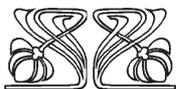
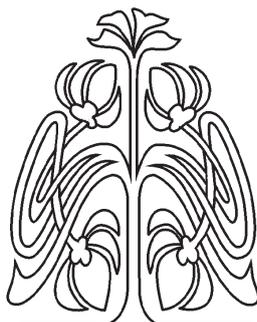
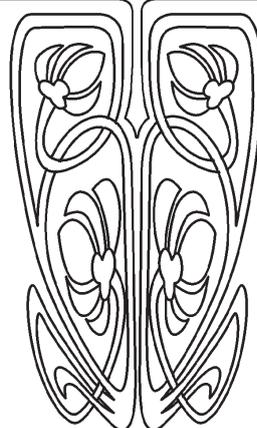




## БИОЛОГИЯ



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ



УДК 577.125.8:57.043

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА

С. Ю. Перов, Е. В. Богачева, Л. М. Безрукавникова, Н. А. Лазарашвили

Научно-исследовательский институт медицины труда, Москва  
E-mail: theorangenight@rambler.ru

В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния электромагнитного поля метрового диапазона на интенсивность процессов перекисного окисления липидов и общую антиокислительную активность сыворотки крови крыс. В результате проведенных исследований были выявлены достоверные изменения в концентрации диеновых конъюгатов, кетодиенов и общей антиокислительной активности сыворотки крови при различной длительности экспозиции животных.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, метровый диапазон частот, перекисное окисление липидов, окислительный стресс, система антиоксидантной защиты.

#### Experimental Study of Electromagnetic Fields the Meter Band Some Indicators of Oxidative Stress

S. Yu. Perov, E. V. Bogacheva, L. M. Bezrukavnikova, N. A. Lazarashvili

The paper presents the results of an experimental study of VHF band electromagnetic field on the intensity of lipid peroxidation and total antioxidant activity of rats blood serum. As a result of the conducted research it were revealed valid changes in the concentration of diene conjugates, ketodienes and of the activity of the antioxidative system at different duration of exposure.

**Key words:** electromagnetic field, meter frequency range, lipid peroxidation, oxidative stress, antioxidant defense system.

DOI: 10.18500/1816-9775-2015-15-3-44-48

В числе важнейших проблем современности наибольшую актуальность приобрела проблема сохранения здоровья человека от воздействия физических факторов производственной и внепроизводственной сред, среди которых особое место занимают электромагнитные поля (ЭМП). В последнее время наблюдается резкое увеличение количества и видов новой техники, оборудования и устройств, эксплуатация которых сопровождается эмиссией электромагнитной энергии в окружающую среду. Существующие темпы развития научно-технического прогресса повлекли за собой усложнение электромагнитной обстановки и увеличение масштабов возможного ее негативного влияния на здоровье пользователей.

В последние годы активно изучается действие на живые организмы электромагнитных полей в широком диапазоне частот от 3 Гц до 300 ГГц. В основном внимание уделяется микроволновой части электромагнитного спектра, тогда как диапазон метровых



длин волн от 30 до 300 МГц остается в стороне от основных направлений медико-биологических исследований. Следует отметить, что именно эта часть диапазона электромагнитных полей в соответствии с действующими в настоящее время российскими гигиеническими нормативами и стандартами безопасности практически всех зарубежных стран считается наиболее неблагоприятной по сравнению с другими частотами [1–3].

В научной литературе встречаются описания исследований, целью которых являлось выявление окислительного стресса у биологических объектов, подверженных воздействию ЭМП от мобильных устройств связи, путем оценки количества продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и определения активности антиоксидантной защиты. Известно, что чрезмерная активация свободнорадикальных и перекисных реакций является одним из главных факторов повреждения клеточных мембран [4]. Процессы ПОЛ играют определенную роль в регуляции липидного состава биомембран и активности ферментов. Продукты липопероксидных реакций могут оказывать как прямое действие на активность ферментов, так и опосредованное – через изменение состояния мембран, с которыми ассоциированы молекулы многих ферментов [5]. Усиление процессов ПОЛ имеет существенное значение в этиологии и патогенезе многих заболеваний и развитии последствий различных экстремальных воздействий. При развитии патологического процесса может нарушаться баланс образования и инактивации продуктов ПОЛ, метаболиты ПОЛ накапливаются в тканях и биологических жидкостях, что приводит к нарушениям в первую очередь в биологических мембранах. Это вызывает изменение физико-химических свойств мембранных белков и липидов, изменение активности мембранно-связанных ферментов, нарушение проницаемости мембран, ионного транспорта, уменьшение электрической стабильности липидного бислоя мембран [6].

Значительное большинство работ по выявлению окислительного стресса посвящено изучению влияния мобильных телефонов, работающих на основе стандарта цифровой мобильной сотовой связи GSM (от англ. Global System for Mobile Communications – глобальная система мобильной связи) в диапазонах 900 и 1800 МГц. В различных литературных источниках отмечаются изменения в уровнях концентрации продуктов ПОЛ, а также снижение антиоксидантной активности [7–10]. Помимо анализа биологических эффектов воздействия ЭМП стандарта GSM в научной литературе встречаются отдельные дан-

ные по оценке влияния ЭМП на ПОЛ и состояние антиоксидантной защиты при облучении ЭМП биологических объектов в других частотных диапазонах. В настоящее время проводятся интенсивные исследования, посвященные изучению влияния на живые организмы ЭМП в диапазонах от 2400 МГц и выше [11]. Однако работ, связанных с оценкой биологического действия ЭМП в диапазоне метровых длин волн на процессы ПОЛ, совершенно недостаточно. Известно лишь, что ежедневное облучение самцов крыс линии Wistar в метровом диапазоне частот приводит к изменению сигнальных белков лимфоцитов [12, 13].

### Материалы и методы

Для выявления возможных процессов окислительного стресса у лабораторных животных, подверженных влиянию ЭМП метрового диапазона, было проведено комплексное исследование, включающее определение концентрации продуктов ПОЛ, а также оценку общей антиоксидантной активности в сыворотке крови.

Источником излучения ЭМП метрового диапазона частот служила носимая радиостанция «Радий-301» («Ижевский радиозавод», Россия), работающая в диапазоне метровых длин волн и с максимальной выходной мощностью 5 Вт. Данная радиостанция является типичным представителем такого рода устройств, используется для организации оперативной связи и рекомендована к использованию в различных структурных подразделениях ОАО «РЖД».

В качестве объекта облучения выступали самцы белых беспородных лабораторных крыс массой 200–220 г. В экспериментальных исследованиях была использована 81 крыса. Животные случайным образом были разделены на группы истинного и мнимого облучения по 12 штук, при этом 9 животных в течение всего эксперимента содержались в условиях вивария.

Эксперименты проводились на лабораторных животных в соответствии с современными требованиями правил лабораторной практики по экспериментальному (доклиническому) исследованию в РФ (ГОСТ 351000.3-96 и 51000.4-96).

Животные размещались в индивидуальных радиопрозрачных контейнерах головой к источнику излучения. Контроль уровней излучения, осуществляемый с помощью широкополосного измерителя ЭМП Narda NBM-550 (Narda Inc., США), показывает, что напряженность электрической составляющей ЭМП составила 160 В/м. В зависимости от длительности воздействия ЭМП в экспериментальных исследованиях были выделены следующие серии:



I) однократная экспозиция длительностью 9 мин, с 30-секундным интервалом каждые 3 мин;

II) ежедневная экспозиция животных в одно и то же время в течение пяти дней длительностью 9 мин, с 30-секундным интервалом каждые 3 мин;

III) ежедневная экспозиция животных в одно и то же время в течение пяти дней длительностью 30 мин, с 30-секундным интервалом каждые 3 мин.

По окончании серии облучений осуществлялись декапитация и забор крови опытных и контрольных групп животных. Полученная кровь центрифугировалась в течение 15 мин со скоростью 3000 об/мин, после чего проводилась оценка концентрации продуктов ПОЛ – диеновых конъюгатов ( $C_{ДК}$ ), кетодиенов ( $C_{КД}$ ) и карбониллов ( $C_{КБ}$ ), а также оценивалась общая антиокислительная активность (АОА) сыворотки крови спектрофотометрическим методом на спектрофотометре «Сary-50» (Agilent Technologies Inc., США).

Определение продуктов перекисного окисления липидов проводили в сыворотке крови. Липиды количественно экстрагировали смесью этанол – гексан 1:2 на вортексе в присутствии 1% аскарбата при pH = 4,5. 3 метаболита определяли спектрально в одном и том же гексановом экстракте конвейерным способом в одной кювете. Спектрофотометрически определяли катаболиты перекисного окисления липидов по их коэффициентам экстинкции ( $\epsilon M, M^{-1} \times cm^{-1}$ ) в максимумах поглощения против холостой пробы: диеновые конъюгаты при 233 нм ( $\epsilon M = 23200$ ), кетодиены при 268 нм ( $\epsilon M = 21200$ ) и карбонилы при 203–205 нм ( $\epsilon M = 13500$ ) в гексановом экстракте [14].

Общую АОА сыворотки крови определяли с помощью реакции восстановления антиоксидантами свободного радикала – дифенилпикрилгидраза (ДФПГ). Исходный раствор готовился путем растворения несколько миллиграммов ДФПГ в хлороформе таким образом, чтобы раствор имел подходящую оптическую плотность (около 0,5–0,6  $cm^{-1}$ ) при длине волны 517 нм. Также готовился хлороформный экстракт сыворотки путем центрифугирования в течение 5 мин смеси 0,35 мл сыворотки крови с 3,5 мл хлороформа. Контрольный раствор готовился путем смешивания 3 мл хлороформа с 1 мл ДФПГ. При добавлении в контрольный раствор 40 мкл антиоксиданта (гидрохинон) происходило снижение оптической плотности, а разница между этими показателями характеризовала количество антиоксидантов в контрольной пробе. Количество антиоксидантов в исследуемой пробе определялось таким же образом: 1 мл ДФПГ смешивали с 3 мл хлороформного экстракта сыворотки, затем добавляли в раствор 40 мкл антиоксиданта и оценивали изменения в оптической плотности после добавления антиоксиданта. Разница между показателями количества антиоксидантов в контрольной и исследуемой пробах характеризовала общую АОА сыворотки крови [15].

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием критерия Стьюдента в вычислительной среде табличного процессора Statistica (StatSoft.Inc, США).

### Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов исследования, представленных в таблице, свидетельствует о влиянии экспозиции ЭМП на процессы ПОЛ.

#### Концентрация продуктов перекисного окисления липидов и уровни общей антиокислительной активности в сыворотке крови экспериментальных животных

Серия		$C_{ДК}$ , мкмоль/мл	$C_{КД}$ , мкмоль/мл	$C_{КБ}$ , мкмоль/мл	АОА, мэкв
I	Контроль	11,39 ± 0,87	3,79 ± 0,79	129,05 ± 10,37	0,34 ± 0,08
	Облучение	15,08 ± 1,05 <sup>*,**</sup>	4,60 ± 0,58	129,51 ± 9,20	0,42 ± 0,12
II	Контроль	13,84 ± 0,95	4,67 ± 1,03	122,14 ± 5,18	0,30 ± 0,05
	Облучение	10,76 ± 1,08 <sup>*</sup>	6,64 ± 1,02 <sup>**</sup>	131,39 ± 8,79	0,15 ± 0,04 <sup>*,**</sup>
III	Контроль	13,56 ± 1,25	4,51 ± 0,47	137,76 ± 17,58	0,32 ± 0,05
	Облучение	8,85 ± 1,91 <sup>*,**</sup>	6,28 ± 0,69 <sup>*,**</sup>	112,17 ± 11,23	0,18 ± 0,04 <sup>*,**</sup>
Виварий		12,57 ± 1,01	4,30 ± 0,67	134,80 ± 16,61	0,35 ± 0,08

Примечание. \* – достоверные различия с группой контроля, \*\* – достоверные различия с группой животных, содержащейся в виварии.



У экспонированных групп были выявлены достоверные различия  $S_{ДК}$  во всех сериях экспериментов по сравнению с группой контроля. Из таблицы видно, что в первой серии экспериментов уровень  $S_{ДК}$  достоверно увеличился ( $p < 0,05$ ) на 32%, тогда как во второй серии экспериментов этот показатель достоверно снизился ( $p < 0,05$ ) на 22%. При максимальной длительности экспозиции в третьей серии эксперимента было отмечено снижение  $S_{ДК}$  на 35% с большей достоверностью ( $p < 0,01$ ), причем как по сравнению с группой контроля, так и по сравнению с группой, содержащейся в виварии.

Уровень  $S_{КД}$  облученных животных в первой серии не отличались ни от контроля ни от показателей животных, находившихся в виварии. Во второй серии эксперимента значение  $S_{КД}$  облученных животных достоверно не отличался от контроля, но был достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем у животных, находившихся в виварии. В третьей серии экспериментов  $S_{КД}$  достоверно увеличился ( $p < 0,05$ ) на 35% у группы облученных животных, причем как по сравнению с группой контроля, так и по сравнению с группой, содержащейся в виварии.

Достоверных изменений  $S_{КБ}$  во всех сериях зарегистрировано не было.

Однако установлено достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение общей АОА сыворотки крови во второй и третьей сериях экспериментов, тогда как в первой серии исследований таких различий не наблюдалось.

Достоверных различий контролируемых параметров в группах мнимого облучения и группе, содержащейся в виварии, не установлено, что свидетельствует об отсутствии каких-либо иных факторов, кроме облучения, воздействующих на все исследуемые показатели.

Известно, что под воздействием внешних факторов активация процессов ПОЛ может возникать вследствие изменений кислородного режима клеток живого организма [16]. Таким образом, в наших исследованиях при однократном кратковременном воздействии ЭМП на организм животного наблюдается некоторое усиление процессов ПОЛ, что не влечет за собой образования компенсаторных процессов антиоксидантной защиты организма. Тем не менее при ежедневном воздействии на организм ЭМП с интенсивностью ниже порога теплового действия в условиях острого эксперимента установлено смещение прооксидантно-антиоксидантного равновесия сыворотки крови. Полученные данные могут свидетельствовать об активации свободно радикальных реакций и наличии явлений окислительного

стресса при увеличении времени и неизменном уровне экспозиции ЭМП.

### Выводы

Однодневное облучение экспериментальных животных ЭМП метрового диапазона с представленными параметрами приводит к первичному усилению процессов ПОЛ. Регулярное воздействие на организм экспериментальных животных ЭМП метрового диапазона с представленными параметрами приводит к нарушению равновесия в системе прооксиданты–антиоксиданты, что свидетельствует о повреждающем действии ЭМП на мембраны и клеточные структуры.

Можно предполагать, что воздействие ЭМП метрового диапазона с интенсивностью ниже порога теплового действия может индуцировать развитие процессов окислительного стресса в организме.

### Список литературы

1. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи». М., 2003.
2. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». М., 2003.
3. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). Eighteenth individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC// Off J. Eur. Union. 2004. Т. 159. С. 1–26.
4. Кузнецов В. И., Моррисон В. В., Лиско О. Б., Царева Т. Д., Сретенская Д. А., Гаврилова И. Б., Хлебозжарова О. А. Липиды в структуре и функционировании биологических мембран // Саратов. науч.-мед. журн. 2014. Т. 10, № 2. С. 262–266.
5. Bochkov V. N., Oskolkova O. V., Birukov K. G., Levonen A. L., Binder C. J., Stöckl J. Generation and biological activities of oxidized phospholipids // Antioxid. Redox. Signal. 2010. Vol 12, № 8. P. 1009–1059.
6. McIntyre T. M. Lipid Oxidation and Cardiovascular Disease : Introduction to a Review // Series Circ. Res. 2010. Vol. 107. P. 1167–1169.
7. Mohamed F. A., Ahmed A. A., El-Kafoury B. M. A., Lasheen N. N. Study of the Cardiovascular Effects of Exposure to Electromagnetic Field // Life Sci. J. 2011. Vol. 8, № 1. P. 260–274.
8. Megha K., Deshmukh P. S., Banerjee B. D., Tripathi A. K., Abegaonkar M. P. Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment and inflammation in brain of Fischer rats // Indian J. of Exp. Biol. 2012. Vol. 50. December. P. 889–896.
9. Kerman M., Senol N. Oxidative stress in hippocampus induced by 900 MHz electromagnetic field emitting mobile



- phone: Protection by melatonin // Biomed. Res. 2012. Vol. 23, № 1. P. 147–151.
10. Çenesiz M., Atakişi O., Akar A., Onbilgin G., Ormanci N. Effects of 900 and 1800 MHz electromagnetic field application on electrocardiogram, nitric oxide, total antioxidant capacity, total oxidant capacity, total protein, albumin and globulin levels in Guinea pigs // J. Veterinary Med. Fac. Kafkas Univ. Vol. 17, № 3. P. 357–362.
  11. Moussa S. A. Oxidative stress in rats exposed to microwave radiation // Romanian J. Biophys. 2009. Vol. 19, № 2. P. 149–158.
  12. Dabala D., Surcel D., Szanto C., Miclaus S., Botoc M., Toader S., Rotaru O. Cellular response in experimental exposure to electromagnetic fields // Rev. Roum. Sci. Techn. Électrotechn. et Énerg. 2008. № 53. P. 21–29.
  13. Dabala D., Surcel D., Szanto C., Miclaus S., Botoc M., Toader S., Rotaru O. Oxidative and Immune Response in Experimental Exposure to Electromagnetic Fields // Electromagnetic Field, Health and Environment. 2008. Vol. 29. P. 105–109.
  14. Pompella A., Maellaro E., Casini A.F., Ferrali M., Ciccolli L., Comporti M. Measurement of lipid peroxidation in vivo: comparison of different procedures // Lipids. 1987. № 22. P. 206–211.
  15. Величковский Б. Т. Экологическая пульмонология (Роль свободнорадикальных процессов). Екатеринбург, 2003. 141 с.
  16. Жигулина В. В. Биохимический ответ организма на стресс (Обзор литературы) // Верхневолж. мед. журн. 2014. № 4. С. 25–30.

УДК 579.26

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАКТЕРИЙ – АССОЦИАНТОВ ЯБЛОННОЙ ТЛИ (*APHIS POMI* DEGEER, 1773)

Е. В. Глинская, В. В. Аникин, Р. А. Верховский, А. А. Абалымов

Саратовский государственный университет  
E-mail: elenavg-2007@yandex.ru, anikinvasiliiv@mail.ru



Изучены биологические особенности ассоциативных микроорганизмов яблонной тли, паразитирующей на древесных растениях на территории Саратовской области. Выделено 12 видов бактерий из 2 родов. 94.2% видов способны расщеплять глюкозу; 76.5% – сахарозу. Щелочное значение pH предпочитают 100% изолятов. *Bacillus funiculus*, *B. clausii*, *B. oleronius*, *B. soli* обладают пектиназной активностью, 83% видов имеют фермент нитрогеназу, 58% видов способны к расщеплению целлюлозы.

**Ключевые слова:** ассоциативные бактерии, яблонная тля, Саратовская область.

### Biological Properties of Bacteria – Associants *Aphis Pomi* Degeer, 1773

Е. В. Glinskay, В. В. Anikin,  
Р. А. Verchovsky, А. А. Abalymov

The biological features of associative microorganisms *Aphis pomi* in the Saratov Region were studied. 12 species of bacteria from 2 genera were isolated. 94.2% of the species are able to use glucose; 76.5% – saccharose. Alkaline pH is preferred 100% of the isolates. *Bacillus funiculus*, *B. clausii*, *B. oleronius*, *B. soli* have pectinase activity, 83% of the species have the enzyme nitrogenase, 58% of species are capable to recove cellulose.

**Key words:** bacteria - associants, *Aphis pomi*, Saratov Region.

DOI: 10.18500/1816-9775-2015-15-3-48-51

В последние годы интерес исследователей все чаще привлекают микроорганизмы, ассоциированные с макроорганизмами. Изучение симбиотических отношений – это важный этап пони-

мания функционирования экосистем, разработки новых микробиологических методов ограничения численности паразитических микроорганизмов и основа создания уникальных препаратов на основе факультативных симбионтов [1–5].

Целью настоящей работы являлось определение биологических особенностей ассоциативных микроорганизмов яблонной тли (*Aphis pomi*), обитающей на территории право- и левобережья Саратовской области.

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений и лаборатории молекулярной биологии Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в период с 2014 по 2015 г.

Объектом исследования являлись бескрылые особи яблонной тли, собранные в весенне-летний период 2014 г. с деревьев яблони домашней (*Malus domestica* Borkh., 1803), растущих на дачных участках Саратовского, Хвалынского, Энгельсского и Пугачевского административных районов Саратовской области в период с мая по август 2014 г. Систематическое положение насекомых определяли по Блэкмэну и Эстопу [6].

В ходе исследования было изучено 1600 особей тли.

Перед бактериологическим посевом в лаборатории насекомых усыпляли эфиром. Поверхность насекомых обрабатывали 70%-ным