

**ОЦЕНКА ПОДХОДОВ К САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ
С ИЗЛУЧАЮЩИМИ ЕГО ИСТОЧНИКАМИ****EVALUATION OF APPROACHES TO SANITARY AND HYGIENIC REGULATION
OF ELECTROMAGNETIC FIELD AT INDUSTRIAL FACILITIES WITH RADIATING SOURCES**

Ключевые слова: электромагнитное поле, контроль электромагнитной обстановки, предельно допустимый уровень, нормативно-правовое регулирование, международные рекомендации, производственные условия, проблематика санитарно-гигиенического нормирования.

Рассматривается противоречивость подходов отечественных и международных нормативно-правовых документов в области санитарно-гигиенической оценки электромагнитной обстановки в производственных условиях. Представлен анализ стандартов, устанавливающих предельно допустимые уровни электромагнитного поля во всем нормируемом диапазоне до оптического спектра для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием излучающих источников. Приведены допустимые уровни составляющих электромагнитного поля в частотном спектре до 3 ТГц, и сформированы диаграммы для напряженности электрического и магнитного полей в диапазоне до 300 МГц на производственных объектах в соответствии с отечественными санитарными правилами и нормами. В виде табличных данных и сравнительных диаграмм приводятся результаты анализа зарубежных национальных (США, Канада, Германия и Англия) и международных (ICNIRP и CENELEC) нормативных документов в области контроля составляющих электромагнитного поля в частотных диапазонах до 300 ГГц для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием излучающих источников. Международные нормы включают практически весь спектр частотных составляющих электромагнитного поля, кроме 0-1 Гц (для электрического поля) и 300 ГГц-3 ТГц, контролируемый отечественными стандартами. Для плотности потока энергии и напряженности высокочастотных составляющих электрического поля в России приняты одни из более строгих предельно допустимых уровней. Отечественная система санитарно-гигиенического нормирования электромагнитной обстановки на производственных объектах устанавливает предельно допустимые уровни для дискретных частотных диапазонов. В иностранных регламентах реализуется более глубокая проработка частотных диапазонов при нормировании параметров электромагнитного поля в рассматриваемых условиях. Актуальной остается проблема санитарно-гигиенической оценки электромагнитной обстановки на производственных объектах в условиях одновременного воздействия электрических, магнит-

ных и электромагнитных полей от различных групп излучающих источников в расширенном до 3 ТГц диапазоне частот.

Keywords: electromagnetic field, electromagnetic environment monitoring, maximum permissible level, legal and regulatory framework, international recommendations, industrial conditions, problems of sanitary and hygienic regulation.

This paper considers discrepancy of approaches of domestic and international regulatory documents in the field of sanitary-hygienic evaluation of electromagnetic environment under production conditions. It presents the analysis of standards establishing maximum permissible levels of electromagnetic field in the whole specified range up to optical spectrum for people professionally related with operation and maintenance of radiating sources. The permissible levels of electromagnetic field components in frequency spectrum up to 3 THz and the diagrams for the electric and magnetic field strengths in the range up to 300 MHz at production facilities according to the domestic sanitary standards and rules are discussed. The analysis results of foreign national (USA, Canada, Germany and England) and international (ICNIRP and CENELEC) regulatory documents in the field of control of electromagnetic field components in the range up to 300 GHz for people professionally related with operation and maintenance of radiating sources are presented in the form of tabular data and comparison charts. It was found that international norms include practically the whole range of frequency components of electromagnetic fields except for 0-1 Hz (for electric field) and 300 GHz - 3 THz regulated by domestic standards. In addition, for energy flux density and strength of high-frequency components of magnetic field is one of the strictest maximum permissible levels have been adopted in Russia. It is confirmed that the domestic system of sanitary-hygienic regulation of electromagnetic environment at production facilities establishes the maximum permissible levels for discrete frequency ranges. The foreign regulations implement a deeper study of frequency ranges when normalizing electromagnetic field parameters under the specified conditions. The problem of sanitary-hygienic evaluation of electromagnetic environment at production facilities under the conditions of simultaneous exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields from different groups of radiating sources in the frequency range extended to 3 THz remains relevant.

Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент, вед. науч. сотр., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: 888tev888@mail.ru.

Прасолова Анастасия Евгеньевна, студент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: nastya.prasolova.00@mail.ru.

Titov Evgeniy Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Leading Researcher, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: 888tev888@mail.ru.

Prasolova Anastasiya Evgenevna, student, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: nastya.prasolova.00@mail.ru.

Введение

Влияние используемых источников электромагнитного поля (ЭМП) на биологические объекты и информационно-технологическое оборудование непрерывно возрастает [1-3]. Принципы мониторинга электромагнитной обстановки в производственных условиях не в полной мере учитывают особенности ее формирования при влиянии различных составляющих ЭМП во всем нормируемом диапазоне (до оптического спектра) [4, 5]. При этом национальные и международные подходы к санитарно-гигиеническому нормированию электромагнитного поля на производственных объектах не позволяют проводить контроль в зонах совместного влияния его составляющих в спектре до субмиллиметровых волн [6, 7].

Основной целью исследования является оценка противоречий в используемых при мониторинге технологических процессов АПК подходах к гигиеническим нормативам составляющих неионизирующего электромагнитного поля в широком частотном диапазоне для развития принципов оценки электромагнитной обстановки на производственных объектах.

Объекты и методы

Для достижения поставленной цели проведен анализ отечественных [8-10] и иностранных [11, 12] гигиенических нормативов и требований к оценке электромагнитной обстановки для производственного персонала. Результаты анализа отечественных нормативных документов, учитываемых при её контроле в диапазоне от постоянных до переменных ЭМП с частотой 300 МГц [8-10], сведены в таблицу 1.

Таблица 1
Предельно допустимые уровни интенсивности электрического и магнитного полей в частотном спектре до 300 МГц

Диапазон частот	ПДУ напряженности электрического поля, В/м	ПДУ напряженности магнитного поля, А/м
0-1 Гц	20000	8000
50 Гц	5000	80
10-30 кГц	500	50
30 кГц-3 МГц	50	5
3-30 МГц	30	-
30-300 МГц	10	0,3

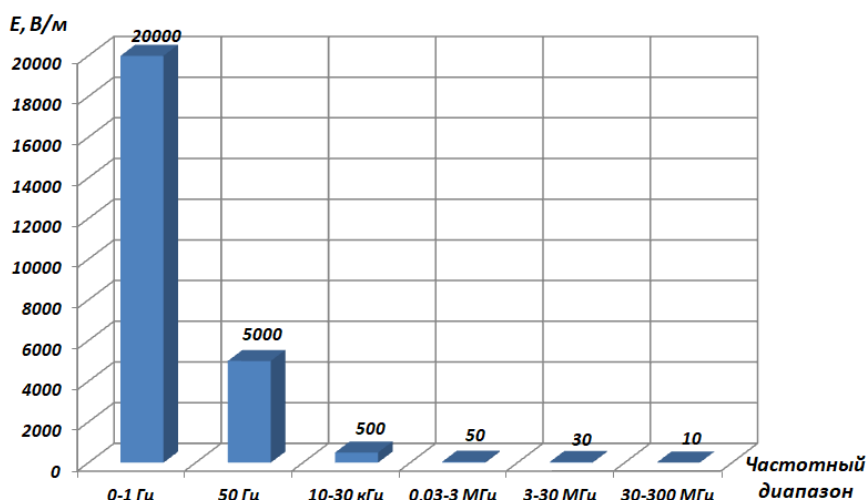


Рис. 1. ПДУ электрического поля в частотном диапазоне до 300 МГц от излучающих источников на производственных объектах

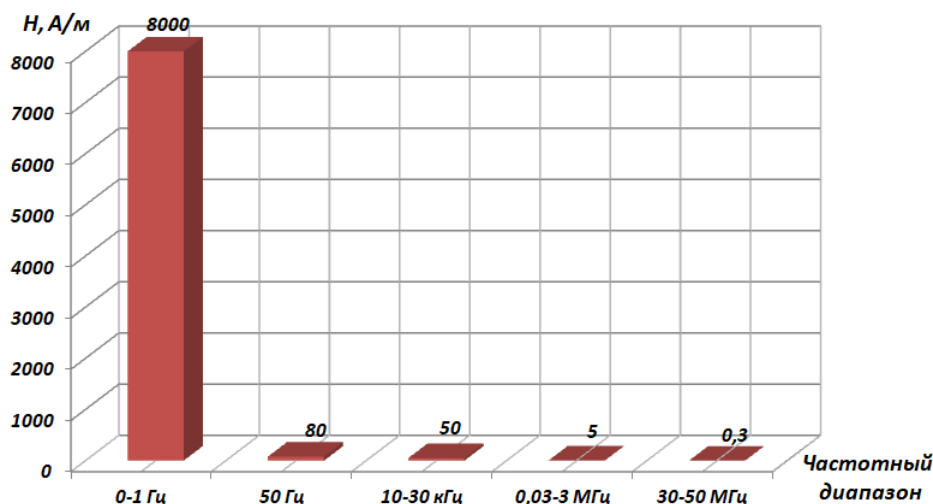


Рис. 2. ПДУ магнитного поля в частотном диапазоне до 300 МГц от излучающих источников на производственных объектах

На основании полученных результатов (табл. 1) построены графические зависимости ПДУ нормируемой интенсивности электрического и магнитного полей в диапазоне до переменных составляющих с частотой 300 МГц на производственных объектах (рис. 1, 2).

На современном этапе развития цивилизации на большей части производственных объектов используются устройства, излучающие радиочастотные ЭМП выше 300 МГц. Так, в соответствии с [8-10] ПДУ плотности потока энергии в частотном диапазоне 300 МГц-300 ГГц составляет 25 мкВт/см², в спектре 300 ГГц-3 ТГц – 10000 мкВт/см² для случаев воздействия не более 25% тела.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты анализа зарубежных национальных (США, Канада, Германия и Англия) и международных (ICNIRP и CENELEC) нормативных документов в области электромагнитной безопасности для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием ЭМП-излучающих источников [11, 12], представлены в таблице 2.

В соответствии с полученными данными (табл. 2) построены графические зависимости ПДУ нормируемых параметров электрического (рис. 3) и магнитного (рис. 4) полей с частотой 50 МГц для производственного персонала.

Таблица 2

Предельно допустимые уровни напряженностей электрического и магнитного полей в диапазоне частот до 300 ГГц

Страна, организация	Частотный диапазон f	Предельно допустимый уровень	
		напряженности электрического поля, В/м	напряженности магнитного поля, А/м
1	2	3	4
США	3 кГц-0,1 МГц	614	163
	0,1-3 МГц	614	16,3/f
	3-30 МГц	1842/f	16,3/f
	30-100 МГц	61,4	16,3/f
	100-300 МГц	61,4	0,163
Канада	10 кГц-1 МГц	600	4,9
	1-10 МГц	600/f	4,9/f
	10-30 МГц	60	4,9/f
	30-300 МГц	60	0,163
Германия	10-30 кГц	1500	350
	30 кГц-2 МГц	1500	7,5/f
	2-30 МГц	3000/f	7,5/f

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Англия	1-535 кГц	–	64
	535 кГц-12 МГц	–	18/f ²
	12-200 МГц	50	0,13
	200-400 МГц	0,25*f	0,00066*f
	400-800 МГц	100	0,26
	800-1550 МГц	0,125*f	0,00033*f
ICNIRP ¹	0-1 Гц	–	1,63*10 ⁵
	1-8 Гц	20000	1,63*10 ⁵ /f ²
	8-25 Гц	20000	2*10 ⁴ /f
	0,025-0,82 кГц	500/f	20/f
	0,82-65 кГц	610	24,4
	0,065-1 МГц	610	1,6/f
	1-10 МГц	610/f	1,6/f
	10-400 МГц	61	0,16
	400-2000 МГц	3*f ^{0,5}	0,008*f ^{0,5}
	2-300 ГГц	137	0,36
CENELEC ²	30-100 кГц	1500	2,158/f ^{1.355}
	100-400 кГц	1500	4,89/f
	400 кГц-10 МГц	614/f	4,89/f
	10-30 МГц	61,4	4,89/f
	30-400 МГц	61,4	0,16

Примечание. ¹Международный комитет по защите от неионизирующего излучения. ²Европейский комитет по стандартизации в электротехнике. Приведены эффективные значения для неискаженных полей. Частота f принимает значения в рамках указанного диапазона.

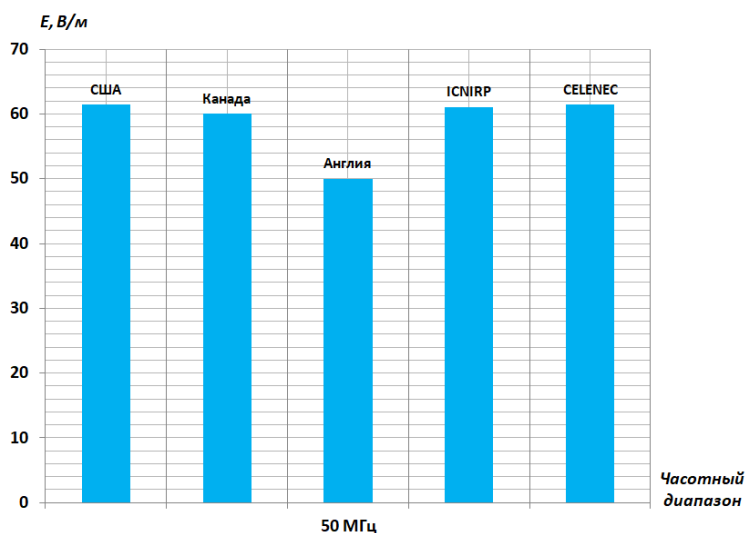


Рис. 3. ПДУ электрической составляющей с частотой 50 МГц для производственных объектов

Результаты анализа ряда зарубежных национальных и международных стандартов в области контроля неионизирующего излучения в частотном диапазоне 300 МГц-300 ГГц для производственного персонала [11, 12] сведены в таблицу 3 и представлены в виде сравнительных диаграмм (рис. 5).

Анализ данных, представленных в таблице 3, показывает, что для США и Германии ПДУ элек-

тромагнитного поля в частотном спектре выше 3 ГГц установлен в 10000 мкВт/см². Однако ICNIRP и CELENEC приняты существенно сниженные – до 5000 мкВт/см² – предельно допустимый уровень плотности потока энергии для указанного спектра частот. При этом более строгие нормы установлены в Англии (10 мкВт/см²).

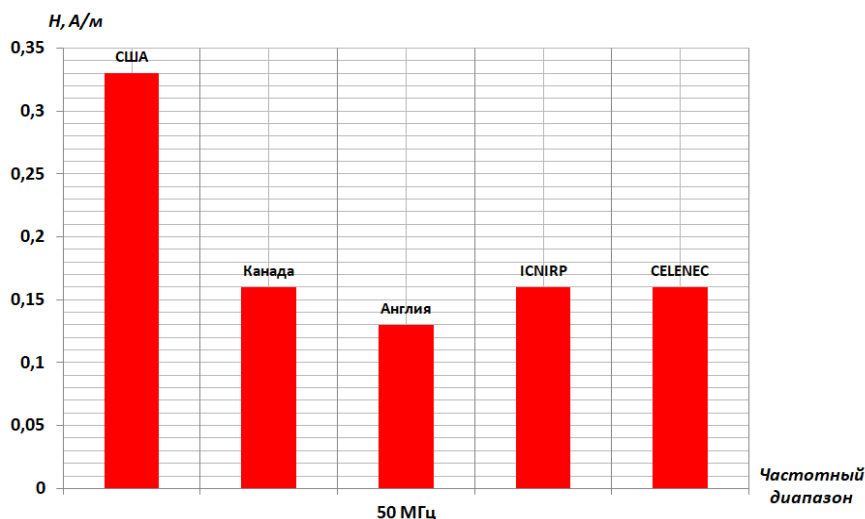


Рис. 4. ПДУ магнитной составляющей с частотой 50 МГц для производственных объектов

Таблица 3

Предельно допустимые уровни интенсивности ЭМП в частотном диапазоне 300 МГц-300 ГГц

Страна, организация	Частотный диапазон, МГц	ПДУ плотности потока, мкВт/см ²
США	300-3000	f/300000
	3000- 300000	10000
Канада	300-1500	f/300000
	1500-300000	5000
Германия	30-3000	2500
	3000-12000	0,8
	12000-300000	10000
Англия	1550-300000	10
ICNIRP	10-400	1000
	400-2000	f/4000
	2000-300000	5000
CELENEC	400-2000	f/400000
	2000-300000	5000

Примечание. Приведены эффективные значения для неискаженных полей. Частота f принимает значения в рамках указанного диапазона.

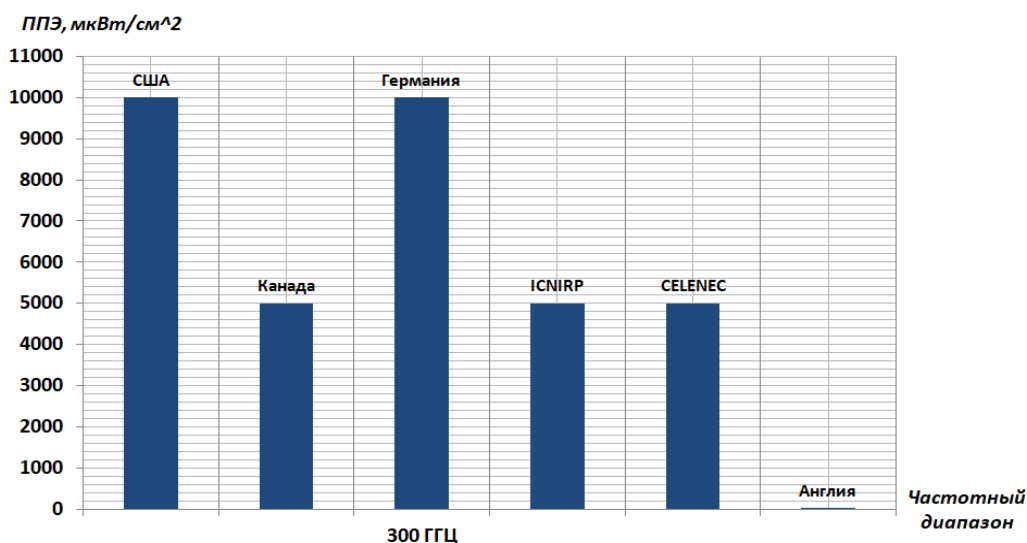


Рис. 5. ПДУ плотности потока энергии ЭМП с частотой 300 ГГц от излучающих источников на производственных объектах

Заключение

Таким образом, международные нормы, в частности, установленные ICNIRP, регламентируют оценку всего спектра частотных составляющих электромагнитного поля, кроме 0-1 Гц (для электрического поля) и 300 ГГц-3 ТГц, контролируемых отечественными нормативными документами. Кроме этого для плотности потока энергии и напряженности высокочастотных составляющих электрического поля в России приняты одни из более строгих предельно допустимых уровней.

Представленные табличные данные и диаграммы также показывают, что отечественная система санитарно-гигиенического нормирования ЭМП на производственных объектах устанавливает ПДУ для дискретных частотных спектров. В соответствии с иностранными нормативными документами регламентируется внутридиапазонная частотная диагностика, что предлагается учитывать при формировании картин опасности электромагнитной обстановки по критерию допустимого времени пребывания персонала производственных объектов в зонах совместного влияния составляющих электромагнитного поля в спектре до субмиллиметровых волн.

Библиографический список

1. Bhagat, M. S., Mungray, A. K., & Mungray, A. A. (2024). Performance improvement of the osmotic microbial fuel cell by the pre-treatment of anaerobic sewage sludge using solenoid magnetic field. *Environmental technology*, 45(14), 2809–2819. <https://doi.org/10.1080/09593330.2023.2190039>.
2. Pershakova, T., Gorlov, S., Lisovoy, V., et al. (2021). Influence of electromagnetic fields and microbial pesticide Vitaplan on stability of apples during storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 640. 022053. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022053.
3. Григорьев, О. А. Обобщенный подход к энергетическому методу оценки эффективности использования неионизирующих излучений в специальных средствах нелетального действия / О. А. Григорьев, А. Г. Прохоркин. – Текст: непосредственный // Стратегическая стабильность. – 2019. – № 3 (88). – С. 71–73.
4. Ершова, И. Г. Способы и СВЧ техника для дефростации и разогрева молозива животных / И. Г. Ершова. – Текст электронный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 6 (132). – URL: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94> (дата обращения: 15.02.2024). – Режим доступа: свободный.
5. Титов, Е. В. Сравнительный анализ подходов к нормированию электромагнитного поля в производственных условиях в соответствии с российскими и европейскими нормативными документами / Е. В. Титов, А. В. Крюков, Д. А. Середкин. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-216-10-81-89. – Текст электронный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 10 (216). – С. 81-89. – URL: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-216-10-81-89> (дата обращения: 18.02.2024). – Режим доступа: свободный.
6. Birks, L. E., et al. (2021). Radiofrequency electromagnetic fields from mobile communication: Description of modeled dose in brain regions and the body in European children and adolescents. *Environmental Research*, 193, 110505. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110505>.
7. Компьютерное моделирование наложенных электромагнитных волн от источников электромагнитного поля в широком диапазоне частот / Е. В. Титов, А. А. Сошников, В. Ю. Васильев, А. С. Соловской. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-209-3-102-108. – Текст электронный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (209). – С. 102-108. – URL: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-209-3-102-108> (дата обращения: 18.02.2024). – Режим доступа: свободный.
8. ГОСТ Р 55815-2013. Безопасность объектов и средств связи. Методы исследований и расчета уровней электромагнитных излучений при проектировании объектов связи. – 2013. – 12 с. – Текст: непосредственный.
9. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, ор-

ганизации и проведению санитарно-противо-эпидемических (профилактических) мероприятий. – 2021. – 63 с. – Текст: непосредственный.

10. СанПин 1.2.3685-21. Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – 2021. – 88 с. – Текст: непосредственный.

11. Frequencies of Non-ionizing radiation. ICNIRP. – url: <https://www.icnirp.org/en/frequencies/index.html> (дата обращения: 23.03.2024). – Режим доступа: свободный.

12. European Standards. European Standardization. – url: <https://www.cenelec.eu/european-standardization> (дата обращения: 23.03.2024). – Режим доступа: свободный.

References

1. Bhagat, M. S., Mungray, A. K., & Mung-ray, A. A. (2024). Performance improvement of the osmotic microbial fuel cell by the pre-treatment of anaerobic sewage sludge using solenoid magnetic field. *Environmental technology*, 45(14), 2809–2819. <https://doi.org/10.1080/09593330.2023.2190039>.

2. Pershakova, T., Gorlov, S., Lisovoy, V., et al. (2021). Influence of electromagnetic fields and microbial pesticide Vitaplan on stability of apples during storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 640. 022053. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022053.

3. Grigorev, O.A. Obobshchennyi podkhod k energeticheskomu metodu otsenki effektivnosti ispolzovaniia neioniziruiushchikh izluchenii v spetsialnykh sredstvakh neletalnogo deistviia / O.A. Grigorev, A.G. Prokhorkin // *Strategicheskaiia stabilnost*. – 2019. – No. 3 (88). – S. 71–73.

4. Ershova, I.G. Sposoby i SVCh tekhnika dlia defrostatsii i razogreva moloziva zhivotnykh / I.G. Ershova // *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. – 2023. – No. 6 (132). – doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94> (data obrashcheniia: 15.02.2024).

5. Titov, E.V. Sravnitelnyi analiz podkhodov k normirovaniu elektromagnitnogo polia v proizvodstvennykh usloviakh v sootvetstvi s rossiiskimi i

evropeiskimi normativnymi dokumentami / E.V. Titov, A.V. Kriukov, D.A. Seredkin // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – No. 10 (216). – S. 81-89. – doi: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-216-10-81-89> (data obrashcheniia: 18.02.2024).

6. Birks, L. E., et al. (2021). Radiofrequency electromagnetic fields from mobile communication: Description of modeled dose in brain regions and the body in European children and adolescents. *Environmental Research*, 193, 110505. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110505>.

7. Kompiuternoe modelirovanie nalozhennykh elektromagnitnykh voln ot istochnikov elektromagnitnogo polia v shirokom diapazone chastot / E. V. Titov, A. A. Soshnikov, V. Iu. Vasilev, A. S. Solovskoi // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – No. 3 (209). – S. 102-108. – doi: <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-209-3-102-108> (data obrashcheniia: 18.02.2024). – Rezhim dostupa: svobodnyi.

8. GOST R 55815–2013. Bezopasnost obiektov i sredstv sviazi. Metody issledovaniia i rascheta urovnei elektromagnitnykh izluchenii pri proektirovanii obiektov sviazi, 2013. – 12 s.

9. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k sodержaniu territorii gorodskikh i selskikh poselenii, k vodnym obiektam, pitevoi vode i pitevomu vodosnabzheniiu naseleniia, atmosfernomu vozdukh, pochvam, zhilym pomeshcheniim, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshchenii, organizatsii i provedeniui sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriatii, 2021. – 63 s.

10. SanPin 1.2.3685–21. Gigenicheskie normativy i trebovaniia k obespecheniiu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlia cheloveka faktorov sredy obitaniia, 2021. – 88 s.

11. Frequencies of Non-ionizing radiation. ICNIRP. – url: <https://www.icnirp.org/en/frequencies/index.html> (data obrashcheniia: 23.03.2024).

12. European Standards. European Standardization. – url: <https://www.cenelec.eu/european-standardization> (data obrashcheniia: 23.03.2024).

