. Вып. 1. С. 113–125.
2. Лебедев В.И. Причины гибели семей пчел в период осени 2002 и зимы 2002–2003 гг. // Пчеловодство. 2003. № 5. С. 34–35.
3. Chen Y., Evans J.D., Smith I.B., Pettis J.S. Nosema ceranae is a long-present and wide-spread microsporidian infection of the European honey bee (Apis mellifera) in the United States // Journal of Invertebrate Pathology. 2008. V. 97. P. 186–188.
4. Cox-Foster D.L., Conlan S., Holmes E.C. et al. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder // Science. 2007. 12.318 (5848). P. 283–287.
5. Dainat B., Vanengelsdorp D, Neumann P. 2012. Colony collapse disorder in Europe // Environmental Microbiology Reports. 2012. V. 4. P. 123–125.
6. Favre D. Mobile phone-induced honeybee worker piping // Apidologie. 2011. V. 42. P. 270–279.
7. Harst W., Kuhn J., Stever H. Can electromagnetic exposure cause a change in behaviour? Studying possible non-thermal influences on honey bees–an approach within the framework of educational informatics. 2006. http://agbi.uni-landau.de/material_download/ IAAS_2006.pdf. Accessed 15 Sept 2009.
8. Nigmatullin R.R., Osokin S.I., Toboev V.A. NAFASS: Discrete sectroscopy of random signals // Cyaos, Solitons & Fractals 2011. V. 44. № 4-5. P. 226–240.

9. Stever H., Harst W., Kimmel S. et al. Change in behaviour of the honeybee Apismellifera during electromagnetic exposure–followup study 2006 (Unpublished research report). 2007. http: // agbi.uni-landau.de/material_download/elmagexp_ bienen_06.pdf. Accessed 15 Sept 2009.
10. Vanengelsdorp D., J. Hayes Jr., R.M. Underwood and J. Pettis. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. 2008. PLoS ONE. 3: e4071.
11. Vanengelsdorp D., Meixner M.D. A Historical Review of Managed Honey Bee Populations in Europe and the United States and the Factors That May Affect Them // Journal of Invertebrate Pathology. 2010. V. 103. P. 80–95.