

Григорьев О.А.<sup>1</sup>, Губернский Ю.Д.<sup>2</sup>, Алексеева В.А.<sup>1</sup>, Прокофьева А.С.<sup>1</sup>, Гошин М.Е.<sup>2</sup>

## ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ, ПРИМЫКАЮЩЕЙ К САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

<sup>1</sup>ООО «Центр электромагнитной безопасности», 111020, Москва;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва

*Приведён обзор критериев оценки состояния электромагнитной обстановки на участках, прилегающих к воздушным линиям электропередач (ВЛЭП). Выполнено расчётное моделирование и получены фактические данные, характеризующие состояние электрического и магнитного поля на территории вблизи прохождения ВЛЭП 500 и ВЛЭП 220 кВ. Проведено исследование характера формирования магнитного поля промышленной частоты от ВЛЭП в квартирах первой линии застройки на расстоянии 60–90 м от ВЛЭП 500 кВ. Показано, что значения плотности магнитного потока на границах санитарно-защитных зон ВЛЭП соответствуют российским санитарным нормам. При этом за пределами санитарного разрыва, на прилегающей селитебной территории, зафиксированы показатели плотности магнитного потока, превышающие значения, классифицированные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) как канцероген класса 2В. Измерения плотности магнитного потока на различных этажах строящегося здания показали, что максимумы, зафиксированные на уровне 4-го и 6-го этажей (0,3 мкТл), находятся на границе рекомендуемого ВОЗ диапазона; при пересчёте этих значений на максимальную нагрузку линии наблюдается явное превышение показателей, рекомендуемых ВОЗ. Таким образом, зона жилой застройки в современных условиях фактически может располагаться в полосе селитебной территории с неопределёнными критериями оценки, соответственно население, проживающее в подобных условиях, является потенциальным контингентом для проведения эпидемиологических исследований по программе международного электромагнитного проекта ВОЗ.*

**Ключевые слова:** воздушные линии электропередач; электромагнитные поля промышленной частоты 50 Гц; плотность магнитного потока.

**Для цитирования:** Григорьев О.А., Губернский Ю.Д., Алексеева В.А., Прокофьева А.С., Гошин М.Е. Эколого-гигиеническая оценка электромагнитной обстановки на территории, примыкающей к санитарно-защитной зоне воздушных линий электропередачи. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 132-137. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-132-137>

**Для корреспонденции:** Гошин Михаил Евгеньевич, канд. хим. наук, старш. науч. сотр. лаб. экологии и гигиены жилой среды ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации. E-mail: [m.goshin@mail.ru](mailto:m.goshin@mail.ru)

Grigoriev O.A., Gubernskiy Yu.D., Alekseeva V.A., Prokofyeva A.S., Goshin M.E.

### THE ENVIRONMENTAL HYGIENIC ASSESSMENT OF THE ELECTROMAGNETIC SITUATION NEAR SANITARY PROTECTION ZONE OF POWER LINES

<sup>1</sup>Center for Electromagnetic Safety “, Moscow, 111020, Russian Federation;

<sup>2</sup>Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation

*The article gives the review of criteria for the assessment of an electromagnetic situation near power lines. Settlement modeling has been executed and the actual data is characterizing a condition of the electric and magnetic field in the territory near power lines of 500 kV and 220 kV. The research of the impact of the power-frequency magnetic field from power lines in the apartments on the example of the building under construction located at distance of 60 m from the power line of 500 kV is reported. Values of the magnetic flux density at the borders of sanitary-protective zones of power lines were shown to meet Russian sanitary standards. At the same time outside this zone to the adjacent residential areas, there was fixed the excess in the performance of the magnetic flux density according to the standards recommended by the World Health Organization (WHO). The measurement of the magnetic flux density on different floors of the building under construction has shown that the maxima, recognized at floors 4 and 5 (0.3 mT) are on the border of the range recommended by the WHO; in case of the recalculation of these values on a maximum load of the line an obvious excess of the indices recommended by the WHO is observed. Thus, the area of the residential development in modern conditions may actually be located in the strip residential areas with uncertain criteria of the safety assessment, respectively, the population living in such conditions, is a potential contingent for epidemiological surveys on the program of the international electromagnetic WHO project.*

**Key words:** power lines; electromagnetic fields power-frequency 50 Hz; magnetic flux density.

**For citation:** Grigoriev O.A., Gubernskiy Yu.D., Alekseeva V.A., Prokofyeva A.S., Goshin M.E. The environmental hygienic assessment of the electromagnetic situation near sanitary protection zone of power lines. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(2): 132-137. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-132-137>

**For correspondence:** Mikhail E. Goshin, MD, Ph.D., the senior researcher of the ecology and hygiene indoor laboratory of the Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: [m.goshin@mail.ru](mailto:m.goshin@mail.ru)

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

*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 22 September 2017

Accepted: 18 October 2017

## Введение

В связи с колоссальным ростом масштабов использования человеком электрической энергии за последние десятилетия произошло радикальное изменение электромагнитной обстановки в диапазоне сверхнизких частот (30 – 300 Гц), что является важным фактором, воздействующим на человека в условиях его проживания [1]. К числу основных гигиенически значимых постоянно действующих источников электромагнитного поля следует отнести воздушные линии электропередачи (ВЛЭП). При прогрессирующей на сегодняшний день тенденции приближения жилой застройки к ВЛЭП и изменения их трассировки в Московском регионе и в целом по России задача изучения электромагнитного воздействия от данных источников на население становится всё более актуальной.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), основным фактором, определяющим электромагнитную обстановку в диапазоне сверхнизких частот, является электромагнитное поле промышленной частоты 50 Гц (ЭМП ПЧ) [2, 3]. При этом именно магнитное поле по сравнению с электрическим имеет намного более высокую степень проникновения в среду обитания человека [4], а его экранирование сопряжено с определёнными трудностями [5].

Многочисленные публикации посвящены последствиям воздействия ЭМП ПЧ на здоровье человека. Так, в ряде работ отмечается нарушение функционирования и возникновение патологий основных систем организма, в т. ч. развитие дегенеративных заболеваний нервной системы [6, 7], негативное влияние на репродуктивную функцию [8, 9], показано наличие связи электромагнитного загрязнения с развитием онкологических заболеваний у детей [10 – 12] и у взрослых [13].

В соответствии с классификацией канцерогенов ВОЗ, в 2001 г. ЭМП ПЧ отнесено к группе возможных канцерогенов класса 2 В [2]. В 2002 г. Международным агентством по исследованию рака (МАИР) были установлены лимитирующие значения, определяющие корреляцию хронического воздействия магнитным полем промышленной частоты и заболеваемости онкологическими заболеваниями – 0,3-0,4 мкТл [14]. В 2007 г. ВОЗ в своих рекомендациях подтвердила эти значения [3, 15].

В настоящее время на территории Российской Федерации нормирование показателей воздействия электромагнитного поля с частотой 50 Гц осуществляется в соответствии со следующими нормативными документами: ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07 [16], СанПиН 2971–84 [17] и СанПиН 1200–03 [18]. Определение размера санитарно-защитной зоны ВЛЭП осуществляется по показателям напряжённости электрического поля. Согласно СанПиН 2971–84 и СанПиН 1200–03 (в СанПиН 1200–03 – зона санитарного разрыва) санитарно-защитной зоной ВЛЭП является территория вдоль трассы ВЛЭП, в которой напряжённость электрического поля превышает 1 кВ/м. При этом в соответствии с Гигиеническим нормативом ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07, для магнитного поля промышленной частоты 50 Гц предельно-допустимый уровень составляет 5 мкТл (в помещении) и 10 мкТл (на селитебной территории) [16]. Величина 5 мкТл в 17 раз превышает рекомендации ВОЗ и МАИР.

Принимая во внимание описанные различия, а также рекомендацию проведения научных исследований по оценке условий и анализу последствий хронического воздействия магнитного поля промышленной частоты с интенсивностью выше 0,3 мкТл, определяемую программой ВОЗ [19], оценка электромагнитной обстановки на селитебных территориях, расположенных вблизи ВЛЭП, представляет существенный научный и практический интерес.

Цель данной работы – исследование и анализ электромагнитной обстановки, формируемой действием ВЛЭП 500 кВ и ВЛЭП 220 кВ на примере участка в районе населённого пункта Сабурово Красногорского района Московской области.

В рамках данной цели решались следующие задачи:

- расчетное моделирование электромагнитной обстановки для наиболее неблагоприятных условий воздействия ЭМП ПЧ;
- исследование электромагнитной обстановки в горизонтальной плоскости по трассам, перпендикулярным к проводам ВЛЭП;
- изучение характера формирования магнитного поля промышленной частоты от ВЛЭП в квартирах первой линии застройки;
- сопоставление полученных данных с действующими отечественными нормативами и лимитирующими значениями, определёнными за рубежом.

## Материал и методы

Расчётное моделирование электромагнитной обстановки для наиболее неблагоприятных условий воздействия ЭМП ПЧ в районе населённого пункта Сабурово Красногорского района Московской области, в зоне прохождения трасс ВЛЭП 500 кВ и ВЛЭП 220 кВ осуществлялось с использованием специализированного программного пакета EFC-400LF («Narda Safety Test Solution», Германия).

Инструментальные измерения напряжённости электрического поля  $E$ , В/м и значения плотности магнитного потока  $B$ , мкТл проводились в апреле, июле и октябре 2011 г. и в апреле 2012 г. в соответствии с требованиями [2, 3, 16–18]. Для проведения измерений интенсивности ЭМП ПЧ использовался анализатор электромагнитного поля EFA-3 («Wandel & Goltermann», Германия). Измерения значений напряжённости электрического поля  $E$  и плотности магнитного потока  $B$  проводились на частоте 50 Гц (с использованием соответствующего полосового фильтра) и в диапазоне 5 – 2000 Гц для оценки наличия и вклада высших гармонических составляющих ЭМП ПЧ. Запись значений интенсивности ЭП и МП ПЧ в каждой контрольной точке проводилась в течение 1 мин., после их стабилизации. Затем с помощью программного обеспечения средства измерения проводился расчёт среднего арифметического, которое являлось результатом одного измерения.

Трассы, вдоль которых проводились измерения электрической и магнитной составляющих ЭМП ПЧ, располагались перпендикулярно к проводам ВЛЭП, их длина (от проекции крайнего провода) составляла не менее 45 м с шагом между точками измерения 5 м (рис. 1). При измерении магнитного поля датчик располагался на высоте 1,8 м от земли, а при измерении электрического поля – на высоте 2,0 м. В каждой точке было проведено не менее трёх измерений.

Метка на рис. 1 показывает месторасположение дома относительно горизонтальных трасс измерений интенсивности ЭМП ПЧ.

Измерения вертикального распределения плотности магнитного потока проводились в строящемся доме, расположенном напротив середины пролёта на расстоянии 85 – 90 м от ВЛЭП 500 кВ. На момент проведения измерений дом не был подключён к электросети. Точки измерений располагались в углах здания и в середине комнат, окна которых выходили в сторону ВЛЭП (рис. 2). При проведении измерений датчик находился на высоте 1,8 м от уровня пола и на расстоянии 2,0 м от оконного проёма.

Расчёт максимально возможных значений интенсивности электрической и магнитной составляющих ЭМП ПЧ в условиях максимальной нагрузки ВЛЭП осуществлялся в соответствии с [16] на основании данных о максимальной токовой нагрузке и о текущей токовой нагрузке в период проведения измерений ВЛЭП 500 кВ и ВЛЭП 220 кВ. Полученные данные обрабатывались с помощью программного комплекса Statistica 10.0 и Microsoft XL.

## Результаты

В результате моделирования электромагнитной обстановки на территории получены горизонтальные и вертикальные

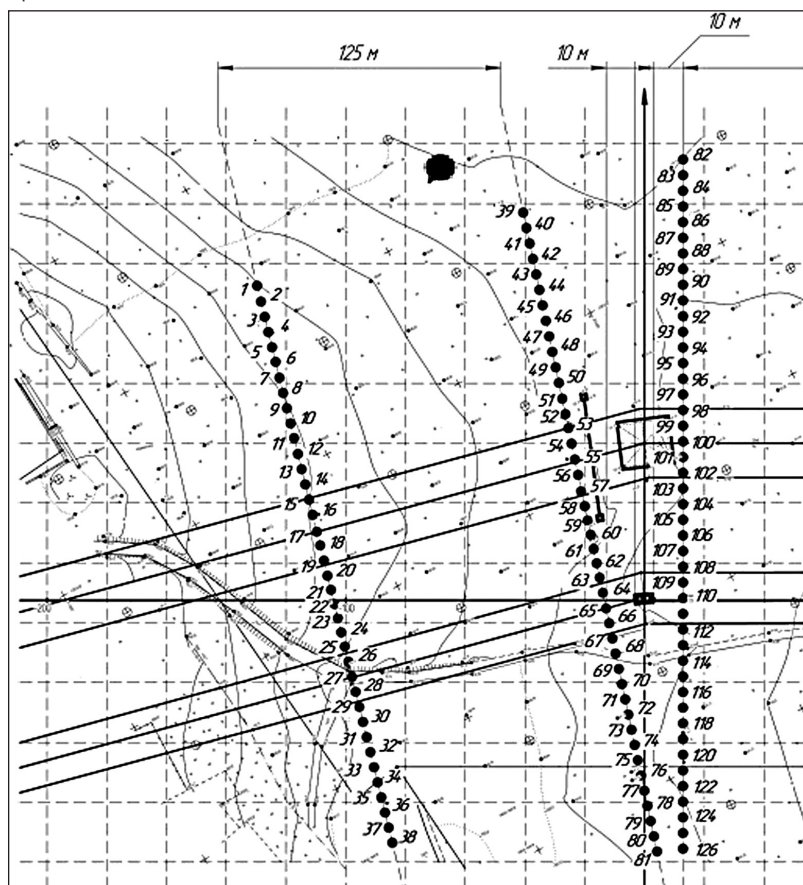


Рис. 1. Трассы измерений интенсивности ЭМП ПЧ с номерами точек.

срезы распределения действующих (среднеквадратических) значений напряжённости электрического поля  $E$  и плотности магнитного потока  $B$ . Горизонтальные сечения распределения интенсивности электрической и магнитной составляющих ЭМП ПЧ на высоте 1,8 м от уровня земли приведены на рис. 3, а, б на 2-й стр. обложки).

Как показал анализ данных моделирования электромагнитной обстановки на территории, прилегающей к ВЛЭП, интенсивность электрической и магнитной составляющих ЭМП ПЧ увеличивается при приближении к фазным проводникам ВЛЭП 500 кВ и ВЛЭП 220 кВ и резко убывает при удалении от них. Максимальные расчётные действующие значения напряжённости электрического поля превышают 10 кВ/м, а плотности магнитного потока – 50 мкТл; наибольшие показатели фиксируются в зонах максимального провиса проводов.

На рис. 4 (см. на 2-й стр. обложки) приведено вертикальное сечение распределения интенсивности магнитной

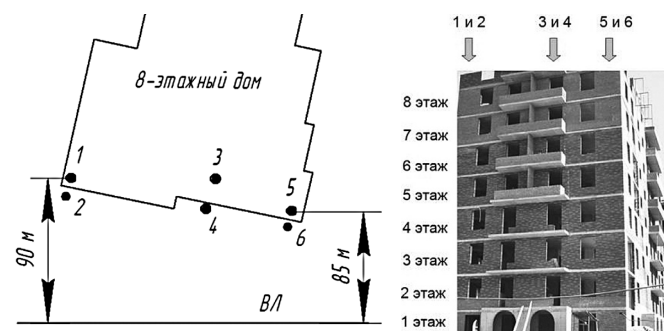


Рис. 2. Расположение точек измерения МП ПЧ в строящемся здании: 1, 2, 5, 6 – углы; 3, 4 – середина здания (балкон).

составляющей ЭМП вдоль трассы измерений с точками измерений №№ 1–38 (см. рис. 1).

Сравнение результатов расчётного моделирования и инструментальных измерений показывает их высокую сходимость. Некоторые отличия полученных данных можно объяснить как ограничения в точности и степени детализации математической модели линий электропередачи и прилегающей территории при проведении расчётов, так и наличием артефактов, влияющих на результаты измерений – особенностей рельефа местности (возвышений, низин, насыпей и т. п.), кратковременной нестабильности токовой нагрузки и др.

В спектре электрической и магнитной составляющих ЭМП в диапазоне частот 5–2000 Гц зафиксировано лишь незначительное содержанием высших гармонических составляющих основной частоты 50 Гц – зафиксированные значения напряжённости электрического поля  $E$  и плотности магнитного потока  $B$  в диапазоне частот 5 – 2000 Гц достоверно не отличались от значений напряжённости электрического поля  $E_{50}$  и плотности магнитного потока  $B_{50}$  в одних и тех же точках измерений.

Реальная картина распределения ЭМП ПЧ на исследуемой территории определяется не только проходящими ВЛЭП с напряжением 220 кВ и 500 кВ, но также и расположенным на линии 500 кВ участком с перефазировочным узлом, который вносит дополнительный вклад в суммарные показатели напряжённости электрического поля и плотности магнитного потока. Максимальное значение плотности магнитного потока, зафиксированное при расположении датчика прибора под проводом ВЛЭП с напряжением 500 кВ, составило 7,2 мкТл, вблизи участка с перефазировочным узлом – 19,7 мкТл; при пересчёте на максимальную нагрузку эти показатели составили 43,2 и 113,5 мкТл соответственно. Графики на рис. 5, а–в показывают изменение плотности магнитного потока в зависимости от расстояния от проекции крайнего провода ВЛЭП 500 кВ на трёх трассах измерений (см. рис.1).

По итогам проведённых измерений вертикального распределения плотности магнитного потока в строящемся доме, расположенном напротив середины пролёта на расстоянии 85–90 м от ВЛЭП 500 кВ и участка с перефазировочным узлом, были построены графики (рис. 6, а–в), отражающие зависимость плотности магнитного потока от этажа (высоты), где проводились измерения. Графики на рис. 6, а показывают значения плотности магнитного потока в точках А, Б, В (см. рис. 2), начиная с уровня 3-го этажа; на рис. 6, б, в – на углах здания в точках 1 и 2, 5 и 6.

Максимальные значения индукции магнитного поля зафиксированы на уровне 10,2 м (4 этаж) и 15,8 м (6 этаж) от уровня земли, что соответствует горизонтальной проекции прохождения проводов ВЛЭП с напряжением 500 кВ на середине пролёта между опорами. Среднее значение плотности магнитного потока в середине здания (точки 3 и 4) составляет 0,3 мкТл (1,8 мкТл – при пересчёте на максимальную нагрузку).

## Обсуждение

Поскольку целью данного исследования являлась оценка реальной обстановки на существующих селитебных территориях вблизи ВЛЭП с применением критериев, основанных на санитарно-эпидемиологических нормативах, действующих в России [16–18] и рекомендациях ВОЗ [3, 15], МАИР [14], в первую очередь были определены значения магнитного поля промышленной частоты на границе санитарно-защитной зоны.



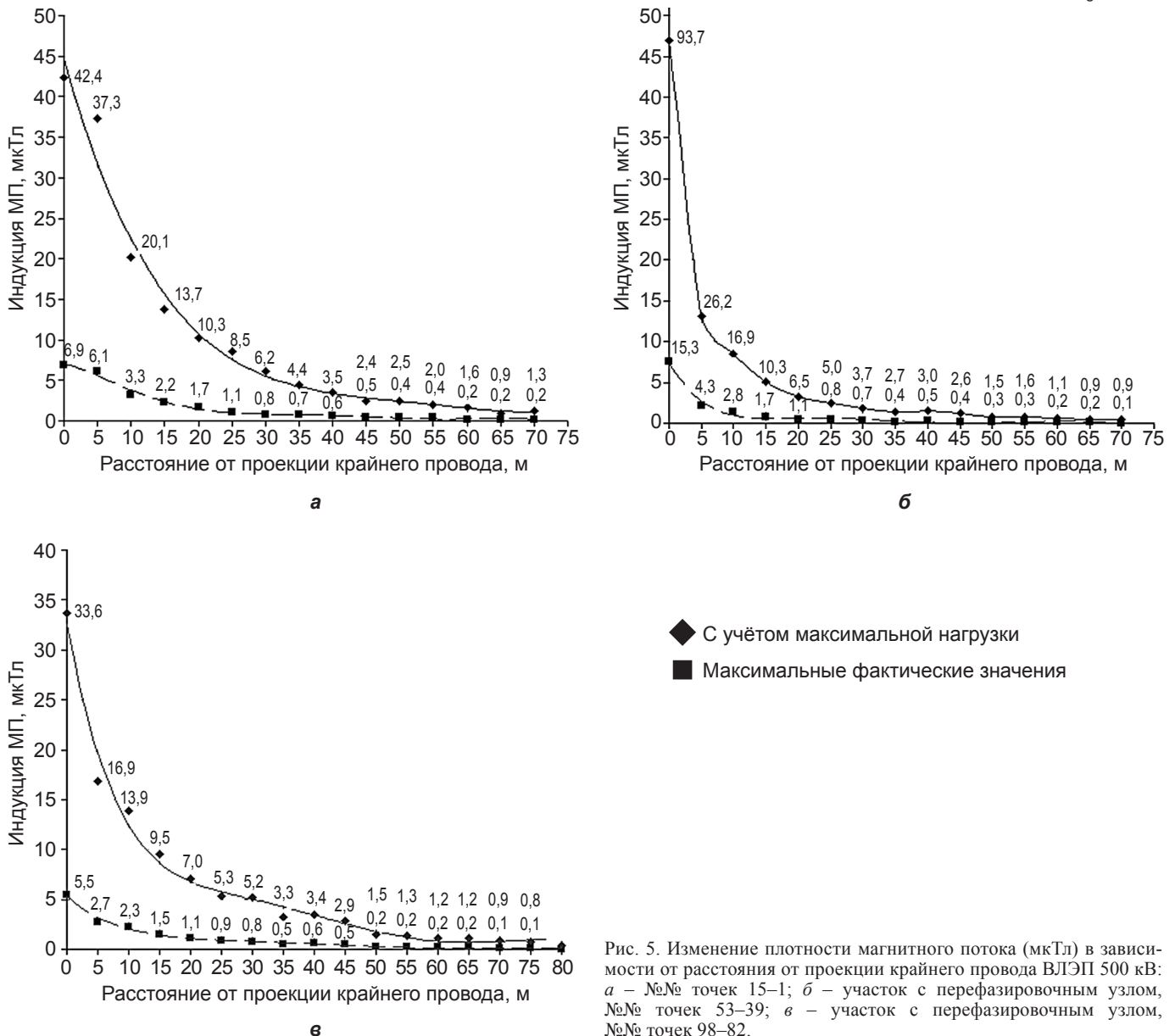


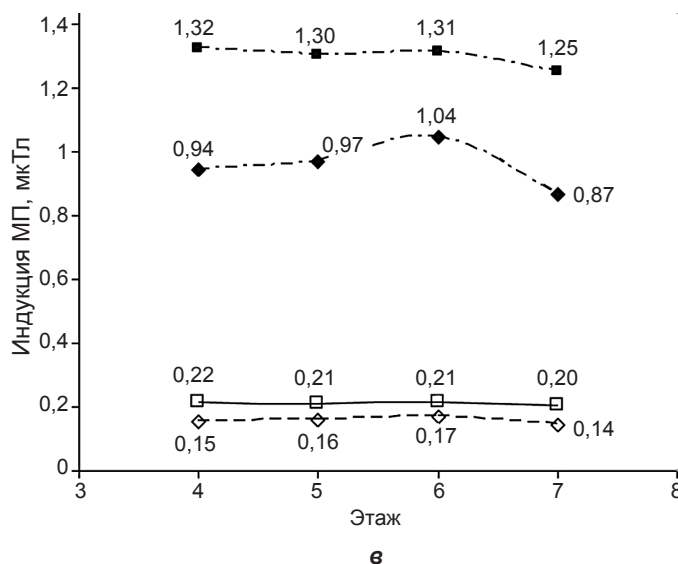
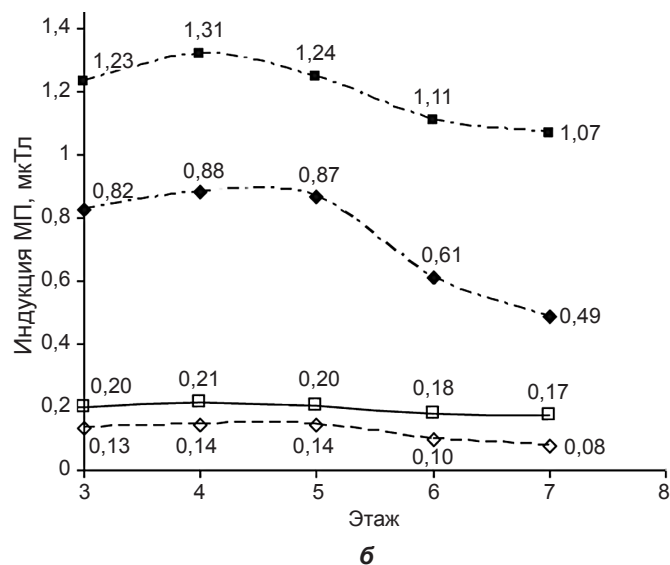
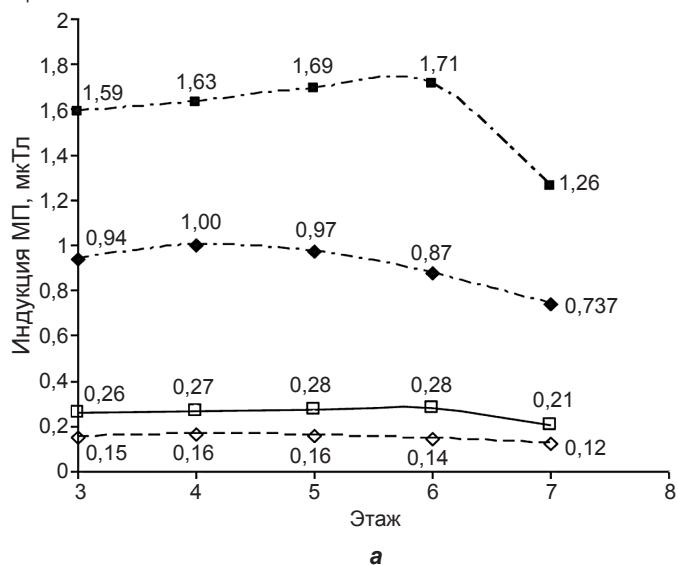
Рис. 5. Изменение плотности магнитного потока (мкТл) в зависимости от расстояния от проекции крайнего провода ВЛЭП 500 кВ: а – №№ точек 15–1; б – участок с перефазировочным узлом, №№ точек 53–39; в – участок с перефазировочным узлом, №№ точек 98–82.

В соответствии с СанПиН 2971–84 и СанПиН 1200–03 (в СанПиН 1200–03 – зона санитарного разрыва) санитарно-защитной зоной ВЛЭП является территория вдоль трассы ВЛЭП, в которой напряжённость электрического поля превышает 1 кВ/м [17, 18]. На исследуемом участке по выбранным трассам измерений превышение данного показателя зарегистрировано, начиная с точек 12, 48 и 93 для первой, второй и третьей трассы измерений, что соответствует расстоянию 15, 25 и 25 м (табл. 1). Значения плотности магнитного потока промышленной частоты 50 Гц на границе санитарно-защитной зоны по трём трассам измерений приведены в таблице.

На границах СЗЗ по всем трём трассам измерений значение плотности магнитного потока при текущей нагрузке составило более 1 мкТл. Данные показатели не превышают нормы, установленные в ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 (5 и 10 мкТл), однако при этом находятся выше диапазона значений, при которых ВОЗ классифицировал магнитное поле промышленной частоты как канцероген класса 2В (0,3–0,4 мкТл). Значения величины магнитного поля в 5 мкТл наблюдались вблизи ВЛЭП напряжением 500 кВ только на расстояниях до 5 м от линии. На второй трассе измерений, вблизи перефа-

зирочного узла, плотность магнитного потока 10 мкТл и выше фиксировалась также на расстояниях до 5 м; на 5 м максимальная плотность магнитного потока составила 4,26 мкТл. Однако было отмечено, что, начиная с 15 м, наличие перефазировочного узла практически не влияет на картину распределения магнитного поля, следовательно, при оценке значений величины магнитного поля промышленной частоты ВЛЭП на расстояниях более 15 м данный участок не требует особого рассмотрения.

Для сопоставления полученных данных со значениями, основанными на классификации ВОЗ [15] и МАИР [14], оценивалось расстояние от проекции крайнего провода до области, где значение плотности магнитного потока составляло 0,3 мкТл. Максимальное расстояние на первой трассе измерений составило 60 м; на второй и третьей трассах – 50 м (см. рис. 5, а–в). Уровни классификации ВОЗ и МАИР являются не самыми жёсткими. Так, в Швеции и некоторых регионах Италии предельно допустимый уровень индукции магнитного поля регламентирован в 0,2 мкТл [20, 21]. Расстояние до точек с данными значениями индукции магнитного поля составило 60 м на первой и второй трассах и 50 м – на третьей



---◇--- В помещении  
 ---△--- В помещении при максимальной нагрузке  
 ---□--- На улице  
 ---■--- На улице при максимальной нагрузке

Рис. 6. Значения плотности магнитного потока на различных высотах: а – середина здания (точка 3 (в помещении) и точка 4 (на улице – балкон)); б – на углу здания (точка 1 (в помещении) и точка 2 (за окном)); в – на углу здания (точка 5 (в помещении) и точка 6 (за окном)).

трассе измерений (см. рис. 5, а–в). Расхождение между границей СЗЗ, рассчитанной по российским нормативам и зоной эпидемиологического контроля, определённой с использованием дополнительных критериев, составляет 35 м.

Если при сопоставлении с зарубежными нормативами исходить из значений плотности магнитного потока, рассчитанных для максимальной нагрузки, то расстояния, определяющие зону эпидемиологического контроля, будут ещё большими. Так, исходя из расчётных значений плотности магнитного потока для максимальной нагрузки, расстояние от проекции крайнего провода ВЛЭП с напряжением 500 кВ до зоны, где значения плотности магнитного потока менее 0,25 мкТл составляет 120–160 м (см. рис. 3, б, и рис. 4 на 2-й стр. обложки). При оценке магнитного поля промышленной частоты с использованием дополнительных критериев, в частности уровни классификации ВОЗ и МАИР, следует иметь в виду, что они были предложены на основе эпидемиологических исследований, достоверно показавших рост риска возникновения онкологических заболеваний [22–24]. Соответственно, участки селитебной территории, где превышены показатели, основанные на классификации ВОЗ и МАИР, могут быть отнесены к зоне риска, а население, проживающее на них, составляет когорту для потенциальных

эпидемиологических исследований. Если в результате эпидемиологических и экспериментальных исследований эти значения будут подтверждены, то для них следует определять повышенный коэффициент гигиенического запаса.

Результаты измерений плотности магнитного потока на различных этажах строящегося здания, расположенного на расстоянии 85–90 м от ВЛЭП 500 кВ, показали, что максимумы, зафиксированные в различных точках на уровне 4-го и 6-го этажей (0,3 мкТл) находятся на границе рекомендуемого ВОЗ диапазона (см. рис. 6, а–в). При пересчёте этих значений на максимальную нагрузку линии наблюдается явное превышение показателей, рекомендуемых ВОЗ. Сопоставление данных, полученных в помещении и в соответствующих точках на улице, позволяет сделать вывод, что стены кирпичного здания ослабляют плотность магнитного потока промышленной частоты примерно в 1,5–2 раза (см. рис. 6, а–в). При этом необходимо принять во внимание, что здание на момент исследования не было подключено к электросети, в то время как реальная электромагнитная нагрузка, получаемая его жителями после заселения, будет несколько выше за счёт дополнительного воздействия внутренних источников (электропроводка, распределительные щиты, бытовые приборы и др.).

**Значения плотности магнитного потока промышленной частоты 50 Гц на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по трём трассам измерений**

№ точки	Расстояние от проекции крайнего провода, м	Действующее среднее значение В50, мкТл (с учётом погрешности измерений и расчёта)	
		при текущей токовой нагрузке	расчётное при максимальной токовой нагрузке
12	15	2,24	13,74
48	25	0,82	5,05
93	25	0,87	5,32

**Выводы**

1. Значения плотности магнитного потока на границе СЗЗ при текущей токовой нагрузке составляют 0,82–2,24 мкТл, что соответствует российским санитарным нормам (ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07); при пересчёте на максимальную токовую нагрузку – 5,05–13,74 мкТл, превышающие ПДУ.

2. Существуют участки селитебной территории, на которых значения величины уровня магнитной индукции промышленной частоты меньше установленных в России предельно-допустимых уровней, но выше уровней классификации ВОЗ/МАИР как канцероген класса 2В (0,3 мкТл). Население, проживающее на таких участках, составляет потенциальную группу для эпидемиологических исследований.

3. Расхождение между границей СЗЗ, рассчитанной по российским нормативам, и зоной эпидемиологического контроля, определённой с использованием дополнительных критериев (лимитирующие значения, по данным ВОЗ, МАИР), при текущей токовой нагрузке составляет 35 м; если исходить из расчётных значений для максимальной токовой нагрузки на линии, необходимо расширение зоны эпидемиологического контроля ещё до 75 – 85 м.

4. Наибольшие значения плотности магнитного потока, зафиксированные на уровне 4-го и 6-го этажей строящегося здания (0,3 мкТл), находятся на границе рекомендуемого ВОЗ диапазона; при пересчёте этих значений на максимальную нагрузку линии (1,6–1,7 мкТл) наблюдается существенное превышение показателей, рекомендуемых ВОЗ.

5. Представляется целесообразным проведение исследований, направленных на определение степени ослабления магнитного потока различными материалами, используемыми для строительства жилых и общественных зданий и поиск технологических решений, направленных на максимально возможное экранирование населения от опасного воздействия данного фактора.

6. Необходима разработка интегрального подхода, позволяющего учитывать электромагнитную нагрузку от внешних и внутренних источников в местах наиболее длительного пребывания человека, в том числе проведение эпидемиологических и экспериментальных исследований с целью достоверной оценки влияния данного фактора на здоровье человека.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Литература (п.п. 2, 3, 6-15, 19-21, 24 см. Referenes)**

- Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. *Основы электромагнитной экологии*. М.: Радио и связь; 2000.
- Григорьев О.А. Электромагнитная безопасность городского населения: характеристика современных источников ЭМП и оценка их опасности. В кн.: Григорьев Ю.Г., Васин А.Л., ред. *Электромагнитные поля и население: Сборник статей*. М.; 2003: 76-93.
- Рубцова Н.Б., Мисриханов М.Ш., Седунов В.Н., Токарский А.Ю. Альтернативные варианты обеспечения электромагнитной безопасности линий электропередачи. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012; 14(5-3): 839-45.

- ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. М.; 2007.
- СанПиН № 2971-84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. М.; 1984.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. М.; 2003.
- Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля промышленной частоты и обеспечение безопасности их воздействия на население. В сб.: *Ежегодник РНКЗНИ 2003*. М.: АЛЛАНА; 2004: 73-81.
- Меркулов А.В. *Гигиеническая оценка магнитного поля промышленной частоты 50 Гц во непроизводственных условиях*. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.; 2008.

**References**

- Spodobaev Yu.M., Kubanov V.P. *Electromagnetic Ecology Basics [Osnovy elektromagnitnoy ekologii]*. Moscow: Radio i svyaz'; 2000. (in Russian)
- WHO. *Electromagnetic fields and public health. Extremely low frequency fields and cancer*. Fact sheet no. 263. Geneva; 2001.
- WHO. *Electromagnetic fields and public health. Exposure to extremely low frequency fields*. Fact sheet no. 322. Geneva; 2007.
- Grigor'ev O.A. *Electromagnetic safety of the urban population: characteristics of the modern EMF sources and their dangers*. In: Grigor'ev Yu.G., Vasin A.L., eds. *Electromagnetic fields and population: Collection of articles*. Moscow; 2003: 76-93. (in Russian)
- Rubtsova N.B., Misrikanov M.Sh., Sedunov V.N., Tokarskiy A.Yu. Alternative options for electromagnetic safety of power lines. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2012; 14(5-3): 839-45. (in Russian)
- Savitz D.A., Checkoway H., Loomis D.P. *Magnetic field exposure and neurodegenerative disease mortality among electric utility workers*. *Epidemiology*. 1998; 9(4): 398-404.
- Sobel E., Davanipour Z., Sulkava R., Erkinjuntti T., Wikstrom J., Henderson V.W., et al. *Occupations with exposure to electromagnetic fields: A possible risk factor for Alzheimer's disease*. *Am. J. Epidemiol.* 1995; 142(5): 515-24.
- Juutilainen J., Matilainen P., Saarikoski S., Laara E., Suonio S. *Early pregnancy loss and exposure to 50-Hz magnetic fields*. *Bioelectromagnetics*. 1993; 14(3): 229-36.
- Li D., Checkoway H., Mueller B.A. *Electric blanket use during pregnancy in relation to the risk of congenital urinary tract anomalies among women with a history of subfertility*. *Epidemiology*. 1995; 6(5): 485-9.
- Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J., et al. *A pooled analysis 156 of magnetic fields and childhood leukemia*. *Br. J. Cancer*. 2000; 83(5): 692-8.
- Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.T., Poole C., Kelsh M.A. *A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia*. *Epidemiology*. 2000; 11(6): 624-34.
- Wartenberg D. *Residential EMF exposure and childhood leukemia: meta-analysis and population attributable risk*. *Bioelectromagnetics*. 2001; (Suppl. 5): 86-104.
- Sastre A., Cook M.R., Graham C. *Nocturnal exposure to intermittent 60 Hz magnetic fields alters human cardiac rhythm*. *Bioelectromagnetics*. 1998; 19(2): 98-106.
- IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *Nonionizing radiation, part 1: static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields*. Vol. 80. Lyon: IARC Press; 2002.
- WHO. *Extremely low frequency fields: Environmental health criteria*. Fact sheet no. 238. Geneva: WHO; 2007.
- ГН 2.1.8 / 2.2.4.2262-07. The maximum permissible levels of magnetic fields at a frequency of 50 Hz in residential, public buildings and residential areas. Moscow; 2007. (in Russian)
- СанПиН № 2971-84. Sanitary norms and rules to protect the population from the effects of the electric field generated by overhead lines power frequency. Moscow; 1984. (in Russian)
- СанПиН 2.2.1 / 2.1.1.1200-03. Sanitary-safety zones and sanitary classification of manufactures, buildings and some objects. Moscow; 2003. (in Russian)
- WHO. *Research Agenda for Extremely Low Frequency Fields*. Geneva; 2007.
- ADI 478. *Low-frequency electrical and magnetic fields: the precautionary principle for national authorities*. Stockholm: Grafiska Gruppen; 1996.
- Report on the level of exposure (frequency, patterns and modulation) in the European Union. Part 2: *Extremely low frequency (ELF) fields*. Executive Agency for Health and Consumers Framework of the Programme of Community Action in The Field of Health 2008-2013. Available at: [http://efhran.polimi.it/docs/D4\\_Report%20on%20the%20level%20of%20exposure\\_ELF\\_03082011.pdf](http://efhran.polimi.it/docs/D4_Report%20on%20the%20level%20of%20exposure_ELF_03082011.pdf)
- Rubtsova N.B., Pal'tsev Yu.P., Grigor'ev O.A., Merkulov A.V. *Electromagnetic fields of power frequency and safety of their impact on the population*. In: *RNKZNI 2003 Year-Book [Ezhegodnik RNKZNI 2003]*. Moscow: ALLANA; 2004: 73-81. (in Russian)
- Merkulov A.V. *Assessment of a magnetic field of the power frequency of 50 Hz in non-productive conditions*. Diss. Moscow; 2008.
- Leitgeb N. *Risk communication on ELF MF and childhood leukemia*. Varna: 8th International workshop on biological effects of electromagnetic fields; 2014.

К ст. О. А. Григорьева и соавт.

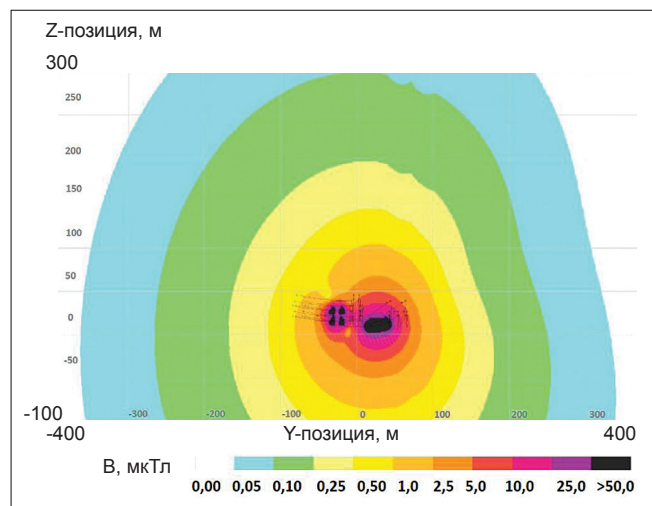
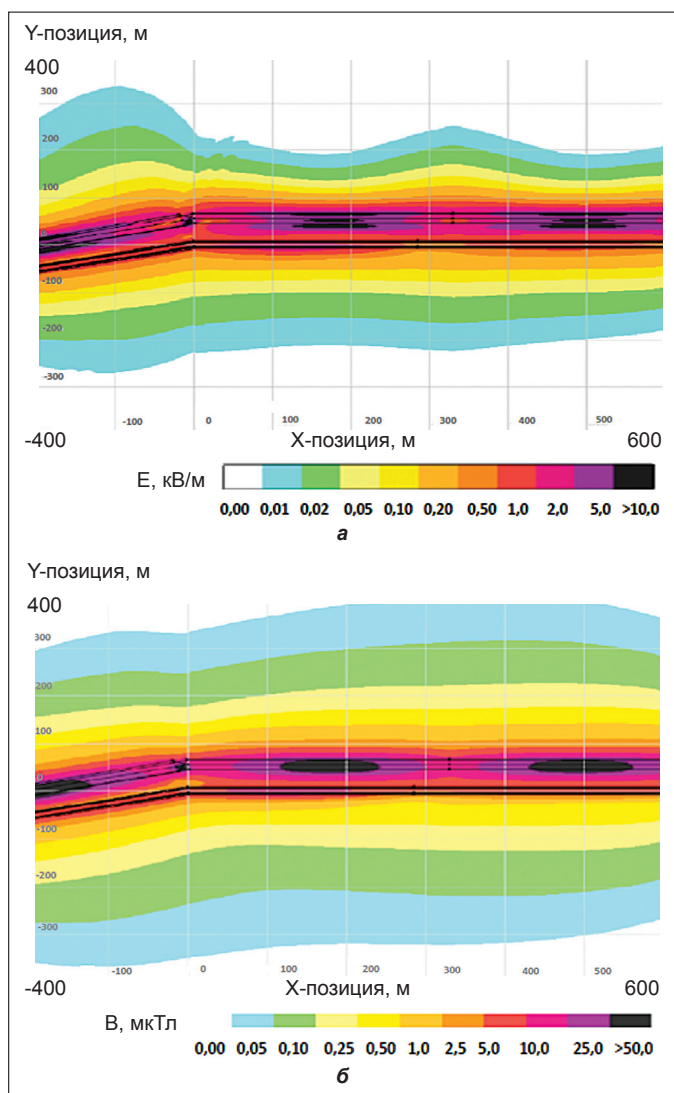
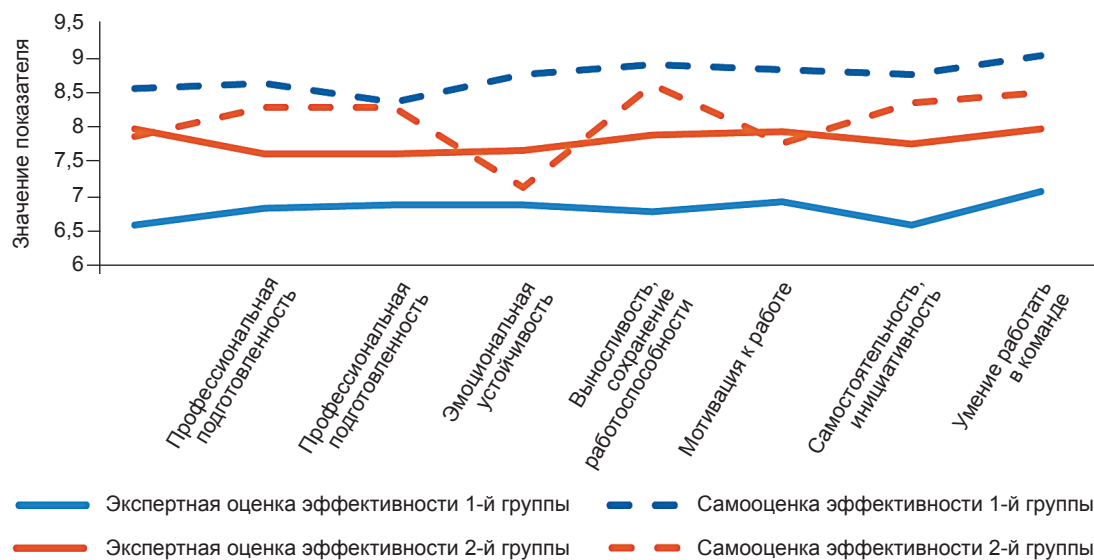


Рис. 4. Вертикальное сечение распределения расчётных значений плотности магнитного потока (мкТл) вдоль трассы измерений с точками измерений №№ 1–38.

◀ Рис. 3. Горизонтальное сечение распределения расчётных значений напряжённости полей промышленной частоты 50 Гц (кВ/м) на высоте 1,8 м от уровня земли: а – электрического; б – магнитного.

К ст. И. А. Порохиной и соавт.



Психологические показатели эффективности профессиональной деятельности двух групп вахтовых специалистов.