

УДК 331.43

Газя Геннадий Владимирович

кандидат биологических наук, кафедра безопасности жизнедеятельности,
Сургутский государственный университет;
Институт естественных и технических наук
safety.ot86@gmail.com

Белощенко Дарья Васильевна

преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности,
кафедра безопасности жизнедеятельности,
Сургутский государственный университет;
Институт естественных и технических наук
d.beloshhenko@mail.ru

Стратан Наталья Федоровна

студент 6-го курса ,
Сургутский государственный университет;
Медицинский институт
nata_stratan@mail.ru

Gennadii V. Gazia

PhD of biological science, Surgut state University
Institute of natural and technical sciences, Department of life safety
safety.ot86@gmail.com

Daria V. Beloshchenko

teacher of the Department of Life Safety,
Surgut state University,
Institute of natural and technical sciences, Department of life safety
d.beloshhenko@mail.ru

Natalya F. Stratan

6th year student , Surgut state University Medical institute
nata_stratan@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

COMPARATIVE ASSESSMENT OF ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS CONDITION OF MOTOR FUEL PRODUCTION WORKERS EXPOSED TO ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUSTRIAL FREQUENCY

Аннотация. Цель исследования заключалась в установлении особенностей состояния электрокардиографических параметров сердечно-сосудистой систе-

мы (ССС) женщин и мужчин в возрасте от 35 до 40 лет, подверженных воздействию ЭМП промышленной частоты ($f=50$ Гц).

Установлено, что функциональное состояние сердечно-сосудистой системы мужчин (как подверженных, так и неподверженных воздействию ЭМП) лучше, чем у женщин. Наибольшие значения по всем электрокардиографическим показателям наблюдаются именно у женщин. Анализ показал, что в более нестабильном состоянии находятся электрокардиографические параметры женщин, попадающих под воздействие ЭМП.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электрокардиографические параметры, миокард, ритм, пульс.

Abstract. The aim of the study was to establish the peculiarities of the state of electrocardiographic parameters of the cardiovascular system (ССС) of women and men aged 35 to 40 years exposed to EMF of industrial frequency ($f = 50$ Hz).

It was found that the functional state of the cardiovascular system of men (both exposed and not exposed to EMF) is better than that of women. The highest values for all electrocardiographic indicators are observed in women. The analysis showed that in a more unstable state there are electrocardiographic parameters of women who are exposed to EMF.

Key words: electromagnetic field, electrocardiographic parameters, myocardium, rhythm, pulse.

Введение. Численность населения ХМАО-Югры по данным Росстата (на 2020 г.) составляет 1 674 676 человек, из них порядка 400 тысяч человек в г. Сургуте и его районах. Согласно последнему Проекту Правительства РФ от 28 октября 2019 года Сургутский район признаётся местностью, приравненной к району и условиям Крайнего Севера, для которой характерен целый ряд неблагоприятных климатических особенностей и сезонных изменений. В таких условиях, несмотря на адаптацию организма, человек испытывает стресс, возможно возникновение иммунодефицита, перепады кровяного давления. Помимо этого, рабочие места большинства сотрудников нефтегазовых предприятий располагаются на объектах топливно-энергетического комплекса, находящихся далеко за пределами населенных пунктов, где отсутствует возможность своевременной диагностики различного рода заболеваний и нарушений в работе сердечно-сосудистой (ССС), нервно-мышечной, центральной и вегетативной нервной, кроветворной и эндокринной систем, что приводит к увеличению количества несчастных случаев на рабочем месте по причине общих заболеваний. Предприятия по переработке нефти и газа активно разрабатывают и внедряют новую технику и новые технологии, которые порождают ЭМП, оказывающие негативное воздействие на человека и окружающую среду. Установлено, что ЭМП способны оказывать острое и хроническое воздействие на функциональное состояние организма человека. Острые формы поражения возникают в аварийных ситуациях, а также в случае нарушения технологической дисциплины. Хронические формы поражения возникают при длительном воздействии ЭМП невысоких уровней и диагностируются у работников производственных предприятий, подверженных воздействию электромагнитного излучения широкополосного спектра частот [1]. Заболевания, связанные с воздей-

ствием ЭМП, включены в перечень профессиональных заболеваний, утвержденный Минздравом РФ. ЭМП сверхвысокочастотного диапазона внесены также в справочник по социальной психиатрии, как фактор, вызывающий у людей психическую дезадаптацию [2].

Исходя из вышесказанного, цель нашего исследования – установить особенности состояния электрокардиографических параметров ССС женщин и мужчин в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет, подверженных воздействию ЭМП промышленной частоты ($f=50$ Гц).

Объект и методы исследования. Представлены результаты периодического ежегодного медицинского осмотра, проведенного в весеннее время года на базе ММУ «Городская поликлиника №1» (г. Сургут). В состав исследуемых групп входили женщины и мужчины в возрасте от 35 до 40 лет (средний возраст обследуемых составлял 37 лет), работающие на Сургутском заводе по стабилизации конденсата им. В.С. Черномырдина (ЗСК) операторами технологических установок в условиях неблагоприятных климатических особенностей Севера РФ.

Наблюдаемая (опытная) группа обследуемых в количестве 30 человек (без сопутствующих патологий) состояла из операторов технологических установок, в течение 5 лет подверженных ежесменному хроническому воздействию ЭМП промышленной частоты, была разделена по гендерному признаку (женщины и мужчины) на две подгруппы по 15 человек каждая. В состав контрольной группы вошли женщины и мужчины, не имеющие сопутствующих патологий, идентичные по численности, возрасту, профессиональному стажу и производственной деятельности, не подверженные воздействию ЭМП производственной частоты ($f=50$ Гц). Весо-ростовые показатели обследуемых не оказывали существенного влияния на состояние их электрокардиографических параметров. Средний рост представителей опытной и контрольной группы составлял: у женщин – 168 см, у мужчин – 176 см. Средний вес работников, входящих в состав как наблюдаемой, так и контрольной группы составлял: у женщин – 63 кг, у мужчин – 74 кг.

Значения электрокардиографических параметров обследуемых получены с помощью прибора «КардиоВизор–Обс» (4 электрода, патент DE 199 33 277 A1), который представляет собой компьютерный кардиоанализатор ЭК9Ц-01-КАРД (регистрационное удостоверение № 29/02020503/5658-03 от 20.11.2003, ООО «Медицинские Компьютерные Системы», Москва, Зеленоград) с программным обеспечением. Систематизация и обработка полученных данных по электрокардиографическим параметрам обследуемых работников производства моторных топлив осуществлялась с использованием программного продукта «Statistica 10».

Результаты исследования и их обсуждение. Проведена статистическая обработка электрокардиографических параметров четырех групп работников ЗСК: 1 группа – женщины без воздействия ЭМП; 2 группа – женщины, подверженные воздействию ЭМП; 3 группа – мужчины без воздействия ЭМП; 4 группа – мужчины, подверженные воздействию ЭМП. Идентификация электрокардиографических параметров обследуемых: «миокард» (%), «ритм» (%) и «пульс» (уд./мин.) на соответствие закону Гаусса «нормальное распределение» ($p>0,05$) [3] проводилась с использованием критерия Shapiro–Wilk test. Результаты сравнительной оценки состояния электрокардиографических параметров работников

производства моторных топлив представлены средними значениями и \pm доверительным интервалом (табл. 1).

Таблица 1

Результаты статистической обработки электрокардиографических параметров работников ЗСК в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет, подверженных и неподверженных воздействию ЭМП

(N)=15		Миокард				Ритм				Пульс			
		Группа женщин		Группа мужчин		Группа женщин		Группа мужчин		Группа женщин		Группа мужчин	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
W		0,88	0,89	0,92	0,89	0,94	0,93	0,91	0,92	0,94	0,94	0,92	0,90
P		0,05	0,07	0,18	0,07	0,40	0,23	0,14	0,17	0,38	0,35	0,19	0,11
Описательная статистика	X_{cp}	16,8	19,2	14,6	15,07	21,27	35,07	18,5	29,6	79,47	90,6	76,93	82,27
	σ	2,86	3,49	1,4	1,53	13,70	19,85	7,28	10,99	10,40	13,29	12,17	10,61
	ДИ,-95%	2,09	2,55	1,03	1,12	10,03	14,53	5,33	8,04	7,61	9,73	8,91	7,77
	ДИ,+95%	4,51	5,50	2,21	2,42	21,61	31,30	11,48	17,33	16,40	20,95	19,19	16,74
	<i>min</i>	14	15	12	13	3	10	10	15	66	72	60	70
	<i>max</i>	23	25	18	19	46	74	36	50	100	111	100	103

Примечание. Работники ЗСК в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет: 1 гр. – женщины (без ЭМП);

2 гр. – женщины (с ЭМП); 3 гр. – мужчины (без ЭМП); 4 гр. – мужчины (с ЭМП).

W – критерий Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) для проверки типа распределения признака; **p** – достигнутый уровень значимости, полученный в результате проверки типа распределения по критерию Шапиро-Уилка (критическим уровнем значимости принят $p < 0,05$), X_{cp} – средние арифметические значения; σ – стандартные отклонения; ДИ, $\pm 95\%$ – доверительные пределы для средних: ширина доверительного интервала; *min* – минимальные значения; *max* – максимальные значения.

Анализ данных, представленных в табл. 1 показал, что у представителей групп женщин и мужчин в условиях воздействия ЭМП наблюдается увеличение значений всех 3 интегральных индикаторов функционального состояния сердечной деятельности: значение показателя «миокард» у женщин возрастает на 2,4%; по показателю «ритм» у женщин отмечен рост на 13,8%, у мужчин на 11,1%; параметр сердечной деятельности «пульс» у женщин увеличивается на 11 уд./мин., у мужчин на 5 уд./мин. Обратим внимание, что в группе женщин представленные электрокардиографические показатели гораздо выше, чем у мужчин, как без влияния ЭМП, так и в условиях его воздействия! Значение параметра «миокард» у работников, в производственной среде которых не идентифицировано ЭМП составляет: у женщин – 16,8%, у мужчин – 14,6%. Величина интегрального показателя «миокард» у работников, состояние условий труда которых характеризуется наличием ЭМП, составляет: у женщин – 19,2%, у мужчин – 15,07%.

Величина параметра «пульс» у женщин без ЭМП составляет 79 уд./мин., с ЭМП – 91 уд./мин., у мужчин без ЭМП – 77 уд./мин., с ЭМП – 82 уд./мин., соответственно. Еще большее различие значений между электрокардиографическими параметрами групп обследуемых, работающих без и в условиях действия ЭМП, наблюдается по показателю «ритм»: у женщин – 21,27% (без ЭМП) против 35,07% (с ЭМП), у мужчин 18,5% (без ЭМП) против 29,6% (с ЭМП). Обратим внимание, что в России представители мужского пола гораздо больше подверже-

ны риску развития заболеваний сердца и сосудов, поражений и патологий в работе ССС. В трудоспособном возрасте мужчины (30,4 %) почти в 5 раз умирают чаще, чем женщины (6,5 %) [4, 5]. Несмотря на это, результаты сравнительной оценки электрокардиографических параметров работников ЗСК, подверженных воздействию ЭМП ($f=50$ Гц) указывают на то, что в условиях хронического действия ЭМП в более нестабильном состоянии находятся электрокардиографические параметры женщин.

В табл. 2 и 3 представлены результаты дальнейших исследований различий электрокардиографических параметров женщин и мужчин, подверженных и неподверженных воздействию ЭМП, с использованием параметрического критерия Стьюдента (*t*-test, independent, bygroups).

Результаты сравнительного анализа, представленного в табл. 2, свидетельствуют о статистически значимых различиях по электрокардиографическим параметрам «миокард» ($p=0,05$), «ритм» ($p=0,03$) и «пульс» ($p=0,02$) между группами обследуемых женщин, работающих в условиях воздействия ЭМП и без таковых. У мужчин (табл. 3) статистически достоверные различия обнаружены только по показателю «ритм» ($p=0,00$).

Таблица 2

Результаты сравнительного статистического анализа состояния электрокардиографических параметров женщин в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет, подверженных и неподверженных воздействию ЭМП, с использованием параметрического критерия Стьюдента

Valid (N)=15	Mean 1	Mean 2	t-value	p	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio - Variances	p - Variances
Миокард								
Гр. 1 и 2	16,80	19,20	2,06	0,05	2,86	3,49	1,49	0,47
Ритм								
Гр. 1 и 2	21,27	35,07	-2,22	0,03	13,70	19,85	2,10	0,18
Пульс								
Гр. 1 и 2	79,47	90,60	2,56	0,02	10,40	13,29	1,63	0,37

Примечание. Женщины в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет: 1 гр. – без ЭМП; 2 гр. – в условиях воздействия ЭМП. *Valid (N)* – объем выборки; *Mean* – среднее значение показателя; *t-value* – значение рассчитанного программой *t*-критерия Стьюдента; *df* – число степеней свободы = 28; *p* – вероятность ошибочно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между средними значение показателя; *Std.Dv.* – стандартное отклонение выборки; *F-ratio, Variances* – значение *F*-критерия Фишера, с помощью которого проверяется гипотеза о равенстве дисперсий в сравниваемых выборках; *P, Variances* – вероятность ошибки для *F*-теста Фишера.

Таблица 3

Результаты сравнительного статистического анализа состояния электрокардиографических параметров мужчин в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет, подверженных и неподверженных воздействию ЭМП, с использованием параметрического критерия Стьюдента

Valid (N)=15	Mean 1	Mean 2	t-value	p	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio - Variances	p - Variances
Миокард								
Гр. 3 и 4	14,60	14,93	-0,65	0,52	1,40	1,39	1,02	0,96
Ритм								
Гр. 3 и 4	18,47	29,60	-3,27	0,00	7,28	10,99	2,28	0,14
Пульс								
Гр. 3 и 4	76,93	82,27	-1,28	0,21	12,17	10,61	1,31	0,62

Примечание. Мужчины в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет: 3 гр. – без ЭМП; 4 гр. – в условиях воздействия ЭМП.

Кроме того, у 96% обследуемых обнаружены изменения по электрокардиографическому параметру «ритм» в форме умеренной физиологической тахикардии. Работников, неподверженных воздействию ЭМП, с умеренной тахикардией было выявлено 11 человек в группе женщин и 9 человек в группе мужчин. В условиях воздействия ЭМП – 13 и 12 человек в группе женщин и мужчин соответственно, а также 2 представителя мужского пола с умеренной брадикардией.

Выводы. Результаты исследования показали, что именно работники, подверженные воздействию ЭМП, имеют более высокие значения по исследуемым электрокардиографическим параметрам: показатель «миокард» у женщин возрастает на 2,4%; показатель «ритм» у женщин возрастает на 13,8%, у мужчин на 11,1%; показатель «пульс» у женщин увеличивается на 11 уд./мин., у мужчин на 5 уд./мин. соответственно.

В результате идентификации интегральных показателей электрокардиографических параметров операторов технологических установок, работающих на газоперерабатывающем заводе им. В. С. Черномырдина ООО «Газпром переработка» по 3 индикаторам: «миокард» (%), «ритм» (%) и «пульс» (уд./мин.). Полученные в ходе исследования данные обработаны методами классической статистики «Statistica 10» с использованием критериев Шапиро-Уилка и Стьюдента установлено, что именно работники, подверженные воздействию ЭМП, имеют более высокие значения по исследуемым электрокардиографическим параметрам: показатель «миокард» у женщин возрастает на 2,4%; показатель «ритм» у женщин возрастает на 13,8%, у мужчин на 11,1%; показатель «пульс» у женщин увеличивается на 11 уд./мин., у мужчин на 5 уд./мин. соответственно.

Полученные результаты исследования указывают на то, что значения электрокардиографических параметров мужчин (как подверженных, так и не подверженных воздействию ЭМП) значительно лучше, чем у женщин. Наибольшие значения по всем электрокардиографическим показателям наблюдаются именно у женщин.

Необходимо уделять особое внимание функциональному состоянию сердца женщин в возрастном диапазоне от 35 до 40 лет, работающих на объектах нефтехимической промышленности Севера РФ в условиях воздействия вредных и (или) потенциально опасных производственных факторов, в том числе ЭМП. Необходимы меры по коррекции режима и условий труда работников, а также технологических карт на производственные операции в части сокращения времени нахождения работника в условиях действия ЭМП.

Следует сказать, что мониторинг электромагнитной обстановки и состояние здоровья населения в связи с ростом числа излучателей требует серьезного научного обоснования, создания соответствующей измерительной аппаратуры, разработки автоматизированной системы социального-гигиенического мониторинга, подготовки кадров. Работодателям необходимо уделять повышенное внимание вопросам обеспечения защиты работников от ЭМП, исходящих от технологических установок частотой 50 Гц.

Результаты экспресс-контроля динамики функционального состояния сердца работников, находящихся в условиях хронического воздействия ЭМП, позволяют разработать эффективные мероприятия по профилактике профессиональных заболеваний.

Литература/Literature

1. Choy C. *Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram // Heart. 2017. Vol. 103. Pp. 24-31.*
2. Gruber MJ, Palmquist E, Nordin S. *Characteristics of perceived electromagnetic hypersensitivity in the general population. Scand J Psychol. 2018; 59:422–427. doi: 10.1111/sjop.12449.*
3. Hinrikus H, Bachmann M, Lass J. *Understanding physical mechanism of low-level microwave radiation effect. Int J Radiat Biol. 2018; 94:877–882. doi: 10.1080/09553002.2018.1478158.*
4. Martens AL, Slottje P, Timmermans DRM, Kromhout H, Reedijk M, Vermeulen RCH, Smid T. (2017) *Modeled and perceived exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile-phone base stations and the development of symptoms over time in a general population cohort. Am J Epidemiol 186, 210–9.*
5. Sarika Singh, Neeru Kapoor, «*Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs*», *Advances in Biology*, vol. 2014, Article ID 198609, 24 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/198609>.