

Здоровье населения

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Плеханов В.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЧАСТОТОЙ 50 ГЦ НА СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ И ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург

Введение. Актуальны исследования реальной электромагнитной обстановки на территории жилой застройки при эксплуатации электросетевых объектов и оценка состояния здоровья населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи (ВЛ) различного напряжения и трансформаторных подстанций (ТП).

Материал и методы. Проводились измерения и оценка уровней электрических и магнитных полей частотой 50 Гц, создаваемых ВЛ различного напряжения и несколькими типами ТП закрытого типа. Для оценки состояния здоровья населения использовался показатель хронического перенапряжения, анализировались данные анкетирования лиц, проживающих вблизи ВЛ 110–220 кВ.

Результаты. Получены результаты измерения уровней электромагнитных полей (ЭМП), создаваемые ВЛ напряжением 35, 110 и 220 кВ, в том числе на различных расстояниях с трансформаторными подстанциями. Выполнена оценка тренда отношения шансов (ОР) по показателю хронического перенапряжения для проживающих от 10 до 20 лет на расстоянии до 300 м от ВЛ. Трансформаторные подстанции закрытого типа не создают ЭМП, превышающих гигиенические нормативы (ГН) электрических и магнитных полей 50 Гц. Уровни напряженности электрических полей превышают ГН под проводами ВЛ 110 и 220 кВ. На расстоянии 2 м от ВЛ 110 кВ и 10 м от ВЛ 220 кВ превышений ПДУ ЭМП не зарегистрировано. Уровни индукции магнитных полей не превышали ПДУ. У лиц, проживающих на расстоянии до 300 м от ВЛ 110–220 кВ, выявлены статистически достоверные изменения показателя хронического перенапряжения.

Заключение. ТП закрытого типа не создают ЭМП 50 Гц, превышающих ГН. Соблюдение требований электробезопасности ВЛ (охранных зон ВЛ) обеспечивает ПДУ электрических и магнитных полей 50 Гц за их пределами. Актуально продолжение исследований по оценке риска здоровью населения, проживающего вблизи ВЛ.

Ключевые слова: электромагнитные поля; предельно допустимые уровни; воздушные линии электропередачи; трансформаторные подстанции; селитебная территория.

Для цитирования: Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Плеханов В.П. Исследование электромагнитных полей частотой 50 Гц на селитебных территориях и экспертная оценка состояния здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 665-670. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-665-670>

Для корреспонденции: Никитина Валентина Николаевна, доктор мед. наук, зав. отд. изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: nikitina@s-znc.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Никитина В.Н.; сбор и обработка материала – Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Плеханов В.П.; статистическая обработка – Плеханов В.П.; написание текста – Никитина В.Н.; редактирование – Калинина Н.И.; утверждение окончательного варианта статьи – Никитина В.Н.; ответственность за целостность всех частей статьи – Никитина В.Н.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Plekhanov V.P.

STUDY OF 50 HZ ELECTROMAGNETIC FIELDS IN RESIDENTIAL AREAS AND EXPERT ASSESSMENT OF THE POPULATION HEALTH STATUS

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

Introduction. The real electromagnetic situation in a residential area in the process of power supply network operation and health status assessment of population living in the vicinity of overhead transmission lines (OTL) of various voltages and transformer substations (TS) are of current interest. The effect of 50 Hz electric fields (EF) and magnetic fields (MF) on human health has not been sufficiently studied.

Material and Methods. Measurement and assessment of 50 Hz EF and MF levels generated by 35, 110 and 220 kV OTL and by 6 kinds of closed-type transformer substations were carried out. Chronic overstrain index was used to assess population health status. Questionnaire study data among residents in the vicinity of 110-220 kV OTL were used for calculation of chronic overstrain index.

Results. Closed-type transformer plants don't generate EMF or exceed 50 Hz EF or MF health standards (HS). Electric field intensity levels exceeding HS were registered under 110 and 220 kV OTL. EMF health standards were not exceeded at a distance of 2 m from 110 kV OTL and 10 m from 220 kV OTL. Magnetic field induction levels did not exceed maximum allowable levels. Significant levels of chronic overstrain were revealed in residents living at a distance of under 300 m from 110-220 kV OTL.

Conclusions. Closed-type transformer substations do not generate 50-Hz EMF exceeding health standards. Compliance with the electrical safety requirements of overhead transmission lines (overhead line safety zones)

provides compliance with the maximum allowable levels of 50 Hz electric and magnetic fields. Population health risk assessment study among the population in the vicinity of OTL is relevant.

Key words: *electromagnetic fields; maximum allowable levels; overhead power transmission lines; transformer substations; residential areas.*

For citation: Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Plekhanov V.P. Study of 50 Hz electromagnetic fields in residential areas and expert assessment of the population health status. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 665-670. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-665-670

For correspondence: Valentina N. Nikitina, MD, Ph.D., DDSci., Head of electromagnetic radiation research department of the North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: nikitina@s-znc.ru

Information about the author:

Nikitina V.N., <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>; Kalinina N.I., <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>; Lyashko G.G., <https://orcid.org/0000-0002-4832-769X>; Plekhanov V.P., <http://orcid.org/0000-0002-8141-7179>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Contribution: concept and design of the study – Nikitina V.N.; the collection and processing of the material – Lyashko G.G., Kalinina N.I., Plekhanov V.P.; statistical processing – Plekhanov V.P.; writing text – Nikitina V.N.; editing – Kalinina N.I.; adoption of the final version of the article – Nikitina V.N.; responsibility for the integrity of all parts of the article – Nikitina V.N.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

Введение

Научно-технический прогресс сопровождается ростом числа источников электромагнитных полей (ЭМП) и разнообразием параметров электромагнитного фактора, воздействующих на население (частотных диапазонов ЭМП, длительности и интенсивности воздействующего фактора, характеристик модуляции сигналов, локализации облучения и др.) [1–6]. Свой вклад в электромагнитное загрязнение среды обитания человека вносят высоковольтные воздушные линии электропередачи, трансформаторные подстанции (ТП) закрытого типа различной мощности, расположенные на селитебных территориях и являющиеся источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты (50) Гц. На первых этапах изучения биологического действия ЭМП, создаваемых электросетевыми объектами, основное внимание было уделено влиянию электрического поля (ЭП) 50 Гц. В 1984 г. были установлены предельно допустимые уровни ЭП частотой 50 Гц для населения и гигиенические требования к размещению и эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛ). В дальнейшем за рубежом и в нашей стране внимание исследователей было сосредоточено на изучении влияния магнитного поля (МП) частотой 50 Гц. Так, при сравнительном анализе заболеваемости населения, проживающего вблизи ВЛ авторы отмечали различия в структуре классов, форм и групп заболеваний, в частности, тенденцию к увеличению заболеваний эндокринной системы, нарушению обмена веществ и иммунитета, заболеваний нервной системы и органов чувств при воздействии МП ВЛ интенсивностью 5 и 10 мкТл [7]. Магнитное поле промышленной частоты в 2002 г. Международным агентством по исследованию рака (МАИР) было отнесено к потенциальным канцерогенам по лейкозам для детей, что позволило рекомендовать введение предупредительного принципа гигиенического нормирования МП частотой 50 Гц для населения [8].

В литературных источниках сообщается о жалобах населения, проживающего вблизи линий электропередачи напряжением 110 кВ, на нарушения сна, головную боль, головокружение. Авторы констатируют более частые случаи заболеваемости гипертонией, простудными заболеваниями, низкие показатели самочувствия и активности по сравнению с контролем. Во Франции, Бразилии, Великобритании ведутся эпидемиологические исследования детских онкологических заболеваний в связи с проживанием детей в домах поблизости от высоковольтных линий. В Италии проводится изучение причин смертности населения, проживающего на расстоянии 100 м от линий электропередачи. Проводятся исследования электромагнитной обстановки в квартирах, расположенных над встроенными трансформаторными станциями и на территории вблизи трансформаторных подстанций [9–15].

В большинстве зарубежных исследований, посвящённых воздействию низкочастотных МП, в качестве критерия для оценки риска используют такие болезни, как лейкемия, опухоли ЦНС и лимфомы у детей, выкидыши у женщин, болезнь

Альцгеймера и др. Некоторые исследования посвящены оценке стрессовых реакций организма добровольцев после воздействия МП промышленной частоты 50 Гц. В России были выполнены экспериментальные исследования по научному обоснованию гигиенических нормативов фактора МП 50 Гц и в 2007 г. были утверждены предельно допустимые уровни МП частотой 50 Гц для населения [16–20].

Несмотря на современную тенденцию перевода воздушных электросетей, расположенных на территории жилой застройки, в кабельное исполнение, продолжает оставаться актуальным изучение влияния на многочисленные контингенты населения ЭМП частотой 50 Гц, создаваемых ВЛ. В течение ряда лет нами проводились исследования ЭМП, создаваемых ВЛ высокого напряжения и ТП на селитебной территории в условиях городской среды и на территории садоводств. Исследования выполнялись в рамках разработки проектов санитарно-защитных зон по электромагнитному фактору ряда предприятий.

Цель исследования – выполнить инструментальные исследования электрических и магнитных полей частотой 50 Гц, создаваемых ВЛ высокого напряжения и ТП на селитебных территориях, дать экспертную экспресс-оценку состояния здоровья населения.

Материал и методы

Измерения уровней ЭП и МП 50 Гц были выполнены от более чем 30 ВЛ напряжением 35, 110 и 220 кВ и шести типов ТП различной мощности. Измерения ЭМП 50 Гц выполнялись на территориях жилой застройки и шести крупных садоводческих объединений. Инструментальные измерения были выполнены в соответствии с действующими нормативными документами¹. Измерения выполнялись в середине пролётов (в зоне наибольшего провисания проводов). Напряженность электрического поля промышленной частоты от ВЛ измерялась на высоте 2 м. Напряженность МП регистрировалась на высоте 0,5, 1,5 и 2 м от поверхности земли в период максимальных токовых нагрузок или результаты измерений пересчитывались на максимальные токовые нагрузки. Гигиеническая оценка уровней ЭМП проводилась в соответствии с СанПиН 2.1.2.2801-10². Измерения выполнялись приборами-измерителями ЭП и МП частотой 50 Гц ПЗ-50 и ВЕ-50, внесенными в Государственный реестр средств измерения и имеющие действующие свидетельства о поверке.

¹ МУ № 4109–86 «Методические указания по определению электромагнитного поля воздушных высоковольтных линий электропередачи и гигиенические требования к их размещению».

ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях».

² СанПиН 2.1.2.2801–10 «Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»».

Таблица 1

Перечень трансформаторных подстанций

Марка трансформатора	Мощность трансформатора, кВА
ТМ 250/6/0,4 кВ	250
ТМ 320/6/0,4 кВ	320
ТМ 450/6/0,4 кВ	450
ТМ 400/6/0,4 кВ	400
ТСН 160/6/0,4 кВ	160
ТГУ 630/6/0,4 кВ	630
ТМФ 400/6/0,4 кВ	400
ТМФ 250/6/0,4 кВ	250

В качестве показателя состояния здоровья населения использовался показатель хронического перенапряжения (ХП) – индекс неспецифических симптомов (ИНС). Хроническое перенапряжение организма представляет собой хроническое ухудшение функционального состояния организма, снижение способности компенсировать дополнительную нагрузку, увеличение восприимчивости к вредным воздействиям факторов среды [21]. Хроническое перенапряжение как индикатор состояния здоровья человека широко используется в экологической эпидемиологии для экспресс-оценки риска здоровью; обобщает частоту и интенсивность наиболее распространенных неспецифических симптомов (головная боль, головокружение, сердечные боли, нарушения сна, расстройства пищеварения, тревожность, раздражительность) [22]. Как было указано выше, в своих исследованиях авторы отмечали стрессовый характер реакций организма добровольцев на воздействие МП промышленной частоты 50 Гц. Неспецифическое ХП организма является, по сути, стрессовой реакцией, в том числе и на внешнее воздействие. Поэтому нам представляется возможным использовать ИНС для экспертной экспресс-оценки состояния здоровья населения, проживающего вблизи ВЛ.

Для расчёта индекса ХП с помощью анamnестического опросника были получены данные о длительности проживания в доме вблизи ВЛ 110–220 кВ, медицинском обслуживании, условиях труда, экологических условиях по месту жительства. Для идентификации опасности возможного воздействия ЭМП промышленной частоты проводился сбор данных об использовании электробытовых приборов на работе и дома, интенсивности использования персональных компьютеров в профессиональной деятельности и в быту. Полученные данные были использованы при формировании групп. Из выборки исключались лица, профессионально связанные с источниками ЭМП. Проводился опрос о наличии симптомов хронической усталости и их динамика, о болезнях респондента и родителей, вредных привычках, образе жизни и социально-экономических условиях проживания. По алгоритмам ранжирования был рассчитан индекс ХП, что позволило использовать его для разделения населения на две группы «здоровые» и «больные». Расчёт показателя тренда относительного риска (OR) был выполнен для женщин в возрасте от 20 до 59 лет с помощью программы EpiInfo. В качестве показателя воздействия учитывали длительность постоянного проживания в доме, силу воздействия оценивали по расстоянию дома от линии ВЛ. Для определения достоверности связи воздействие–заболевание использовали критерий соответствия хи-квадрат Пирсона (χ^2), уровнем статистической значимости принимали значение $p < 0,05$. Были получены данные по оценке риска в зависимости от длительности и места постоянного проживания. Поскольку все группы отличаются между собой только величиной экспозиции (длительность и расстояние от ВЛ) в качестве базового уровня принимали показатели риска лиц, проживающих на наибольшем расстоянии от ВЛ. С этими показателями сравнивали показатели риска других групп. Сравнимые группы не имели статистически значимых различий по показателям возраста, условий труда, экологическим, социально-экономическим и вредным привычкам образа жизни (курение, употребление алкоголя, нарушение режима питания).

Таблица 2

Максимальные уровни напряженности электрического поля и индукции магнитного поля промышленной частоты

Напряжённость электрического поля (E), кВ/м	Индукция магнитного поля (B), мкТл	
	ПДУ 1 кВ/м	ПДУ 10 мкТл
1,2	0,85	
1,30	1,59	
1,12	1,26	
1,35	2,24	
1,00	1,31	
0,96	2,24	

Результаты

Исследование интенсивности ЭП и МП частотой 50 Гц.

В табл. 1 представлен перечень трансформаторных подстанций, расположенных на открытой территории, вблизи которых были выполнены измерения ЭП и МП частотой 50 Гц.

Измерения ЭМП частотой 50 Гц от ТП показали, что уровни напряженности ЭП и индукции МП были ниже предельно допустимых значений 1 кВ/м и 10 мкТл соответственно.

Напряженность ЭП в зоне прохождения ВЛ зависит от напряжения на линии, высоты подвеса токонесущих проводов, расстояния между проводами, рельефа местности. Напряженность МП определяется величиной тока в линии и геометрией линии передачи. В течение суток уровни МП изменяются в связи с изменением нагрузки на сети. Результаты измерения показали, что территории жилой застройки под проводами ВЛ – 35 кВ, уровни ЭМП не превышали гигиенические нормативы. В табл. 2 представлены измеренные максимальные значения уровней напряженности ЭП (E, кВ/м) и индукции МП (B, мкТл), зарегистрированные при эксплуатации ВЛ напряжением 110 кВ под проводами в середине пролётов.

Как следует из табл. 2, в середине пролётов под проводами ВЛ уровни напряженности ЭП, как правило, превышают ПДУ 1 кВ/м. Уровни индукции МП 50 Гц составляли от 0,85 до 2,24 мкТл и не превышали гигиенический норматив.

В табл. 3 представлены уровни напряженности ЭП (E, кВ/м) и индукции МП (B, мкТл), зарегистрированные от ВЛ напряжением 110 кВ на различных расстояниях – от 2 до 8 м от проекции крайних проводов ВЛ.

Из табл. 3 следует, что на расстояниях от ВЛ 110 кВ от 2 до 8 м уровни ЭП и МП 50 Гц не превышали ПДУ.

Значения магнитной индукции в тех же точках были в пределах 0,56–0,78 мкТл, что ниже ПДУ. При измерении уровней ЭМП частотой 50 Гц под пролётами ВЛ 220 кВ зарегистрированные значения ЭП не превышали 2,71 кВ/м, а на расстоянии 10 м – 0,95 кВ/м, уровни индукции МП составили под пролётами 8,14 мкТл, на расстоянии 10 м – 3,51 мкТл.

Таблица 3

Уровни напряженности электрического поля и индукции магнитного поля промышленной частоты, зарегистрированные на различных расстояниях от воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ

Расстояние от воздушных линий электропередачи, м	Напряжённость электрического поля (E), кВ/м		Индукция магнитного поля (B), мкТл	
	ПДУ 1 кВ/м		ПДУ 10 мкТл	
2,0	0,8		0,92	
3,0	0,47		0,97	
5,0	0,75		0,84	
5,0	0,78		1,53	
5,0	0,58		0,94	
8,0	0,34		0,79	

Таблица 4

Тенденция риска хронического функционального перенапряжения в зависимости от дальности и длительности постоянного проживания по отношению к воздушным линиям электропередачи

Показатель	Расстояние, м	Больные, n = 279		Здоровые, n = 407		OR	χ^2	p	
		абс.	%	абс.	%				
Длительность проживания, годы:	до 5	> 600	4	12,5	28	87,5	1,00	1,49	0,222
		600–300	3	12,5	21	87,5	1,00		
		< 300	11	22,4	38	77,6	2,03		
5–10	> 600	12	28,6	30	71,4	1,00	0,05	0,823	
	600–300	9	25,0	27	75,0	0,833			
	< 300	23	29,9	54	70,1	1,065			
10–20	> 600	23	39,0	36	61,0	1,00	4,31	0,038	
	600–300	34	43,6	44	56,4	1,209			
	< 300	75	54,0	64	46,0	1,834			
более 20	> 600	25	67,6	12	32,4	1,00	0,06	0,799	
	600–300	17	40,5	25	59,5	0,326			
	< 300	43	60,6	28	39,4	0,737			
Возраст, годы:	20–29	> 600	14	26,9	36	25,7	1,00	0,016	0,90
		600–300	13	25,0	36	25,7	0,929		
		< 300	25	48,1	68	48,6	0,945		
30–39	> 600	50	26,0	21	20,2	1,00	3,18	0,074	
	600–300	49	25,5	20	19,2	1,09			
	< 300	93	48,4	63	60,6	0,62			
40–49	> 600	39	26,5	60	23,9	1,00	1,13	0,287	
	600–300	42	28,6	62	24,7	1,04			
	< 300	66	44,9	129	51,4	0,787			
более 50	> 600	16	24,2	27	27,6	1,00	1,24	0,265	
	600–300	17	25,8	33	33,7	0,869			
	< 300	33	50,0	38	38,8	1,465			
Всего по группам	> 600	64	37,6	106	62,4	1,00	3,73	0,053	
	600–300	63	35,0	117	65,0	0,892			
	< 300	152	45,2	184	54,8	1,368			

Экспертная оценка здоровья населения. Исследования показали, что возможные последствия для здоровья населения в результате проживания вблизи ВЛ зависят как от расстояния до ВЛ, так и от длительности постоянного проживания в доме (табл. 4).

Оценка тренда отношения шансов (OR) по показателю ХП для проживающих от 10 до 20 лет на расстоянии до 300 м от ВЛ показала, что имеющиеся различия не случайны и статистически достоверны, по критерию линейности Мантеля–Хенцеля: $\chi^2 = 4,31$; $p = 0,038$. Во всех других случаях статистические различия не были значимы.

Обсуждение

Электромагнитные поля промышленной частоты являются самым распространённым неблагоприятным фактором среды обитания человека. В городах и регионах нашей страны в процессе санитарного надзора проводится оценка состояния терри-

Таблица 5

Охранные зоны воздушных линий электропередачи напряжением 35, 110, 220 кВ

Напряжение воздушной линии, кВ	Проектный номинальный класс напряжения, кВ	Расстояние, м
Более 20	35	15
Более 35	110	20
Более 110	220	25
Более 220	500	30

тории по электромагнитной обстановке, формируется база данных об источниках ЭМП [23–27].

Нами выполнены исследования и оценка ЭМП частотой 50 Гц, создаваемых ВЛ напряжением 35, 110 и 220 кВ. ВЛ данных классов являются наиболее распространёнными на селитебных территориях. На обеспечение электромагнитной безопасности человека при эксплуатации сетевых объектов кроме документов санитарного законодательства направлены требования ряда государственных стандартов. Согласно ГОСТ Р 12.1.009–2009³ электромагнитная безопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей и животных от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, ЭМП и статического электричества. Другой стандарт ГОСТ 12.1.051–90⁴ устанавливает безопасное для человека расстояние от токоведущих частей – охранные зоны линий электропередачи напряжением выше 1000 В. Согласно этому документу, охранный зона вдоль ВЛ устанавливается в виде воздушного пространства над землёй, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии от крайних проводов по горизонтали. В табл. 5 представлены установленные стандарты охранные зоны ВЛ напряжением 35, 110 и 220 кВ.

Анализ результатов измерений ЭМП показал, что установленные охранные зоны обследованных нами ВЛ напряжением 35, 110 и 220 кВ обеспечивают соблюдение гигиенических нормативов ЭП и МП 50 Гц за их пределами.

При экспертной экспресс-оценке состояния здоровья населения, проживающего на расстоянии менее 300 м от ВЛ 110 и 220 кВ, были выявлены статистически значимые изменения показателя ХП, а именно наличие таких неспецифических симптомов, как головная боль, головокружение, сердечные боли, нарушение сна, тревожность, раздражительность и др. Как расценивать эти результаты? С одной стороны, в эту группу попали лица, проживающие вблизи охранный зоны ВЛ, с другой стороны, данные субъективных расстройств могут расцениваться как проявления фобии. Электромагнитные поля не воспринимаются органами чувств человека и население не может оценить сам факт этого воздействия, хотя предпосылки для этого, по их мнению, имеются. В результате может формироваться психологическая установка на ожидание развития негативных последствий для здоровья в результате проживания вблизи ВЛ и эмоциональный ситуационный стресс.

Заключение

1. Результаты исследования показали, что ТП закрытого типа, размещённые внутри жилых кварталов, не создают на открытых территориях ЭП и МП 50 Гц, превышающие предельно допустимые уровни.

2. Результаты исследования ВЛ напряжением 35, 110, 220 кВ как источников ЭП и МП 50 Гц, свидетельствуют, что охранные зоны ВЛ, установленные стандартами электробезопасности, обеспечивают соблюдение гигиенических нормативов ЭМП за их пределами.

³ ГОСТ Р 12.1.009–2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения.

⁴ ГОСТ 12.1.051–90 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранный зоне линий электропередачи напряжением выше 1000 В.

3. Полученные данные экспертной экспресс-оценки риска здоровью населения, проживающего вблизи ВЛ, говорят о необходимости продолжения дальнейших исследований по оценке риска здоровью при эксплуатации электросетевых объектов, разработки профилактических мероприятий, в том числе по информированию населения об электромагнитной обстановке.

Литература

(пп. 10–14, 16–19 см. References)

1. Мисриханов М.Ш., Рубцова Н.Б., Седунов В.Н., Демин С.А., Токарский А.Ю. Электромагнитные поля воздушных и кабельных линий электропередачи как фактор риска для здоровья населения. *Безопасность в техносфере*. 2014; 6: 18-25.
2. Электромагнитные поля и население (современное состояние проблемы). Под общей ред. Проф. Ю.Г. Григорьева и А.Л. Васина. М.: РУДН; 2003: 116.
3. Сокол-Кутыловский О.Л., Тягунов Д.С. Об источниках городского низкочастотного электромагнитного шума. *Уральский геофизический вестник*. 2009; (1): 59-64.
4. Шафигулин Р.И., Куприянов В.Н. Экологическая безопасность городской среды при воздействии электромагнитных полей. *Известия КГАСУ*. 2015; 1 (31): 171-81.
5. Соловьев Л.П. Электромагнитный смог в жилых зонах городских поселений. *Прикладные вопросы формирования и обработки сигналов в радиолокации, связи и акустике: Сб. тез. докладов VIII научно-практического семинара в рамках VII Всероссийских Арmandовских чтений*. Муром. 2017: 10 (4): 43-6.
6. Тихонов М.Н., Довгуша В.В., Довгуша Л.В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности. *Анализ риска здоровью*. 2014; (4): 85-100.
7. Мизюк М.И. Магнитное поле промышленной частоты и его влияние на организм. *Гигиена населенных мест. Выпуск 34. Научные статьи по проблеме «Гигиена и биологическое действие физических факторов»*. Киев. 1999: 33-8.
8. Бухтияров И.В., Рубцова Н.Б., Пальцев Ю. П., Походзей Л.В., Перов С.Ю. Инновации в проблеме обеспечения электромагнитной безопасности работающих и населения. *Человек и электромагнитные поля: Сб. докладов V Международной конференции*. Саратов: РФЯЦ-ВНИИЭФ; 2017: 47-54.
9. Худницкий С.С., Арбузов И.В. Влияние электромагнитных полей, создаваемых ЛЭП 110 кВ на население. *Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования: Материалы третьей международной конференции*. М.-СПб.; 2002: 160-1.
10. Калинина И.С. Исследование электромагнитной безопасности жилой застройки вблизи трансформаторных подстанций АО «НИИ «Вектор». *Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы IV международной научно-практической конференции*. Саратов; 2018: 208-211.
11. Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля промышленной частоты и обеспечение безопасности их воздействия на население. *Ежегодник Российского национального Комитета по защите от неионизирующих излучений. Сборник трудов*. М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004: 73-81.
12. Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Матюхин В.В., Кузьмина Л.П., Капустина А.В., Порошенко В.В. и др. Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактика. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2014; 100 (11): 1324-34.
13. Сорокин Г.А. Интегральная оценка психосоматических симптомов профессионального выгорания и его профилактика. *Вестник Росздрава*. 2018; (1): 40-5.
14. Абдурахманов А.М., Зимин К.А., Рубцова Н.Б., Рябенко В.Н., Токарский А.Ю. Магнитные поля воздушных и кабельных линий электропередачи: нормирование, расчет, проектирование. *Безопасность в техносфере*. 2014; (2): 52-63.
15. Гапонов Д.А., Курилова А.Э. Проблемы изучения электромагнитной обстановки в городах России. *Естественные и математические науки в современном мире*. 2015; 26: 198-206.
16. Боталов Н.С., Некрасова Ю.Э., Чепкасова Н.И., Рязанова Е.А., Токарева А.А. Гигиеническая оценка электромагнитной обстановки города Перми. *Международный студенческий научный вестник*. 2018; (1): 18.
17. Прокофьева А.С., Григорьев О.А. Магнитное поле воздушных линий электропередачи в Московском регионе: обобщенные результа-

ты измерений и их оценка. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2014; 10 (4): 761-5.

18. Быковская Л.Б., Чурикова Е.В. Моделирование электрического и магнитного полей воздушной линии электропередачи. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2016; (5): 80-5.

References

1. Misrikhanov M.SH., Rubtsova N.B., Sedunov V.N., Demin S.A., Tokarskiy A.YU. Electromagnetic fields of overhead and cable power lines as a risk factor for public health. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014; (6): 18-5. (in Russian)
2. Electromagnetic fields and population (current state of the problem) [Elektromagnitnyye polya i naseleniye (sovremennoye sostoyaniye problemy)]. Pod obshchey red. Prof. YU.G. Grigor'yeva i A.L. Vasina. M.: RUDN; 2003: 116. (in Russian)
3. Sokol-Kutylovskiy O.L., Tyagunov D.S. About the sources of urban low-frequency electromagnetic noise. *Ural'skiy geofizicheskiy vestnik*. 2009; (1): 59-4. (in Russian)
4. SHafigulin R.I., Kupriyanov V.N. Ecological safety of the urban environment under the influence of electromagnetic fields. *Izvestiya KGASU*. 2015; 31 (1): 171-81. (in Russian)
5. Solov'yev L.P. Electromagnetic smog in residential areas of urban settlements. *Prikladnyye voprosy formirovaniya i obrabotki signalov v radiolokatsii, svyazi i akustike: Sat mes. reports of the VIII scientific-practical seminar in the framework of the VII All-Russian Armand readings* [Sb. tez. dokladov VIII nauchno-prakticheskogo seminar v ramkakh VII Vserossiyskikh Armandovskikh chteniy]. Murom. 2017: 10 (4): 43-6. (in Russian)
6. Tikhonov M.N., Dovgusha V.V., Dovgusha L.V. The mechanism of the influence of natural and man-made electromagnetic fields on life safety. *Analiz riska zdorov'yu [Health Risk Analysis]*. 2014; (4): 85-100. (in Russian)
7. Mizyuk M.I. Magnetic field of industrial frequency and its effect on the body. Hygiene of the occupied places. *Vypusk 34. Nauchnyye stat'i po probleme «Gigiyena i biologicheskoye deystviye fizicheskikh faktorov»*. Kiyev. 1999: 33-8. (in Russian)
8. Bukhtiyarov I.V., Rubtsova N.B., Pal'tsev YU. P., Pokhodzey L.V., Perov S.YU. Innovations in the problem of ensuring electromagnetic safety of workers and the public: *Man and electromagnetic fields: Sat. reports of the V International Conference*. [Sb. dokladov V Mezhdunarodnoy konferentsii]. Sarov: RFYATS-VNIIEF; 2017: 47-4. (in Russian)
9. KHudnitskiy S.S., Arbuzov I.V. The influence of electromagnetic fields generated by 110 kV transmission lines on the population. *Electromagnetic fields and human health. Fundamental and applied research: Proceedings of the third international conference*. [Elektromagnitnyye polya i zdorov'ye cheloveka. Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya: Materialy tret'yey mezhdunarodnoy konferentsii]. M.-SPb.; 2002: 160-1. (in Russian)
10. Bessou J., Deschamps F., Figueroa L., Cougnaud D. Methods used to estimate residential exposure to 50 Hz magnetic fields from overhead power lines in an epidemiological study in France. 30. *J Radiol Prot*. 2013 Jun; 33 (2): 349-65. doi: 10.1088/0952-4746/33/2/349. Epub 2013 Mar 13.
11. Kirschenlohr H., Ellis P., Hesketh R., Metcalfe J. Gene expression profiles in white blood cells of volunteers exposed to a 50 Hz electromagnetic field. *Radiat Res*. 2012 Sep; 178 (3): 138-49. Epub 2012 Aug 1.
12. Wunsch-Filho V., Pelissari D.M., Barbieri F.E., Sant'Anna L., de Oliveira C.T., de Mata J.F., Tone L.G., Lee M.L., de Andréa M.L., Bruniera P., Epelman S., Filho V.O., Kheifets L. Exposure to magnetic fields and childhood acute lymphocytic leukemia in São Paulo, Brazil. *Cancer Epidemiol*. 2011 Dec; 35 (6): 534-9. doi: 10.1016/j.canep.2011.05.008. Epub 2011 Aug 15.
13. Fazzo L., Grignoli M., Iavarone I., Polichetti A., De Santis M., Fano V., Forastiere F., Palange S., Pasetto R., Vanacore N., Comba P. Preliminary study of cause-specific mortality of a population exposed to 50 Hz magnetic fields, in a district of Rome municipality. *Epidemiol Prev*. 2005 Sep-Dec; 29 (5-6): 243-52.
14. Szabó J., Jánosy G., Thuróczy G. Survey of residential 50 Hz EMF exposure from transformer stations. *Bioelectromagnetics*. 2007 Jan; 28 (1): 48-52.
15. Kalinina I.S. Study of electromagnetic safety of residential buildings near transformer substations of JSC "Research Institute" Vector". Innovations in environmental management and protection in emergency situations: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Innovatsii v prirodobustroytve i zashchite v chrezvychnykh situatsi-

- yakh": [Materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]. Saratov; 2018: 208-11. (in Russian)
16. Pedersen C, Johansen C, Schüz J, Olsen J H, Raaschou-Nielsen O. Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia, CNS tumour and lymphoma in Denmark. *Br J Cancer*. 2015 Nov 3; 113 (9): 1370-4. doi: 10.1038/bjc.2015.365. Epub 2015 Oct 20.
 17. Wang Q, Cao Z, Qu Y, Peng X, Guo S, Chen L. Residential exposure to 50 Hz magnetic fields and the association with miscarriage risk: a 2-year prospective cohort study. *PLoS One*. 2013 Dec 3;8(12): e82113. doi: 10.1371/journal.pone.0082113. Ecollection 2013.
 18. Maes A, Anthonissen R, Wambacq S, Simons K, Verschaeve L. The Cytome Assay as a Tool to Investigate the Possible Association Between Exposure to Extremely Low Frequency Magnetic Fields and an Increased Risk for Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis*. 2016; 50 (3): 741-9. doi: 10.3233/JAD-150669.
 19. Kirschenlohr H, Ellis P, Hesketh R, Metcalfe J. Gene expression profiles in white blood cells of volunteers exposed to a 50 Hz electromagnetic field. *Radiat Res*. 2012 Sep; 178 (3): 138-49. Epub 2012 Aug 1.
 20. Rubtsova N.B., Pal'tsev YU.P., Grigor'yev O.A., Merkulov A.V. Electromagnetic fields of industrial frequency and ensuring the safety of their impact on the population. *Yearbook of the Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection. Collection of papers*. [Ezhegodnik Rossiyskogo natsional'nogo Komiteta po zashchite ot neioniziruyushchikh izlucheniyy. Sbornik trudov]. Moscow: ALLANA, 2004: 73-81. (in Russian)
 21. Bukhtiyarov I.V., YUshkova O.I., Matyukhin V.V., Kuz'mina L.P., Kapustina A.V., Poroshenko V.V. i dr. Physiological features of the formation of psycho-emotional overstrain in mental workers and its prevention. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2014; 100 (11): 1324-34. (in Russian)
 22. Sorokin G.A. Integral assessment of psychosomatic symptoms of professional burnout and its prevention. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2018; (1): 40-5. (in Russian)
 23. Abdurakhmanov A.M., Zimin K.A., Rubtsova N.B., Ryabchenko V.N., Tokarskiy A.YU. Magnetic fields of air and cable power lines: rationing, calculation, design. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014;(2): 52-63. (in Russian)
 24. Gaponov D.A., Kurilova A.E. Problems of studying the electromagnetic environment in the cities of Russia. *Estestvennyye i matematicheskiye nauki v sovremennom mire. [Natural and mathematical sciences in the modern world]*. 2015; 26: 198-6. (in Russian)
 25. Botalov N.S., Nekrasova YU.E., CHEPKASOVA N.I., Ryazanova E.A., Tokareva A.A. Hygienic assessment of the electromagnetic environment of the city of Perm. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2018; (1): 18. (in Russian)
 26. Prokof'yeva A.S., Grigor'yev O.A. The magnetic field of overhead power lines in the Moscow region: generalized measurement results and their evaluation. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2014; 10(4): 761-5. (in Russian)
 27. Bykovskaya L.V., CHURIKOVA E.V. Simulation of electric and magnetic fields overhead power lines. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2016; (5): 80-5. (in Russian)