

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

EDN: <https://elibrary.ru/gyrlqc>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-397-402>

УДК 613.648.2; 577.175.624

© Коллектив авторов, 2022

Кузьмина Л.П.^{1,2}, Кислякова А.А.¹, Безрукавникова Л.М.¹, Хотулева А.Г.^{1,2}, Варакута А.А.^{1,2}**Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на мужскую репродуктивную систему**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени 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. Трубецкая, 8/2, Москва, 119991

Введение. Безопасность воздействия на население повсеместно растущего числа источников электромагнитных полей как в трудовой деятельности, так и в домашней обстановке стала проблемой общественного здравоохранения. В настоящей статье представлены результаты исследований по изучению потенциально неблагоприятного воздействия электромагнитных полей промышленной частоты на репродуктивную систему у персонала учреждений энергообеспечения.

Цель исследования — изучение возможного неблагоприятного воздействия электромагнитных полей промышленной частоты на мужскую репродуктивную систему сотрудников электроэнергетической отрасли.

Материалы и методы. Объектом исследования были 144 сотрудника, осуществляющих ремонт и эксплуатацию электросетевых объектов и 40 работников, не подвергающихся воздействию электромагнитных полей промышленной частоты. Для оценки лабораторных показателей были отобраны образцы крови с последующим определением уровней общего тестостерона, свободного тестостерона и глобулина, связывающего половые гормоны.

Результаты. У обследуемых основной группы выявлена высокая частота встречаемости гиперплазии предстательной железы и хронического простатита. У сотрудников основной группы установлены более низкие концентрации половых гормонов ($p < 0,05$) по отношению к аналогичным показателям группы контроля. Выявлена отрицательная корреляция между уровнями общего, свободного тестостерона и глобулина, связывающего половые гормоны, со стажем ($r = -0,36$ $p = 0,009$; $r = -0,264$ $p = 0,06$; $r = -0,349$ $p = 0,01$ соответственно).

Ограничения исследования. Исследование ограничено количеством высокостажированных работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей промышленной частоты.

Выводы. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о негативном влиянии электромагнитных полей промышленной частоты на репродуктивную систему сотрудников, осуществляющих ремонт и эксплуатацию электросетевых объектов. С увеличением стажа работы сотрудников, установлено снижение концентрации глобулина, связывающего половые гормоны, общего и свободного тестостерона. Среди работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей промышленной частоты выявлена высокая распространенность патологий предстательной железы.

Этика. Проведение исследования одобрено заключением локального комитета по этике ФГБНУ «НИИ МТ».

Ключевые слова: электромагнитные поля промышленной частоты; общий тестостерон; глобулин, связывающий половые гормоны; свободный тестостерон

Для цитирования: Кузьмина Л.П., Кислякова А.А., Безрукавникова Л.М., Хотулева А.Г., Варакута А.А. Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на мужскую репродуктивную систему. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(6): 397–402. <https://elibrary.ru/gyrlqc> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-397-402>

Для корреспонденции: Кислякова Агата Александровна, младший научный сотрудник лаборатории медико-биологических исследований, ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: agat.iwanowa2017@yandex.ru

Участие авторов:

Кузьмина Л.П. — концепция и дизайн исследования, редактирование;
Кислякова А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;
Безрукавникова Л.М. — концепция и дизайн исследования, редактирование;
Хотулева А.Г. — написание текста, редактирование;
Варакута А.А. — написание текста, редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 16.06.2022 / Дата принятия к печати: 24.06.2022 / Дата публикации: 15.07.2022

Lyudmila P. Kuzmina^{1,2}, Agata A. Kisljakova¹, Lyudmila M. Bezrukavnikova¹, Anastasia G. Khotuleva^{1,2}, Aleksandra L. Varakuta^{1,2}

The influence of electromagnetic fields of industrial frequency on the male reproductive system

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2, Trubetskaya St., Moscow, 119991

Introduction. The safety of exposure to the population of a growing number of sources of electromagnetic fields everywhere, both in work and at home, has become a public health problem. This article presents the results of research on the study of the potentially adverse effects of electromagnetic fields of industrial frequency on the reproductive system of personnel of energy supply institutions.

The aim of the study is to explore the possible adverse effects of electromagnetic fields of industrial frequency on the male reproductive system.

Materials and methods. The object of the study was 144 employees engaged in the repair and operation of power grid facilities and 40 employees who are not exposed to electromagnetic fields of industrial frequency. To assess laboratory parameters, blood samples were taken, followed by determination of the levels of total testosterone, free testosterone and globulin binding sex hormones.

Results. The subjects of the main group revealed a high incidence of prostatic hyperplasia and chronic prostatitis. The employees of the main group had lower concentrations of sex hormones ($p < 0.05$) in relation to similar indicators of the control group. A negative correlation was revealed between the levels of total, free testosterone and sex hormone binding globulin with experience ($r = -0.36$ $p = 0.009$; $r = -0.264$ $p = 0.06$; $r = -0.349$ $p = 0.01$, respectively).

Limitations of the study. The study is limited by the number of highly trained workers exposed to electromagnetic fields of industrial frequency.

Conclusions. The results of the study indicate the negative impact of electromagnetic fields of industrial frequency on the reproductive system of employees engaged in the repair and operation of power grid facilities. With an increase in the length of service of employees, a decrease in the concentration of globulin binding sex hormones, total and free testosterone was found. Among workers exposed to electromagnetic fields of industrial frequency, a high prevalence of prostate pathologies was revealed.

Keywords: electromagnetic fields of industrial frequency; total testosterone; globulin binding sex hormones; free testosterone

For citation: Kuzmina L.P., Kisljakova A.A., Bezrukavnikova L.M., Khotuleva A.G., Varakuta A.L. The influence of electromagnetic fields of industrial frequency on the male reproductive system. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(6): 397–402. <https://elibrary.ru/gyrlqc> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-397-402> (in Russian)

For correspondence: Agata A. Kislyakova, Junior Researcher at the Laboratory of Biomedical Research, Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: agat.iwanowa2017@yandex.ru

Information about the authors: Kuzmina L.P. <https://orcid.org/0000-0001-6334-9814>
Kisljakova A.A. <https://orcid.org/0000-0002-7024-6634>
Bezrukavnikova L.M. <https://orcid.org/0000-0002-0430-4154>
Khotuleva A.G. <https://orcid.org/0000-0003-0359-1785>

Contribution:

Kuzmina L.P. — concept and design of the study, editing;
Kislyakova A.A. — research concept and design, data collection and processing, text writing;
Bezrukavnikova L.M. — concept and design of research, editing;
Khotuleva A.G. — writing text, editing;
Varakuta A.L. — writing text, editing.

Financing. The study had no funding.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest

Received: 16.06.2022 / Accepted: 24.06.2022 / Published: 15.07.2022

Введение. Повсеместно растущее количество высоковольтных линий электропередачи, бытовых электроприборов, мобильных средств связи определяет актуальность изучения биологических процессов, вызванных воздействием неионизирующего излучения. Многие экспериментальные исследования свидетельствуют об отрицательном влиянии электромагнитных полей (ЭМП) на организм человека в форме временных функциональных сдвигов, а затем и устойчивых патологических состояний нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой, иммунной и репродуктивной систем [1–3]. У лиц, подвергающихся воздействию ЭМП промышленной частоты (ПЧ) при обслуживании подстанций и воздушных линий электропередачи отмечены жалобы неврологического характера (головная боль, повышенная раздражительность, утомляемость, вялость, сонливость), а также жалобы на нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта. Указанные жалобы сопровождались некоторыми функциональными изменениями нервной и сердечно-сосудистой систем в форме вегетативной дисфункции (тахии- и брадикардия, артериальная гипертензия или гипотония, лабильность пульса). Имеются данные об изменении таких показателей, как уровень сывороточного холестерина, сдвиг соотношения полов в потомстве, тенденция к увеличению хромосомных aberrаций в соматических клетках (лимфоцитах крови) [4].

Анализ отечественной и зарубежной литературы указывает на негативное влияние длительного воздействия ЭМП на репродуктивную систему экспериментальных животных. Авторы отмечают уменьшение диаметра семенных канальцев, снижение уровня сывороточного тестостерона, уменьшение массы семенников, снижение жизнеспособности сперматозоидов и других параметров

фертильности [5–8]. Аналогичные эффекты выявлены у работников, обслуживающих линии электропередачи и показали значительную разницу уровней тестостерона между контрольной группой и группой воздействия [9]. У сотрудников литейных производств, подвергающихся воздействию ЭМП промышленной частоты, была выявлена обратная зависимость уровня тестостерона от напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах [10].

Анализ распространенности эндокринных заболеваний и заболеваний сердечно-сосудистой системы среди работников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ, выявил: 17% сотрудников имеют диагностированные заболевания сердечно-сосудистой системы, 2,7% — сахарный диабет 2 типа, 30% — ожирение [11]. Анализ состояния репродуктивной системы сотрудников объектов энергообеспечения становится следующим этапом изучения возможных биоэффектов воздействия ЭМП ПЧ.

Цель исследования — изучение возможного неблагоприятного воздействия ЭМП ПЧ на мужскую репродуктивную систему у сотрудников, осуществляющих ремонт и обслуживание электросетевых объектов.

Материалы и методы. В рамках проведения периодического медицинского осмотра в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 29н [12] на базе клиники ФГБНУ «НИИ МТ» обследованы 144 мужчины в возрасте от 30 до 65 лет. Профессиональный состав обследуемых представлен специальностями: электромонтеры по ремонту и монтажу кабельных линий электропередачи, электромонтеры по эксплуатации распределительных сетей, электромонтеры оперативно-выездной бригады и электрослесари по ремонту оборудо-

вания распределительных устройств. Средний возраст работников в группе наблюдения составил $48,8 \pm 7,1$. Группу контроля составили 40 сотрудников, не контактирующих с ЭМП ПЧ в производственных условиях: слесари по обслуживанию тепловых сетей и слесари аварийно-восстановительных работ. Средний возраст работников данной группы составил $49,2 \pm 8,6$.

В соответствии с поставленными целями обследование контрольной и опытной групп проводилось с учётом результатов физикального и лабораторного обследований. Проведен расчет индекса массы тела (ИМТ) по формуле $\text{ИМТ} = \text{вес (кг)} / \text{рост}^2 \text{ (м)}$. В рамках медицинского осмотра у мужчин опытной группы проводилось трансректальное ультразвуковое исследование предстательной железы. Для оценки лабораторных показателей были отобраны образцы крови с последующим определением концентрации общего тестостерона (ОТ), свободного тестостерона (СвТ) и глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ) с помощью тест-систем ООО «ХЕМА» методом твердофазного иммуноферментного анализа на автоматическом микропланшетном анализаторе DSX (Dynex Technologies, США). Все исследования проведены с информированного согласия пациентов, работа выполнена с соблюдением этических стандартов проведения медицинских исследований.

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы STATISTICA 10. Результаты количественных данных при нормальном распределении показателей представлены в виде $M \pm sd$, где M — среднее, sd — стандартное отклонение, при распределении, отличном от нормального — в виде $Me (Q1; Q3)$, где Me — медиана, $Q1$ — нижний квартиль, $Q3$ — верхний квартиль. Анализ различий для сравнения двух групп проводился с применением параметрических (t -критерий для независимых выборок) и непараметрических (критерий Манна-Уитни) критериев. Для определения силы связи между параметрами использовали корреляционный анализ по методу Спирмена. Статистически значимым считали уровень достоверности $p \leq 0,05$.

Результаты. По результатам ультразвукового исследования органов малого таза у обследуемых основной группы установлено, что у 56,9% имеются признаки гиперплазии предстательной железы, у 14,6% — признаки хронического простатита.

Сравнительный анализ показателей мужской репродуктивной системы выявил более низкие уровни общего

тестостерона, свободного тестостерона и ГСПГ у работников основной группы относительно аналогичных показателей группы контроля. Общегрупповые значения ИМТ также достоверно отличались в группах (**табл. 1**).

Учитывая взаимосвязь уровней мужских половых гормонов с избыточной массой тела, для оценки влияния ЭМП ПЧ на гормональный статус из основной группы были исключены лица с ожирением [13–15]. Таким образом, обследуемые сформированных групп статистически не различались по ИМТ. Сравнительный анализ показателей выявил, что значения общего тестостерона, свободного тестостерона и ГСПГ у сотрудников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ, также достоверно ниже, чем в группе контроля, что может свидетельствовать о негативном влиянии ЭМП ПЧ на уровни мужских половых гормонов (**табл. 2**).

В основной группе установлены корреляции между возрастом и уровнями ОТ ($r = -0,17$, $p = 0,05$), СвТ ($r = -0,24$, $p < 0,05$) и ГСПГ ($r = 0,09$, $p = 0,3$). Учитывая выявленные зависимости, расчет корреляционной связи между исследуемыми показателями и стажем проводился в узкой возрастной группе 50–59 лет ($n = 52$) (**рисунок**).

У работников возрастной группы 50–59 лет установлена обратная зависимость между уровнями ОТ, СвТ, ГСПГ и стажем работы ($r = -0,36$ $p = 0,009$; $r = -0,264$ $p = 0,06$; $r = -0,349$ $p = 0,01$ соответственно), что подтверждает негативное влияние длительного воздействия ЭМП ПЧ на мужскую репродуктивную систему сотрудников электроэнергетической отрасли.

Обсуждение. Результаты исследований в сфере влияния электромагнитных полей на организм человека весьма многочисленны и противоречивы. Значительная часть исследований зарубежных авторов свидетельствует о неблагоприятных эффектах со стороны репродуктивной системы при длительном воздействии исследуемого физического фактора [16–19]. Было выявлено снижение уровня ОТ у мужчин — работников электростанций, подвергавшихся длительному воздействию ЭМП ПЧ [8]. Таким образом, сотрудники, выполняющие работы по ремонту, монтажу и эксплуатации электросетевых объектов, могут входить в группу повышенного риска развития заболеваний органов репродуктивной системы и ассоциированных с ним заболеваний [20, 21].

Одним из самых распространенных патологических состояний, связанных с мужской репродуктивной системой, остается доброкачественная гиперплазия предста-

Таблица 1 / Table 1

Средние значения исследуемых показателей в контрольной и основной группах
The average values of the studied indicators in the control and main groups

Значения	Референтный диапазон	Параметры	Контрольная группа ($n = 40$)	Основная группа, ($n = 144$)	p
Возраст, годы	—	$M \pm sd$	$48,8 \pm 7,1$	$49,2 \pm 8,6$	0,8
Индекс массы тела, $\text{кг}/\text{м}^2$	18,5–25,0	$Me (Q1; Q2)$	26,1 (24,9; 26,9)	28,4 (25,3; 31,3)	<0,001
Общий тестостерон, нмоль/л	6,9–21	$Me (Q1; Q2)$	18,9 (14,7; 23,2)	15,2 (12; 19,5)	<0,001
ГСПГ, нмоль/л	12,9–61,7	$Me (Q1; Q2)$	27,2 (14,0; 40,0)	21,4 (12,4; 28,9)	0,02
Свободный тестостерон, пг/мл	4,5–42	$Me (Q1; Q2)$	10,1 (7,8; 14,1)	7,2 (5,5; 10,3)	0,001

Примечание: ГСПГ — глобулин, связывающий половые гормоны; различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.
Note: ГСПГ — is a sex hormone binding globulin; the differences between the groups are statistically significant at $p < 0,05$.

Таблица 2 / Table 2

Средние значения исследуемых показателей в контрольной и основной группах у мужчин без ожирения
The average values of the studied indicators in the control and main groups in men without metabolic syndrome

Показатели	Параметры	Контрольная группа (n=40)	Основная группа без ожирения (n=89)	p
Возраст, лет	$M \pm sd$	48,8 $\pm$ 7,1	48,8 $\pm$ 8,7	0,98
Индекс массы тела, кг/м ²	$Me (Q1; Q2)$	26,1 (24,9; 26,9)	26,1 (23,8; 27,8)	0,8
Общий тестостерон, нмоль/л	$Me (Q1; Q2)$	18,9 (14,7; 23,2)	16,0 (12,6; 20,6)	0,01
ГСПГ, нмоль/л	$Me (Q1; Q2)$	27,2 (14,0; 40,0)	23,5 (16,3; 30,2)	0,03
Свободный тестостерон, пг/мл	$Me (Q1; Q2)$	10,1 (7,8; 14,1)	7,5 (6,0; 10,9)	0,01

Примечание: ГСПГ — глобулин, связывающий половые гормоны; различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.
 Note: ГСПГ — is a sex hormone binding globulin; the differences between the groups are statistically significant at $p < 0,05$.

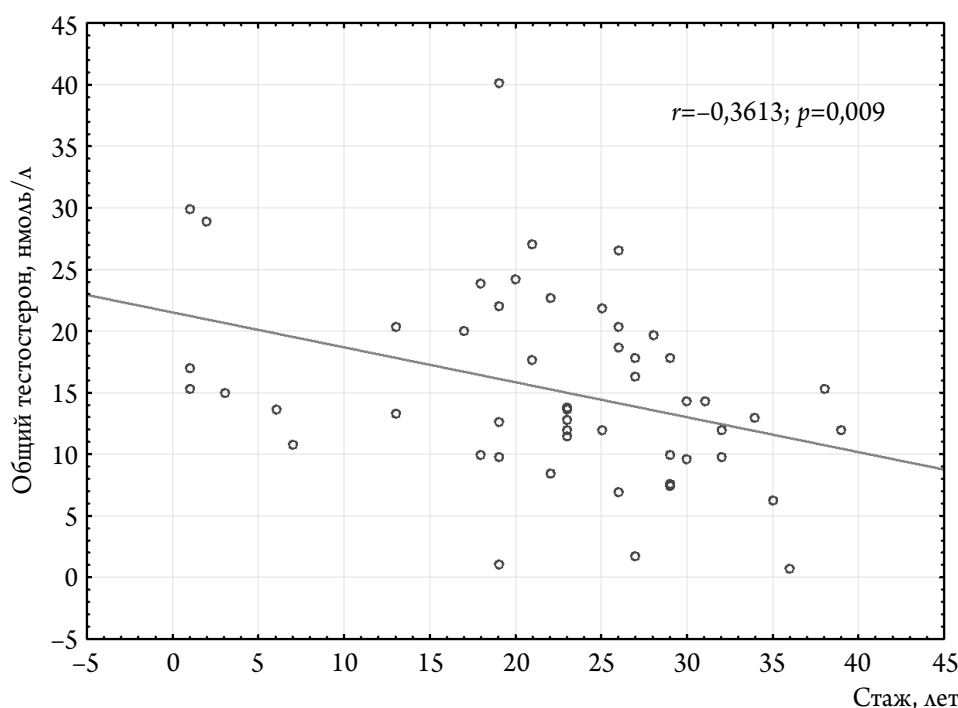


Рисунок. Корреляционная зависимость концентрации общего тестостерона со стажем работы у мужчин возрастной группы 50–59 лет

Figure. Correlation of the concentration of total testosterone with work experience in men aged 50–59 years

тельной железы (ДГПЖ). В систематическом мета-анализе показано, что в среднем распространенность ДГПЖ в мире составляет 26,2%, при этом наибольший показатель в общей популяции мужчин отмечен в Японии — 36,6%, Испании — 30,4%, Англии — 41% и Соединенных Штатах Америки — 42% [22]. Анализ результатов ультразвукового исследования органов малого таза сотрудников, обслуживающих электросетевые объекты, выявил, что 56,7% мужчин имеют признаки ДГПЖ, что более чем в 2 раза выше общемирового показателя.

Считается, что основной причиной развития гиперплазии предстательной железы является возрастной дефицит тестостерона [23]. Уровень биологически активного тестостерона зависит от концентрации глобулина, связывающего половые гормоны. ГСПГ — андроген, связывающий гликопротеин, вырабатываемый печенью, играющий важную роль в метаболизме половых гормонов. Постепен-

но увеличиваясь с возрастом, он снижает уровень биодоступного тестостерона в крови. Однако у мужчин с ожирением уровень как ОТ, так и ГСПГ ниже, чем у мужчин без ожирения, вне зависимости от возраста [24, 25]. Эффекты длительного воздействия ЭМП ПЧ на уровень глобулина, связывающего половые гормоны, на сегодняшний день мало изучены.

Результаты проведенного исследования выявили, что у работников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ, наблюдаются более низкие концентрации половых гормонов и ГСПГ по отношению к аналогичным показателям группы контроля ($p < 0,05$). Сравнительный анализ показателей сотрудников без ожирения позволил исключить влияние межгрупповой разности по ИМТ на показатели лабораторных значений. Уровни половых гормонов также были достоверно ниже в основной группе относительно группы контроля. У работников 50–59 лет выявлена достоверно

значимая отрицательная связь концентрации ОТ, СвТ и ГСПГ с увеличением стажа работы.

Таким образом результаты, продемонстрированные в данном исследовании, могут свидетельствовать о негативном влиянии на показатели репродуктивной системы, функциональные и патологические сдвиги в которой могут стать пусковым механизмом развития мужского гипогонадизма и ассоциированных с ним хронических заболеваний.

Ограничения исследования. Исследование ограничено количеством высокостажированных работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей промышленной частоты.

Выводы:

1. Длительное воздействие ЭМП ПЧ негативно влияет на мужскую репродуктивную систему сотрудников

электроэнергетической отрасли, о чем свидетельствуют результаты сравнительного анализа показателей ОТ, СвТ и ГСПГ.

2. С увеличением стажа работы сотрудников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ, установлено снижение показателей ОТ, СвТ и ГСПГ.

3. Среди работников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ выявлена высокая распространенность патологий предстательной железы.

4. Результаты проведенного исследования расширяют представления о патогенетических звеньях развития нарушений в мужской репродуктивной системе у сотрудников, подвергающихся воздействию ЭМП ПЧ и должны учитываться при ранней диагностике и разработке мер профилактики заболеваний со стороны критических органов и систем.

Список литературы

1. Тихонова Г.И., Рубцова Н.Б., Новохатская Э.А., Тихонов А.В. Отдаленные эффекты производственных и внепроизводственных воздействий электромагнитных полей промышленной частоты. *Эпидемиологические исследования. Радиационная биология. Радиоэкология*. 2003; 43(5): 555–8.
2. Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б., Походзей Л.В. Электромагнитные поля и риск нарушений здоровья. *Профессиональный риск для здоровья работников: Руководство*. М.: Тривант; 2003: 157–62.
3. Тихонова Г.И., Рубцова Н.Б., Новохатская Э.А. Канцерогенные эффекты электромагнитных полей промышленной частоты. В кн.: «Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию ГУ НИИ медицины труда РАМН». М. 2008: 335–6.
4. Измеров Н.Ф. ред. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина; 2005: 227–84.
5. Вуйцик П.А. Изучение нарушений мужской репродуктивной системы при воздействии электромагнитного поля радиочастотного диапазона в подостром эксперименте. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 9: 40–1.
6. Bahaodini A., Owjard M., Tamadon A., Jafari S.M. Low frequency electromagnetic fields long-term exposure effects on testicular histology, sperm quality and testosterone levels of male rats. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 2015; 4: 195–200.
7. Al-Akhras M., Darmani H., Elbetieha A.M. Influence of 50 Hz magnetic field on sex hormones and other fertility parameters of adult male rats. *Bioelectromagnetics*. 2006; 27: 127–31. <https://doi.org/10.1002/bem.20186>
8. Gholampour F., Owji S.M., Javadifar T.S., Bahaodini A. Long term exposure to extremely low frequency electromagnetic field affects sex hormones level and structure of testis in rats. *International Journal of Zoological Research*. 2012; 8: 130–6.
9. Wang Z., Fei Y., Liu H., Zheng S., Ding Z., Jin W. et al. Effects of electromagnetic fields exposure on plasma hormonal and inflammatory pathway biomarkers in male workers of a power plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2015; 89: 33–42.
10. Mohammadi H., Dehghan S.F., Moradi N., Suri S., Pirposhteh E.A., Ardakani S.K. et al. Assessment of sexual hormones in foundry workers exposed to heat stress and electromagnetic fields. *Reproductive toxicology*. 2021; 115–23.
11. Кузмина Л.П., Кислякова А.А., Безрукавникова Л.М. Распространенность эндокринной и сердечно-сосудистой патологии среди работников, подвергающихся воздействию магнитных полей. «Материалы 16-ого Российского национального конгресса с международным участием «Профессия и здоровье»». М.; 2021: 293–5.
12. Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 г. № 62277.
13. Тайжанова Д.Ж., Бодаубай Р., Тойынбекова Р.Ж., Клепацкая Л.В., Урбан И.Н., Нуржанова У.А. и др. Оценка уровня тестостерона при ожирении. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; 5(5): 764–6.
14. Епанчинцева Е.А., Епанчинцева Е.А., Селятицкая В.Г., Шеина Ю.И., Лутов Ю.В. Связь факторов риска и гормональных механизмов бесплодия с избыточной массой тела и абдоминальным типом отложения жира у мужчин. *Фундаментальные исследования*. 2013; 12(2): 200–4.
15. Жидкова Е.А., Оранская А.Н., Калинин М.Р., Гуревич К.Г. Ассоциация плазменных уровней тестостерона и витамина D с абдоминальным ожирением и курением. Пилотное исследование. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 4: 219–22.
16. Duan W., Liu C., Wu H., Chen C., Zhang T., Gao P. et al. Effects of exposure to extremely low frequency magnetic fields on spermatogenesis in adult rats. *Bioelectromagnetics*. 2014; 35(1): 58–69. <https://doi.org/10.1002/bem.21816>
17. Kumari K., Capstick M.H., Cassarà A.M., Herrala M., Koivisto H., Naarala J. et al. Effects of intermediate frequency magnetic fields on male fertility indicators in mice. *Environmental Research*. 2017; 157: 64–70.
18. Şehitoğlu I., Tunkaya L., Kalkan Y., Bedir R., Cure M.C., Zorba O.Ü. et al. Biochemical and histopathological effects on the rat testis after exposure to electromagnetic field during fetal period. *Archivos españoles de urologia*. 2015; 68(6): 562–8.
19. Wdowiak A., Mazurek P., Wdowiak A., Bojar I. Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM*. 2017; 24(1): 13–8. <https://doi.org/10.5604/12321966.1228394>
20. Jiménez-Balderas F.J., Tapia-Serrano R., Fonseca M.E., Arellano J., Beltrán A.M., Yáñez P. et al. High frequency of association of rheumatic/autoimmune diseases and untreated male hypogonadism with severe testicular dysfunction. *Arthritis Research*. 2001; 3: 362–7. <https://doi.org/10.1186/ar328>
21. Salonia A., Rastrelli G., Hackett G.I., Seminara S.B., Huhtaniemi I.T., Rey R.A. et al. Paediatric and adult-onset male hypogonadism. *Nature Reviews Disease Primers*. 2019; 5: 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0087-y>

22. Аполихин О.И., Комарова В.А., Никушина А.А., Сивков А.В. Болезни предстательной железы в Российской Федерации: статистические данные 2008–2017 гг. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2019; 2: 4–13. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2019-11-2-4-12>
 23. Тюзиков И.А., Братчиков О.И., Михайлов Д.В., Шумакова Е.А., Чураев С.А. Роль возрастного андрогенного дефицита в патогенезе аденомы предстательной железы. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2016; 1(63): 14–8.
 24. Бржезинская Л.Б., Самсонова Л.Н., Латышев О.Ю., Окминян Г.Ф., Киселева Е.В., Касаткина Э.П. Клинико-гормональная характеристика конституциональной задержки полового развития у мальчиков с ожирением. *Эндокринология: Новости. Мнения. Обучение*. 2017; 3(20): 78–84.
 25. Кация Г.В., Гончаров Н.П., Чагина Н.А. Нарушение баланса стероидных гормонов при ожирении и метаболическом синдроме у мужчин моложе 40 лет. *Проблемы эндокринологии*. 2011; 57(4): 7–12.
- ### References
1. Tihonova G. I., Rubcova N. B., Novohatskaja Je. A., Tihonov A. V. Long-term effects of industrial and non-industrial impacts of electromagnetic fields of industrial frequency. *Epidemiological studies. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2003; 43(5): 555–8 (in Russian).
 2. Pal'tsev Yu.P., Rubtsova N.B., Pokhodzey L.V. Electromagnetic fields and the risk of health disorders. *Professional'nyy risk dlya zdorov'ya rabotnikov: Rukovodstvo*. M.: Trovant. 2003: 157–62 (in Russian).
 3. Tikhonova G.I. Rubtsova N.B., Novokhatskaya E.A. Carcinogenic effects of electromagnetic fields of industrial frequency. "Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 85-letiyu GUNII meditsiny truda RAMN". M. 2008: 335–6 (in Russian).
 4. Izmerov N.F. red. *Rossiyskaya entsiklopediya po meditsine truda*. M.: Meditsina; 2005: 227–84 (in Russian).
 5. Vuytsik P.A. Study of disorders of the male reproductive system under the influence of an electromagnetic field of the radio frequency range in a subacute experiment. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 9: 40–1 (in Russian).
 6. Bahaodini A., Owjfar M., Tamadon A., Jafari S.M. Low frequency electromagnetic fields long-term exposure effects on testicular histology, sperm quality and testosterone levels of male rats. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 2015; 4: 195–200.
 7. Al-Akhras M., Darmani H., Elbetieha A.M. Influence of 50 Hz magnetic field on sex hormones and other fertility parameters of adult male rats. *Bioelectromagnetics*. 2006; 27: 127–31. <https://doi.org/10.1002/bem.20186>
 8. Gholampour F., Owji S.M., Javadifar T.S., Bahaoddini A. Long term exposure to extremely low frequency electromagnetic field affects sex hormones level and structure of testis in rats. *International Journal of Zoological Research*. 2012; 8: 130–6.
 9. Wang Z., Fei Y., Liu H., Zheng S., Ding Z., Jin W. et al. Effects of electromagnetic fields exposure on plasma hormonal and inflammatory pathway biomarkers in male workers of a power plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2015; 89: 33–42.
 10. Mohammadi H., Dehghan S.F., Moradi N., Suri S., Pirposhteh E.A., Ardakani S.K. et al. Assessment of sexual hormones in foundry workers exposed to heat stress and electromagnetic fields. *Reproductive toxicology*. 2021; 115–23.
 11. Kuz'mina L.P., Kislyakova A.A., Bezrukavnikova L.M. Prevalence of endocrine and cardiovascular pathology among workers exposed to magnetic fields. "Materialy 16-ogo Rossiyskogo natsional'nogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiyem "Professiya i zdorov'ye"". M.; 2021: 293–95 (in Russian).
 12. Prikaz Minzdrava Rossii ot 28.01.2021 No. 29n (red. ot 01.02.2022) "On approval of the Procedure for Conducting mandatory preliminary and periodic medical examinations of employees provided for in Part four of Article 213 of the Labor Code of the Russian Federation, the list of medical Contraindications to Work with harmful and(or) Dangerous Production Factors, as well as work in which mandatory preliminary and periodic medical examinations are carried out". Zaregistrovano v Minyuste Rossii 29.01.2021 No. 62277 (in Russian).
 13. Tayzhanova D.Zh., Bodaubay R., Toyynbekova R.Zh., Klepatskaya L.V., Urban I.N., Nurzhanova U.A. et al. Assessment of testosterone levels in obesity. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2016; 5(5): 764–6 (in Russian).
 14. Epanchintseva Ye.A., Yepanchintseva Ye.A., Selyatitskaya V.G., Sheina Yu.I., Lutov Yu.V. The relationship of risk factors and hormonal mechanisms of infertility with overweight and abdominal type of fat deposition in men. *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2013; 12(2): 200–4 (in Russian).
 15. Zhidkova Ye.A., Oranskaya A.N., Kalinin M.R., Gurevich K.G. Association of plasma levels of testosterone and vitamin D with abdominal obesity and smoking. Pilot study. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 4: 219–22 (in Russian).
 16. Duan W., Liu C., Wu H., Chen C., Zhang T., Gao P. et al. Effects of exposure to extremely low frequency magnetic fields on spermatogenesis in adult rats. *Bioelectromagnetics*. 2014; 35(1): 58–69. <https://doi.org/10.1002/bem.21816>
 17. Kumari K., Capstick M.H., Cassarà A.M., Herrala M., Koivisto H., Naarala J. et al. Effects of intermediate frequency magnetic fields on male fertility indicators in mice. *Environmental Research*. 2017; 157: 64–70.
 18. Şehitoğlu I., Tumkaya L., Kalkan Y., Bedir R., Cure M.C., Zorba O.Ü. et al. Biochemical and histopathological effects on the rat testis after exposure to electromagnetic field during fetal period. *Archivos espanoles de urologia*. 2015; 68(6): 562–8.
 19. Wdowiak A., Mazurek P., Wdowiak A., Bojar I. Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM*. 2017; 24(1): 13–8. <https://doi.org/10.5604/12321966.1228394>
 20. Jiménez-Balderas F.J., Tapia-Serrano R., Fonseca M.E., Arellano J., Beltrán A.M., Yáñez P. et al. High frequency of association of rheumatic/autoimmune diseases and untreated male hypogonadism with severe testicular dysfunction. *Arthritis Research*. 2001; 3: 362–7. <https://doi.org/10.1186/ar328>
 21. Salonia A., Rastrelli G., Hackett G.I., Seminara S.B., Huhtaniemi I.T., Rey R.A. et al. Paediatric and adult-onset male hypogonadism. *Nature Reviews Disease Primers*. 2019; 5: 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0087-y>
 22. Apolikhin O.I., Komarova V.A., Nikushina A.A., Sivkov A.V. Prostate diseases in the Russian Federation: statistical data of 2008–2017. *Ekspериментal'naya i klinicheskaya urologiya*. 2019; 2: 4–13. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2019-11-2-4-12> (in Russian).
 23. Tyuzikov I.A., Bratchikov O.I., Mikhaylov D.V., Shumakova Ye.A., Churayev S.A. The role of age-related androgen deficiency in the pathogenesis of prostate adenoma. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2016; 1(63): 14–8 (in Russian).
 24. Brzhezinskaya L.B., Samsonova L.N., Latshev O.Yu., Okminyan G.F., Kiseleva Ye.V., Kasatkina E.P. Clinical and hormonal characteristics of constitutional delay of sexual development in obese boys. *Endokrinologiya: Novosti. Mneniya. Obucheniye*. 2017; 3(20): 78–84.
 25. Katsiia G.V., Goncharov N.P., Chagina N.A. Disturbed balance of steroid hormones in men under 40 years of age presenting with obesity and metabolic syndrome. *Problemy Endokrinologii*. 2011; 57(4): 7–12 (in Russian).