

ПОВЕДЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПРОСТЕЙШИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ

© 2024 г. Л.А. Морозова*.,# , С.В. Савельев*

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
пл. Введенского, 1, Фрязино Московской области, 141190, Россия

#E-mail: mila-morozova.ludmila@yandex.ru

Поступила в редакцию 26.01.2024 г.

После доработки 08.02.2024 г.

Принята к публикации 14.02.2024 г.

Впервые экспериментально исследован эффект значимого изменения сопротивления водной среды популяции простейших микроорганизмов под действием электромагнитного излучения сотовых телефонов. Результаты эксперимента демонстрируют биологический характер изменений, происходящих в системе «вода—популяция простейших», что говорит о выходе воздействия излучения непосредственно на клетку. Такой вывод подтверждается одинаковым по порядку величины временем обмена информацией между отдельными особями популяции при расчете и в эксперименте. Установлена предельно малая концентрация простейших в эксперименте, равная 1000 шт./литр, при которой наблюдается указанный эффект. Сделан вывод, что представленный метод изменения физических свойств водной среды популяции простейших при действии электромагнитных полей может быть применен при выявлении механизмов взаимодействия биологических систем с электромагнитным излучением.

Ключевые слова: сотовый телефон, электромагнитное поле, популяция простейших микроорганизмов, сопротивление водной среды.

DOI: 10.31857/S0006302924050141, EDN: MJICEO

Воздействие электромагнитного поля (ЭМП), определяемого современными гаджетами, все значительнее влияет на жизнь человека [1]. Понимание этого мотивирует проведение исследований по глубине и значительности этого воздействия [2]. Именно поэтому возникает задача об определении критериев, характеризующих воздействие ЭМП современных мобильных устройств, которые бы позволили в реальном времени вести наблюдение за изменением состояния живого организма при внешнем воздействии электромагнитного излучения.

Сотовый телефон, являясь приемо-передающим устройством мобильного типа, присутствует в жизни каждого современного человека. Излучаемые такими гаджетами электромагнитные поля (ЭМП) создают практически непрерывный общий электромагнитный фон (ЭМФ), в котором живет современный человек. Действие на живые организмы этого ЭМФ, усиленного личными гаджетами, достаточно заметно и отражено в на-

учной литературе (см., например, работы [3–5]). Последствиями могут являться не только нарушения функциональной деятельности, но и генетические изменения в клетках — мутации. Мутации в соматических клетках могут быть причиной онкологических и аутоагрессивных заболеваний, снижения иммунитета, преждевременного старения и т.д. Мутации в половых клетках могут не сказаться на здоровье человека, подвергнувшегося мутагенному воздействию, однако они будут переданы следующему поколению. Следствием этого могут быть различные наследственные болезни, врожденные пороки развития, снижение физического и психического здоровья [3, 4]. Так, в эксперименте с использованием корневых меристем *Allium cepa* было установлено, что модулированное в режиме разговора излучение сотового телефона индуцирует в делящихся клетках хромосомные мутации и микроядерные мутации в неделящихся клетках. Была обнаружена кумуляция мутагенного эффекта. Так, при ежедневной экспозиции в один час (*Allium cepa* выращивали три дня — суммарное облучение 3 ч) частота мутаций повышается в 5 раз по сравнению со

Сокращения: ЭМП — электромагнитное поле; ЭМФ — электромагнитный фон.

спонтанным (естественным) уровнем. При ежедневной трехчасовой (суммарно 9 часов) экспозиции уровень мутаций возрастал в 7 раз [3]. Кроме того, воздействие сотовых телефонов может резко снизить выработку гормона мелатонина, благодаря которому человек погружается в сон [6].

Обзор проведенных исследований показывает, сколь значимым и разносторонним может быть влияние сотовых телефонов на биологические организмы. Однако стоит отметить, что эти исследования являют собой сбор статистических данных о результатах действия ЭМП сотовых телефонов при исследовании изменений жизнедеятельности биологических организмов с их последующим методическим обобщением, что с необходимостью требует задействования больших временных ресурсов и трудовых затрат и при этом не решает задачу об определении механизмов действия внешних ЭМП на состояние организма человека.

В связи с этим возникает вопрос о создании метода исследования влияния ЭМП сотового телефона на биологические объекты, который позволял бы в реальном времени проводить оценку такого влияния в зависимости от расстояния, длительности и частоты воздействия. Важным является наличие значимых физических и биологических характеристик метода, которые можно измерить в эксперименте, что позволит провести сравнение воздействия различных современных гаджетов.

В работах [7, 8] впервые установлен и исследован эффект изменения сопротивления водной среды популяции простейших микроорганизмов под действием ЭМП сантиметрового, миллиметрового и терагерцового диапазонов длин волн нетепловой интенсивности, интегральная мощность которых по порядку величины составляла 1 мВт/см^2 . Экспериментально было показано, что при коротких, порядка 1 мин, временах облучения сопротивление водной среды популяции простейших уменьшалось на величину порядка 0.1% от общего значения сопротивления водной среды. При этом уменьшение сопротивления наблюдалось через время порядка 10 мин после облучения, что указывало на биологический характер наблюдаемых изменений. В работах [7, 8] было установлено, что полный цикл изменений сопротивления водной среды популяции микроорганизмов при полутораминутном действии сантиметрового, миллиметрового или терагерцового ЭМИ включает 4 этапа изменения сопротивления водной среды: 1) этап неизменного сопротивления водной среды, 2) этап уменьшения сопротивления, 3) этап неизменного сопротивления со значением ниже первоначального сопротивления водной среды, 4) этап увеличение со-

противления водной среды до первоначального уровня. Длительность всего цикла отклика популяции простейших микроорганизмов от момента начала облучения до момента восстановления сопротивления популяции водной среды составляла в экспериментах 20–60 мин в зависимости от физических параметров воздействующего ЭМП, что также указывало на биологический характер наблюдаемых явлений. Описанный отклик популяции микроорганизмов в воде наблюдался при концентрации простейших от 1000 до 5000 шт./литр.

Частотный диапазон мобильной связи в зависимости от стандарта телефона составляет 453–1800 МГц. Мощность излучения является величиной переменной, зависящей в значительной степени от состояния канала связи «мобильный радиотелефон – базовая станция», более высокому уровню сигнала базовой станции в месте приема соответствует меньшая мощность излучения сотового телефона. Максимальная мощность сотовых аппаратов находится в границах 0.125–1 Вт. Однако мобильные телефоны, в том числе стандарта GSM, осуществляют передачу информации импульсами, что значительно уменьшает интегральную мощность выходного сигнала телефона. Средняя мощность ЭМП современных сотовых телефонов находится в диапазоне от 1 мВт до 10 мВт в зависимости от стандарта, дальности до сотовой станции, режима его работы на данный момент времени.

Как указывалось в работах [9, 10], биологические эффекты, возникающие при действии ЭМП нетепловой интенсивности, могут наблюдаться в живых организмах при высоком разбросе интегральной мощности воздействующего излучения, составляющем несколько порядков. Исходя из этой предпосылки, можно ожидать аналогичный описанному выше отклик популяции простейших микроорганизмов при воздействии сотовых телефонов.

В настоящей работе на примере амёб *Entamoeba gingivalis* экспериментально исследуется отклик популяции простейших микроорганизмов в виде изменения сопротивления водной среды в системе «вода – обитающая в воде популяция простейших» при воздействии сотовых телефонов различной мощности при концентрации микроорганизмов 2000 шт./литр.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Схема экспериментальной установки по измерению сопротивления воды в системе «вода – обитающая в воде популяция простейших» при постоянном внешнем напряжении представлена на рис. 1. Кювета с водой 1 используется в качестве плеча мостовой схемы. Значения постоян-

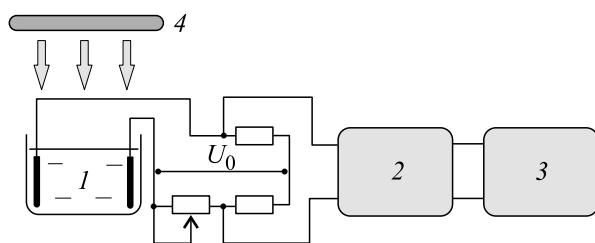


Рис. 1. Схема установки измерения проводимости воды: 1 – кювета с водой и популяцией простейших, 2 – усилитель-преобразователь, 3 – графопостроитель, 4 – сотовый телефон.

ных сопротивлений равнялись 10 кОм, значение переменного сопротивления составляло 15 кОм. Изменение сопротивления воды в кювете приводило к возникновению напряжения разбаланса мостовой схемы, которое преобразовывалось усилителем 2 и регистрировалось в качестве временной диаграммы на графопостроителе 3, осуществлявшего графическую фиксацию изменения напряжения при однократной длительности развертки графопостроителя в течение 70 мин. Значение постоянной времени измерительной цепи составляло 5 с, что при чувствительности установки $5 \cdot 10^{-2} \%$ /см позволяло регистрировать процессы только большой длительности. Напряжение $U_0 = 20$ В.

Разработанная методика эксперимента гипотетически базировалась на возможности фиксации отклика системы «вода – популяция простейших» в виде изменения параметров водной среды при внешнем воздействии ЭМП. Действительно, согласно концепции популяционного гомеостаза [11], внутрипопуляционные отношения простейших обязаны обеспечивать единство популяции за счет действия популяции на воду как среду своего обитания. Тогда воздействие ЭМП на популяцию простейших должно приводить к изменению параметров воды за счет взаимного влияния «вода – обитающая в воде популяция». В эксперименте использовали популяцию амёбы *Entamoeba gingivalis* при концентрации амёб 2000 шт./литр в фазе замедления роста численности популяции. Концентрацию амёб фиксирова-

ли до и после проведения каждого эксперимента путем измерения в камере Горяева с гарантированной точностью 10%. Эта концентрация оставалась неизменной во течение всего контролируемого времени.

Преимущество популяции амёбы *Entamoeba gingivalis* при постановке модельных экспериментов состоит в широком интервале условий ее развития и существования, включая нормальные условия. Популяция характеризуется способностью быстрого роста и обмена веществ, что является несомненной прерогативой по сравнению с другими простейшими. Кроме того, важным показателем является устойчивость популяции к изменениям внешней среды и присутствию других одноклеточных, что повышает достоверность экспериментов. Также важной характеристикой является схожесть обменных процессов в популяции амёбы *Entamoeba gingivalis* с высшими животными.

Температура водной среды популяции амёбы *Entamoeba gingivalis* составляла 22°C во всех экспериментах и определялась температурой воздуха в лаборатории. Атмосферное давление составляло 434 мм рт. ст. Во время проведения всех экспериментов отклонение от указанных значений не превышало 5%.

Для проведения экспериментов были использованы 3 типа сотовых телефонов с различной выходной мощностью, названия моделей и их максимальная выходная мощность представлены в табл. 1.

Эксперименты проводили в 2 этапа. Первый этап соответствовал пассивному режиму сотовых телефонов в режиме ожидания вызова, второй этап проводили при активном состоянии сотовых телефонов в режиме разговора.

Воздействие сотовых телефонов на популяцию простейших. Указанные в табл. 1 сотовые телефоны в соответствии с параметрами базовой станции принимали и передавали сигнал, как в большинстве населенных пунктов Российской Федерации, в стандарте 3G диапазона UMTS 2000. Телефоны работали в стандарте MTC UpLink в диапазоне частот 1950–1965 МГц, DownLink – 2140–2155 МГц, то есть на популяцию простейших воздействие внешнего электромагнитного сигнала телефонов происходило на частотах ЭМП в пределах 1950–1965 МГц.

Расстояние от сотового телефона до поверхности водной среды с популяцией простейших микроорганизмов в эксперименте составляло 35 мм.

На рис. 2 представлена кривая изменения сопротивления водной среды популяции простейших при действии телефона Purism Librem 5 в пассивном и активном режимах. Действие телефона на популяцию происходит в промежуток времени между точками 1 и 2. Результат отклика

Таблица 1. Сотовые телефоны, использованные в эксперименте

Модель сотового телефона	Максимальная выходная мощность, Вт
Purism Librem 5	0.23
Fairphone 3	0.38
Pine64 PinePhone	0.46

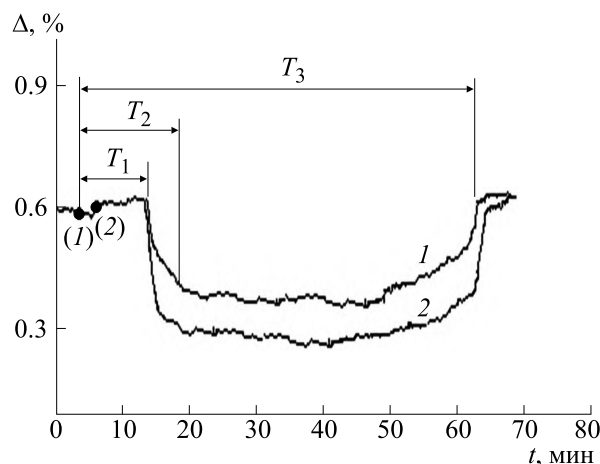


Рис. 2. Зависимость сопротивления водной среды популяции простейших от времени при действии сотового телефона Purism Librem 5 в пассивном (кривая 1) и активном (кривая 2) режимах работы.

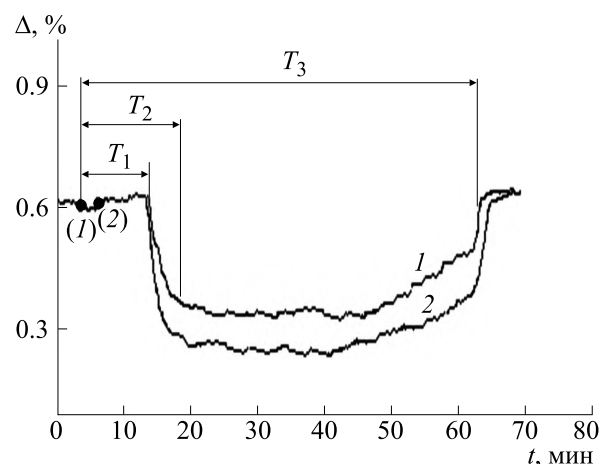


Рис. 3. Зависимость сопротивления водной среды популяции простейших от времени при действии сотового телефона Fairphone 3 в пассивном (кривая 1) и активном (кривая 2) режимах работы.

популяции простейших микроорганизмов на действие телефона можно разделить на 3 этапа, различающиеся своими временными интервалами. Ход кривых на рис. 2 демонстрирует, что сначала действие излучения телефона характеризовалось переходным процессом с длительностью $T_1 = 13$ мин. от начала облучения с практически неизменным сопротивлением воды. Далее сопротивление начинало уменьшаться при достижении минимального значения $\Delta = 0.33\%$ через $T_2 = 17$ мин. Значение сопротивления воды восстанавливалось через $T_3 = 60$ мин. от начала воздействия ЭМП. Ход кривых, отражающих действие излучения телефона, показывает, что влияние телефона на популяцию простейших значительно зависит от режима работы телефона. Так, более сильное облучение при активном режиме характеризуется более значительным, на 20%, уменьшением сопротивления водной среды (кривая 2), хотя сам процесс отклика популяции простейших определяется аналогичными пассивному воздействию временными интервалами.

На рис. 3 представлен отклик популяции простейших на телефон Fairphone 3 при работе в пассивном и активном режимах.

Как и в предыдущем эксперименте, воздействие излучения сотового телефона на популяцию производилось во временном интервале между точками 1 и 2. Динамика изменения водной среды и в этом случае демонстрировала такой же ход кривых изменения сопротивления, как на рис. 2. Рисунок 3 показывает, что характерные времена T_1 , T_2 и T_3 в случае воздействия излучения от телефона Fairphone 3 такие же, как при воздействии от телефона Purism Librem 5. Однако максимумы изменений сопротивлений при воз-

действии излучения от телефона Fairphone 3 значительно превышают максимальные значения изменений сопротивления водной среды для Purism Librem 5. Такое отличие в экспериментах можно объяснить более мощным сигналом телефона Fairphone 3.

На рис. 4 представлен отклик популяции простейших на телефон Pine64 PinePhone при работе в пассивном и активном режимах.

Рис. 4 демонстрирует динамику изменений сопротивлений водной среды в активном и пассивном режимах, качественно схожую с экспериментами, данные которых представлены на рис. 2 и 3. Характерные времена T_1 , T_2 и T_3 не изменились. Увеличились максимальные изменения сопро-

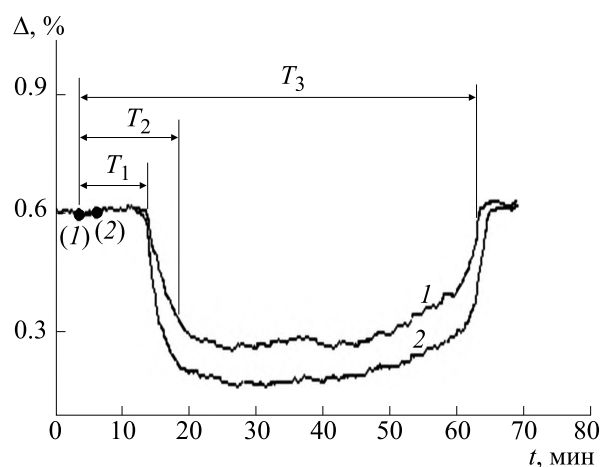


Рис. 4. Зависимость сопротивления водной среды популяции простейших от времени при действии сотового телефона Pine64 PinePhone в пассивном (кривая 1) и активном (кривая 2) режимах работы.

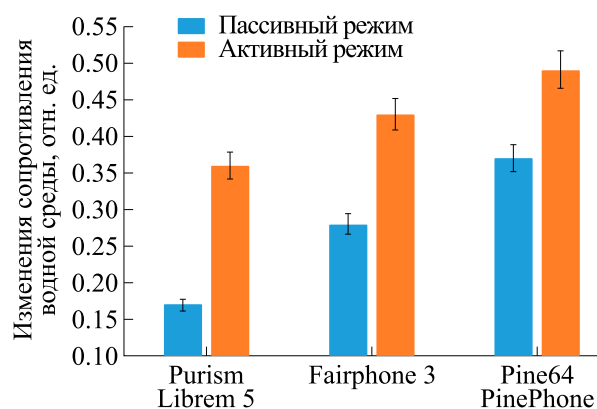


Рис. 5. Максимальные значения изменений сопротивления водной среды популяции простейших при воздействии излучений сотовых телефонов в пассивном и активном режимах.

тивления водной среды, что можно отнести к более мощному сигналу от Pine64 PinePhone.

На рис. 5 представлена гистограмма максимальных изменений сопротивлений водной среды в зависимости от воздействия рассмотренных сотовых телефонов при пассивных и активных режимах работы. Гистограмма показывает, что электромагнитному сигналу с большей мощностью отвечает более значительное изменение значения сопротивления водной среды популяции простейших микроорганизмов. Зависимость динамики изменения значений сопротивлений водной среды от мощности сигнала облучения имеет место как для пассивного, так и активного режима телефонов и имеет четкое отличие по величине для различных мощностей облучения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные на рис. 2–4 временные зависимости значений сопротивления воды показывают действительную значимость воздействия на систему «вода – популяция простейших» ЭМП современных сотовых телефонов. Важным является то, что зафиксированные результаты воздействия доказывают биологический характер наблюдаемых явлений. Действительно, только биологические объекты могут организовать адекватный отклик на внешнее воздействие через время, на несколько порядков превышающее характеристический период внешнего сигнала. В данном случае характерные времена наблюдаемых процессов изменения сопротивления водной среды превышают период сигнала воздействующего ЭМП на 9–10 порядков.

Концепция популяционного гомеостаза популяции простейших основана на целостности и устойчивости популяции во внешней среде [11]. Результаты настоящей работы подтверждают, что

целостность популяции является результатом непрерывного взаимодействия составляющих ее частей и особей. Один из каналов информационного взаимодействия внутри популяции простейших осуществляется на уровне метаболитов [11, 12]. Изменение сопротивления водной среды исследуемой системы доказывает возможность изменения популяцией структуры воды. Это указывает на то, что воздействие ЭМП может выходить непосредственно на биологический объект. При этом биохимические процессы меняют свою скорость, что приводит к изменению активного мембранного транспорта [9]. Особи популяции после обмена информацией изменяют среду обитания, реструктурируя воду. Изменение структуры воды и связанное с ней уменьшение сопротивления происходит не сразу, а после последовательной передачи информации об облучении от особи к особи внутри популяции. Время передачи информации можно оценить, представив ансамбль особей популяции в виде молекул идеального газа. Тогда, в соответствии с формулами термодинамики, можно рассчитать частоту столкновений молекулы

$$v = \sqrt{2}n\sigma V \quad (1)$$

и длину свободного пробега

$$\lambda = V/v, \quad (2)$$

где n – концентрация молекул (у нас – особей простейших), v – их усредненная скорость и σ – эффективный диаметр особи. Если принять $n = 10^7 \text{ м}^{-3}$, $V = 10^{-4} \text{ м/с}$, $\sigma = 10^{-6} \text{ м}^2$, можно оценить порядок их значений: $v = 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ и $\lambda = 0.1 \text{ м}$. Это означает, что в рассмотренных выше случаях передача информации о внешнем воздействии, полученная частью популяции простейших в период воздействия, достигает всех особей популяции за время, по порядку величины равное $T = 1/v = 10 \text{ мин}$. Расчетное значение T хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными по временному изменению сопротивления воды с обитающей в ней популяцией простейших.

Различие характерных времен зависимостей проводимости воды на рис. 2–4 объясняется различием условий проведения экспериментов, ход которых при прочих равных параметрах определялся мощностью сигнала телефона при облучении популяции простейших.

Реакция популяции простейших на ЭМП, выраженная во временном изменении сопротивления воды на рис. 2–4, указывает на групповой отклик особей популяции на внешнее воздействие. Сравнение значений характерных времен в эксперименте T_1 и расчетного информационно-обменного времени популяции T свидетельствуют о выходе воздействия ЭМП непосредственно на

клетку. Наличие двухстороннего межклеточного информационного канала и адекватного отклика на внешнее воздействие демонстрирует способность популяции проявить себя как единый организм. Это подтверждает тот факт, что интерфейс межклеточного информационного канала базируется не только на биохимических реакциях на уровне метаболитов, но также и на процессе биологической структуризации воды.

Настоящее исследование позволяет сделать вывод, что время переходного процесса зависимости биологического эффекта от мощности является временем обмена информацией между особями популяции. Биологический эффект уменьшения сопротивления водной среды популяции простейших микроорганизмов подчинен популяционному гомеостазу и связан с переходом системы «вода—популяция» в новое состояние за счет изменения организации обменного канала клетка — водная среда, проявляющемся в реструктуризации макромолекулы воды. Сохранение целостности популяции является результатом «выдавливания» энтропии, полученной за счет внешнего воздействия, в среду обитания, что проявляется в эксперименте как изменение сопротивления воды. Являясь неравновесной изотермической системой с изменяющейся свободной энергией вследствие поглощения излучения [12], популяция сохраняет энтропию в большом диапазоне внешних воздействий в результате двуправленных обменных процессов в системе «популяция — водная среда», одновременность которых поддерживается за счет непрерывного межклеточного информационного обмена.

Необходимо отметить, что для биологической системы в устойчивом состоянии энтропия может меняться в небольших пределах по сравнению с неживыми объектами (например, идеальный газ, распределенная система с хаотическим поведением и т. д., где изменение энтропии в эксперименте может составлять несколько порядков). Это означает, что гарантированную повторяемость результатов экспериментальных исследований на живых системах можно ожидать через период времени, определяемый возвратом к первоначальному состоянию со значением энтропии невозмущенной системы «живой организм — среда обитания». Эксперименты показали, что гарантированная повторяемость результатов с одной и той же популяцией простейших наблюдается не менее, чем через 24 ч.

ВЫВОДЫ

Проведенные в рамках работы эксперименты показали значимую зависимость изменения сопротивления водной среды популяции простейших микроорганизмов от мощности излучения

сотовых телефонов. Динамика изменения сопротивления водной среды указывает на биологический характер процессов, наблюдаемых в системе «вода — популяция простейших». Установлено, что значимое изменение значений сопротивления воды происходит через время порядка 10 мин после начала облучения.

Установлена зависимость изменения значения сопротивления водной среды от мощности облучаемого сигнала как для пассивного, так и для активного режимов исследуемых телефонов. Показано, что более мощному сигналу соответствует более значительное изменение сопротивления водной среды.

Результаты работы показывают возможность наблюдения в реальном времени последствий воздействия излучения сотовых телефонов на биологический объект. Разработанный метод исследования изменения состояния живых систем под действием внешних ЭМП нетепловой интенсивности позволит проводить оригинальные исследования по выяснению механизмов воздействия ЭМП на живые объекты.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН № 075-01110-23-01.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с изложенными в статье данными.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит описания собственных исследований с участием людей или животных в качестве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девятков Н. Д. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона волн на биологические объекты. *Успехи физ. наук*, **110** (3), 453–454 (1973). DOI: 10.3367/UFNr.0110.1973071.0453
2. Шаев И. А., Новиков В. В., Яблокова Е. В. и Фесенко Е. Е. Краткий обзор современного состояния исследований биологического действия слабых электромагнитных полей. *Биофизика*, **67** (2), 319–326 (2022).
3. Песня Д. С., Романовский А. В. и Прохорова И. М. Разработка методики для оценки влияния УВЧ-излучения сотовых телефонов и других приборов с ЭМИ РЧ на организмы *in vivo*. *Ярославский педагогический вестник*, **3** (3), 80 (2010).

4. Песня Д. С., Романовский А. В., Прохорова И. М. и др. Исследование мутагенного эффекта модулированного УВЧ излучения сотовых телефонов на растительных и животных организмах *in vivo*. В кн. *Сб. докладов IV Всероссийской конф-ии «Радиолокация и радиосвязь»* (2010), сс. 924–929.
5. Шамигулова А. М., Билялова З. М., Юскевич О. И. и Васильев В. А. К вопросу о безопасности пользования сотовыми телефонами. *Вестн. НЦБЖД*, **2** (32), 110–116 (2017).
6. Аполлонский С. М. и Коровченко П. В. Воздействие электромагнитной среды на абонента сотовой связи и его нормирование. *Безопасность жизнедеятельности*, **1**, 15–24 (2011).
7. Савельев С. В. Взаимное влияние биологических систем и эффективность воздействия на них электромагнитного поля. *Миллиметровые волны в биологии и медицине*, **4**, 20 (2003).
8. Бецкий О. В., Морозова Л. А., Савельев С. В. и Смирнов В. Ф. Механизм информационного воздействия миллиметрового и терагерцового излучения на водосодержащие и живые объекты. *Биомедицинская радиоэлектроника*, **11**, 30–35 (2017).
9. Бецкий О. В., Девятков Н. Д. и Кислов В. В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии. *Биомедицинская радиоэлектроника*, **4**, 13–29 (1998).
10. Синицин Н. И., Петросян В. И., Ёлкин В. А. и др. Особая роль системы «миллиметровая волна — водная среда» в природе. *Биомедицинская радиоэлектроника*, **1**, 3–21 (1999).
11. Шилов А. И. *Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных* (МГУ, М., 1997).
12. Чукова Ю. П. Нетепловые биоэффекты ММ-излучения в свете законов термодинамики и люминесценции. *Миллиметровые волны в биологии и медицине*, **4**, 13–32 (2001).

Influence of Mobile Phone Electromagnetic Radiation Exposure on Behavior of Protozoan Population

L.A. Morozova* and S.V. Savel'ev*

*Fryazino Branch of V.A. Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, pl. Vvedenskogo 1, Fryazino, Moscow Region, 141190 Russia

For the first time, the effect that mobile phone electromagnetic radiation had on water in the presence of protozoan population and induced a significant change in water properties has been experimentally studied. The results of our experiment demonstrate that changes that occur in the “water–protozoa population” system are the biological effects the cells have in response to the direct effect of radiation. This conclusion is supported by the fact that the calculated order of magnitude of a time interval during which information exchange takes place between some microorganisms of the protozoan population is the same as that over course of the experiment. The minimum concentration of protozoa (1000 pcs/liter) at which this effect was observed was determined. It is concluded that the proposed technique for alteration of physical properties of water in the presence of protozoan population after exposure to electromagnetic fields can be used to uncover the mechanisms of the interaction of biological systems with electromagnetic fields.

Keywords: mobile phone, electromagnetic field, protozoan population, response of protozoan population in water environment