



## БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

### SAFETY OF HUMAN ACTIVITY

DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-584-596

УДК 574.24

Научная статья / Research article

#### Статистическая модель магнитного поля промышленной частоты, созданного воздушными линиями электропередачи с классом напряжения 220 и 500 кВ, находящимися на территории России

А.С. Прокофьева<sup>1,2</sup>✉

<sup>1</sup> АНО «Национальный научно-исследовательский центр  
безопасности новых технологий», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений,  
Москва, Российская Федерация

✉ [nashome@mail.ru](mailto:nashome@mail.ru)

**Аннотация.** Разработана статистическая модель фактического загрязнения магнитного поля промышленной частоты, создаваемого воздушными линиями для первичной оценки фактической электромагнитной обстановки вблизи них в эпидемиологических исследованиях и для дополнения уже выполненных экологических работ дозиметрическими характеристиками.

**Ключевые слова:** магнитное поле, промышленная частота, измерения, модель, воздушная линия электропередачи, 220 кВ, 500 кВ

**История статьи:** поступила в редакцию 15.04.2022; доработана после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 25.09.2022.

© Прокофьева А.С., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Прокофьева А.С. Статистическая модель магнитного поля промышленной частоты, созданного воздушными линиями электропередачи с классом напряжения 220 и 500 кВ, находящимися на территории России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 4. С. 584–596. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-584-596>

## Magnetic field of the industrial frequency polluting statistical model near overhead power lines with voltage class 220 and 500 kV located in Russia

Anastasia S. Prokofyeva<sup>1,2</sup>✉

<sup>1</sup> *Scientific Research Center for Safety of New Technologies, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, Moscow, Russian Federation*

✉nashome@mail.ru

**Abstract.** A statistical model of the actual pollution of the magnetic field industrial frequency created by overhead lines has been developed for the initial assessment of the actual electromagnetic situation near the overhead lines, epidemiological studies and to supplement the already completed environmental work with dosimetric characteristics.

**Keywords:** magnetic field, industrial frequency, measurements, model, overhead power line, 220 kV, 500 kV

**Article history:** received 15.04.2022; revised 10.09.2022; accepted 25.09.2022.

**For citation:** Prokofyeva AS. Magnetic field of the industrial frequency polluting statistical model near overhead power lines with voltage class 220 and 500 kV located in Russia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(4):584–596. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-584-596>

### Введение

Одним из источников магнитного поля промышленной частоты (МП ПЧ) являются воздушные линии электропередачи (ВЛ). Наиболее мощными и часто встречаемыми во внепроизводственных условиях из них являются классы напряжения 220 и 500 кВ. МП ПЧ является канцерогеном 2В (возможный канцероген) [1], в связи с чем с 2007 г. исследования этого фактора ВОЗ рассматривает в числе приоритетных при формировании здоровой окружающей среды и здоровья населения [2].

Оценку загрязнения МП ПЧ от ВЛ можно проводить инструментальным или расчетным методами. При работе с большими территориями, например регионами, проведение оценки является трудоемким мероприятием, осложняющимся большими объемами информации о возможных фактических нагрузках на линиях или же ее отсутствием. Эти данные являются одними из основных при моделировании, которое может проводиться на этапах подготовки к замерам. Кроме того, при проведении эпидемиологических работ характеристика МП на основе расчетного моделирования по максимальной

токовой нагрузке дает завышенные значения магнитного загрязнения. Использование единичных мгновенных измеряемых значений может привести к занижению данных реальной магнитной обстановки. Похожая проблема возникает и при необходимости проведения ретроспективной оценки воздействия от ВЛ.

Для сокращения затрат на этапе подготовительной работы по оценке загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ на больших территориях или при проведении ретроспективной оценки необходима статистическая модель, основанная на фактических данных измерений интенсивности МП ПЧ и способная в целом описать магнитную обстановку, создаваемую ВЛ.

Таким образом, разработка статистической модели загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ на основе массива данных фактической магнитной обстановки является актуальной. **Цель исследования** – разработка такой модели для ВЛ класса напряжений 220 и 500 кВ (ВЛ-220 и ВЛ-500 кВ) на территории в пределах 100 м от линий.

### Материалы и методы

Статистическая модель загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ-220 кВ и ВЛ-500 кВ разработана автором на основе массива данных о фактических значениях и его анализе. Массив данных формировался из трех источников: результаты мониторинга, проводившегося в период с 2011 по 2013 г. вблизи населенного пункта Сабурово (Московская область) [3]; данные протоколов измерений, представленных архивом испытательной лаборатории «Центра электромагнитной безопасности» (ИЛ ЦЭМБ), включая протоколы, полученные при проведении НИР по заданию Минприроды и при разработке ГН 2.1.8/2.2.2.4.2262-07<sup>1</sup>; данные литературы, опубликованные в нашей стране и за рубежом в период с 1999 по 2017 г. [4-16]. Измерения в рамках ИЛ ЦЭМБ (аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.213) выполнены непосредственно автором и коллегами (д.б.н. О.А. Григорьевым, к.б.н. А.В. Меркуловым и др.).

Измерения, представленные протоколами, были проведены на территории Московской области (Красногорский, Рузский, Истринский, Наро-Фоминский, Щёлковский и Одинцовский районы). Результатом измерений в точке считалось среднее значение индукции МП на частоте 50 Гц, полученное по трем измерениям, с учетом расширенной неопределенности. Полученные результаты измерений формировали первичные массивы данных (мониторинг и данные ИЛ ЦЭМБ). В них для каждого 5 м формировалась группа значений интенсивности МП, которая подвергалась проверке на грубые ошибки с использованием диаграммы размаха.

---

<sup>1</sup> ГН 2.1.8/2.2.2.4.2262-07 Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902060222> (дата обращения: 26.01.2022).

В качестве критерия отбора литературных данных использовались следующие требования: измерения должны проходить на территории Российской Федерации вблизи ВЛ-220 кВ и ВЛ-500 кВ, измерения проводились с использованием среднеквадратических значений. Данные о расстоянии от точки измерений до ВЛ и высота расположения датчика находились в диапазоне от 1 до 2 м.

Для каждых 5 м полученного массива формировалась группа значений интенсивности МП, для которой определялись максимальные, минимальные и средние значения с 95%-ми доверительными интервалами, а также значения медиан. Используя полученные значения этих статистических показателей, были построены их линии трендов, сформировавшие статистическую модель и область средних значений (диаграмма изменения интенсивности МП от расстояния от ВЛ). В качестве закона аппроксимации использовался экспоненциальный закон, что связано с непротиворечивостью результатов моделирования с результатами массива данных при 0 м от проекции крайнего провода, а также с отсутствием всплесков на линиях. Длина трассы расчета была согласована с использованной в практических измерениях и составила 100 м.

Полученная модель в 2018–2019 гг. была верифицирована на территории Московского региона (г. Москва: Северо-Западный и Северо-Восточный районы; Московская область: городской округ Химки, Красногорский и Щёлковский районы). Измерения проводились в произвольных точках на высоте 1,8 м от поверхности земли вблизи четырех ВЛ-220 кВ и четырех ВЛ-500 кВ. Результатом в точке измерений считалось среднее из трех с учетом расширенной неопределенности. Полученные данные использовались в рамках аналитической оценки модели распределения фактических значений интенсивности МП ПЧ. Для этого проводился расчет доли попадания полученных значений в область фактических значений модели, а также среднего значения коэффициента расхождения (коэффициента несоответствия) и среднего значения средней относительной ошибки. Средние значения двух последних показателей точности определялись исходя из значений коэффициента несоответствия (формула 1) и средней относительной ошибки (формула 2) для следующих элементов модели: область фактических значений, область между линиями трендов медианы и максимальных значений, а также область средних значений.

$$v = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{\text{мод}_i} - y_{\text{вер}_i})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{\text{вер}_i}^2}}, \quad (1)$$

$$\bar{e}_{\text{отн}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_{\text{вер}_i} - y_{\text{мод}_i}}{y_{\text{вер}_i}} \right| \cdot 100, \quad (2)$$

где  $v$  – коэффициент несоответствия ( $v = 0$  – полное совпадение фактических (верификационных) и прогнозных значений,  $v > 1$  – когда прогноз дает худшие результаты),  $\bar{e}_{\text{отн}}$  – средняя относительная ошибка,  $y_{\text{мод}_i}$  – значение индукции МП ПЧ, полученное по разработанной модели,  $y_{\text{вер}_i}$  – значение индукции МП ПЧ, полученное при верификации,  $n$  – объем рассматриваемой выборки.

Все расчетные и графические работы проводились в программной среде Microsoft Excel.

### Результаты

Сформированный массив данных состоял из 1617 элементов (1456 – данных протоколов, 161 – данных литературы). Статистическая модель фактического загрязнения МП ПЧ представляла собой распределение значений интенсивности поля на расстоянии до 100 м от крайнего провода ВЛ. Она включала в себя границы области фактических значений (линии трендов максимальных и минимальных значений), область, сформированную линией тренда медианы и максимальных значений. Дополнительно была представлена область средних значений (рис. 1, 2).

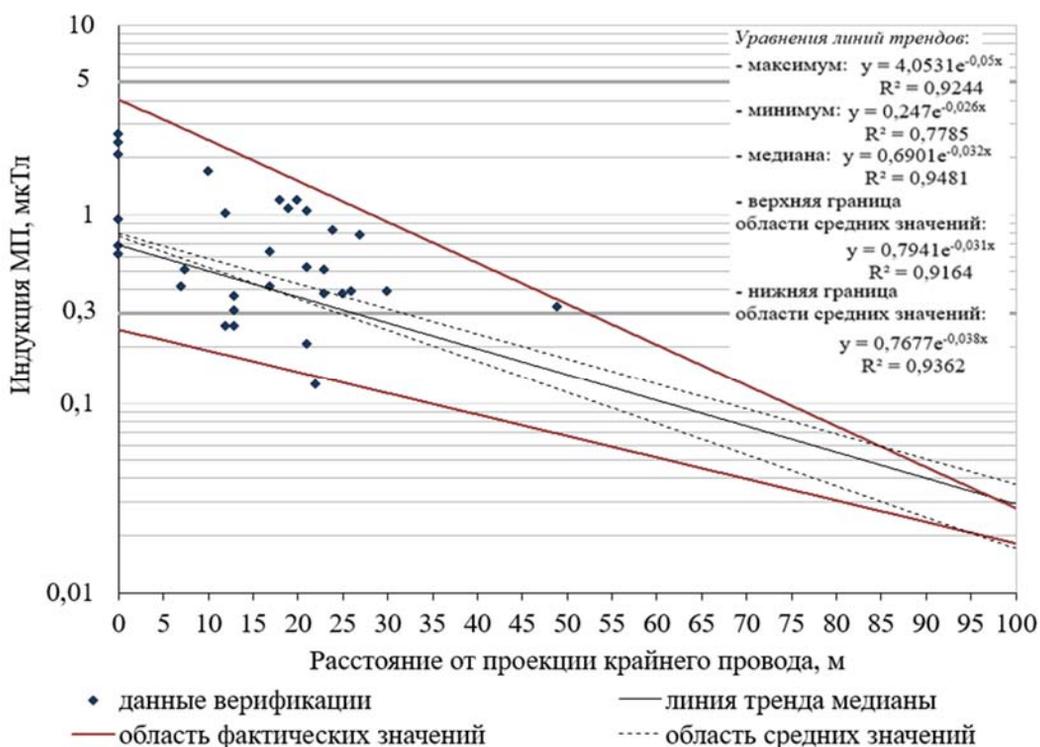


Рис. 1. Статистическая модель фактического загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ-220 кВ и данные верификации (ось Y – логарифмическая)

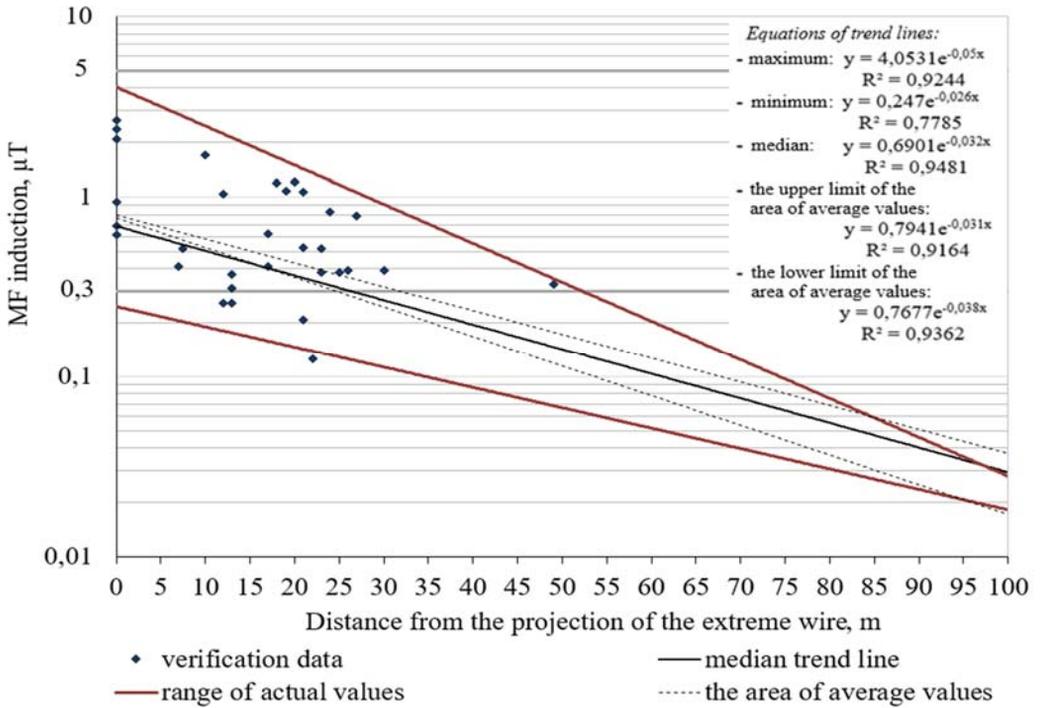


Figure 1. Statistical model of the actual pollution of the MF IF near the OHPL-220 kV and verification data (Y-axis is logarithmic)

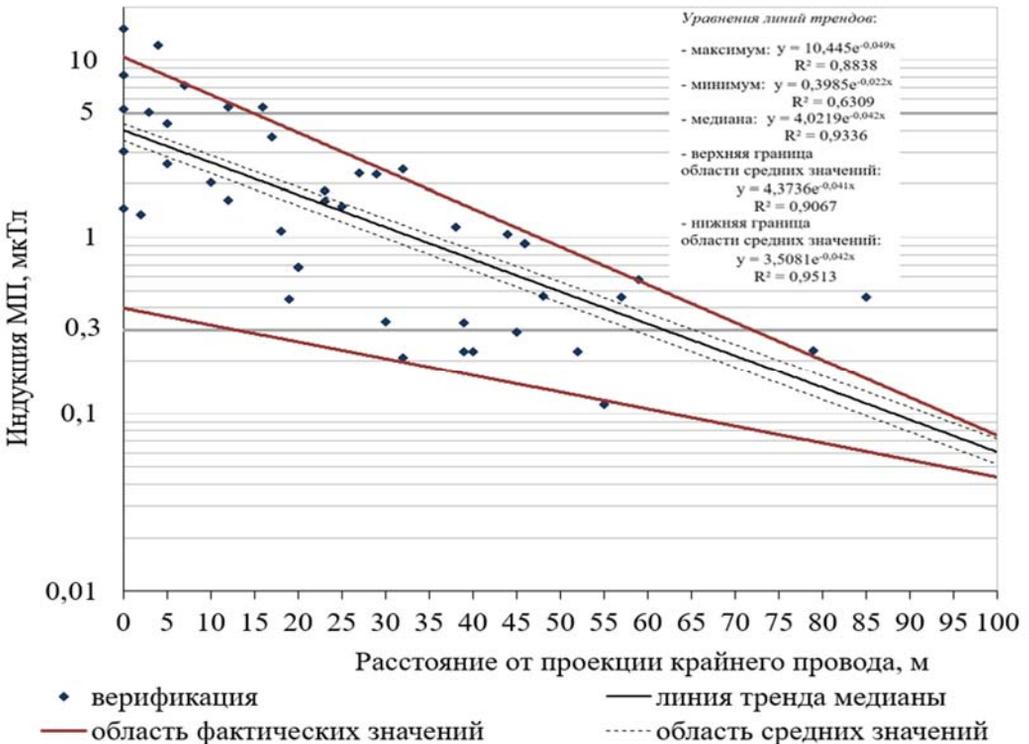


Рис. 2. Статистическая модель фактического загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ-500 кВ и данные верификации (ось Y– логарифмическая)

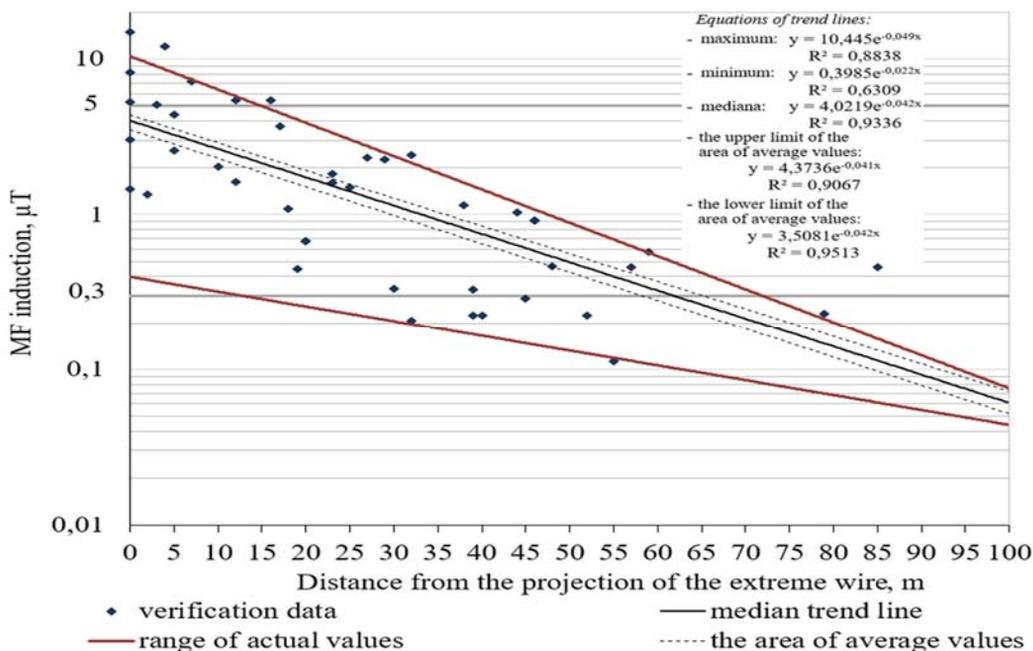


Figure 2. Statistical model of the actual pollution of the MF IF near the OHPL-500 kV and verification data (Y-axis is logarithmic)

Доля попадания полученных значений в область фактических значений модели для ВЛ-220 кВ составляет 96,77 %, для ВЛ-500 кВ – 79,07 %. При рассмотрении области, сформированной линиями трендов медианы и максимальных значений, в указанную область вошло 70,97 % (для ВЛ-220 кВ) и 39,53 % (для ВЛ-500 кВ) данных верификации.

Средние значения коэффициента несоответствия не превышали 0,4 для рассматриваемых классов напряжения. Средние значения средней относительной ошибки не превышали 50 % (табл. 1).

Таблица 1. Показатели точности модели распределения фактических значений интенсивности МП ПЧ вблизи ВЛ

Оцениваемая часть модели	ВЛ-220 кВ		ВЛ-500 кВ	
	Коэффициент несоответствия $\nu$	Средняя относительная ошибка $\bar{e}_{отн}$ , %	Коэффициент несоответствия $\nu$	Средняя относительная ошибка $\bar{e}_{отн}$ , %
Область фактических значений	0,004	0,53	0,22	3,94
Область между линиями трендов медианы и максимальных значений	0,08	17,22	0,28	71,64
Область средних значений	0,61	45,09	0,60	72,44
Средние значения показателей точности				
Без учета области средних значений	0,03	8,88	0,25	37,79
С учетом области средних значений	0,23	20,95	0,37	49,34

**Table 1. Accuracy of the distribution model of the actual values of the MF IF intensity near the overhead lines**

Estimated part of the model	OHPL-220 kV		OHPL-500 kV	
	Disparity coefficient $\nu$	Average relative error $\bar{e}_{\text{OTH}}, \%$	Disparity coefficient $\nu$	Average relative error $\bar{e}_{\text{OTH}}, \%$
Area of actual values	0,004	0,53	0,22	3,94
Area between the trend lines of the median and maximum values	0,08	17,22	0,28	71,64
Area of the average values	0,61	45,09	0,60	72,44
Average accuracy values				
Without considering the range of average values	0,03	8,88	0,25	37,79
With considering the range of average values	0,23	20,95	0,37	49,34

### Обсуждение

Для оценки фактического состояния магнитного загрязнения вблизи ВЛ на территории России относительно максимально возможного разработанную статистическую модель сравнили с результатами моделирования при максимальной нагрузке на линии. В качестве примера использовалась аппроксимация данных диаграммы, полученной при теоретическом прогнозировании магнитной обстановки вблизи населенного пункта Сабурово (Московская область) [3]. На рис. 3 и 4 границы этой области представлены двумя линиями, сформированными из данных, рассчитанных вблизи опоры и вблизи середины пролета.

Сравнение проводилось для области фактических значений и области между линиями трендов медианы и максимальных значений. Область средних значений в оценке не участвовала в связи с тем, что, во-первых, для характеристики центральных тенденций факторов окружающей среды используются значения медианы [17], во-вторых, эти области обладали более низкими значениями коэффициентов несоответствия. Для проведения сравнения вычислялась разница положений линии тренда максимальных значений модели или линии тренда медианы и нижней границы расчетной области на примере Сабурово. Расчет разницы проводился для каждые 5 м, после чего рассчитывалось среднее арифметическое.

В результате сравнения расположения верхней границы области фактических значений (линии тренда максимумов) было выявлено, что для ВЛ-220 кВ разница фактического состояния магнитного загрязнения относительно возможных максимальных (в соответствии с примером вблизи населенного пункта Сабурово) в среднем составила 46,61 % (на некоторых расстояниях доходила до 86,07 %), для ВЛ-500 кВ – 21,94 % (максимум – 96,70 %). При оценке расположения линии тренда медианы разница составила в среднем для ВЛ-220 кВ – 80,89 % (максимум – 87,42 %), для ВЛ-500 кВ – 56,46 % (максимум – 80,00 %).

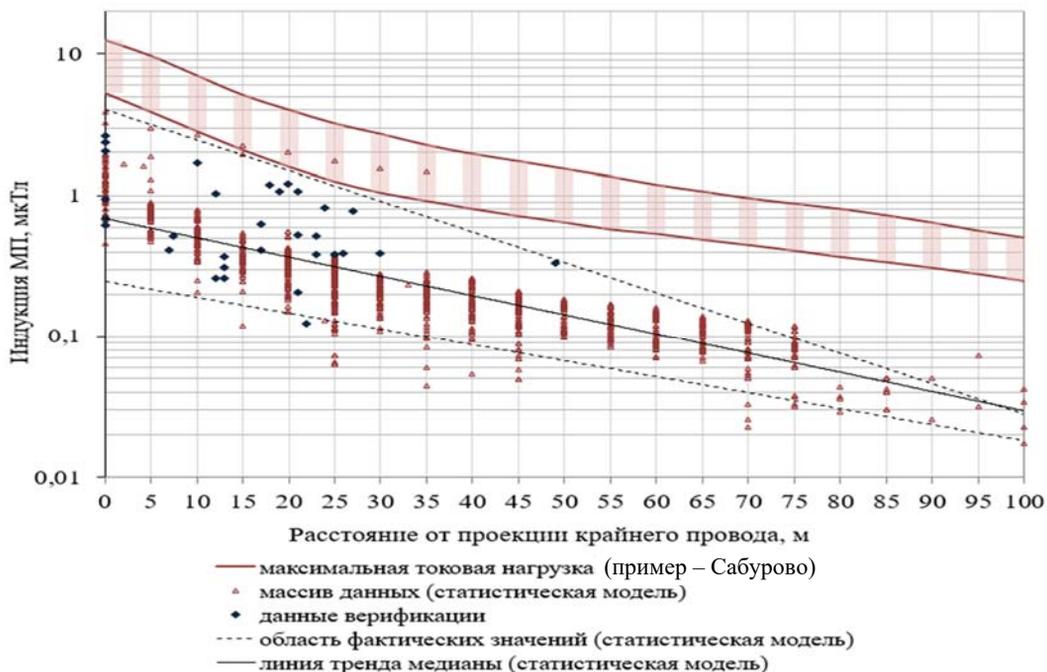


Рис. 3. Сравнение фактического состояния магнитного загрязнения вблизи ВЛ-220 кВ с результатами моделирования максимальной нагрузки на линии на примере участка вблизи населенного пункта Сабурово (ось Y– логарифмическая)

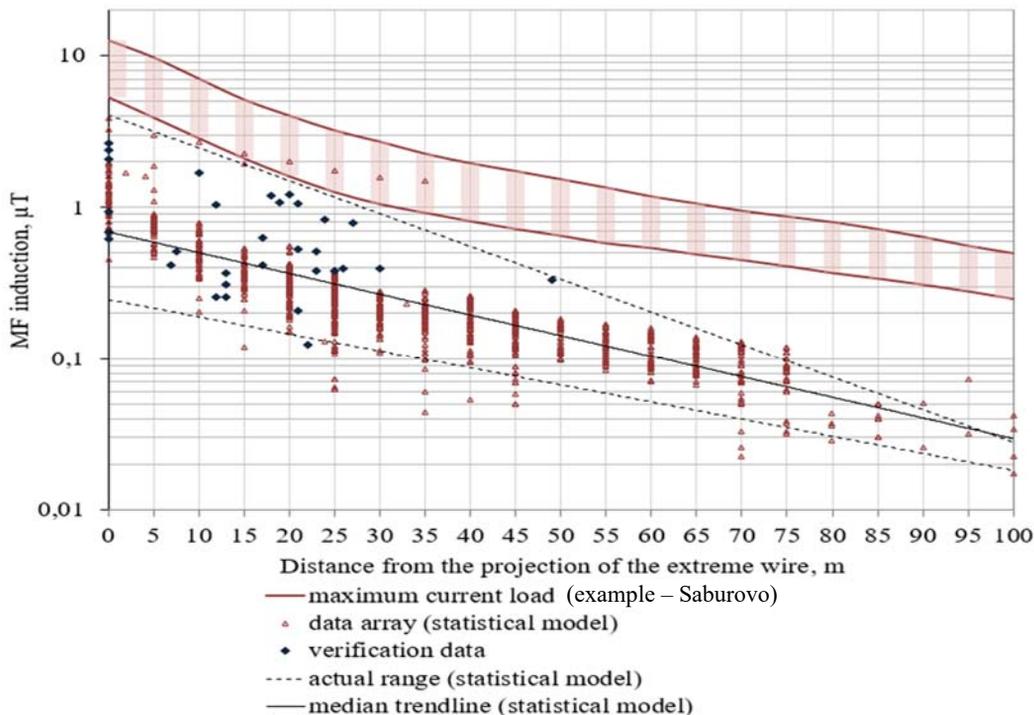


Figure 3. Comparison of the actual state of magnetic pollution near the OHPL-220 kV with the results of modeling the maximum load on the line on the example of near the settlement of Saburovo (Y-axis is logarithmic)

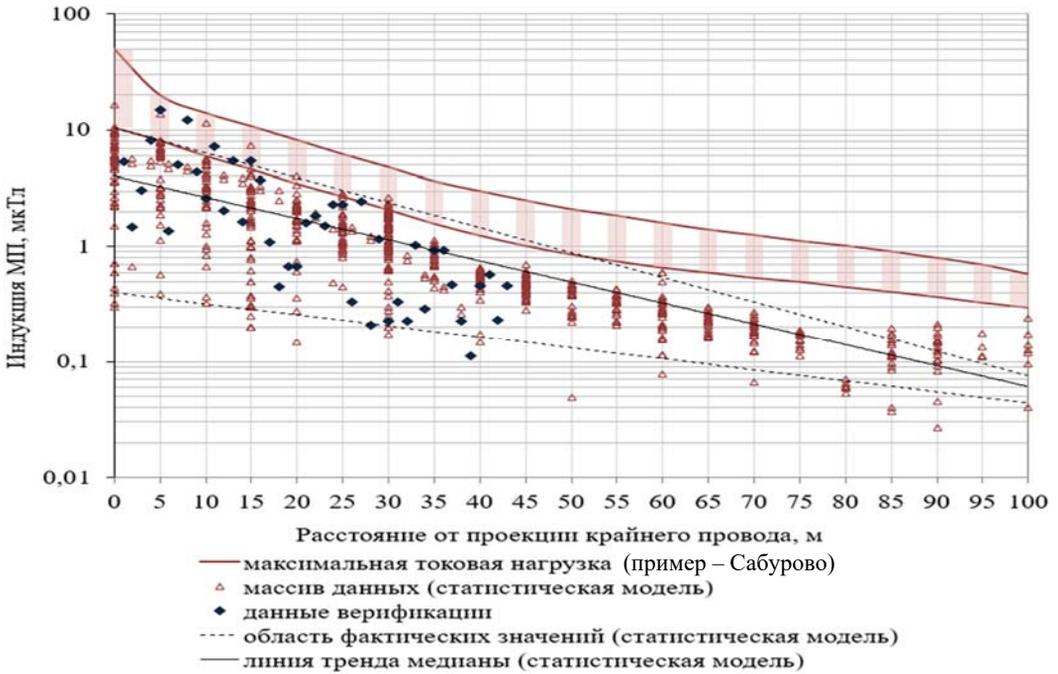


Рис. 4. Сравнение фактического состояния магнитного загрязнения вблизи ВЛ-500 кВ с результатами моделирования максимальной нагрузки на линии на примере участка вблизи населенного пункта Сабурово (ось Y– логарифмическая)

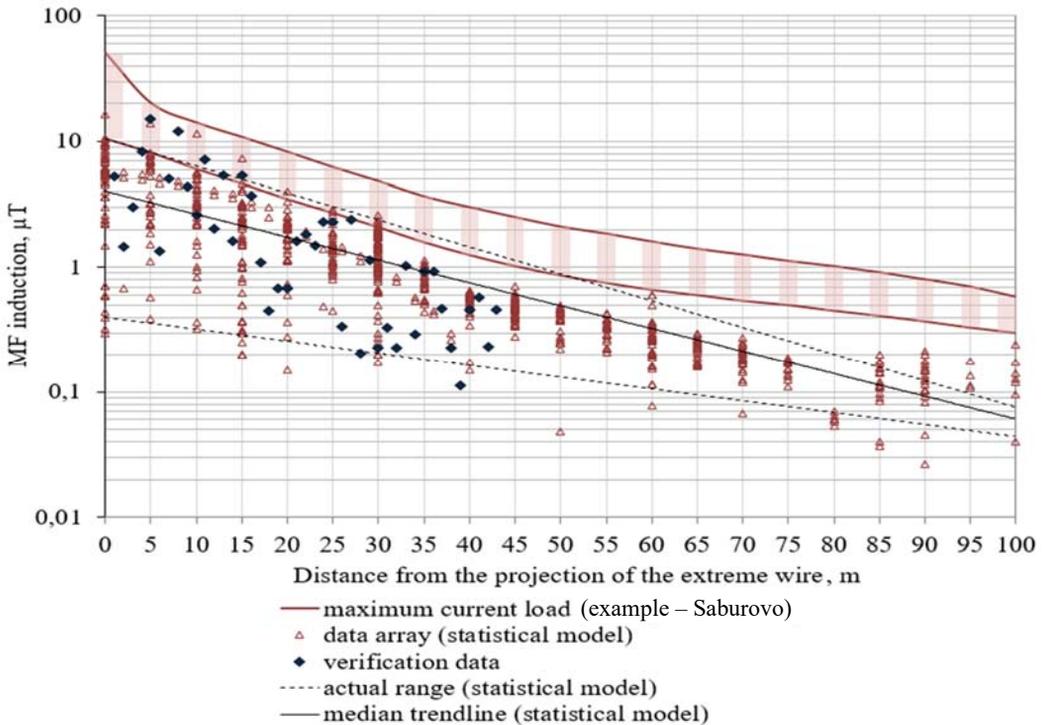


Figure 4. Comparison of the actual state of magnetic pollution near the OHPL-500 kV with the results of modeling the maximum load on the line on the example of near the settlement of Saburovo (Y-axis is logarithmic)

Следует отметить, что некоторые значения индукции МП из массива данных входят в область возможных максимальных значений. Такая картина характерна для ВЛ-500 кВ. При этом в большинстве случаев данные массива, определяющие положение верхней границы области фактических значений, находятся ниже этой области.

Полученные значения показателей точности модели фактического распределения индукции МП вблизи ВЛ (см. табл. 1) свидетельствуют о возможности использования модели только в качестве первичной оценки при планировании более локальных исследований или при обобщенной оценке магнитного загрязнения в экологических или эпидемиологических исследованиях.

### Заключение

Разработанная статистическая модель загрязнения МП ПЧ, создаваемого ВЛ-220 кВ и ВЛ-500 кВ, представляет собой распределение статистических (максимум, минимум, медиана, средние) значений индукции МП ПЧ в зависимости от расстояния от крайнего провода. Согласно полученным данным, большинство ВЛ не находятся под максимальной токовой нагрузкой, фактическое загрязнение ниже в среднем на 22–81 % в зависимости от класса напряжения. При этом существуют единичные случаи ВЛ, находящихся под нагрузкой, приближенной к максимальной (полученные значения выше верхней границы фактических значений модели).

Статистическую модель можно использовать для первичной оценки фактической электромагнитной обстановки вблизи ВЛ при проведении подготовки к точечному мониторингу региона, при эпидемиологических исследованиях, а также для дополнения уже выполненных экологических исследований дозиметрическими характеристиками, если они не были представлены.

### Список литературы

- [1] IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-Ionizing Radiation. Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Vol. 80. Lyon: IARC Press, 2002. 429 p.
- [2] Extremely low frequency fields: Environmental health criteria. No. 238, Fact sheet. Geneva: WHO, 2007. 519 p.
- [3] Григорьев О.А., Гошин М.Е., Прокофьева А.С., Алексеева В.А. Особенности национальной политики, определяющей подходы к гигиеническому нормированию электромагнитного поля радиочастот в различных странах // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 11. С. 1184–1190. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1184-1190>
- [4] Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: монография. Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. 198 с.
- [5] Пилюгин Г.А., Петухов Р.А. Анализ электромагнитных полей на примере жилого массива «Зеленая роща» г. Красноярска // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 335–337.

- [6] Сивяков Б.К., Скрипкин А.А., Сивяков Д.Б., Цыганков А.В. Электрическое и магнитное поля высоковольтной воздушной линии на удалении от нее // Вестник СГТУ. 2015. № 3 (80). С. 200–206.
- [7] Гигиенические проблемы неионизирующих излучений. Т. 4 / авт. колл. под ред. Ю.Г. Григорьева и В.С. Степанова; под общ. ред. акад. РАМН Л.А. Ильина. М.: АТ, 1999. 304 с.
- [8] Щербаков И.В. Активность фермента каталазы в пахотном слое почвы в зоне электромагнитных полей линий электропередач // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6 (112). С. 74–75.
- [9] Струмеляк А.В. Исследование электромагнитной обстановки объектов электроэнергетики: дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2005.
- [10] Свиридова Е.Ю. Экологический мониторинг и повышение электромагнитной безопасности урбанизированных территорий вблизи линий электропередачи (на примере города Ногинск): дис. ... канд. техн. наук. М., 2012.
- [11] Васильев А.В. Мониторинг и снижение негативного воздействия электромагнитных полей в условиях Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 4. С. 250–255.
- [12] Стурман В.И. Картографирование электромагнитных полей промышленного диапазона частот в городе Белгороде // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2017. № 18 (267). С. 183–191.
- [13] Стурман В.И. Картографирование электромагнитных полей промышленного диапазона частот в городе Петрозаводске // Принципы экологии. 2017. № 4 (25). С. 73–83.
- [14] Чистяков Г.Н., Беляев Р.Ю. Мониторинг электромагнитной обстановки линий электропередачи Хакасской энергосистемы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 5–6. С. 60–66.
- [15] Григорьев О.А., Меньщиков В.Ф., Прокофьева А.С. Новое в формировании условий облучения населения электромагнитным полем (на примере Московского региона) // Известия вузов. Физика. 2015. Т. 58. № 8/3. С. 289–291.
- [16] Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: информационный сборник / под общ. ред. В.Я. Путилова. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 388 с.
- [17] Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека: пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2004. 267 с.

## References

- [1] *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-Ionizing Radiation. Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*. Vol. 80. Lyon: IARC Press; 2002.
- [2] *Extremely low frequency fields: Environmental health criteria*. No. 238, Fact sheet. Geneva: WHO; 2007. 519 p.
- [3] Grigoriev OA, Goshin ME, Prokofyeva AC, Alekseeva VA. Features of national policy in approaches to electromagnetic field safety of radio frequencies radiation in different countries. *Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2019;98(11):1184–1190. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1184-1190>
- [4] Dovbysh VN, Maslov MY, Spodobayev YM. *Electromagnetic safety of power system components*. Samara: ООО «ИПК «Sodruzhestvo» Publ.; 2009. (In Russ.).

- [5] Pilyugin GA, Petukhov RA. Analysis of electromagnetic fields on the example of the residential area “Zelenaya roshcha” g. Krasnoyarsk. *Modern high technologies*. 2013;8–2:335–337. (In Russ.).
- [6] Sivyakov BK, Skripkin AA, Sivyakov DB, Tsygankov AV. Electrical and magnetic fields distant from the overhead high-voltage line. *Bulleting of Saratov State Technical University*. 2015; 3(80):200–206. (In Russ.).
- [7] Grigoryev YG, Stepanov VS, Il'in LA. *Hygienic problems of non-ionizing radiation*. Vol. 4. Moscow: AT, 1999. (In Russ.).
- [8] Shcherbakov IV. The activity of the enzyme catalase in topsoil in the zone of electromagnetic fields of power transmission lines. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013; 6(112):74–75. (In Russ.).
- [9] Strumeljak AV. Study of the electromagnetic environment of electric power facilities [dissertation]. Bratsk; 2005. (In Russ.).
- [10] Sviridova EYu. Environmental monitoring and improving the electromagnetic safety of urban areas near power lines (on the example of the Noginsk city) (dissertation of Candidate of Technical Science). Moscow; 2012. (In Russ.).
- [11] Vasilyev AV. Monitoring and reduction of negative impact of electromagnetic fields of urban territory of Togliatti city. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;16(4):250–255. (In Russ.).
- [12] Sturman VI. Mapping of electromagnetic fields of the industrial range of frequencies in the Belgorod city. *Belgorod state university scientific bulletin. Natural sciences*. 2017;18(267):183–191. (In Russ.).
- [13] Sturman VI. Mapping of electromagnetic fields of industrial frequencies in the city of Petrozavodsk. *Principles of the ecology*. 2017;4(25):73–83. (In Russ.).
- [14] Chistyakov GN, Belyaev RY. Monitoring of electromagnetic conditions of transmission lines of the Khakas power system. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2009;5–6:60–66. (In Russ.).
- [15] Grigoriev OA, Menshikov VF, Prokofyeva AS. Novel in the formation of public exposure to EMF (the example of Moscow region). *Russian Physics Journal*. 2015;58(8/3):289–291. (In Russ.).
- [16] *Modern environmental technologies in the electric power industry: Information collection*. Moscow: MPEI Publishing House; 2007. (In Russ.).
- [17] Revich BA, Avaliani SL, Tikhonova GI. Fundamentals of assessing the impact of polluted environment on human health: a manual on regional environmental policy. Moscow: Acropolis, CEPR; 2004. (In Russ.).

### Сведения об авторе:

Прокофьева Анастасия Станиславовна, АНО «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий», Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, Российская Федерация, 109028, г. Москва, Яузская ул., д. 1/15, стр. 1. eLIBRARY SPIN-код: 7903-5028. E-mail: nashome@mail.ru

### Bio note:

Anastasia S. Prokofyeva, Autonomous Non-Commercial Organization “National Research Center for Safety of New Technologies”, Russian National Committee for Protection from Non-Ionizing Radiation, 1/15, bldg 1, Yauza St, Moscow, 109028, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-код: 7903-5028. E-mail: nashome@mail.ru