

EDN: <https://elibrary.ru/nzavsi>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-10-673-681>

УДК 613.648.2; 613.5; 614.78; 331.41

© Коллектив авторов, 2023

Походзей Л.В.^{1,2}, Пальцев Ю.П.¹, Федин И.А.¹**Гигиеническое нормирование электромагнитных полей в РФ: история и современное состояние**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;²ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), ул. Большая Пироговская, 2/2, Москва, 119991

Подробно представлена история создания гигиенических нормативных документов, регламентирующих производственные и внепроизводственные воздействия электромагнитных полей в РФ. Систематические научные исследования в области биологического действия и гигиенического нормирования ЭМП РЧ в нашей стране были начаты в НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, где в 1952 г. была создана первая в стране лаборатория электромагнитных волн радиочастот. В дальнейшем к этим исследованиям подключился целый ряд научных учреждений гигиенического, медико-биологического и физико-технического профиля. Была научно обоснована методология гигиенического нормирования фактора. За прошедший период было разработано около 30 документов, включающих ПДУ ЭМП. В настоящее время в РФ основным действующим документом, устанавливающим ПДУ постоянных и переменных ЭМП на рабочих местах и для населения, является СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Проведённый анализ позволил оценить его достоинства и выявить недостатки, а также наметить перспективные направления научных исследований по совершенствованию действующих и разработке новых ПДУ ЭМП, создаваемых современными источниками.

Этика. Данное исследование не требовало заключения этического комитета.

Ключевые слова: электромагнитное поле; предельно допустимые уровни; СанПиН; напряжённость; плотность потока энергии; энергетическая экспозиция

Для цитирования: Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., Федин И.А. Гигиеническое нормирование электромагнитных полей в РФ: история и современное состояние. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(10): 673–681. <https://elibrary.ru/nzavsi> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-10-673-681>

Для корреспонденции: Походзей Лариса Васильевна, ведущий научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей ФГБНУ «НИИ МТ», профессор кафедры медицины труда, авиационной, космической и водолазной медицины ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), д-р мед. наук. E-mail: lapokhodzey@yandex.ru

Участие авторов:

Походзей Л.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;

Пальцев Ю.П. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;

Федин И.А. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 06.09.2023 / Дата принятия к печати: 15.09.2023 / Дата публикации: 05.11.2023

Larisa V. Pokhodzey^{1,2}, Yuriy P. Paltsev¹, Ivan A. Fedin¹**Hygienic regulation of electromagnetic fields in the Russian Federation: history and current state**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275;²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 2, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991

The article presents in detail the history of the creation of hygienic normative documents regulating the industrial and non-industrial effects of electromagnetic fields in the Russian Federation. Systematic scientific research in the field of biological action and hygienic regulation of radio frequency electromagnetic fields in our country began at the Research Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases, Academy of Medical Sciences of the USSR, where in 1952 specialists created the first laboratory of electromagnetic waves of radio frequencies in the country. In the future, a number of scientific institutions of hygienic, biomedical and physico-technical profile joined these studies. Scientists have scientifically substantiated the methodology of rationing hygienic factors. Over the past period, scientists have developed about 30 documents, including the maximum permissible level of electromagnetic fields. Currently, in the Russian Federation, the main current document establishing the maximum permissible level of permanent and variable electromagnetic fields in the workplace and for the public is SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans". The analysis made it possible to evaluate its advantages and identify disadvantages, as well as to outline promising areas of scientific research to improve existing and develop new maximum permissible levels of electromagnetic fields created by modern sources.

Ethics. This study did not require the conclusion of the Ethics Committee.

Keywords: electromagnetic field; maximum permissible levels; SanPiN; intensity; energy flux density; energy exposure

For citation: Pokhodzey L.V., Paltsev Yu.P., Fedin I.A. Hygienic regulation of electromagnetic fields in the Russian Federation: history and current state. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(10): 673–681. <https://elibrary.ru/nzavsi> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-10-673-681> (in Russian)

For correspondence: Larisa V. Pokhodzey, the leading researcher of the electromagnetic fields laboratory at the Izmerov Research Institute of Occupational Health, Professor of the Department of Occupational Medicine, Aviation, Space and Diving Medicine of Sechenov University, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: lapokhodzey@yandex.ru

Information about the authors: Pokhodzey L.V. <https://orcid.org/0000-0003-3561-1605>

Paltsev Yu.P. <https://orcid.org/0000-0002-3999-0457>

Contribution:

Pokhodzey L.V. — concept and design of research, data collection and processing, text writing, editing;

Palkov Yu.P. — concept and design of research, data collection and processing, text writing, editing;

Fedin I.A. — data collection and processing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 06.09.2023 / Accepted: 15.09.2023 / Published: 05.11.2023

Электромагнитные поля, в условиях внешнего воздействия которых мы живём и работаем, по своему происхождению можно подразделить на естественные (природные) и искусственные (техногенные). За прошедшее столетие уровни последних возросли на несколько порядков, что привело к возникновению проблемы электромагнитного загрязнения среды обитания. Одним из основных принципов профилактики вредного и опасного действия электромагнитных полей (ЭМП) на здоровье человека является научное обоснование и практическая реализация гигиенических нормативов [1–3].

Цель исследования — проследить динамику развития и оценить современное состояние гигиенического нормирования ЭМП в РФ, наметить перспективы его совершенствования.

Интерес к изучению этого фактора в мире возник в 40–50 гг. XX-го столетия в связи с активным развитием технических средств радиолокации, радионавигации и радиосвязи, являющихся мощными источниками ЭМП радиочастотного диапазона (РЧ), и появлением данных о возможности их неблагоприятного влияния на персонал.

Систематические научные исследования в области биологического действия и гигиенического нормирования ЭМП РЧ в нашей стране были начаты в НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, где по инициативе директора института, академика А.А. Летавета в 1952 г. была создана первая в стране лаборатория электромагнитных волн радиочастот, которой до 1970 г. руководила д.м.н., профессор З.В. Гордон.

Исследования, которые были проведены в этот период, охватывали широкий круг вопросов, касающихся гигиенической оценки условий труда лиц, работающих с источниками ЭМП, изучения состояния их здоровья (с участием сотрудников клиники Института) и выявления наиболее чувствительных к воздействию фактора функциональных систем организма экспериментальных животных [4–6]. Они позволили обосновать методологию гигиенического нормирования фактора в производственных условиях, базирующуюся на пороговости его вредного действия и установлении зависимости «доза–эффект» [7].

В дальнейшем в работе по гигиеническому нормированию ЭМП НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР сотрудничал с целым рядом научных учреждений: Ленинградский институт гигиены труда и профзаболеваний, Институт гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Киевский НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева, Харьковский НИИ гигиены труда и профзаболеваний, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Институт биофизики АН СССР (Пущино-на-Оке), Институт биофизики (Москва), Ленинградский институт охраны труда ВЦСПС, Самарский отраслевой НИИ радио, НПО «Исток» и др.

Был разработан целый ряд гигиенических нормативных документов (ПДУ, ОБУВ, СанПиН, ГН), регламентирующих воздействие ЭМП на работников и население (**табл. 1**).

Первые в мире гигиенические требования к источникам ЭМП были разработаны Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР для регламентации производственных воздействий в 1956 г. — «Временные сани-

тарные правила для работы с промышленными ламповыми установками высокочастотного нагрева» (№ 180-56).

В 1958 г. были введены в действие «Временные санитарные правила при работе с генераторами сантиметровых волн» (№ 273-58), требования которых распространялись на источники ЭМП с длиной волны 1–12 см (3–30 ГГц), создаваемых магнетронами, клистроном, лампами бегущей волны, лампами обратной волны и пр. Этим документом устанавливались предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП в зависимости от времени нахождения работающих в условиях облучения:

а) в течение всего рабочего дня — не более 0,01 мВт/см² (10 мкВт/см²);

б) не более 2 часов за рабочий день — не более 0,1 мВт/см² (100 мкВт/см²);

в) не более 15–20 минут за рабочий день — не более 1 мВт/см² (1000 мкВт/см²) при условии обязательного пользования защитными очками.

В 1966 г. были разработаны «Санитарные правила при работе с источниками электромагнитных полей высокой и ультравысокой частоты» (№ 615-66), устанавливающие гигиенические нормативы ЭМП на рабочих местах при обслуживании промышленных установок индукционного и диэлектрического нагрева, радио- и телевизионных станций. ПДУ напряжённости электрического и магнитного поля (ЭП и МП) в диапазоне ВЧ (60 кГц – 30 МГц) составили 20 В/м и 5 А/м, соответственно, в диапазоне УВЧ (30 – 300 МГц) — 5 В/м.

Приведённые выше нормативы ЭМП в 1970 году были включены в «Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот» (СНиП № 848-70), при этом диапазон частот, на который распространялись требования данного документа, был расширен до 300 ГГц. Кроме того, в нем впервые представлен ПДУ плотности потока мощности ЭМП в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц для населения и лиц, профессионально не связанных с обслуживанием источников — 1 мкВт/см².

В дальнейшем в ходе эволюции представлений о нормировании и контроле ЭМП для оценки их интенсивности в диапазоне свыше 300 МГц стали использовать более точное понятие — «плотность потока энергии».

Безусловно важным шагом в гигиеническом нормировании ЭМП РЧ явилось введение дозного (или энергетического) подхода, обеспечивающего более адекватную оценку облучения персонала [8, 9]. Так, НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР и Ленинградским институтом гигиены труда и профзаболеваний был разработан ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» и Изменения № 1 к нему, где впервые ПДУ ЭМП (ЕПД, НПД, ППЭПД) в диапазоне частот 60 кГц – 300 ГГц устанавливались, исходя из допустимой энергетической нагрузки (ЭНПД) в зависимости от времени воздействия (Т, ч), по следующим формулам:

$$E_{ПД} = \sqrt{\Delta H_{ПД}} / T \quad (1),$$

$$H_{ПД} = \sqrt{\Delta H_{ПД}} / T \quad (2),$$

$$ППЭ_{ПД} = K \times \Delta H_{ПД} / T \quad (3).$$

Таблица 1 / Table 1

Хронология гигиенического нормирования ЭМП в РФ
Chronology of hygienic regulation of electromagnetic fields in the Russian Federation

Номер документа, кем утверждён	Название документа	Срок действия документа
Утв. главным Госсанинспектором СССР, № 180-56	Временные санитарные правила для работы с промышленными ламповыми установками высокочастотного нагрева	с 15.01.1955
Утв. главным Госсанинспектором СССР, № 273-58	Временные санитарные правила при работе с генераторами сантиметровых волн	с 26.11.1958 по 30.03.1970
Приказ заместителя главного санитарного врача СССР, № 615-66	Санитарные правила при работе с источниками электромагнитных полей высокой и ультравысокой частоты	с 01.02.1966 по 30.03.1970
Утв. зам. главного государственного санитарного врача СССР, № 848-70	Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот	с 30.03.1970 по 08.05.1996
Утв. Первым зам. министра энергетики и электрификации СССР, Зам. главного санитарного врача СССР, № 888-70	Нормы и правила по охране труда при работе на подстанциях и воздушных линиях электропередачи напряжением 400, 500 и 750 кВ переменного тока промышленной частоты	с 29.10.1970 по 23.02.1984
Утв. зам. главного санитарного врача СССР, № 1757-77	Санитарно-гигиенические нормы допустимой напряжённости электростатического поля	с 10.10.77 по 1.05.2003
Утв. зам. главного санитарного врача СССР, № 1742—77	Предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами и магнитными материалами	с 16.08.1977 по 1.05.2003
Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР, № 1823-78	Санитарные нормы и правила размещения радио-, телевизионных и радиолокационных станций	с 08.02.1978 по 19.01.1984
Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР, СанПиН № 2963-84	Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами	с 19.01.1984 по 08.05.1996
Утв. зам. Главного государственного санитарного врача СССР, СанПиН № 2971-84	Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты	с 23.02.1984 по 15.06.2003
Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача СССР, № 3206-85	Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц.	с 17.01.1985 по 1.05.2003
Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача СССР, СанПиН 5802-91	Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты	с 31.07.1991 по 1.05.2003
Утв. Заместителем Главного государственного санитарного врача СССР № 5803-91	Предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия электромагнитных полей (ЭМП) диапазона частот 10 кГц – 60 кГц	с 31.07.1991 по 1.05.2003
МСанПиН 001-96	Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях	с 28.02.1996 по 31.12.1997
Утв. постановлением Госсанэпиднадзора России, СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96	Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)	с 08.05.1996 по 1.05.2003 (РМ), по 15.08.2010 (население)
Утв. постановлением Госсанэпиднадзора России, СанПиН 2.2.2.542-96	Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам (ВДТ), персональным электронно-вычислительным машинам (ПЭВМ) и организации работы	с 14.07.1996 по 30.06.2003
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.4.723-98	Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях	с 01.01.1999 по 01.05.2003
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.4/2.1.8.989-00 (Изменение № 1 к СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96)	Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)	с 01.01.2001 по 30.06.2003
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03	Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи	с 01.06.2003 по 01.03.2021

Таблица 1 Продолжение / Table 1 Continued

Хронология гигиенического нормирования ЭМП в РФ
Chronology of hygienic regulation of electromagnetic fields in the Russian Federation

Номер документа, кем утверждён	Название документа	Срок действия документа
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.4.1191-03	Электромагнитные поля в производственных условиях	с 19.02.2003 по 01.01.2017
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.4.1329-03	Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей	с 25.06.2003 по 01.03.2021
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы	с 30.06.2003 по 01.01.2017
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03	Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов	с 30.06.2003 по 01.03.2021
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09	Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях	с 15.05.2009 по 01.03.2021
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.1.2.2645-10	Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях	с 15.08.2010 по 01.03.2021
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 2.2.4.3359-16	Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах	с 01.01.2017 по 01.03.2021
Утв. Постановлением гл. государственного врача РФ, СанПиН 1.2.3685-21	Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания	с 01.01.2021 по 01.03.2027

В формулу расчёта ППЭПД введён коэффициент ослабления биологической эффективности (К), который для всех случаев воздействия был принят равным 1, за исключением облучения от вращающихся и сканирующих антенн, где он равен 10. При этом оговаривается, что максимально допустимое значение ППЭ при всех условиях воздействия не должно превышать 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2).

ПДУ энергетических нагрузок ЭП, МП и ЭМП за рабочий день приведены в **таблице 2**, из которой видно, что для магнитных полей в диапазонах 3–30 МГц и 30–300 МГц гигиенические регламенты не установлены.

В 1991 г. дозный подход был распространён на диапазон 30 – 60 кГц («Предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия электромагнитных полей (ЭМП) диапазона частот 10 кГц – 60 кГц», № 5803-91). Впервые установлены максимальные значения ПДУ напряжённости ЭП и МП (500 В/м и 50 А/м), которые не должны превышать, независимо от сокращения времени облучения.

ПДУ ЭП и МП в диапазоне частот 10 – 30 кГц установлены только для двух временных интервалов: при воздействии в течение полного рабочего дня — 500 В/м и 50 А/м, при воздействии до 2-х часов за рабочий день — 1000 В/м и 100 А/м.

Начиная с 70-х годов прошлого столетия, в связи с резко возросшим темпом распространения источников ЭМП в быту, их приближением к местам постоянного пребывания человека начали проводиться научные исследования, направленные на защиту населения от круглосуточного воздействия ЭМП РЧ, создаваемых радио-, телевизионными и радиолокационными станциями и др. [10–12].

Киевским НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева в сотрудничестве с Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР были разработаны «Санитарные нормы и правила размещения радио-, телевизионных и радиолокационных станций» (№ 1823-78) и «Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» (№ 2963-84). В последнем документе допускаются более высокие значения ПДУ для круглосуточного непрерывного воздействия ЭМП всех частотных диапазонов (**табл. 3**).

В этом же документе представлены ПДУ импульсных ЭМП, создаваемых радиолокационными средствами: в зависимости от длины волны, частоты сканирования антенны, времени облучения и др. они составляют от 12 мкВт/см^2 до 140 мкВт/см^2 .

Таблица 2 / Table 2

ПДУ энергетических нагрузок ЭМП за рабочий день
Maximum permissible levels of energy loads of electromagnetic fields per working day

Параметр	ПДУ в диапазонах частот			
	0,06–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300 ГГц
$\text{ЭН}_{\text{ЭПД}} (\text{В/м})^2 \times \text{ч}$	20000	7000	800	—
$\text{ЭН}_{\text{МПД}} (\text{А/м})^2 \times \text{ч}$	200	—	—	—
$\text{ЭН}_{\text{ППЭПД}} \text{ мкВт} \times \text{ч/см}^2$	—	—	—	200

В 1996 г. приведённые выше гигиенические нормы ЭМП в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц в производственной и окружающей среде были объединены в одном документе — СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)», разработанном Институтом медицины труда РАМН, Московским НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Госкомсанэпиднадзора России, Самарским отраслевым НИИ радио. В нем термин «энергетическая нагрузка» был заменён на «энергетическую экспозицию». В формулу для расчёта ПДУ ППЭ введён дополнительно коэффициент ослабления биологической эффективности (К) для случаев локального облучения кистей рук при работе с микрорословыми СВЧ-устройствами, составляющий 12,5.

ПДУ ЭМП РЧ для населения, включённые в данный документ, в основном аналогичны приведённым в СанПиН № 2963-84, за исключением облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования (100 мкВт/см²).

Интенсивное развитие электроэнергетики привело к необходимости разработки нормативных документов, регламентирующих воздействие ЭП промышленной частоты 50 Гц (ЭП ПЧ) на работников и население [13–15].

Первым документом были «Нормы и правила по охране труда при работе на подстанциях и воздушных линиях электропередачи напряжением 400, 500 и 750 кВ переменного тока промышленной частоты» (№ 888-70), разработанные Всесоюзным НИИ охраны труда ВЦСПС (г. Ленинград), Государственным институтом гигиены труда и профзаболеваний Министерства здравоохранения РСФСР (г. Ленинград) и Всесоюзным государственным трестом по организации и рационализации районных электрических станций и сетей «ОРГРЭС» (г. Москва). Этим документом устанавливалась допустимая продолжительность пребывания человека в ЭП ПЧ различной напряжённости без средств защиты: без ограничения времени — до 5 кВ/м, от 5 до 180 минут при 10–25 кВ/м.

В дальнейшем НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР при участии ПО «Союзэнерго», СибНИИ энергетики и ПО «Дальние электропередачи» были разработаны СанПиН № 5802–91 «Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)». В отличие от вышеприведённого документа, в них представлена формула для расчёта допустимого времени пребывания персонала (Т, ч.) в ЭП ПЧ при напряжённостях (Е) 5–20 кВ/м: $T = (50/E) - 2$. Регламентируется также приведённое время (Т_{пр.}) пребывания в течение рабочего дня в зонах с различной напряжённостью.

В 1984 г. Киевским институтом общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева были разработаны «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» (№ 2971-84), где в качестве ПДУ приняты следующие значения напряжённости ЭП: внутри жилых зданий — 0,5 кВ/м; на территории зоны жилой застройки — 1 кВ/м, для отдельных, редко посещаемых территорий — от 5 кВ/м до 20 кВ/м.

В 1985 г. Харьковским НИИ гигиены труда и профзаболеваний Минздрава СССР были разработаны «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц» (№ 3206-85). Требования документа распространяются на рабочие места персонала, обслуживающего сва-

Таблица 3 / Table 3

ПДУ электромагнитных полей для населения
Maximum permissible levels of electromagnetic fields for the population

Диапазон частот	ПДУ	
	СанПиН 1823-78	СанПиН 2963-84
30–300 кГц	20 В/м	25 В/м
0,3–3 МГц	10 В/м	15 В/м
3–30 МГц	4 В/м	10 В/м
30–300 МГц	2 В/м	3 В/м
0,3–300 ГГц	5 мкВт/см ²	10 мкВт/см ²

точное оборудование. ПДУ напряжённости МП ПЧ установлены для условий непрерывного и прерывистого (импульсного) воздействия с учётом длительности импульса и паузы и общего времени воздействия в течение рабочего дня и составляют от 1400 до 10 000 А/м.

Для ограничения воздействия МП ПЧ на персонал, проводящий работы на неотключённых воздушных линиях электропередачи, в 1989 г. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР при участии СибНИИ энергетики Минэнерго СССР, ПО ДЭП Минэнерго СССР, Рижского политехнического института, НИИПТ Минэнерго СССР были обоснованы «Ориентировочные безопасные уровни воздействия переменных магнитных полей частотой 50 Гц при производстве работ под напряжением на воздушных линиях (ВЛ) напряжением 220–1150 кВ» (ОБУВ № 5060-89), которые составили при воздействии МП ПЧ на все тело — 4 мТл (3,2 кА/м), при локальном — 6,5 мТл (5,2 кА/м).

В 1998 г. НИИ медицины труда РАМН при участии АО «Фирма ОРГРЭС» РАО энергетики и электрификации «ЕЭС России» разработал СанПиН 2.2.4.723-98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях». В них впервые представлены ПДУ МП ПЧ на рабочих местах в зависимости от времени пребывания персонала для условий общего (80–1600 А/м) и локального (800–6400 А/м) воздействия.

В начале 70-х годов в связи с появлением научных данных о неблагоприятном воздействии электростатических и постоянных магнитных полей (ЭСП и ПМП) на организм человека возникла необходимость обоснования их гигиенических регламентов.

«Санитарно-гигиенические нормы допустимой напряжённости электростатического поля» (№ 1757-77) были разработаны Рижским медицинским институтом, Ленинградским ВНИИ охраны труда ВЦСПС, Ленинградским НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний. ПДУ напряжённости ЭСП установлены с учётом времени воздействия: весь рабочий день — 20 кВ/м, до 1 ч — 60 кВ/м, от 1 ч до 9 ч — по формуле $E_{доп} = 60/\sqrt{T}$, где Т — время воздействия, час.

ПДУ ЭСП, создаваемого бытовыми электрическими приборами, радиоэлектронной аппаратурой, телевизорами, игрушками, одеждой, отделочными строительными материалами и др., в соответствии с МСанПиН 001-96 «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях» не должен превышать 15 кВ/м.

«Предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными

устройствами и магнитными материалами» (№ 1742-77) разработаны Московским ордена Трудового Красного Знамени НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. ПДУ ПМП на рабочем месте составляет 8 кА/м (100 Э).

В 2003 г. были утверждены СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», разработанные НИИ медицины труда РАМН при участии ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана и др., объединившие ранее действовавшие ПДУ электростатического поля, электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц, ЭМП в диапазоне частот ≥ 10 кГц – 300 ГГц с некоторыми изменениями и дополнениями. Так, ПДУ постоянного магнитного поля были установлены для условий общего и локального воздействия и дифференцированы в зависимости от времени.

Впервые в документе были представлены временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля (ГМП) на рабочих местах — нового физического фактора в гигиеническом нормировании. В 2009 г. были утверждены СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях», разработанные НИИ медицины труда РАМН при участии Федерального медико-биологического центра им. А.И. Бурназяна, НИЛ электромагнитной безопасности Санкт-Петербургского ГМТУ; ГНИИ военной медицины МО РФ. В этом документе ПДУ коэффициента ослабления ГМП в производственных условиях дифференцированы в зависимости от времени работы в гипогеомагнитных условиях: до 2-х часов за смену — 4, более 2-х ч — 2. Предельно допустимый уровень ослабления геомагнитного поля в помещениях жилых и общественных зданий устанавливается равным 1,5 [16, 17].

В 2003 г. были утверждены СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов», разработанные НИИ медицины труда РАМН совместно с Самарским отраслевым НИИ радио и др. Требования документа распространяются на стационарные передающие радиотехнические объекты (ПРТО) радиосвязи, радиовещания, телевидения, радиолокации, радиолобительского диапазона, работающих в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц, в том числе находящихся на специальных испытательных полигонах, а также установленные на транспортных средствах (летательных аппаратах, морских и речных судах, поездах) на период их эксплуатации на постоянных или временных стоянках. Представленные в них ПДУ ЭМП для производственных воздействий соответствуют СанПиН 2.2.4.1191-03, для населения — СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96.

В 2003 г. НИИ медицины труда РАМН, Северо-Западным центром гигиены и общественного здоровья, Федеральным ЦГСЭН Минздрава России, Самарским отраслевым НИИ радио, ЦГСЭН г. Москвы были разработаны СанПиН 2.1.8.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи».

Представленные в них ПДУ ЭМП в диапазоне частот 27 МГц – 2400 МГц, создаваемых оборудованием базовых станций на рабочих местах персонала и антеннами на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений, аналогичны ПДУ в ранее утвержденных документах.

Этот СанПиН также устанавливал временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия на человека ЭМП, создаваемых рациями и абонентскими терминалами сотовой

связи непосредственно у головы пользователя. В него был включён ВДУ ЭМП в диапазоне частот $300 \text{ МГц} < f < 2400 \text{ МГц}$, равный 100 мкВт/см^2 , впервые представленный в ГН 2.1.8/2.2.4.019-94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия ЭМИ, создаваемых системами сотовой радиосвязи». Настоящий документ дополнен ВДУ в диапазонах частот 27 МГц – 30 МГц (45 В/м) и 30 МГц – 300 МГц (15 В/м) [18].

Широкое внедрение во все сферы жизнедеятельности персональных компьютеров привело к необходимости контроля и оценки создаваемых ими ЭМП, воздействующих на пользователей. Первым документом был СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам (ВДТ), персональным электронно-вычислительным машинам (ПЭВМ) и организации работы». В дальнейшем были утверждены СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.3359-16, ни один из них не позволял объективно оценивать электромагнитную обстановку на рабочих местах пользователей персональными компьютерами (ПК) и другими средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [19].

Проведённые исследования позволили научно обосновать новые гигиенические регламенты ЭМП на рабочих местах пользователей ПК и другими средствами ИКТ, учитывающие сложную ЭМО, обеспечивающие проведение объективной оценки уровней ЭМП в широком диапазоне частот суммарно от всех источников, устранившие имеющиеся в ранее действовавших документах противоречия и недостатки [20]. ПДУ были представлены для рассмотрения и утверждения в Роспотребнадзор. Однако, в СанПиН 1.2.3685-21 они, к сожалению, не были включены.

На основании комплексных научных исследований, выполненных Центральным физико-техническим институтом Министерства обороны Российской Федерации, Государственным НИИ военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, НИИ МТ РАМН и др., были разработаны СанПиН 2.2.4.1329-03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей», которые устанавливают ПДУ воздействия импульсных ЭМП с длительностями фронтов импульсов в диапазоне от 0,1 до 50 наносекунд (нс), длительностями импульсов в диапазоне от 1 нс до 1000 нс и периодами повторения импульсов более 100 с, создаваемых электроразрядными установками и техническими средствами специального назначения, на личный состав радиотехнического объекта (2,1–5 кВ/м — персонал, 0,7–2,3 кВ/м — непрофессионалы) [21].

В 2016 г. вышел СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», в VII разделе которого были представлены ПДУ ЭМП для производственных условий.

В настоящее время основным нормативным документом, регламентирующим воздействие ЭМП на человека, являются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В нём были объединены все ранее утверждённые Роспотребнадзором и действующие на момент проведения так называемой «регуляторной гильотины» гигиенические нормативы ЭМП на рабочих местах и для населения: ПДУ электростатического поля, постоянного магнитного поля, электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц, электрических и магнитных полей в диапазоне частот 10 кГц – 300 МГц, ЭМП в диапазоне 300 МГц

– 300 ГГц, гипогеомагнитных полей, импульсных ЭМП, а также приведены допустимые уровни ЭМП, создаваемые подвижными станциями сухопутной радиосвязи.

Вместе с тем, следует отметить неудачную структуру СанПиН 1.2.3685-21, что затрудняет практическую работу с документом, по многим позициям информация представлена некорректно. Так в разделе V Физические факторы (Предельно допустимые уровни физических факторов на рабочих местах) в п. 39 в формуле расчёта допустимого времени пребывания в электрических полях 50 Гц допущена ошибка: вместо $T=(50/E)^2$ должно быть $T=(50/E)-2$. Отсутствует допустимое время работы (10 мин.) при напряжённостях 20–25 кВ/м. Исключена принципиально важная формула расчёта приведённого времени при пребывании персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряжённостью ЭП 50 Гц.

После таблицы 5.8 с ПДУ ПМП на рабочих местах не представлен важный пункт — «При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряжённостью (индукцией) ПМП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряжённостью». Нет формул для оценки суммации воздействия ЭМП разных диапазонов. Что касается нормирования гипогеомагнитных условий, то в данном документе совершенно необоснованно были ограничены области их оценки.

В последнее десятилетие ФГБНУ «НИИ МТ» был выполнен ряд НИР, в результате которых были впервые научно обоснованы новые для РФ гигиенические нормативы электрических и магнитных полей в диапазоне частот 3 Гц – 30 кГц на рабочих местах и для населения, магнитных полей в диапазонах 3–30 МГц и 50–300 МГц для производственных условий, ЭМП на рабочих местах пользова-

телей ПК и другими средствами ИКТ [22, 23]. Проекты документов с этими регламентами были представлены для рассмотрения и утверждения в Государственную Комиссию по санитарно-эпидемиологическому нормированию Роспотребнадзора. К сожалению, наши предложения не были включены ни в СанПиН 2.2.4.3359-16, ни в СанПиН 1.2.3685-21.

Заключение. Проведённый анализ динамики и современного состояния гигиенического нормирования ЭМП в РФ показал, что в настоящее время ПДУ установлены для регламентации гипогеомагнитных полей и большинства техногенных электромагнитных факторов, начиная от статических электрических и магнитных полей до переменных ЭМП радиочастотного диапазона, что позволяет снизить риски их вредного воздействия на здоровье работников и население.

В то же время целый ряд вопросов остаётся нерешённым. Считаем, что наиболее перспективными направлениями научных исследований в области гигиенического нормирования ЭМП в настоящее время являются:

- углублённое изучение особенностей биологического действия и влияния на здоровье человека ЭМП, создаваемых современными источниками с новыми техническими параметрами, для уточнения порога вредного действия фактора;
- разработка ПДУ магнитных полей радиочастотного диапазона для населения;
- корректировка ПДУ ЭМП в отдельных полосах частот диапазона 300 МГц – 300 ГГц с учётом особенностей их биологического действия;
- продолжение экспериментальных исследований по обоснованию ПДУ ЭМП, создаваемых системами беспроводной связи и коммуникаций стандартов 5–6G.

Список литературы

1. Перов С.Ю., Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П., Походзей А.В., Токарский А.Ю. Обеспечение профессиональной и экологической электромагнитной безопасности: проблемы, состояние и пути решения. *Безопасность в техносфере*. 2016; 5(4): 45–50.
2. Каляда Т.В., Вишневский А.М., Городецкий Б.Н., Плеханов В.П., Кузнецов А.В. Медико-биологические исследования электромагнитных полей диапазона радиочастот. Итоги и перспективы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 9: 5–11.
3. Зубарев Ю.Б. Электромагнитные поля: история их исследования и применение. *Электромагнитные волны и электронные системы*. 2015; 20(4): 67–73.
4. Лобанова Е.А., Толгская М.С. Изменение высшей нервной деятельности и межнейронных связей в коре головного мозга животных при воздействии СВЧ. В кн.: Летавет А.А., Гордон З.В. ред. *О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот (Труды института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР)*. Выпуск 1. М.: НИИЭИР; 1960: 69–74.
5. Гордон З.В. Итоги комплексного изучения биологического действия электромагнитных полей радиочастот и перспективы дальнейших исследований. В кн.: Гордон З.В. ред. *О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот (Труды лаборатории электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР)*. Выпуск 2. М.: НИИЭИР; 1964: 3–9.
6. Садчикова М.Н., Глотова К.В. Клиника, патогенез, лечение и исходы радиоволновой болезни. В кн.: Гордон З.В. ред. *О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот (Труды лаборатории электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР)*. Выпуск 4. М.: НИИЭИР; 1973: 43–8.
7. Савин Б.М. Проблема гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона на современном этапе. В кн. Савин Б.М. ред. *Методологические вопросы гигиенического нормирования ЭМИ радиочастотного диапазона*. М.: НИИ ГТ и ПЗ АМН СССР; 1979: 12–42.
8. Савин Б.М., Лобанова Е.А. Обоснование ПДУ ЭМИ КВ-диапазона, дифференцированные в зависимости от времени воздействия фактора. В сб. науч. тр. Б.М. Савин ред. *Биологическое действие и гигиеническое нормирование ЭМИ КВ-диапазона*. 1988; 139–147.
9. Рубцова Н.Б., Походзей А.В., Колотыгина Р.Ф. Изучение влияния ЭМИ КВ-диапазона на состояние ЦНС экспериментальных животных в зависимости от продолжительности воздействия. Сб. научных трудов под ред. Б.М. Савина. «Биологическое действие и гигиеническое нормирование ЭМИ КВ-диапазона». Вып. 36. М., 1988: 78–89.
10. Думанский Ю.Д., Сердюк А.М., Лось И.П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. *Здоровье*. Киев. 1973: 159.
11. Шандала М.Г. Методологические вопросы гигиенического нормирования неионизирующих электромагнитных излучений для населения. В сб. научных трудов «Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования». Пушино; 1986: 135–150.
12. Шандала М.Г. Научные основы гигиенической оценки и регламентации физических факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 1989; 10: 4–8.

13. Думанский Ю.Д., Попович В.М., Козырин И.П. Влияние электромагнитного поля низкой частоты (50 Гц) на функциональное состояние организма человека. *Гигиена и санитария*. 1977; 12: 32–5.
14. Савин Б.М., Шандала М.Г., Никонова К.В., Морозов Ю.А. Методы исследования и критерии оценки биологического действия электрических полей промышленной частоты. В кн.: Савин Б.М. ред. *Методологические вопросы гигиенического нормирования ЭМИ радиочастотного диапазона*. М.: НИИ ГТ и ПЗ АМН СССР; 1979: 113–138.
15. 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; 3(2): 52–63.
16. Pokhodzey L.V. Hypogeomagnetic fields as one of the adverse environmental factors. Electromagnetic fields: Biological effects and hygienic standardization. — Eds. M.Y. Repacholi, N.B. Rubtsova, A.M. Muc., Proc. Internat. Meeting. Geneva: WHO, 1999: 215–224.
17. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Афонин А.А., Котляров А.А., Мавлютов А.А. Гигиеническая регламентация гипогеомагнитных условий в производственных, жилых и общественных зданиях. *АНРИ*. 2007; 51(4): 28–34.
18. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Проблемы гармонизации гигиенических регламентов электромагнитных полей мобильных средств радиосвязи. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(3): 39–42.
19. Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., Курьеров Н.Н., Богачева Е.В. Новое в гигиенической оценке электромагнитной обстановки на компьютеризированных рабочих местах. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 7: 27–31.
20. Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., Руднева Е.А. Гигиеническая оценка электромагнитной обстановки на компьютеризированных рабочих местах: история и современное состояние. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(11): 1196–1200.
21. Гавриш Н.Н., Ушаков И.Б., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П. Критериальный параметр гигиенического нормирования воздействия редко повторяющихся ультракоротких электромагнитных импульсов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; 12: 27–32.
22. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Куриленко Ю.В., Руднева Е.А. Магнитные поля низкочастотных диапазонов на рабочих местах: критерии гигиенической регламентации. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 436–443.
23. Походзей Л.В., Руднева Е.А., Пальцев Ю.П., Курьеров Н.Н. Особенности электромагнитной и шумовой обстановки на рабочих местах персонала отделений МРТ: проблемы гигиенического нормирования и контроля. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(9): 575–582.

References

1. Perov S.Yu., Rubtsova N.B., Paltsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Tokarskiy A.Yu. Ensuring professional and environmental electromagnetic safety: problems, status and solutions. *Safety in technosphere*. 2016; 5(4): 45–50 (in Russian).
2. Kalyada T.V., Vishnevskiy A.M., Gorodetsky B.N., Plekhanov V.P., Kuznetsov A.V. Medico-biological studies of electromagnetic fields of radio frequency range. Results and prospects. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2014; 9: 5–11 (in Russian).
3. Zubarev Y.B. Electromagnetic fields: history of their research and application. *Electromagnetic waves and electronic systems*. 2015; 20(4): 67–73 (in Russian).
4. Lobanova E.A., Tolgskaya M.S. Changes in higher nervous activity and interneuron connections in the cerebral cortex of animals under microwave exposure. In book: Letavet A.A., Gordon Z.V. ed. *On the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies (Proceedings of the Institute of Hygiene of Labor and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences)*. Issue 1. M.: NIEIR; 1960: 69–74 (in Russian).
5. Gordon Z.V. Results of a comprehensive study of the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies and prospects for further research. In the book: Gordon Z.V. ed. *On the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies (Proceedings of the laboratory of electromagnetic fields of radio frequencies of the Institute of Hygiene of Labor and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences)*. Issue 2. M.: NIIAIR; 1964: 3–9 (in Russian).
6. Sadchikova M.N., Glotova K.V. Clinic, pathogenesis, treatment and outcomes of radio wave disease. In the book: Gordon Z.V. ed. *On the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies (Proceedings of the Laboratory of Electromagnetic Fields of Radio Frequencies of the Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences)*. Issue 4. Moscow: NIEIR; 1973: 43–8 (in Russian).
7. Savin B.M. Problem of hygienic norming of electromagnetic radiation of radio frequency range at the present stage. In the book: Savin B.M. ed. *Methodological issues of hygienic normalization of EMI of radio frequency range*. Moscow: Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences. 1979: 12–42 (in Russian).
8. Savin B.M., Lobanova E.A. Substantiation of EMR MPL of the SV-band, differentiated depending on the factor exposure time. In B.M. Savin ed. *Biological action and hygienic norming of EMR of SV-band*. 1988; 139–147 (in Russian).
9. Rubtsova N.B., Pokhodzey L.V., Colotigina R.F. Analysis of electromagnetic shot-wave radiation influence on a state a CNS experimental animal in dependence on a duration of effect. In: B.M. Savin ed. *Biological action and hygienic norming of EMR of SV-band*. 1988; 78–89 (in Russian).
10. Dumansky Y.D., Serdyuk A.M., Los I.P. Influence of electromagnetic fields of radio frequencies on man. *Zdorovye*. Kiev; 1973: 159.
11. Shandala M.G. Methodological issues of hygienic norming of non-ionizing electromagnetic radiation for the population. In: *Biological effects of electromagnetic fields. Issues of their use and normalization*. Pushchino. 1986: 135–150 (in Russian).
12. Shandala M.G. Scientific bases of hygienic assessment and regulation of physical environmental factors. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation)*. 1989; 10: 4–8 (in Russian).
13. Dumansky Y.D., Popovich V.M., Kozysarin I.P. Influence of electromagnetic field of low frequency (50 Hz) on functional state of human organism. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation)*. 1977; 12: 32–5 (in Russian).
14. Savin B.M., Shandala M.G., Nikonova K.V., Morozov Y.A. Research methods and criteria for evaluating the biological effect of electric fields of industrial frequency. In Savin B.M. ed. *Methodological Issues of Hygienic Norming of Radiofrequency EMR*. Moscow: Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences; 1979: 113–138 (in Russian).
15. Abdurakhmanov A.M., Zimin K.A., Rubtsova N.B., Ryabchenko V.N., Tokarskiy A.Yu. Magnetic fields of overhead and cable power lines: normalization, calculation, design. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014; 3(2): 52–63 (in Russian).
16. Pokhodzey L.V. Hypogeomagnetic fields as one of the adverse environmental factors. In the book: M.Y. Repacholi, N.B. Rubtsova, A.M. Muc. eds. *Electromagnetic fields: Biological effects and hygienic standardization*. Proc. Internat. Meeting. — Geneva: WHO; 1999: 215–224.
17. Paltsev Y.P., Pokhodzey L.V., Aфонin A.A., Kotlyarov A.A., Mavlyutov A.A. Hygienic regulation of hypogeomagnetic conditions in industrial, residential and public buildings. *ANRI*. 2007; 51(4): 28–34 (in Russian).
18. Paltsev Y.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Bogacheva E.V. Problems of harmonization of hygienic regulations of

- electromagnetic fields of mobile radio communication means. *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(3): 39–42 (in Russian).
19. Pokhodzey L.V., Paltsev Y.P., Kurierov N.N., Bogacheva E.V. Novel in hygienic assessment of electromagnetic environment at computerized workplaces. *Med. truda i prom ekol*. 2020. 2015; 7: 27–31 (in Russian).
20. Pokhodzey L.V., Paltsev Y.P., Rudneva E.A. Hygienic assessment of electromagnetic environment at computerized workplaces: history and current state. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(11): 1196–1200 (in Russian).
21. Gavrish N.N., Ushakov I.B., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Paltsev Y.P. Criterion parameter of hygienic normalization of exposure to rarely repeated ultrashort electromagnetic pulses. *Med. truda i prom ekol*. 2020. 2009; 12: 27–32 (in Russian).
22. Paltsev Y.P., Pokhodzey L.V., Kurilenko Y.V., Rudneva E.A. Magnetic fields of low-frequency ranges at workplaces: criteria of hygienic regulation. *Gigiena i sanitariya*. 2021; 100(5): 436–443 (in Russian).
23. Pokhodzey L.V., Rudneva E.A., Paltsev Y.P., Kurierov N.N. Features of electromagnetic and noise environment at workplaces of the personnel of MRI departments: problems of hygienic norming and control. *Med. truda i prom ekol*. 2020; 60(9): 575–582 (in Russian).
-