Отзыв официального оппонента

доктора биологических наук, профессора Чуян Елена Николаевны на диссертацию Дремина Алексея Игоревича «Научное обоснование совершенствования гигиенических требований при работах на электросетевых объектах сверхвысокого напряжения», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 3.2.4. Медицина труда

Актуальность исследования

Проблема влияния электрических полей промышленной частоты (ЭП ПЧ) на биологические объекты, в том числе на человека, приобрела особую актуальность во второй половине 20 века в связи с развитием электроэнергетики. Современные условия труда работников на электросетевых объектах характеризуются наличием комплекса вредных факторов производственной среды, в том числе физических факторов, оказывающих сочетанное воздействие на персонал в течение рабочей смены. Одним из основных вредных факторов для электротехнического персонала являются электрическое и магнитное поле (МП) промышленной частоты. Для защиты персонала от негативного влияния ЭП ПЧ применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Биофизические механизмы действия ЭП и МП ПЧ, в отличие от радиочастотного диапазона, заключаются в возникновении наведенных внешним полем, внутренних электрических полей в органах и тканях биологического объекта. В основе изучения биологических эффектов ЭП и МП ПЧ лежит величина плотности тока, которая с условными допущениями может выступать как биологически значимый показатель. К сожалению, подходы к ее оценке ограничены теоретическими методами, т.к. в условиях как *in vitro*, так и *in vivo*, ее невозможно объективно оценить. При этом при сопоставлении биологической эффективности ЭП и МП ПЧ зарубежные исследователи, в первую очередь, опираются на эффекты острых воздействий, которые чаще определяются расчетным путем, в том числе и при установлении порога вредного действия и обосновании гигиенических регламентов. В России основное внимание при установлении порога вредного действия преимущественно основывалось на результатах экспериментальных исследований по определению эффектов подострых и хронических

воздействий. Тем не менее, в настоящее время изучение биологических эффектов ЭП и МП ПЧ требует и применения численной дозиметрии в оценке плотности тока в органах и тканях биологических объектов, что является важным этапом исследования.

При различных исследованиях по изучению влияния ЭП ПЧ большинство работ проводится в условиях воздействия уровней, превышающих нормативные, а обеспечение снижения потенциально негативного влияния на организм, обеспечивается за счет снижения интенсивности поля путем экранирования. Однако практически всегда эффективность экранирования оценивается только по напряженности внешнего ЭП ПЧ без учета оценки биологически значимых величин плотности тока или внутреннего поля. Отсутствие работ, посвященных изучению биологической значимости экранирования ЭП ПЧ, подчеркивает актуальность данной диссертационной работы.

Таким образом, цель и задачи диссертационной работы Дремина Алексея Игоревича «Научное обоснование совершенствования гигиенических требований при работах на электросетевых объектах сверхвысокого напряжения» посвящены изучению актуальной проблемы медицины труда – сохранению здоровья электротехнического персонала, подвергающегося негативному влиянию ЭП ПЧ.

Научная новизна исследования и полученных результатов

Диссертантом в ходе исследования впервые в исследованиях на животных в условиях подострого эксперимента на животных получены данные о биологической эффективности снижения ЭП путем применения экранирующих материалов, аналогичных используемым в СИЗ для экранирования ЭП ПЧ при изготовлении СИЗ, эксплуатируемых электротехническим персоналом.

Особую научную значимость представляет взаимосвязь результатов математического моделирования и экспериментального исследования на лабораторных животных. Расчет плотности наведенных электрических токов в биологических тканях фантомов позволил количественно охарактеризовать различия в дозиметрических условиях при воздействии ЭП ПЧ напряженностью 50 кВ/м и при использовании экранирующих материалов. Установленное снижение плотности наведенных токов при экранировании создало основу для выявления наиболее чувствительных к рассматриваемому

фактору систем организма и дальнейшему проведению экспериментальных исследований. Полученные результаты обосновывают значимость учета дозиметрических параметров при оценке биологической эффективности экранирующих материалов, используемых в СИЗ от ЭП ПЧ.

Новизна работы также заключается в рассмотрении и учете сочетанного действия ведущих производственных факторов (ЭП ПЧ и микроклиматические параметры производственной среды), что позволило предложить и научно обосновать регламент труда и отдыха для обеспечения сохранения здоровья и высокой работоспособности электротехнического персонала при применении СИЗ.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов работы определяется большим объемом проведенных исследований и полученных данных, применением современных и адекватных методов исследования и статистической обработки данных, что определило обоснованность научных положений, выносимых на защиту, заключений, выводов и рекомендаций.

Положения и выводы диссертационной работы Дремина А.И. обладают новизной и научной ценностью с точки зрения методических подходов к оценке воздействия фактора электромагнитной природы на биологические объекты. Использованные в работе современные методы низкочастотной электромагнитной дозиметрии позволили автору провести количественную оценку напряженности ЭП ПЧ и оценить плотность электрического тока в биологических тканях лабораторных животных.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-методическом уровне с использованием современных методов математического моделирования и инструментальной оценки уровней ЭП и МП ПЧ, экспериментального изучения биологического действия ЭП ПЧ на лабораторных животных.

Основные результаты диссертационного исследования многократно обсуждались на международных и отечественных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень международных реферативных баз данных и систем цитирования ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, в том числе

рекомендованных для опубликования по специальности 3.2.4. Медицина труда.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы

Выполненное научное исследование имеет высокую научную и практическую значимость, поскольку направлено на сохранение здоровья электротехнического персонала.

Научная значимость работы заключается в обосновании подхода к оценке биологической эффективности СИЗ, основанного на сопоставлении результатов математического моделирования (величины плотности наведенных электрических токов в биологических тканях) с изменениями показателей функционального состояния организма лабораторных животных. Такой подход позволяет учитывать не только напряженность внешнего электрического поля, но и различия во внутренней дозиметрической нагрузке, обусловленные применением экранирующих материалов. Полученные результаты расширяют методические возможности изучения биологических эффектов ЭП ПЧ.

Материалы диссертационного исследования использованы при разработке проектов нормативных документов Изменение №1 ГОСТ 12.4.172-2019 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты. Комплекты индивидуальные экранирующие. Общие технические требования. Методы испытаний», Изменение №1 ГОСТ 12.4.283-2019 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты и поражения электрическим током. Комплекты индивидуальные шунтирующие экранирующие. Общие технические требования. Методы испытаний».

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа построена по традиционному плану, изложена на 140 с., состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, списка литературы и 1 приложения. Работа включает 31 рисунок и 10 таблиц. Список литературы содержит 162 источника, из которых 55 отечественных и 107 зарубежных.

Введение полностью отражает актуальность исследования, поставленную цель и задачи для ее достижения, сформулированные научные

положения, научную новизну и практическую значимость, степень достоверности и апробацию результатов, личный вклад автора.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы, проведенный по нескольким направлениям, которые включают состояние электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала электросетевых объектов, механизмы биологического действия ЭП и МП ПЧ, численные дозиметрические методы исследования, влияние термической нагрузки на человека и подходы к гигиеническому нормированию и защите персонала. При этом обращает внимание большой объем проанализированных данных современных отечественных и зарубежных исследований. На основании анализа литературных данных автор обосновывает актуальность диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена постановке исследований и содержит схему исследований, объем и методы исследований, материалы и методы для решения поставленных задач. В разделе детально изложены постановка, объем и методы исследований по всем разделам работы, включая: гигиеническую оценку ЭП и МП ПЧ на рабочих местах персонала электросетевых объектов, физиолого-гигиеническое исследование теплового состояния добровольцев при эксплуатации СИЗ, математическое моделирование, оценку эффективности СИЗ от ЭП ПЧ. Экспериментальное исследование отдельных биологических эффектов в условиях экранирования ЭП ПЧ на животных включало оценку резистентной стойкости эритроцитов, общего анализа крови и цитоморфологического состава костного мозга, для оценки плотности электрического тока в тканях и органах фантомов животных проводилось математическое моделирование. Также исследование включало физиолого-гигиеническую оценку функционального состояния организма человека при применении средств индивидуальной защиты в условиях нагревающей среды в производственных условиях.

В третьей главе представлены результаты исследований, содержащие данные инструментальной гигиенической оценки уровней ЭП и МП ПЧ на наземных рабочих местах персонала электросетевых объектов, физиолого-гигиенической оценки теплового состояния организма добровольцев при эксплуатации СИЗ, оценки ослабления уровней ЭП ПЧ СИЗ, математического моделирования и оценки влияния экранирования ЭП ПЧ на гематологические показатели.

Особого внимания заслуживает взаимодополнение результатов математического моделирования экспериментальными исследованиями на лабораторных животных. Расчет плотности наведенных электрических токов в биологических тканях позволил количественно охарактеризовать интенсивность воздействия при истинной экспозиции ЭП ПЧ и в условиях экранирования. Сопоставление этих данных с результатами исследования периферической крови, резистентности мембран эритроцитов и костного мозга позволило оценить биологические изменения с учетом дозиметрических различий между группами. При воздействии ЭП ПЧ напряженностью 50 кВ/м выявлены изменения отдельных гематологических показателей и снижение резистентности мембран эритроцитов, тогда как в группах с экранированием и мнимым воздействием аналогичные выраженные изменения по исследованным показателям не установлены. В совокупности результаты моделирования и эксперимента подтверждают значимость снижения плотности наведённых токов как одного из факторов, учитываемых при оценке биологической эффективности экранирующих материалов.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам, содержат иллюстрации и таблицы. Следует отметить, что диссертационная работа логично построена, отличается внутренним единством изложения, высокой научной и практической значимостью.

Оценивая в целом диссертационную работу положительно, следует остановиться на некоторых **вопросах и замечаниях**:

1. В работе представлены результаты численной дозиметрии для фантомов крыс в условиях воздействия ЭП ПЧ напряжённостью 50 кВ/м. Согласно приведённым данным, максимальные значения плотности наведённых токов наблюдались в желудке (9,27 мА/м²) и селезёнке (3,53 мА/м²); в крови, поджелудочной железе и сердце значения находились в диапазоне 1,26–1,34 мА/м². При экранировании отмечено снижение плотности токов: в мышечной и нервной тканях, костном мозге и гипофизе – на порядок, в селезёнке, крови, желудке и поджелудочной железе – на два порядка. Вместе с тем в описании результатов дозиметрии отсутствует оценка статистической значимости различий в значениях плотности наведённых токов. Учитывая, что далее эти расчётные данные используются как обоснование для

интерпретации биологических эффектов, представление показателей статистической достоверности существенно повысило бы надёжность выводов. Кроме того, вызывает вопрос отсутствие в экспериментальной части исследования морфологической оценки возможных патологических изменений в органах с наибольшей плотностью токов – в первую очередь в желудке, где зафиксировано максимальное значение плотности наведённых токов. Целесообразно было бы провести гистологическое исследование тканей желудка крыс после воздействия ЭП ПЧ, чтобы подтвердить или опровергнуть наличие структурных изменений, потенциально обусловленных локальным распределением токов. Такая связка «доза – эффект» усилила бы доказательную базу работы.

2. Дизайн экспериментального исследования содержит методологический недостаток: отсутствие интактной контрольной группы. Животные были распределены на три группы: 1) комбинированное воздействие ЭП ПЧ и экранирования; 2) воздействие ЭП ПЧ; 3) экранирование. При этом третья группа, которую автор использует в качестве группы сравнения, фактически является экспериментальной, поскольку депривация электромагнитных полей – самостоятельный воздействующий фактор. Литературные данные однозначно свидетельствуют, что экранирование приводит к изменениям физиологических показателей. В частности, описаны сдвиги в системе крови (агрегация тромбоцитов, уровень активных форм кислорода), влияние на гемопоэз, а также изменения в работе регуляторных систем (нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой). Характер реакции зависит от длительности и интенсивности воздействия, а также от исходного состояния организма: возможны как адаптационные перестройки, так и развитие стресс-реакции. Более того, в последние годы появляются данные о потенциальных терапевтических эффектах пассивного экранирования, что дополнительно подчёркивает необходимость рассматривать эту группу как экспериментальную. Включение интактного контроля является важным как для оценки эффекта экранирования, так и его вклада в комбинированное воздействие. С практической точки зрения, сравнительный анализ группы экранирования и интактного контроля мог бы существенно усилить прикладную ценность работы, поскольку позволил бы оценить биологические эффекты экранирующих материалов, что особенно актуально для обоснования применения средств индивидуальной защиты

персонала электросетевых объектов высокого и сверхвысокого напряжения, где важно понимать не только влияние на организм ЭП ПЧ, но и возможные эффекты самих экранирующих материалов.

3. Автор делает вывод, что оценка биологических эффектов ЭП ПЧ на лабораторных животных без экранирования показала, что подострое воздействие фактора приводит к достоверному снижению содержания лимфоцитов и увеличению эритроцитов, в том числе снижению резистентности мембран эритроцитов, при тенденции к изменению показателей костного мозга, что свидетельствует о развитии адаптационно-компенсаторной перестройки гемопоэза. Для подтверждения такой интерпретации требуется не только описание тенденций, но и статистически достоверные сдвиги ключевых параметров, а также логическая связь между ними. Кроме того, экранирование при аналогичных условиях ЭП ПЧ обеспечивало отсутствие достоверных изменений тех же показателей у экспериментальных животных. Отсутствие достоверных различий в показателях крови у животных, подвергавшихся комбинированному воздействию ЭП ПЧ и экранирования, по сравнению с группой изолированного воздействия ЭП ПЧ, фактически свидетельствует об отсутствии защитного эффекта экранирования в рамках использованных критериев оценки.

4. Возможно ли использовать предложенный подход к математическому моделированию для оценки защитной эффективности различных конструкций СИЗ и прогнозирования воздействия электрического поля на организм электротехнического персонала при работах на электроустановках сверхвысокого напряжения?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Дремина Алексея Игоревича «Научное обоснование совершенствования гигиенических требований при работах на электросетевых объектах сверхвысокого напряжения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальных для медицины труда научно-практических задач, направленных на обеспечение сохранения здоровья электротехнического персонала в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении

ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 25.01.2024 г. № 62), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата, а ее автор, Дремин Алексей Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 3.2.4. Медицина труда.

Официальный оппонент:
доктор биологических наук, профессор,
заведующая кафедрой физиологии человека
и животных и биофизики Института
биохимических технологий,
экологии и фармации
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Чуян Елена Николаевна

Подпись д.б.н, профессора Е.Н. Чуян
заверяю

Подпись подтверждаю
Ученый секретарь
Крымского федерального университета
им. В.И. Вернадского

27.10.2026

Адрес места работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, д. 4, тел.: +7 (3652) 63-75-46; сайт: https://cfuv.ru/; e-mail: elena-chuyan@rambler.ru