УДК 57.02

ВЛИЯНИЕ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ *APIS MELLIFERA* L. (HYMENOPTERA, APIDAE)

© 2019 г. Н. Г. Лопатина,[1*] Т. Г. Зачепило,[1] Н. Г. Камышев,[1] Н. А. Дюжикова,[1] И. Н. Серов[2]**

[1] Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН
наб. Макарова, 6, С.-Петербург, 199034 Россия
*e-mail: director@aires.spb.ru
[2] Фонд исследования генома человека «Айрэс»
Выборгская набережная, 61, лит А, С.-Петербург, 197342 Россия
**e-mail: polosataya2@mail.ru

Поступила в редакию 19.06.2018 г.
После доработки 6.01.2019 г.
Принята к публикации 6.01.2019 г.

Проведены двухгодичные испытания влияния неионизирующего электромагнитного излучения (ЭМИ) WiFi-роутера на сенсорную обонятельную возбудимость, пищевую мотивацию, способность сохранять в кратковременной и долговременной памяти выработанный условный пищевой рефлекс на обонятельный (запах гвоздики) раздражитель у медоносной пчелы. Заключенных в сетчатые емкости пчел помещали в клетку Фарадея на различные периоды времени (вплоть до 24 часов), где подвергали (опыт) или не подвергали (контроль) воздействию облучения. Выявили существенное угнетающее влияние 24-часового воздействия роутера на пищевую возбудимость и кратковременную память медоносной пчелы. Долговременная память пчелы, напротив, незначительно возрастала.

Ключевые слова: ЭМИ WiFi-роутера, обонятельная возбудимость, пищевая возбудимость, условный рефлекс, медоносная пчела.

DOI: 10.1134/S0367144519010039

Развитие глобальных систем коммуникации привело к возрастанию влияния неионизирующего электромагнитного излучения (ЭМИ) на организм человека, животный и растительный мир. Изучение влияния высокочастотных электромагнитных полей, излучаемых мобильными телефонами и WiFi-устройствами, особенно интенсивно ведущееся в последние несколько десятков лет, дает противоречивые результаты. В большей мере это касается исследований, проведенных на человеке, в связи с немаловажной ролью психологического фактора и гетерогенности генофонда человека (см. обзор: van Rongen et al., 2009) Результаты исследований на животных и растениях более определенны и свидетельствуют о в целом негативном влиянии на жизнедеятельность живых существ ЭМИ разной частоты и интенсивности, широко используе-

мых теперь в повседневной жизни в приборах мобильной связи (см. обзоры: Balmori, 2009; Cucurachi et al., 2013). Однако сведения, полученные при изучении долговременных отставленных эффектов ЭМИ, не столь однозначны. Тем не менее подсчитанный рядом авторов биолого-экологический ущерб от действия ЭМИ оказался весьма значительным (Johnson, 2010). В первую очередь это касалось насекомых, таких как медоносная пчела, от опылительной активности которой сильно зависит урожайность сельскохозяйственных растений; кроме того, продукты ее жизнедеятельности (маточное молочко, мед, перга, воск) используются и в медицине, и в косметике, и в других областях. В связи с этим воздействие ЭМИ на поведение медоносной пчелы нуждается в особо тщательном изучении. Следует подчеркнуть, что при облучении электромагнитным полем живых организмов важно учитывать как глубину проникновения излучения, так и частоты собственных электромагнитных полей облучаемых объектов (Нефедов и др., 1995).

Целью нашей работы было изучение влияния на пищевое поведение медоносной пчелы ЭМИ работающего стандартного WiFi-роутера с длиной волны 12.5 см, частотой 2.4 ГГц и с проникающей способностью около 1 см. Формирование сложных актов пищедобывательного поведения пчел в естественной среде обитания сопровождается тесным переплетением врожденных безусловно-рефлекторных и приобретаемых в процессе обучения условных рефлексов (Лопатина, 1971). В задачу настоящей работы входило изучение влияния ЭМИ указанного диапазона на состояние обонятельной рецепции, уровень пищевой мотивации и способность вырабатывать и сохранять в кратковременной и долговременной памяти условные пищевые рефлексы на обонятельный раздражитель.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использовали стандартный WiFi-роутер (беспроводной маршрутизатор LinkSys E1200-EE/RU) со следующими техническими характеристиками: частота беспроводной связи: 2.4 ГГц, количество и тип антенн: 2 внутренние антенны, коэффициент усиления штатной антенны (антенн) 4 dBi.

Работу проводили на особях медоносной пчелы возрастом 7–30 сут в летний период (июнь–август) 2016 и 2017 гг. Пчел содержали в небольших ульях в комнатном помещении в сетчатой камере при t 20–25 ºС. Пчелы были обеспечены белковым и углеводным кормом и водой. Очистительные облеты пчелы могли совершать ежедневно. Освещение включали в 8.00 и выключали в 18.00.

Протокол эксперимента заключался в следующем: 18 пчел изолировали от семьи и помещали в сетчатую пробирку объемом 120 $см^3$ (2016 г.) или сетчатый тубус объемом 4002 $см^3$ (2017 г.) с кормом. Корм удаляли из пробирки/тубуса за 3 часа до процедуры обучения для повышения пищевой мотивации. Пробирку/тубус с пчелами помещали на дно клетки Фарадея непосредственно под роутер, который располагали на съемной полке под верхней крышкой клетки (расстояние от крышки – 10 см). Размеры клетки были: в 2016 г. – длина 75 см, ширина 60 см, высота 60 см, в 2017 – длина 50 см, ширина 40 см, высота 40 см. Клетку Фарадея заземляли с помощью медного кабеля. Незначительное нагревание роутера при долговременной работе не влияло на температурный режим на дне клетки Фарадея, где располагались пробирки с пчелами. Между испытаниями клетку проветривали. Дно клетки тщательно очищали. Процедуру обучения осуществляли вне клетки через 30 мин после помещения в установку.

Использовался метод условного рефлекса: выработка условного пищевого рефлекса вытягивания хоботка на обонятельный раздражитель (Proboscis Extension Reflex, PER) (Bitterman et al., 1983) при однократном сочетании запаха гвоздики с пищевым подкреплением (50%-ный раствор сахара) и проверке его сохранения в кратковременной (через 1 мин после процедуры обучения) и долговременной (через 180 мин после процедуры обучения) памяти путем дистантного предъявления условного раздражителя запаха гвоздики. Для выработки условного рефлекса пчел, обездвиженных с помощью холодового наркоза, иммобилизовали за крылья специальными зажимами и помещали в установку, позволяющую одновременно тестировать 18 особей. Процедура обучения заключалась в следующем. К антеннам пчел (без соприкосновения с ними) подносили на стеклянной лопаточке каплю ароматизированного гвоздикой сахарного раствора. На протяжении 5 с регистрировали спонтанную реакцию вытягивания хоботка пчелой на запах (сенсорная обонятельная возбудимость). Затем каплю ароматизированного раствора приводили в соприкосновение с антеннами, где у пчел расположены обонятельные и вкусовые рецепторы, регистрируя при этом наличие/отсутствие безусловного пищевого рефлекса – вытягивания хоботка (пищевая возбудимость). Далее пчела, высунувшая хоботок, могла в течение 2 с насасывать сахарный раствор (пищевое подкрепление условного сигнала – запаха гвоздики). Пчелы, демонстрирующие спонтанную реакцию и, напротив, не ответившие безусловно-рефлекторной пищевой реакцией, в дальнейших экспериментах не участвовали. Регистрацию поведенческих реакций проводили визуально. Выборочно использовали метод «double-blind».

В экспериментах участвовало 5 групп пчел (в каждую группу входило по 18 особей): 2 опытные и 3 контрольные. Опытные группы помещали в клетку Фарадея с включенным на срок 2, 4, 6 и 24 часа роутером, расположенным по центру. В число контрольных входила группа, состоящая из интактных особей, изъятых из улья перед экспериментом. Продолжительность заключения в пробирки/тубусы интактных особей, находившихся вне клетки, но в непосредственной близости от нее, соответствовала таковой для опытных особей. Две другие контрольные группы помещали в клетку Фарадея по центру на те же сроки, что и опытные группы. Роутер при этом был выключен.

Экспериментальные данные (контрольную и опытную группы) сравнивали с помощью непараметрических методов: критерий Манна–Уитни–Вилкоксона для независимых выборок и критерий χ^2. На основании проверки индивидуальные данные объединяли в пределах групп. Для представления результатов строили графики с обозначением достоверностей различий при $p \leq 0.05$ **(**звездочка (*) на рис. 1–3**)**.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ полученных данных позволил прежде всего сделать вывод об отсутствии у пчел зависимости сенсорной обонятельной возбудимости от условий эксперимента (данные не приводим.)

Результаты сравнения опытных и контрольных данных по доле пчел (%), ответивших безусловно-рефлекторной пищевой реакцией и условно-рефлекторной реакцией в разных сериях испытаний, представлены на графиках (рис. 1–3).

Как можно видеть из графиков, данные испытаний двух лет почти не отличаются друг от друга. Внесенные в 2017 г. изменения в условия эксперимента (размеры клетки Фарадея и объемы емкостей для изоляции пчел) не повлияли на результаты испытаний.

У интактных особей наблюдается стабильность как безусловно-рефлекторной пищевой, так и условно-рефлекторной деятельности, которая не зависит ни от времени суток, ни от продолжительности изоляции от семьи (по крайней мере, в пределах суток). При этом безусловно-рефлекторные ответы варьировали в 2016 г. от 94 до 100 % (в среднем 98 %), в 2017 г. – от 78 до 94 % (в среднем 83 %) (рис. 1), условно-рефлекторные ответы от 82 до 93 % (в среднем 88 %) и от 71 до 93 % (в среднем 84 %) (рис. 2).

У пчел, помещенных в клетку Фарадея, но не подвергавшихся воздействию роутера, также не обнаружено зависимости безусловно-рефлекторных пищевых реакций от условий эксперимента. Суточная изоляция пчел в клетке Фарадея без облучения не оказала влияния на пищевую возбудимость (рис. 1). Включение ЭМИ роутера на 24 ч вызвало снижение пищевой мотивации у пчел в 1.2 раза (рис. 1).

Условно-рефлекторная деятельность у медоносной пчелы оказалась более чувствительной к условиям эксперимента. В среднем лишь 75 % пчел, заключенных в пробирки/тубусы и помещенных в клетку без воздействия роутера, воспроизводили условный рефлекс через 1 мин после процедуры обучения (рис. 2). Включение на 24 ч роутера значительно усугубило угнетающее влияние изоляции пчел в клетке, почти в 1.6–1.7 раза снизив число особей, способных сохранить в кратковременной памяти выработанную условную реакцию (рис. 2).

Противоположный эффект вызвало 24-часовое воздействие роутера на долговременную память – число особей, ответивших условной реакцией вытягивания хоботка на запах через 3 ч после процедуры обучения, в 1.2 раза превысило таковое, наблюдаемое в условиях изоляции пчел в клетке без облучения (рис. 3).

Таким образом, двухгодичные лабораторные испытания свидетельствуют о влиянии ЭМИ высокочастотного излучателя 2.4 ГГц (роутер WiFi) на поведение пчелы, как

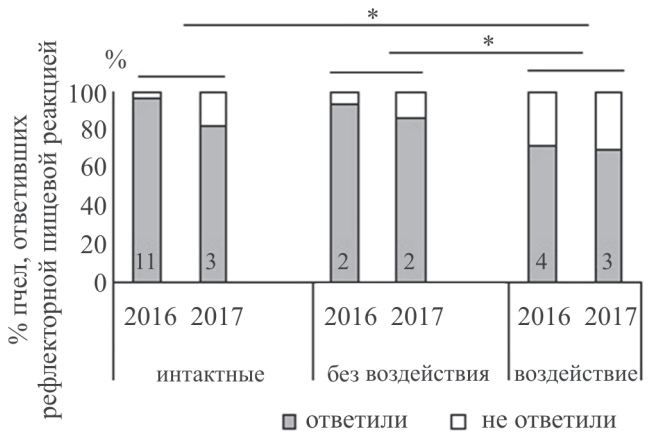

Рис. 1. Влияние ЭМИ-роутера на безусловно-рефлекторную пищевую возбудимость пчел.

* – различия достоверны, $p \leq 0.05$, критерий Манна–Уитни, критерий хи-квадрат. Здесь и далее на столбцах указано число повторностей, в каждой повторности – по 18 особей.

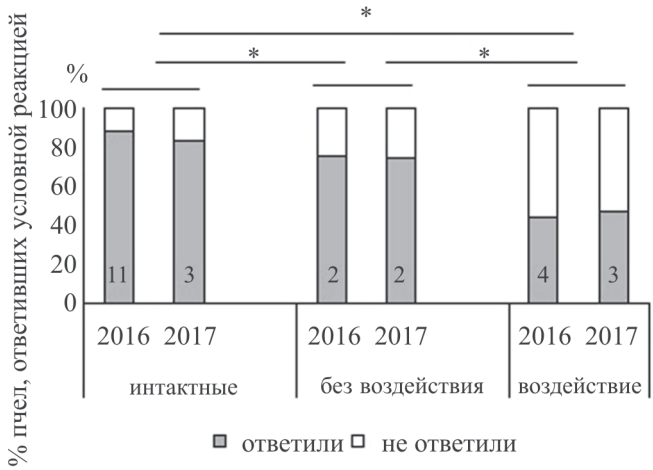

Рис. 2. Влияние ЭМИ-роутера на способность пчел сохранять в кратковременной памяти выработанный условный пищевой рефлекс на обонятельный раздражитель.

* – различия достоверны, $p \leq 0.05$, критерий Манна–Уитни, критерий хи-квадрат.

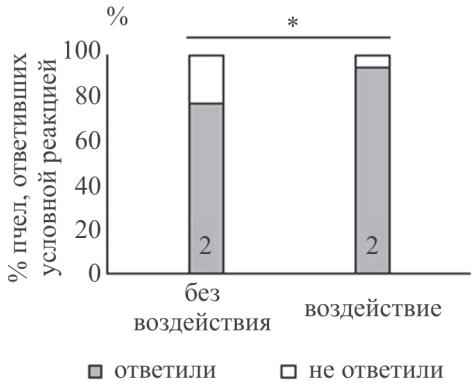

Рис. 3. Влияние ЭМИ-роутера на способность пчел сохранять в долговременной памяти выработанный условный пищевой рефлекс на обонятельный раздражитель.

* – различия достоверны, $p \leq 0.05$, критерий хи-квадрат.

на врожденные его формы (пищевая возбудимость), так и на приобретаемые в процессе пищедобывательной активности (условный рефлекс на запах).

Полученные данные выявили угнетение длительными воздействиями ЭМИ (частота 2.4 ГГц) пищевой мотивации, что, естественно, не может не отразиться на пищедобывательной, а, следовательно, и опылительной деятельности и в целом на продуктивности всей семьи медоносной пчелы. Факты, свидетельствующие об экологической опасности неионизирующего излучения, исходящего, в том числе, от широко используемых средств мобильной телекоммуникации, с каждым годом множатся

(см. обзор Wyszkowska et al., 2016). Большинство результатов получено в условиях длительных воздействий и при использовании GSM-частот. Отмеченное в ряде случаев благоприятное влияние ЭМИ на когнитивную деятельность – улучшение долговременной памяти у пчелы в наших опытах, рабочей памяти у крысы, стимулирующее влияние на нейрогенез (см. обзор: Altunkaynak et al., 2016), – по-видимому, не столь значительно, чтобы изменить вывод о неблагоприятном, экологически опасном влиянии ЭМИ на животный и растительный мир. В то же время далеко отстоящие во времени последствия неионизирующего ЭМИ нуждаются в дальнейшем тщательном изучении.

ОБСУЖДЕНИЕ

Во многих современных работах описаны случаи так называемых «Colony Collapse Disorders» (Harst et al., 2006; Balmori, 2009; Sharma, Kumar, 2010; Kumar et al., 2011; Cucurachi et al., 2013; Paramanik, Paramanik, 2016, и др.). Все авторы, наблюдавшие за поведением пчел под влиянием ЭМИ, отмечали снижение локомоторной активности, нарушение способности ориентироваться в пространстве, увеличение времени возвращения особей в улей, резкое снижение способности пчел возвращаться в семью, а также ослабление строительной деятельности и повышение агрессивности. Снижение способности к образованию условного пищевого рефлекса на обонятельные и визуальные стимулы показано у муравья *Myrmica sabuleti* (Cammaerts et al., 2012). О восприятии пчелами в улье ЭМИ как сигнала опасности, как стресс-сигнала, свидетельствуют регистрируемые Фавром (Favre, 2011) звуки, издаваемые пчелами под влиянием ЭМИ, сходные с наблюдаемыми при роении и покидании улья. Подобные изменения в поведении, а также наблюдаемое снижение яйценоскости матки, появление исключительно трутневого расплода под влиянием ЭМИ (Sharma, Kumar, 2010; Halabi et al., 2013) неизбежно приводят к снижению силы пчелиной семьи и ее продуктивности. В отдельных экспериментах Кумара с соавторами (Kumar et al., 2011) по окончании облучения ЭМИ наблюдалось полное отсутствие в семьях пчел и меда, и перги. О сходных экологически значимых изменениях в поведении и репродукции под влиянием ЭМИ других насекомых (саранча, мухи, муравьи) свидетельствуют работы, цитируемые в обзоре Кукурачи с соавт. (Cucurachi et al., 2013).

Механизмы влияния ЭМИ на поведение и другие формы жизнедеятельности живых организмов интенсивно изучаются. Тем не менее, до сих пор не выявлена биологическая основа рецепции ЭМИ (Fedele et al., 2014).

Пчелу относят к наилучшим экспериментальным животным для изучения влияния электромагнитных волн, так как наряду с другими насекомыми (бабочки, муравьи, тараканы, мухи) она чувствительна к магнитным и электрическим полям (Kumar et al., 2011; Wyszkowska et al., 2016). Показано, что пчела может отвечать на очень слабые изменения постоянного, локального геомагнитного поля Земли и использовать их для ориентации в пространстве при полетах за взятком. Магниторецепторами у пчелы служат кристаллы Fe_3O_4, расположенные в клетках жирового тела в брюшке, а хитиновый покров пчелы обладает полупроводящими свойствами. Эти структуры являются активными частями магниторецепторной системы пчелы. Кроме того, в процессе полета и при передвижении по сотам в улье пчелы генерируют постоянные и модулируемые электрические поля, сенсорами которых служит Джонстонов орган и другие механорецепторы, расположенные на антеннах и теле пчелы (Greggers et al., 2013). Воздействие

ЭМИ, естественно, может нарушать механизмы этой рецепции и таким образом влиять на поведение насекомого. У других видов насекомых, в частности, плодовой мушки дрозофилы, функцию магниторецепторов могут выполнять специализированные фоторецепторы, содержащие криптохром, которые действуют как сенсор (рецептор) синего света и электромагнитного поля (Fedele et al., 2014).

Изучение путей и механизмов дальнейшей трансдукции поступающих в мозг сигналов при воздействии ЭМИ находится в зачаточном состоянии. Особенно это касается исследований на насекомых.

В то же время исследования, проведенные на человеке, позвоночных животных и других видах насекомых (саранча, дрозофила), свидетельствуют о влиянии ЭМИ на все стороны жизнедеятельности организма (Fedele et al., 2014; Wyszkowska et al., 2016; Zhang et al., 2016). При этом наиболее чувствительными к воздействиям ЭМИ являются структуры мозга, где повреждения обнаруживаются раньше, чем в других органах (Hao et al., 2015). ЭМИ способны нарушать структуру мембран нейронов, перестраивать рисунок импульсных потоков, генерируемых нейронами, влиять на процессы, поддерживающие ионные градиенты, существенно модифицируя при этом выделение возбуждающих аминокислот и приток ионов кальция, играющих ключевую роль в синаптической передаче, процессах внутриклеточной сигнальной трансдукции и, в конечном итоге, в когнитивной деятельности (процессах памяти) и формировании стресс-реакции (Altunkaynak et al., 2016). Обнаруженный дисбаланс между продукцией свободных радикалов и антиоксидантов свидетельствует об оксидативном характере стресса, следующего за экспозицией ЭМИ и вызывающего дефицит синапсов, уровня их функциональной активности, нейродегенеративные явления и гибель нейронов по апоптотическому пути (Balmori, 2009). Чрезвычайно важными представляются данные Манта (Manta et al., 2017), свидетельствующие об изменении профиля экспрессии генов, обнаруженных им в фолликулах развивающегося яичника у дрозофилы вслед за кратковременного излучения исходящего от мобильного телефона и вызывающего оксидативный стресс. Авторы полагают, что сходный результат воздействия ЭМИ может наблюдаться и в других органах, в том числе в мозге и сердце. Среди идентифицированных авторами генов и их белковых продуктов – гены, которые можно охарактеризовать как стресс-зависимые, определяющие резистентность к оксидативному стрессу, связанные с основами метаболизма, регулирующие рост опухолей, клеточную смерть, продолжительность жизни дрозофилы. Ген, обеспечивающий регуляцию p38–MAPK ответа, и ген CG40178 оказались гомологичными у дрозофилы и человека.

В заключение следует отметить, что обнаруженный нами эффект воздействия высокочастотных ЭМИ может в значительной мере снизить уровень пищедобывательной, а, следовательно, и опылительной активности медоносных пчел, особенно в условиях полифлерного взятка, требующего, напротив, повышения пищевой возбудимости и высокой лабильности – переключения сбора нектара/пыльцы с одного вида растений на другой.

Констатация отрицательного влияния на весь живой мир созданной человеком среды, от которой он не может отказаться, требует от человека и безотлагательной разработки мер защиты/адаптации, интенсивного исследования отставленных эффектов радиации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лопатина Н. Г. 1971. Сигнальная деятельность в семье медоносной пчелы. Л.: Наука, 155 с.

Нефедов Е. И., Протопопов А. А., Семенцов А. И., Яшин А. А. 1995. Взаимодействие физических полей с живым веществом. Под общей редакцией А. А. Хадарцева. Тула: ТулГУ, 179 с.

Altunkaynak B. Z., Altun G., Yahyazadeh A., Kaplan A. A., Deniz O. G., Türkmen A. P., Önger M. E., Kaplan S. 2016. Different methods for evaluating the effects of microwave radiation exposure on the nervous system. Journal of Chemical Neuroanatomy **75** (Pt B): 62–69.

Balmori A. 2009. Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. Pathophysiology **16** (2–3): 191–199.

Bitterman M. E., Menzel R., Fietz A., Schäfer S. 1983. Classical conditioning of proboscis extension in honeybees (*Apis mellifera*). Journal of Comparative Psychology **97** (2): 107–119.

Cammaerts M. C., De Doncker P., Patris X., Bellens F., Rachidi Z., Cammaerts D. 2012. GSM 900 MHz radiation inhibits ants' association between food sites and encountered cues. Electromagnetic Biology and Medicine **31** (2): 151–165.

Cucurachi S., Tamis W. L., Vijver M. G., Peijnenburg W. J., Bolte J. F., de Snoo G. R. 2013. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Environment International **51**: 116–140.

Favre D. Mobile phone-induced honeybee worker piping. 2011. Apidologie **42** (3): 270–279.

Fedele G., Edwards M. D., Bhutani S., Hares J. M., Murbach M., Green E. W., Dissel S., Hastings M. H., Rosato E., Kyriacou C. P. 2014. [Интернет-документ] Genetic analysis of circadian responses to low frequency electromagnetic fields in *Drosophila melanogaster*. 2014. Public Library of Science Genetics **10** (12): e1004804 [URL: http://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1004804].

Greggers U., Koch G., Schmidt V., Dürr A., Floriou-Servou A., Piepenbrock D., Göpfert M. C., Menzel R. 2013. [Интернет-документ] Reception and learning of electric fields in bees. 2013. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 280 (1759): 20130528 [URL: http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1759/20130528.long].

Halabi N., Achkar R., Abou G. 2013 [Интернет-документ] The Effect of Cell Phone Radiations on the Life Cycle of Honeybees. EuroCon 1–4 July 2013 Zagreb, Croatia [URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6625032].

Hao Y.-H., Zhao L., Peng R.-Y. . 2015. Effects of microwave radiation on brain energy metabolism and related mechanisms. Military Medical Research **2**: 4 [URL: https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-015-0033-6].

Harst W., Kuhn J., Stever H. 2006. Can electromagnetic exposure cause a change in behaviour? Studying possible non-thermal influences on honey bees – an approach within the framework of educational informatics. International Journal Acta Systemica **6** (1): 1–6.

Johnson R. 2010. [Интернет-документ] Honey bee colony collapse disorder. Congressional Research Service **17**: 1–20 [URL: https://fas.org/sgp/crs/misc/RL33938.pdf].

Kumar N. R., Sangwan S., Badotra P. 2011. Exposure to cell phone radiations produces biochemical changes in worker honey bees. Toxicology International **18** (1): 70–72.

Manta A. K., Papadopoulou D., Polyzos A. P., Fragopoulou A. F., Skouroliakou A. S., Thanos D., Stravopodis D. J., Margaritisa L. H. 2017. Mobile-phone radiation-induced perturbation of gene-expression profiling, redox equilibrium and sporadic-apoptosis control in the ovary of *Drosophila melanogaster*. Fly (Austin) **11** (2): 75–95.

Paramanik R. C., Paramanik A. 2016. Cellular effects of mobile radiations on honey bees. International Journal of Informative & Futuristic Research **3** (12): 4508–4513.

Sharma V. P., Kumar N. R. 2010. Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. Research communications. Current science **98** (10): 1376–1378.

van Rongen E., Croft R., Juutilainen J., Lagroye I., Miyakoshi J., Saunders R., de Seze R., Tenforde T., Verschaeve L., Veyret B., Xu Z. 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews **12** (8): 572–597.

Wyszkowska J., Shepherd S., Sharkh S., Jackson C. W., Newland P. L. 2016. [Интернет-документ] Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields alters the behaviour, physiology and stress protein levels of desert locusts. Scientific Reports **6**: 36413 [URL: https://www.nature.com/articles/srep36413].

Zhang Z. Y., Zhang J., Yang C. J., Lian H. Y., Yu H., Huang X. M., Cai P. 2016. [Интернет-документ] Coupling Mechanism of Electromagnetic Field and Thermal Stress on *Drosophila melanogaster*. Public Library of Science One **11** (9): e0162675 [URL: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0162675].

EFFECT OF NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE HONEYBEE, *APIS MELLIFERA* L. (HYMENOPTERA, APIDAE) BEHAVIOUR

N. G. Lopatina, T. G. Zachepilo, N. G. Kamyshev, N. A. Dyuzhikova, I. N. Serov

Key words: EMR WiFi, olifactory food excitability, conditional reflex, honeybee.

SUMMARY

We studied the effect of non-ionizing electromagnetic radiation (EMR) of a WiFi router on the sensory olfactory excitability, food motivation, ability to save in the short-term and long-term memory the conditional reflex (PER). The honeybees put in the Faraday cage for various periods of time (maximum 24 hours), and EMR irradiated (experience) or not (control). A significant inhibitory effect of the 24-hour impact of the WiFi EMR on food excitability and short-term memory of the honeybee was revealed. On the contrary, the long-term memory of the honeybee rather increased.