

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФАГОЦИТАРНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕЙТРОФИЛЬНЫХ ГРАНУЛОЦИТОВ, ИХ СПОСОБНОСТЬ К ФОРМИРОВАНИЮ НЕЙТРОФИЛЬНЫХ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ЛОВУШЕК И БИОПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ

© 2018 г. Ю. С. Шишкова¹, И. В. Галагудин¹, А. Ю. Пищальников¹,
С. Н. Даровских², М. С. Бабикова¹

¹ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства
Здравоохранения российской Федерации, Челябинск, Россия;

²ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет)» Челябинск, Россия

Поступила: 13.05.2018. Принята: 24.06.2018

Моделированное НЭМИ, аналогичное природному, не влияя на персистенцию резидентных представителей микрофлоры, повышая фагоцитарную способность нейтрофильных гранулоцитов и стимулируя формирование НВЛ, может участвовать в усилении противомикробной защиты организма человека. Иначе действует техногенное НЭМИ, при котором подавляется фагоцитарная способность нейтрофилов, а каждый 5-й из них формирует экстрацеллюлярную сеть из нитей ДНК. Техногенное НЭМИ угнетает способность синтезировать биопленку представителями нормофлоры тела человека, тем самым нарушая колонизационную резистентность слизистых оболочек. Техногенное НЭМИ может способствовать нарушению гомеостаза и развитию патологических процессов в организме человека.

Ключевые слова: электромагнитное излучение (ЭМИ), нейтрофилы, микрофлора, биопленки

DOI: 10.31857/S102872210002435-3

Адрес: 454092 Челябинск, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России «Бактериологическая лаборатория кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики», Шишкова Юлия Сергеевна.

Тел.: +79068625272, **E-mail:** shishkova_yulia@mail.ru;

Авторы:

Шишкова Ю. С., д.м.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

Галагудин И. В., старший лаборант кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

Пищальников А. Ю., д.м.н., профессор кафедры педиатрии и неонатологии института дополнительного профессионального образования, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

Даровских С. Н., д.т.н., профессор кафедры инфокоммуникационных технологий, ЮУрГУ (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия;

Бабикова М. С., соискатель кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь на планете зародилась под воздействием электромагнитного излучения Солнца. Тысячелетиями этот фон не подвергался значительным изменениям. Влияние электромагнитного поля на различные функции самых разнообразных живых организмов было стабильным. Это относится как к простейшим представителям, так и к самым высокоорганизованным существам. Однако в процессе антропогенеза интенсивность электромагнитного фона стала непрерывно возрастать за счёт искусственных техногенных источников: линий воздушных передач электроэнергии, бытовых электроприборов, линий радиорелейной и сотовой связи и других источников ЭМИ (электромагнитного излучения). Возник термин «электромагнитное загрязнение» окружающей среды, под которым понимают совокупность всего спектра электромагнитных излучений техногенного происхож-

дения, оказывающих негативное биологическое влияние на живые организмы. Источниками техногенного электромагнитного загрязнения на сегодняшний день являются мобильные телефоны, телевизоры, метро, железнодорожный транспорт, линии электропередач, электростанции, подстанции и другие. В настоящее время природный электромагнитный фон практически полностью подавлен техногенными излучениями. В этой связи позитивная управляющая роль основного источника микроволнового излучения в живой природе, которым на всем протяжении эволюционного развития организмов являлось Солнце, заметно ослабла [2,3].

Интерес к изучению биологического действия природных электромагнитных полей (ЭМП) связан с их регулирующим влиянием на жизненно важные системы живых организмов. В настоящее время область биологических исследований, называемая биомедицинской радиоэлектроникой, связана с оценкой действия ЭМИ на биологические объекты и выявлением возможных сенсоров ЭМИ [9, 11, 12, 13]. Особое место занимают исследования биологических эффектов низкоинтенсивного электромагнитного излучения. Для проведения таких исследований было разработано устройство моделирования микроволнового излучения Солнца с возможностью реализации различных его вариаций, получившее название «АИМТ-1». Это устройство представляет собой новое поколение физиотерапевтических аппаратно-программных средств информационного управления процессом восстановления нарушенного гомеостаза организма человека. Оно предназначено для автономного и комплексного лечения широкого спектра заболеваний детей и взрослых на всех этапах развития патологического процесса. Такая универсальность его предназначения связана с использованием при лечении электромагнитного излучения низкой интенсивности (плотность потока — около 10 мкВт/см^2), представляющего собой аналог космического микроволнового излучения. Генерация ЭМИ с помощью «АИМТ-1» позволяет «включить» эволюционно сформированные высокоэффективные механизмы регуляции, которые в настоящее время используются организмом не в полной мере из-за сильного воздействия на него электромагнитных полей и излучений техногенного происхождения, а также других экологически неблагоприятных факторов. Устройство «АИМТ-1» разработано на Приборостроительном факультете Южно-Уральско-

го государственного университета (г. Челябинск) под руководством доктора технических наук Даровских С. Н. [1, 4, 5, 6].

Однако к настоящему времени еще не сложилось четкого представления о модифицирующем действии микроволнового излучения Солнца и электромагнитных излучений техногенного происхождения на прокариотические и эукариотические клетки [1, 4, 5, 6]. В связи с чем, актуальными являются исследования по оценке влияния указанных излучений на бактериальные клетки и нейтрофилы — основные участники врожденной противомикробной защиты. Это и предопределило формулировку основной цели исследования: оценить модифицирующее действие моделированного природного и техногенного низкоинтенсивного электромагнитного излучения на фагоцитарную активность нейтрофильных гранулоцитов, их способность к формированию нейтрофильных внеклеточных ловушек и на биопленкообразование *E.coli*, *L.plantarum*, *B.bifidum*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения функциональной активности нейтрофилов и формирования ими нейтрофильных внеклеточных ловушек (НВЛ) под воздействием низкоинтенсивных электромагнитных излучений природного и техногенного происхождения было проведено исследование на базе бактериологической лаборатории НИИ иммунологии ЮУГМУ, в котором приняли участие 10 мужчин ($n=10$) — условно-здоровых донора. Общими критериями включения в исследование для доноров были: добровольное согласие на обследование в письменном виде, возраст от 18 до 20 лет, отсутствие хронических и перенесенных острых инфекционных заболеваний в течение последних трех месяцев, исключение приема алкоголя, лекарственных препаратов за 2 недели до исследования. Критериями исключения для обследуемых лиц явились: ВИЧ-инфекция, гепатит В, гепатит С, туберкулез, ОРВИ.

Материалом для исследования служила донорская периферическая венозная кровь, для получения нейтрофилов использовали 15,0 мл гепаринизированной (10–15 ЕД/мл гепарина фирмы «Гедеон-Рихтер», Венгрия) периферической венозной крови, которую с целью осаждения эритроцитов отстаивали в стерильной пробирке с добавлением 10% раствора желатина в соотношении 10:1 при температуре $+ 37^\circ\text{C}$ в течение 30 минут. Нейтрофилы выделяли

из лейкоцитарной взвеси на двойном градиенте плотности стерильных растворов фикола-урографина (Pharmacia, Швеция; Шеринг, Германия). Плотность верхнего слоя градиента составляла 1,075–1,077, нижнего – 1,093–1,095. Каждый градиент использовался в объеме 1,5 мл. Через 40 минут центрифугирования при 1500 оборотах в минуту на границе между градиентами образовывалось кольцо гранулоцитов с чистотой 98–100%, мононуклеары составляли около 2%, либо отсутствовали. Кольцо нейтрофилов аккуратно собирали, переносили в стерильные центрифужные пробирки, отмывали от градиента стерильным физиологическим раствором хлорида натрия путём центрифугирования при 1500 оборотах в минуту дважды по 5 минут и доводили до концентрации 5×10^6 клеток/мл в физиологическом растворе [7, 8].

Суспензию выделенных нейтрофилов делили на 4 части:

1 часть – не подвергалась электромагнитному воздействию;

2 часть – подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному природному в течение 15 минут;

3 часть – подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному техногенному в течение 15 минут.

4 часть – подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному природному в течение 7,5 минут и идентичному техногенному в течение 7,5 минут последовательно.

Для обнаружения нейтрофильных внеклеточных ловушек (НВЛ) 100 мкл каждого из четырех тестируемых образцов нейтрофилов инкубировали при температуре 37°C с добавлением рабочего раствора акридинового оранжевого в течение 30 минут в темноте. Раствор акридинового оранжевого готовили предварительно по следующей схеме: 5 мг сухого красителя растворяли в 5 мл физиологического раствора, полученный таким образом маточный раствор (1 мг/мл) хранили при $T = +4^\circ\text{C}$. Перед использованием 0,2 мл раствора смешивали с 4,8 мл физиологического раствора, получая рабочий раствор. После инкубации клеточную взвесь наносили на стекло и готовили препарат «раздавленная капля». Учет проводили с помощью люминесцентного микроскопа, используя фильтры, обеспечивающие возбуждающий свет с длиной волны не более 490 нм и эмиссию с длиной волны 520 нм. При таком способе окраски ядра нейтрофилов окрашиваются в ярко-зеленый цвет, цитоплазма гранулоци-

тов не окрашивается, нейтрофильные ловушки представлены тонкими ярко-зелеными нитями, занимающими пространство, в 2–3 раза превосходящее диаметр неизмененного нейтрофила. Проводили подсчет 100 структур разных групп и определяют процентное содержание каждой морфологической формы.

Изучение фагоцитарной способности нейтрофилов проводили на модели поглощения частиц латекса. Для оценки фагоцитоза 200 мкл суспензии клеток смешивали с 20 мкл взвеси частиц полистерольного латекса. После 30-минутной инкубации при температуре 37°C готовили препараты для микроскопии, высушивали на воздухе, фиксировали 96% этиловым спиртом и окрашивали по Романовскому-Гимзе [7, 8]. С помощью иммерсионной микроскопии учитывали активность фагоцитоза (АФ) – процент нейтрофилов, захвативших хотя бы одну частицу латекса, интенсивность фагоцитоза (ИФ) – число поглощенных микросфер латекса в 100 подсчитанных нейтрофилах, и рассчитывали фагоцитарное число (ФЧ) – число поглощенных микросфер латекса на один фагоцит.

Для оценки влияния низкоинтенсивных электромагнитных излучений природного и техногенного происхождения на биопленкообразование у бактерий были использованы микроорганизмы:

– *Lactobacillus plantarum* 8P-A3, выделенный из препарата «Лактобактерин сухой» (ФГУП «НПО «Микроген» Минздрава России);

– *Bifidobacterium bifidum* 1, выделенный из препарата «Бифидумбактерин сухой» (ФГУП «НПО «Микроген» Минздрава России);

– *Escherichia coli* M-17, выделенные из препарата «Колибактерин» (ФГУП «НПО «Микроген» Минздрава России,);

Для подготовки культур к эксперименту использовали жидкую среду MRS для оценки биопленкообразования лактобактерий, регенерированную тиогликолевую среду для бифидобактерий и мясопептонный бульон для кишечной палочки. В день исследования суспензированные в питательной среде тестируемые культуры в концентрации 10^5 КОЕ/мл делили на 4 части:

1 часть – не подвергалась электромагнитному воздействию (контроль);

2 часть – подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному природному в течение 15 минут;

3 часть – подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному техногенному в течение 15 минут.

4 часть — подвергалась электромагнитному воздействию, идентичному природному в течение 7,5 минут и идентичному техногенному в течение 7,5 минут последовательно.

Затем определяли способность микроорганизмов к образованию биопленок в лунках стерильного планшета. Тестируемые образцы вносили по 100 мкл в лунки планшета и инкубировали 24 часа при температуре 37°C *Escherichia coli M-17*, а *Lactobacillus plantarum 8P-A3* и *Bifidobacterium bifidum 1* — 48 часов в эксикаторе при температуре 37°C. Затем в каждую лунку вносили по 120 мкл 1% спиртового раствора фуксина, инкубировали при комнатной температуре 20 минут. Краситель удаляли и проводили трехкратное промывание лунок забуференным физиологическим раствором. Для экстракции красителя из биопленки в лунки планшета вносили по 130 мкл 96% этилового спирта и выдерживали 20 минут при комнатной температуре. Учет проводили на микропланшетном фотометре Antos 2020 при длине волны 492 нм. Количественной оценкой степени образования биопленки были значения оптической плотности. Для создания электромагнитного излучения, идентичного природному и техногенному использовали прибор «АИМТ-1» [4].

Полученные результаты исследований были подвергнуты статистической обработке на ПК под управлением операционной системы Windows XP с использованием пакета прикладных программ статистической обработки Microsoft Excel, STATISTICA v.10.0, Past v.3.17. Статистическая обработка результатов исследования проводилась стандартными методами, с определе-

нием средней арифметической вариационного ряда (M), среднеквадратичного отклонения (σ) и ошибки средней арифметической (m). О достоверности различий показателей в сравниваемых группах судили по критерию: Колмогорова-Смирнова. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка. Различия между сравниваемыми группами считали достоверными при $p \leq 0,05$. Представленные цифровые данные были округлены до второго десятичного знака.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных исследований определили, что при действии низкоинтенсивных ЭМИ (НЭМИ) природного и техногенного происхождения значительно увеличивается количество НВЛ. Максимально экстрезия ДНК нейтрофильными гранулоцитами происходит под действием моделированного техногенного ЭМИ (Таблица 1).

Нами зарегистрировано влияние НЭМИ природного и техногенного происхождения на фагоцитарную способность нейтрофильных гранулоцитов. Так при действии моделированного техногенного ЭМИ зарегистрировано достоверное снижение количества поглощения частиц латекса нейтрофильными гранулоцитами, а моделированное природное ЭМИ стимулирует фагоцитарную функцию изучаемых клеток. При комплексном воздействии природного и техногенного ЭМИ фагоцитарная способность нейтрофилов остается стабильной (Таблица 1).

Действие моделированного природного и техногенного ЭМИ на бактерии *Lactobacillus plan-*

Таблица 1. Функциональная активность нейтрофильных гранулоцитов и образование НВЛ при воздействии НЭМИ (n=10)

Показатели нейтрофильных гранулоцитов		Без воздействия ЭМИ, 15 мин. ($M \pm m$)	Излучение ЭМИ аналогичное природному, 15 мин. ($M \pm m$)	Излучение НЭМИ аналогичное техногенному, 15 мин. ($M \pm m$)	Последовательное воздействие НЭМИ 7,5 мин. природное + 7,5 мин. техногенное ($M \pm m$)
НВЛ		3,70±0,62	7,90±0,78*	20,70±1,86*	19,20±1,86*
Фагоцитоз	ФА	32,20±2,71	47,10±3,06*	26,50±1,72	35,00±3,08
	ИФ	0,49±0,04	0,84±0,07*	0,36±0,029*	0,58±0,05
	ФЧ	1,52±0,04	1,77±0,05*	1,36±0,029*	1,67±0,02

Примечание: НВЛ — нейтрофильная внеклеточная ловушка; ФА, % — фагоцитарная активность — число нейтрофилов, содержащих гранулы латекса в цитоплазме из 100 подсчитанных гранулоцитов; ИФ, усл.ед. — интенсивность фагоцитоза — число гранул латекса в 100 подсчитанных нейтрофилах в пересчете на 1 клетку; ФЧ, усл.ед. — фагоцитарное число — среднее количество гранул латекса, поглощенное нейтрофилом; * — статистически значимые различия $p < 0,05$

Таблица 2. Показатель оптической плотности экстрагируемого красителя из биопленки микроорганизмов при действии ЭМИ (n=50)

Микроорганизмы	Без воздействия НЭМИ, 15 мин. (M±m)	Излучение НЭМИ аналогичное природному, 15 мин. (M±m)	Излучение НЭМИ техногенному, 15 мин. (M±m)	Последовательное воздействие НЭМИ 7,5 мин. природное + 7,5 мин. техногенное (M±m)
<i>Escherichia coli M-17</i>	0,55±0,01	0,55±0,01	0,49±0,01*	0,50±0,01*
<i>Lactobacillus plantarum 8P-A3</i>	0,55±0,01	0,55±0,01	0,48±0,01*	0,51±0,01*
<i>Bifidobacterium bifidum 1</i>	0,54±0,01	0,54±0,01	0,48±0,01*	0,52±0,01

Примечание: * – статистически значимые различия $p < 0,05$

tarum 8P-A3, *Bifidobacterium bifidum 1*, *Escherichia coli M-17* оценивали по способности тестируемых микроорганизмов образовывать биопленку. В результате проведенных исследований определили, что моделированное природное ЭМИ не влияет на биопленкообразующую способность исследуемых бактерий, а моделированное техногенное ЭМИ достоверно снижает данную способность у всех исследуемых микроорганизмов. Комбинированное действие моделированных НЭМИ угнетало матрикссинтезирующую способность у *Lactobacillus plantarum 8P-A3* и *Escherichia coli M-17* (Таблица 2).

Таким образом, можно заключить, что моделированное НЭМИ, аналогичное солнечному, не влияя на персистенцию резидентных представителей микрофлоры, повышая фагоцитарную способность нейтрофильных гранулоцитов и стимулируя формирование НВЛ, участвует в усилении противомикробной защиты организма человека.

Иначе действует техногенное ЭМИ, при котором подавляется фагоцитарная способность нейтрофилов, а каждый 5-й из них формирует экстрацеллюлярную сеть из нитей ДНК. Ранее показано, что свободная ДНК может стимулировать или подавлять функции иммунокомпетентных клеток, может выполнять роль индуктора аутоиммунных состояний [13]. Кроме того, нами определено, что техногенное НЭМИ угнетает способность синтезировать биопленку представителями нормофлоры тела человека, тем самым нарушая колонизационную резистентность слизистых оболочек. Таким образом техногенное НЭМИ может способствовать нарушению гомеостаза и развитию патологических процессов в организме человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Вдовина Н. В. Устройство моделирования микроволнового излучения Солнца СВЧ диапазона для оценки его модифицирующего действия на организмы / Н. В. Вдовина, Н. Н. Гудаев, В. Н. Багаев, С. Н. Даровских, Е. П. Попечителей, Е. В. Водяницкий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2015. – Том 15. – № 1. – С. 5–10. [Vdovina N. V. A device for simulating microwave radiation from the microwave sun to assess its modifying effect on organisms / N. V. Vdovina, N. N. Gudaev, V. N. Bagaev, S. N. Darovskikh, E. P. Popechitelev, E. V. Vodyanitsky // Herald of SUSU. Series: Computer technologies, management, radio electronics. – 2015. – Volume 15. – № 1. – P. 5–10].
2. Гапеев А. Б. Роль модуляции в эффектах низкоэнергетического электромагнитного излучения КВЧ на активность клеток иммунной системы / В. С. Якушина, Н. К. Чемерис, Е. Е. Фесенко // Международный Конгресс «Медицинские технологии на рубеже веков». Тула, 1997. Вестник новых медицинских технологий, 199S, t.V, № 1, приложение, стр.50. [Gapeev A. B. The role of modulation in the effects of low-EGR electromagnetic radiation of ENF on the activity of cells of the immune system. Yakushina, N. K. Chemeris, E. E. Fesenko // International Congress "Medical technologies at the turn of the century". Tula, 1997. Bulletin of new medical technologies, 199S, t.V, № 1, appendix, p.50].
3. Гапеев А. Б. Эффекты низкоинтенсивного модулированного ЭМИ КВЧ на клетки иммунной системы – нейтрофилы мыши / В. С. Якушина, Н. К. Чемерис, Е. Е. Фесенко // Всероссийская научная конференция «Физические проблемы экологии (физическая экология)», тез. докл., т. 1, стр.19–20, Москва, 23–27 июня 1997. «Фундаментальные науки и альтернативная медицина», стр.54–55, г. Пушкино Московской области, 22–25 сентября 1997. [Gapeev A. B. Effects of low-intensity modulated EMR ENF on cells of the immune system – mouse neutrophils / V. S. Yakushina, N. K. Chemeris, E. E. Fesenko

- // All-Russian Scientific Conference “Physical Problems of Ecology (Physical Ecology)”, theses. Moscow, June 23–27, 1997. “Fundamental Sciences and Alternative Medicine”, p. 54–55, Pushchino, Moscow Region, September 22–25, 1997].
4. Даровских С. Н., Шишкова Ю. С., Попечителев Е. П., Вдовина Н. В. Микроволновая гелиобиология. Монография, 2016. [*Darovskikh S. N., Shishkova Yu. S., Popeshitelev E. P., Vdovina N. V. Microwave Heliobiology. Monograph, 2016*].
 5. Даровских С. Н. О новом механизме взаимодействия клеточных структур организма с электромагнитными полями и излучениями / С. Н. Даровских, Н. В. Вдовина, И. В. Новиков // Актуальные вопросы развития науки сборник статей Международной научно-практической конференции: в 6 частях. Ответственный редактор А. А. Сукиасян, – 2014. – С. 82–85. [*Darovskikh S. N. About the new mechanism of interaction of cellular structures of an organism with electromagnetic fields and radiations / S. N. Darovskikh, N. V. Vdovina, I. V. Novikov // Actual problems of the development of science, a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference: in 6 parts. The responsible editor AA. Sukiasyan, – 2014. – P. 82–85*].
 6. Даровских С. Н. Сравнительная оценка модифицирующего действия микроволновых излучений природного и антропогенного происхождения на золотистый стафилококк / С. Н. Даровских, Ю. С. Шишкова, Н. В. Вдовина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2015. – № 3. – С. 50–55. [*Darovskikh S. N. Comparative evaluation of the modifying effect of microwave radiation of natural and anthropogenic origin on *Staphylococcus aureus* / S. N. Darovskikh, Yu. S. Shishkova, N. V. Vdovina // Biomedical radioelectronics. – 2015. – No. 3. – P. 50–55*].
 7. Долгушин И. И. Нейтрофилы и гомеостаз / И. И. Долгушин, О. В. Бухарин. Екатеринбург // Издательство УрОРАН, 2001. – 288 – С. 4. [*Dolgushin I. I. Neutrophils and homeostasis / I. I. Dolgushin, O. V. Bukharin. Ekaterinburg // URORAN Publishing House, 2001. – 288 – С. 4*].
 8. Долгушин И. И. Влияние активированных и интактных нейтрофилов на функции моноцитов периферической крови / И. И. Долгушин, А. В. Зурочка, С. И. Марачев // Иммунология. – 1986. – № 2. – С. 79–80. [*Dolgushin I. I. Effect of activated and intact neutrophils on the function of peripheral blood monocytes / I. I. Dolgushin, A. V. Zurochka, S. I. Marachev // Immunology. – 1986. – № 2. – P. 79–80*].
 9. Железняков В. В. Радиоизлучение Солнца и планет / В. В. Железняков. // М.: Наука, 1964. – С. 560. [*Zheleznyakov V. V. Radio emission of the Sun and planets / V. V. Zheleznyakov. / M.: Science, 1964. – P. 560*].
 10. Шишкова Ю. С. Применение моделированного низкоинтенсивного микроволнового излучения солнца СВЧ–диапазона для снижения персистентного потенциала микроорганизмов и повышения их чувствительности к антимикробным препаратам / Ю. С. Шишкова, С. Н. Даровских, Н. В. Вдовина // В сборнике: Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки Материалы V международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 9. [*Shishkova Yu. S. Application of simulated low-intensity microwave radiation of the microwave sun to reduce the persistent potential of microorganisms and increase their sensitivity to antimicrobial agents / Yu. S. Shishkova, S. N. Darovskikh, N. V. Vdovina // In the collection: Fundamental science and technology – perspective developments Materials of the V international scientific and practical conference. – 2015. – P. 9*].
 11. Шишкова Ю. С. Роль нейтрофилов в формировании колонизационной резистентности слизистых оболочек / Ю. С. Шишкова // диссертация доктора медицинских наук. – Челябинск, 2010. С. 9–61. [*Shishkova Yu. S. The role of neutrophils in the formation of colonization resistance of mucous membranes / Yu. S. Shishkova // the dissertation of the doctor of medical sciences. – Chelyabinsk, 2010. With. 9–61*].
 12. Shishkova Y. S. Simulated Solar Microwave Radiation Blocks the Formation of Biofilms / Y. S. Shishkova, S. N. Darovskikh, N. L. Pozdnyakova, N. V. Vdovina, I. A. Komarova, E. V. Shishkova and E. V. Vodyanitskiy // Natural Science. – 2015. – Vol. 7. – № 3 – P. 127–131. – (<http://dx.doi.org/10.4236/ns.2015.73014>).
 13. Козлов В. А. Свободная и внеклеточная ДНК в норме и при патологии / В. А. Козлов // Медицинская иммунология. – 2013. – Т. 15, № 5. – С. 399–412. [*Kozlov V. A. Free and extracellular DNA in norm and in pathology / V. A. Kozlov // Medical Immunology. – 2013. – T. 15, No. 5. – P. 399–412*].

**INFLUENCE OF NATURAL AND TECHNOGENIC LOW-INTENSITY
ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE PHAGOCYTARIAL ACTIVITY
OF NEUTROPHILIC GRANULOCYTES, THEIR ABILITY TO FORMATION
OF NEUTROPHILIC EXTRACULATIVE TRACES AND BIOLOGICAL
FILM FORMATION OF MICROORGANISMS**

© 2018 Yu. S. Shishkova¹, I. V. Galagudin¹, A. Yu. Pishchalnikov¹,
S. N. Darovskikh², M. S. Babikova¹

¹*FSBEI of Higher Education "South Ural State Medical University" of the Ministry
of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk, Russia;*

²*FSAEI of Higher Education "South Ural State University (National
Research University)", Chelyabinsk, Russia*

Received: 13.05.2018. **Accepted:** 24.06.2018

Modeled NEMI, similar to natural, without affecting the persistence of resident representatives of microflora, increasing the phagocytic capacity of neutrophilic granulocytes and stimulating the formation of NVL, can participate in enhancing the anti-infection protection of the human body. Otherwise, the technogenic NEMI acts, in which the phagocytic capacity of neutrophils is suppressed, and every 5 of them forms an extracellular network of DNA strands. Technogenic NEMI inhibits the ability to synthesize biofilm representatives of the normal flora of the human body, thereby violating the colonization resistance of the mucous membranes. Technogenic NEMI can contribute to disruption of homeostasis and development of pathological processes in the human body.

Key words: electromagnetic radiation (EMR), neutrophils, microflora, biofilms

Authors:

Shishkova Yu. S., ✉ MD, Professor of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Clinical Laboratory Diagnostics, FGBOU in the South Ural State Medical University of the Ministry of Health, Chelyabinsk, Russia; 454092 Chelyabinsk, South Ural State Medical University, Phone: +79068625272, **E-mail:** shishkova_yulia@mail.ru;

Galagudin I. V., Senior Laboratory Assistant of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Clinical Laboratory Diagnostics, FGBOU VY SOUTHMU of the Ministry of Health of Russia, Chelyabinsk, Russia;

Pishchalnikov A. Yu., MD, professor of the Department of Pediatrics and Neonatology of the Institute of Additional Vocational Education, FGBOU VY SOUTHMU of the Ministry of Health of Russia, Chelyabinsk, Russia;

Darovskikh S. N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Infocommunication Technologies, SUSU (National Research University), Chelyabinsk, Russia;

Babikova M. S., the competitor of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Clinical Laboratory Diagnostics, FGBOU VY SOUTHMU of the Ministry of Health of Russia, Chelyabinsk, Russia.