

Оценка экологической значимости сверхвысокочастотного электромагнитного излучения малой интенсивности по данным биотестирования

© 2014. В. Н. Никитина¹, д.м.н., зав. лабораторией, В. В. Петраш², д.б.н., зав. лабораторией, Е. А. Броницкая², с.н.с., Г. Г. Ляшко¹, к.м.н., с.н.с., В. И. Жаворонков³, д.т.н., профессор,

¹Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,

²Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России,

³Вятский государственный гуманитарный университет,

e-mail: nvn1964@yandex.ru

Методом биотестирования оценили экологическую значимость техногенных электромагнитных излучений низкой интенсивности СВЧ-диапазона, создаваемых средствами сотовой связи. В качестве биологического тест-объекта использована рожь озимая (*Secale cereale* L.), сорт Былина. Семена высевали по 5 штук в отдельные горшочки, которые располагали на контрольном и опытном полях. Источник СВЧ-излучения стандарта сотовой связи GSM-900 (мобильный телефон модели SGH-X160 Samsung Electronics Co., Ltd.) помещали в центральной части опытного поля на 28 дней. Для определения уровня плотности потока энергии использовали измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. Телефон работал в режиме вызова абонента в течение 120 секунд семь раз в сутки. Контрольные растения находились в другом, идентичном по микроклимату помещении. Эксперименты проводили в разное время года (осень, зима, весна). По окончании каждого эксперимента подсчитывали количество проросших растений; измеряли длину листьев, их количество и массу. Сравнивали показатели состояния растений опытного и контрольного полей. Результаты выявили негативные отличия в развитии опытных растений.

The purpose of the research is assessment of ecological importance of technogenic electromagnetic radiations of low intensity range (UHF), created by means of cellular communication (with method of biotesting). As a biological test-object we used winter rye (*Secalecereale* L.), cultivar «Bylina». Seeds were planted by 5 in separate pots, which were located in the control and experimental fields. The source of UHF radiation, a mobile phone, model SGH-X160 Samsung Electronics Co., Ltd. was placed in the centre of the field for 28 days. To determine the level of energy flux density we used a tester levels of electromagnetic radiation P3-41. Telephone was operating in the calling regime of a subscriber during 120 seconds seven times a day. Control plants were kept in another identical microclimate indoors. Experiments were conducted at different times of the year (autumn, winter, spring). On completion of every experiment we counted up the amount of germinating plants; measured the length of leaves, their amount and mass. We compared the indicators of the experimental and control plants. The results revealed negative tendencies in development of tested plants, as compared with the control plants.

Ключевые слова: биотестирование, тест-объект, рожь озимая, СВЧ электромагнитные излучения, мобильный телефон

Keywords: biotesting, test object, winter rye, UHF electromagnetic radiations, mobile phone

Введение

Экологическая значимость техногенных электромагнитных полей (ЭМП) всё более возрастает. В последние годы наряду с изучением воздействия ЭМП на здоровье человека всё большее внимание специалистов привлекает исследование воздействия ЭМП на разнообразные элементы биоценоза. На сегодня имеется ряд публикаций о влиянии микроволновых излучений на птиц, млекопитающих, микроорганизмы и др. [1–5]. Среди источников электромагнитного загрязнения

окружающей среды одно из ведущих мест занимают электромагнитные излучения (ЭМИ) сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Это связано прежде всего с широким внедрением средств сотовой радиосвязи. В окружающей среде ЭМИ создаются антеннами базовых станций сотовой связи и абонентскими терминалами. Максимальные (средние) значения выходной мощности радиопередающего оборудования систем (стандартов) сотовой связи всех поколений соответствуют интервалам 10–100 Вт для базовых станций и 0,1–2,0 Вт – для абонентских станций. Как правило,

базовые станции имеют секторные антенны с усилением до 15–17 дБ. В результате эквивалентная излучаемая мощность может достигать 250–1000 Вт. Полоса частот радиозлучения зависит от стандарта сотовой связи и составляет от 453 до 1980 МГц [6].

По данным Международного союза электросвязи, в настоящее время 90% населения мира имеет доступ к сетям подвижной связи, а значит, проживает на территориях в зонах излучения ЭМИ антенн базовых станций. Численность подписчиков услуг подвижной радиосвязи неуклонно растёт, охватывая всё более широкий круг возрастных групп населения [7]. Каждый подписчик использует абонентский терминал – сотовый телефон.

В последние годы в нашей стране и за рубежом были получены новые данные об отрицательном влиянии излучений мобильных телефонов на здоровье людей, в том числе детский организм [8–10]. Авторы констатируют, что постоянное воздействие ЭМИ мобильных телефонов вызывает снижение функций мышления, внимания и памяти, изменение межполушарной синхронизации ритмов ЭЭГ [11, 12]. Ряд исследований указывает на риск возникновения канцерогенеза, связанного с использованием мобильных телефонов [13, 14]. Это подтверждают и данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [7]. В 2011 году Агентство по раку ВОЗ на основании результатов серии исследований классифицировало ЭМП сотового телефона как возможный канцероген и присвоило адекватный класс опасности 2В.

Интенсивное внедрение сотовой связи и идущее параллельно с этим процессом электромагнитное загрязнение окружающей среды делают актуальной задачу проведения разноплановых исследований по изучению экологии сотовой связи, поскольку возможно не только прямое, но и опосредованное (через изменения биоценоза) негативное влияние этого фактора на людей. Микроволны могут действовать подобно физическому мутагену, активация которого может привести к мутационным изменениям у многих представителей флоры и фауны, между которыми существуют тесные связи.

Цель представленной работы – исследовать влияние ЭМИ низкой интенсивности, создаваемых средствами сотовой связи, на развитие растений. В работе изучалось влияние ЭМИ СВЧ-диапазона стандарта сотовой связи GSM–900. В эксперименте моделировались реальные ЭМИ, соответствующие по параме-

трам модуляции сигнала и интенсивности излучения ЭМИ, создаваемыми в окружающей среде антеннами базовых станций сотовой связи и мобильными телефонами.

Материалы и методы

В качестве биологического тест-объекта была использована рожь озимая (*Secale cereale* L.), сорт Былина (сортоиспытательный участок ГНУ Ленинградский НИИСК Белогорка РАСХН). Методика по применению данного тест-объекта соответствует стандарту ISO 11269-2 [15]. В каждом эксперименте высевали 150 зёрен в контроле и 145 зёрен в опыте. В центральной части опытного поля помещали источник излучения – мобильный телефон модели SGH-X160, Samsung Electronics Co., Ltd.

Телефон работал с подключением режима вызова абонента. Вызов на телефон осуществляли семь раз в сутки по 120 секунд. Длительность каждого эксперимента составляла 28 дней. Контрольные растения находились в другом помещении на расстоянии 7 метров от опытных. В обоих помещениях в течение эксперимента измеряли температуру и фоновые уровни ЭМИ.

Эксперименты проводили трижды в разное время года (осень, зима, весна), учитывая различную продолжительность дня, количество солнечных дней, длительность инсоляции. Сравнивали показатели состояния растений, расположенных от телефона на расстоянии 1,0 – 3,0 см (ближний радиус) и на расстоянии 8,0 – 15,0 см (дальний радиус).

По окончании каждого эксперимента проводили подсчёт растений, измеряли длину листьев, их количество и массу. Статистическую обработку результатов производили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Для определения уровня плотности потока энергии использовали измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. Проверка прибора проводится ежегодно.

Схема точек измерения ЭМИ представлена на рисунке 1.

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что при включении мобильного телефона «Samsung» SqH-X-160 (режим: вызов абонента) интенсивность излучения не постоянна и меняется во времени. При включении телефона (первый звуковой сигнал вызова) интенсивность

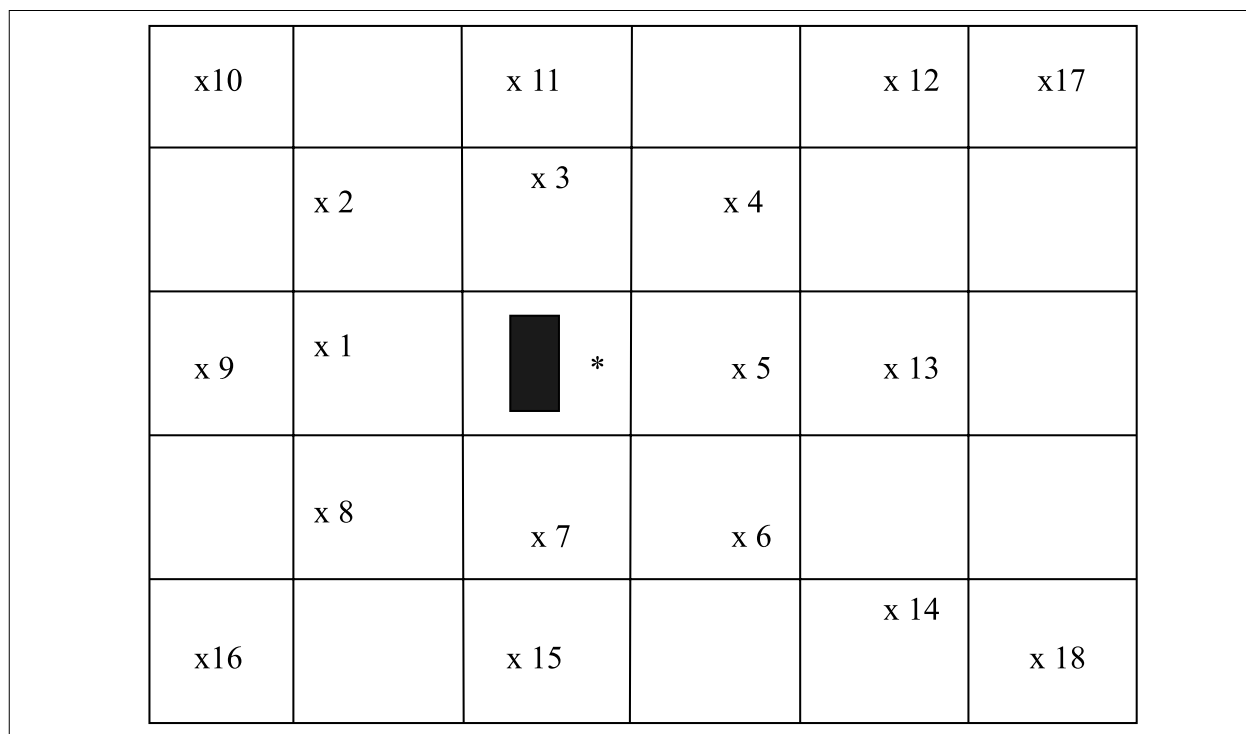



Рис. 1. Схема расположения точек измерения ЭМП, создаваемого антенной мобильного телефона «Samsung» ModelSqH-X-160, в границах экспериментального стенда.  – мобильный телефон (* – лицевая сторона телефона).

электромагнитного излучения максимальна. В таблице 1 представлены измеренные уровни плотности потока СВЧ-энергии в границах экспериментального стенда. Наибольшие уровни ЭМП были зарегистрированы в различных точках на расстоянии 7,0 см от теле-

фона и составляли от 7,18 до 14,17 мкВт/см². При последующих вызовах уровень электромагнитного излучения ниже (в различных точках от 0,26 до 0,67 мкВт/см²). С увеличением расстояния от телефона уровень электромагнитного излучения снижался.

Таблица 1

Уровни плотности потока энергии СВЧ, создаваемые мобильным телефоном «Samsung» ModelSqH-X-160» в границах экспериментального стенда.

Точка измерения	Расстояние от источника излучения (см)	Плотность потока энергии ЭМП (мкВт /см ²)	Примечание
1	7,0	13,50 – <0,26*	тыльная сторона телефона
2	7,0	11,73 – 0,33	
3	7,0	12,89 – 0,27	слева от телефона
4	7,0	7,95 – 0,67	
5	7,0	12,85 – 0,61	лицевая сторона телефона
6	7,0	7,18 – 0,36	
7	7,0	9,03 – 0,41	справа от телефона
8	7,0	14,17 – 0,55	
9	12,0	9,50 – 0,27	тыльная сторона телефона
10	16,0	3,18 – 0,33	
11	12,0	7,68 – 0,27	слева от телефона
12	12,0	2,76 – 0,81	
13	12,0	5,76 – 0,33	лицевая сторона телефона
14	16,0	3,31 – 0,37	
15	12,0	6,50 – 0,44	справа от телефона
16	12,0	3,56 – 0,37	
17	19,0	3,18 – 0,29	
18	19,0	1,30 – <0,26*	

Примечание: * чувствительность прибора 0,26 мкВт /см²

Согласно СанПиН уровни ЭМП, создаваемые антеннами базовых станций диапазона частот 300-2400 МГц на селитебной территории, внутри жилых, общественных и производственных помещений, не должны превышать 10,0 мкВт/см² [16]. Анализ результатов измерений показывает, что в окружающей среде (отдельных зонах экспериментального стенда) мобильный телефон создавал ЭМИ, превышающие указанное предельно допустимое значение.

На рисунке 2 представлена карта распределения электромагнитных излучений в границах экспериментального стенда.

Результаты исследований по изучению влияния ЭМИ сотовой связи на растения приведены в таблицах 2 и 3.

Исследования показали, что у растений, размещённых как в ближнем, так и дальнем радиусах СВЧ излучения в осенний и весенний сезоны, имеет место достоверное уменьшение по сравнению с контролем некоторых показателей их развития (количество проросших семян, величина зелёной массы). В зимний период выраженных отличий опытных и контрольных растений не было выявлено.

В целом из наблюдений на протяжении опытов можно заключить, что поле СВЧ низкой интенсивности является некоторым негативным фоном для развития растений в периоды их активного роста осенью и весной.

Помимо количественных характеристик многие растения, особенно в ближнем радиусе, имели отличающийся от контрольных расте-

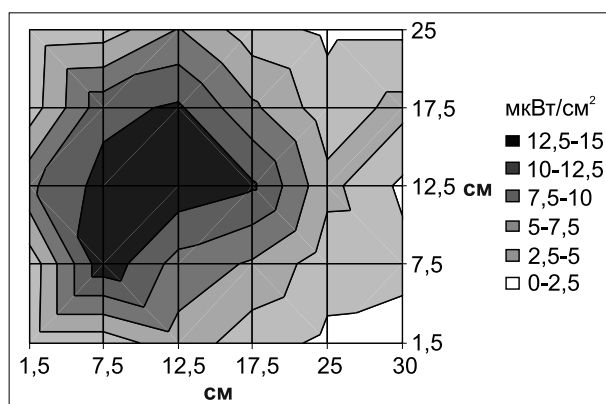


Рис. 2. Карта распределения ЭМП (мкВт/см²), создаваемого антенной мобильного телефона «Samsung» Model SqH-X-160, в границах экспериментального стенда.

ний вид: укороченный или искривленный стебель, изменённая форма листовых пластинок. Пример такого рода отличий контрольной и опытной групп растений осеннего эксперимента приведён на рисунке 3.

Посевной материал озимой ржи до начала второй и третьей серии опытов (зимний и осенний периоды) хранился в лаборатории в состоянии вынужденного покоя вследствие отсутствия условий для его прорастания. Покой – нормальное физиологическое состояние семян растений. Его следует рассматривать как закреплённое наследственностью биологическое приспособление к перенесению неблагоприятных условий, характеризующееся отсутствием ростовых явлений, крайней степенью угнетённости

Таблица 2

Влияние излучения мобильного телефона на всхожесть и развитие озимой ржи (M + m) на расстоянии 1,0 – 3,0 см

Время года	Всхожесть растений в одном горшочке, шт.		Зелёная масса в одном горшочке, г	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Осень	3,9 ± 0,7	4,8* ± 0,4	1,2 ± 0,3	1,4 ± 0,3
Зима	4,1 ± 0,7	4,1 ± 0,9	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Весна	3,5 ± 1,1	4,3 ± 0,8	0,6 ± 0,1	0,8* ± 0,1

Примечание: * различия достоверны при p < 0,05

Таблица 3

Влияние излучения мобильного телефона на всхожесть и развитие озимой ржи (M + m) на расстоянии 8,0 – 15,0 см

Время года	Всхожесть растений в одном горшочке, шт.		Зелёная масса в одном горшочке, г	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Осень	4,5 ± 0,7	4,6 ± 0,5	1,3 ± 0,2	1,5* ± 0,1
Зима	4,2 ± 0,9	3,7 ± 1,4	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,2
Весна	3,4 ± 1,3	4,3* ± 0,7	0,5 ± 0,1	0,8* ± 0,1

Примечание: * различия достоверны при p < 0,05

дыхания и снижением интенсивности превращения веществ.

При прорастании семян внешние условия могут в значительной степени влиять на темп развития, соотношение роста и развития, количество всходов растений [17]. Поскольку для опытов использовали озимую рожь, то можно предположить, что прорастание семян и дальнейшее развитие растений в весенний и особенно в зимний периоды будет не характерным для данного сорта. Обращает на себя внимание то, что воздействие СВЧ-излучения не оказалось значимым для растений зимнего опыта. Этот факт предположительно связан с тем, что влияние генетически незапрограммированного зимнего времени сева нивелировало влияние СВЧ-поля, иначе говоря, влияние СВЧ-поля соразмерно по проявленному эффекту со «стрессом» необычного для вегетации времени года.

Таким образом, можно заключить, что СВЧ ЭМИ низкой интенсивности могут при определённых условиях проявлять своё негативное воздействие на живую природу. Интенсивное внедрение различных видов подвижной связи (сотовой, спутниковой, транкинговой) позволяет прогнозировать дальнейший рост электромагнитного загрязнения окружающей среды. Выходная мощность радиопередатчиков в радиосистемах при этом, с одной стороны, должна обеспечивать качество радиосвязи, с другой – напрямую связана с экологической опасностью излу-

чений. Необходимы исследования широкого спектра биологических объектов и определение приемлемого риска воздействия ЭМИ на экосистему в целом, разработка методологии экологического нормирования электромагнитных излучений в окружающей среде.

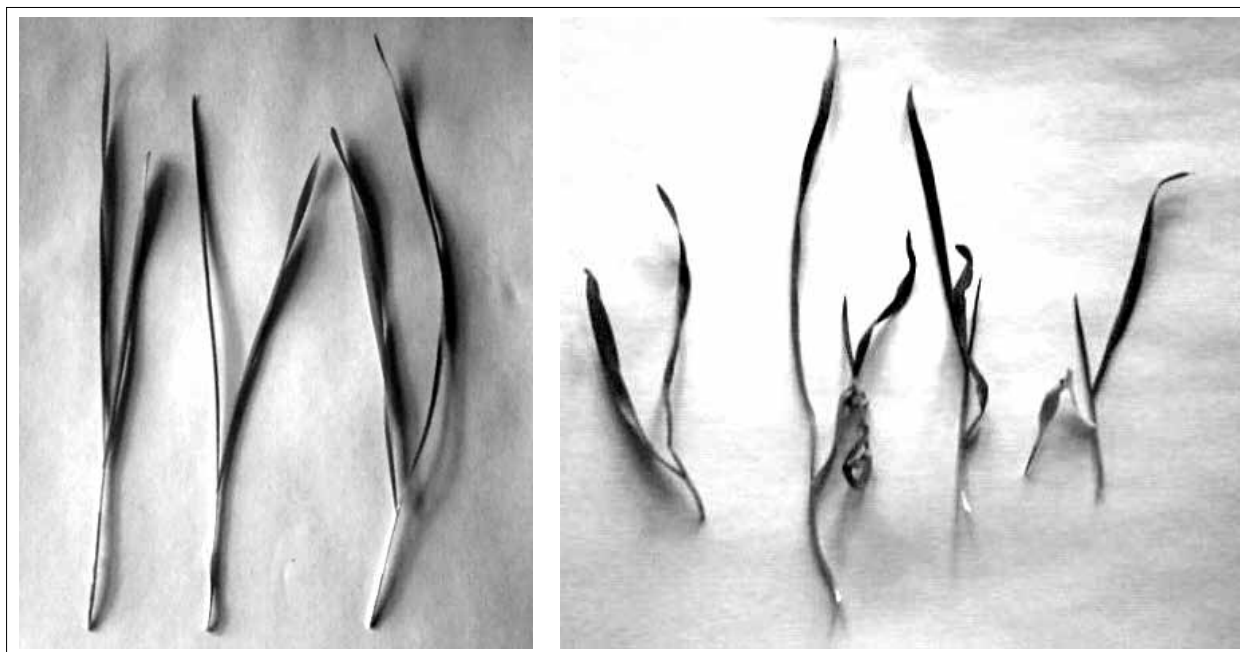
Выводы

1. Электромагнитные СВЧ-излучения малой интенсивности, создаваемые в окружающей среде средствами подвижной сотовой радиосвязи, могут оказывать неблагоприятное влияние на развитие растений в периоды активности их физиологических процессов.

2. Наши данные, а также анализ опубликованных работ по влиянию ЭМИ на биocenоз свидетельствует, что оценка опасности электромагнитных излучений только по гигиеническим критериям (предельно допустимым уровням воздействия ЭМИ на человека) недостаточна.

Литература

1. Песня Д.С., Романовский А.В., Прохорова И.М. Разработка методики для оценки влияния СВЧ-излучения сотовых телефонов и других приборов с ЭМИ РЧ на организмы *in vivo* // Ярославский педагогический вестник. 2010. № 3. С. 80–84.
2. Песня Д.С., Романовский А.В., Прохорова И.М., Артемова Т.К., Ковалева М.И., Фомичева А.Н., Конда-



а) б)
Рис. 3. Вид растений (осенний период): а – контроль; б – опыт (зона ближнего радиуса СВЧ-поля мобильного телефона).

кова Е.С., Халото К.М., Вакорин С.А. Исследование мутагенного эффекта модулированного УВЧ-излучения сотовых телефонов на растительных и животных организмах *in vivo* // Радиолокация и радиосвязь: Материалы IV Всероссийской конференции. М.: ИРЭ РАН. 2010. С. 924–929.

3. Павлович С.А. Магнито-чувствительность и магнито-восприимчивость микроорганизмов. Минск: Беларусь, 1981. 172 с.

4. Буренков М.С., Пичугин В.Ю., Энгватов В.В. Влияние микроволн 9,5–10 ГГц и сезонных факторов на поведение мышей в условиях натуральных экспериментов // Электромагнитное загрязнение окружающей среды: Тезисы докл. конф. СПб. 1993. С. 60.

5. Буренков М.С., Буренкова Л.А., Кисленко Г.С., Коротков Ю.С., Пичугин В.Ю., Чунихин С.П., Энгватов В.В. Влияние микроволн (МВ) на выживаемость клещей СЕМ IXODIDAE // Электромагнитное загрязнение окружающей среды: Тезисы докл. конф. СПб. 1993. С. 76–77.

6. Мордачев В.И. Системная экология сотовой радиосвязи. Минск: Изд.центр БГУ, 2009. 319 с.

7. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Формирование научной базы для оценки влияния ЭМП сотовой связи на здоровье – важнейшие данные 2011 года // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2011 год. М.: Центр электромагнитной безопасности, 2012. С. 9–15.

8. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей и подростков (ситуация, требующая принятия неотложных мер) // Радиационная медицина. Радиоэкология. 2005. Т. 45. № 4. С. 442–450.

9. Grigoriev Y.G., Grigoriev O.A., Ivanov A.A., Lyaginskaya A.M., Mergulov A.V., Shagina N.B., Maltsev V.N., Ulanova A.M., Osipov V.A., Shafirkin A.V. Confirmation studies of soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunological results // Bioelectromagnetics. 2010. V. 31. № 8. P. 589–602.

10. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Иванов А.А., Лягинская А.М., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шагина Н.Б. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента): Сообщение 1. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 1. С. 5–11.

11. Salford L., Brun A., Eberhardt J. Microwaves emitted by mobile phones damage neurons in the rat brain // EMF and biological effects. Proc. 3 rd Int. EMF seminar in China. China. 2003. P. 33–34.

12. Полякова С.П. Физиолого-гигиеническая оценка электромагнитных полей, модулированных в соответствии со стандартами сотовой связи, на функциональное состояние центральной нервной системы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: НИИ медицины труда РАМН, 2004. 20 с.

13. Markova E., Malmgren L., Belyaev I. GSM/UMTS microwaves inhibit 53BP1 DNA repair foci in human stem cells stronger than in differentiated cells: mechanistic link to possible cancer risk // *Envir. Health Perspect.* 2010. V. 118(3). P. 394–399.

14. Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F. Time trends in brain tumor incidence rates in Denmark, Finland, Norway, and Sweden, 1974–2003 // *Journal of the National Cancer Institute.* 2010. V. 102(10). P. 740–743.

15. ISO 11269-2. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora. Part 2: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants. 1995. 7 p.

16. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.

17. Лебедев С.И. Физиология растений. М.: Колос, 1982. 463 с.