

Информация для цитирования:

Савченко О.А., Новикова И.И., Потеряева Е.Л., Чуенко Н.Ф. ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНОВ-МИШЕНЕЙ КРЫС WISTAR, НАХОДИВШИХСЯ ПОД КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ШУМА В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА // Медицина в Кузбассе. 2025. №4. С. 64-74.

Савченко О.А., Новикова И.И., Потеряева Е.Л., Чуенко Н.Ф.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора,
Новосибирский государственный медицинский университет,
г. Новосибирск, Россия



ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНОВ-МИШЕНЕЙ КРЫС WISTAR, НАХОДИВШИХСЯ ПОД КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ШУМА В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Оценка морфологического состояния органов-мишеней крыс Wistar, находившихся под комбинированным воздействием общей вибрации и шума в модельных условиях хронического эксперимента, способствует установлению начальных патологических изменений во внутренних органах, запускающих процессы ускоренного старения.

Цель исследования – оценка морфологического состояния органов-мишеней крыс Wistar, находившихся под комбинированным воздействием общей вибрации и шума в модельных условиях хронического эксперимента.

Материал и методы. Исследованию подверглись 60 лабораторных крыс Wistar, распределенных на 2 группы (опытную, находившуюся под комбинированным воздействием общей вибрации и шума (на уровне 1,5 ПДУ), и группу сравнения (интактные животные)) по 30 особей (15 самок и 15 самцов) в каждой, у которых в 180-дневной динамике с интервалом в 2 месяца (через 60-120-180 суток) проводился морфогистологический анализ тканей внутренних органов. Дополнительно, для проведения фонового анализа, в группу сравнения выделено по пять разнополых особей. На 0-е сутки (фон), и через 60-120-180 суток по 10 крыс из каждой группы подвергались эвтаназии с помощью хлороформа (шприцем вводили в эксикатор 3-5-10 мл хлороформа до наступления наркотического сна) и некропии для гистопатологических исследований. Окраска срезов гематоксилин и эозин. Опыты на животных проводили согласно правилам Европейской конвенции по защите животных, используемых в научных целях, после одобрения этической комиссией ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. При патоморфологических (гистологических) исследованиях тканей крыс Wistar использовались общепринятые и унифицированные методы.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования свидетельствуют о негативном комбинированном воздействии общей вибрации и шума (1,5 ПДУ) на морфологическую структуру внутренних органов крыс Wistar. Первичные патологические изменения выявляются уже после 60 суток эксперимента, тогда как через 180 суток наблюдается значительное усиление структурных нарушений, особенно в сердце, печени и почках.

Заключение. Развитие структурных патологических изменений в двух и более внутренних органах у крыс опытной группы (подвергавшихся комбинированному воздействию общей вибрации и шума) можно рассматривать, как один из индикаторов преждевременного старения у теплокровных организмов при нахождении длительное время в условиях воздействия физических факторов производственной вредности.

Ключевые слова: комбинированное воздействие; общая вибрация и шум; крысы; хронический эксперимент; морфогистологические исследования; биомаркер ускоренного старения

Savchenko O.A., Novikova I.I., E.L. Poteriaeva, Chuenko N.F.

Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene,
Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

ASSESSMENT OF THE MORPHOLOGICAL STATE OF TARGET ORGANS IN WISTAR RATS THAT WERE EXPOSED TO COMBINED VIBRATION AND NOISE IN A CHRONIC EXPERIMENT

The assessment of the morphological state of the target organs of Wistar rats exposed to combined general vibration and noise in a chronic experiment model helps to identify the initial pathological changes in the internal organs that trigger accelerated aging processes.

The aim of the study is to assess the morphological condition of the target organs of Wistar rats that were subjected to combined exposure to overall vibration and noise in the model conditions of a chronic experiment.

Materials and methods. The study involved 60 Wistar laboratory rats divided into 2 groups (experimental, which was under the combined influence of general vibration and noise (at the level of 1.5 MPU), and comparison group (intact animals)) There were 30 individuals (15 females and 15 males) each, in which a morphohistological analysis of the tissues of internal organs was carried out in 180-day dynamics with an interval of 2 months (after 60-120-180 days). In addition, for background analysis, five individuals of each sex were selected for the comparison group. On the 0th day (background), and after 60-120-180 days, 10 rats from each group were euthanized using chloroform (3-5-10 ml of chloroform was injected into an excicator using a syringe until the rats were in a state of narcosis) and necropsied for histopathological studies. The sections were stained with hematoxylin and eosin.

Animal experiments were conducted in accordance with the European Convention for the Protection of Animals Used for Scientific Purposes, after approval by the Ethics Committee of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene.

Results and their discussion. The results of the study indicate the negative combined effect of whole-body vibration and noise (1.5 MAC) on the morphological structure of the internal organs of Wistar rats. Primary pathological changes are already detected after 60 days of the experiment, while after 180 days there is a significant intensification of structural disturbances, especially in the heart, liver, and kidneys.

Conclusion. The development of structural pathological changes in two or more internal organs in rats of the experimental group (exposed to combined effects of general vibration and noise) can be considered as one of the indicators of premature aging in warm-blooded organisms when exposed to physical factors of occupational hazards for a long time.

Key words: combined effects; general vibration and noise; rats; chronic experiment; morphohistological studies; biomarker of accelerated aging

Производственные факторы (стрессоры) способны оказывать как изолированное, так и комбинированное воздействие на организм [1, 2], что приводит к повышению риска развития профессиональных заболеваний [3, 4] и преждевременному старению. Согласно статистике, наибольший удельный вес в структуре профессиональной патологии в последние годы занимают заболевания, вызванные физическими факторами [5]. За ними следуют расстройства, связанные с физическими перегрузками и сверхурочной работой [6]. Реже регистрируются патологии, обусловленные воздействием промышленных аэрозолей и химических веществ [7-9].

Исследователями установлено, что длительное шумовое [10-11] и вибрационное [12] воздействие оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека и теплокровных организмов. Однако, до настоящего времени многие вопросы сочетанного воздействия физических факторов на теплокровный организм [13, 14], в том числе и на состояние внутренних органов, остаются до конца не выясненными.

Изучение морфогистологической структуры тканей внутренних органов на модельных организмах играет важную роль в установлении начальных патологических изменений во внутренних органах для определения силы и продолжительности факторов риска, так как позволяют выявить проявления начальной патологии, биомаркеры развития заболеваний и ускоренного старения [15], что способствует принятию своевременных решений, направленных на предотвращение дальнейшего течения патологического процесса в организме.

Исследование структурных изменений в органах-мишенях крыс Wistar при хроническом комбинированном воздействии общей вибрации и шума (1,5 ПДУ) позволяет выявить ранние патологические нарушения, лежащие в основе ускоренного старения, что определяет ценность данной работы.

Целью нашей работы является оценка морфологического состояния органов-мишеней крыс Wistar, находившихся под комбинированным воздействием

общей вибрации и шума в модельных условиях хронического эксперимента.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте использовали 60 крыс линии Wistar (30 самок массой 198,1 ± 0,4 г и 30 самцов массой 325,2 ± 0,8 г, возраст 6 месяцев), разделенных на две группы.

Опытная группа (n = 30) подвергалась комбинированному воздействию общей вибрации [технологическая вибрация (таблица 5.4 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и/или безвредности для человека факторов среды обитания»), 1-63 Гц, ОХ/У/З: 57,3-103,6 дБ, эквивалентный уровень 98,6-102,1 дБ] и шума (81,5-85,3 дБА) на уровне 1,5 ПДУ в течение 0,5 часа ежедневно (5 дней в неделю находилась в вибрационно-шумовой камере).

Группа сравнения (n = 30) содержалась в стандартных условиях (температура 22-24°C, влажность 45%).

Дополнительно для фонового анализа выделены 5 разнополых особей. В динамике (0, 60, 120 и 180 суток) проводили морфогистологическое исследование тканей внутренних органов (по 10 животных на этап). Эвтаназию осуществляли хлороформом с последующей некропсией. Гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином.

Эксперимент проведен в октябре 2024 – марте 2025 гг. в соответствии с Европейской конвенцией о защите лабораторных животных и Руководством по уходу и использованию лабораторных животных. Протокол исследования одобрен этической комиссией ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» (№ 5 от 10.09.2024).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Морфологическое исследование миокарда, легких, печени, почек и селезенки от 10 животных в

исходный момент исследования (0 сутки) не выявило патологических отклонений (рис. 1).

Морфологический анализ внутренних органов (почка, печень, легкое, миокард, селезенка, окраска: гематоксилин-эозин) проводился в динамике 180-дневного эксперимента у крыс Wistar, который показал наличие патологических изменений в опытной группе относительно группы сравнения. Отличий в зависимости от пола в динамике 180-дневного эксперимента не установлено.

Полученные в ходе морфологического анализа внутренних органов результаты указывают на наличие первичных патологических изменений у крыс Wistar после 60 суток комбинированного воздействия общей вибрации и шума (1,5 ПДУ), с развитием более выраженных структурных нарушений в сердце, печени и почках после 180 суток эксперимента. Отличий в зависимости от пола не выявлено.

В почках крыс опытной группы после 60 суток комбинированного воздействия (общая вибрация, шум) отмечались гиперемия сосудов, умеренное расширение мочевых пространств почечных телец, в просветах извитых и прямых канальцев нефронов определялись цилиндры. В эпителиоцитах канальцев нефрона определялся бурый пигмент (рис. 2).

После 120 суток морфологические изменения носят аналогичный характер (гиперемия, умеренное

расширение мочевых пространств почечных телец), однако чаще, чем на 60 сутки эксперимента, в проксимальных и дистальных канальцах нефронов определялись гибнущие эпителиоциты. В просветах извитых и прямых канальцев нефронов выявлялись белковые цилиндры и слущенные эпителиоциты (рис. 2). Морфологические изменения в почках крыс после 180-х суток были аналогичны наблюдаемым после 120 суток воздействия. Так, отмечается гиперемия сосудов, часть из которых паретически расширены. Установлено умеренное расширение мочевых пространств почечных телец нефронов, в просветах извитых и прямых канальцев нефронов определяются цилиндры (рис. 2). В стенке проксимальных и дистальных канальцев нефронов определяются гибнущие эпителиоциты. Характерными признаками гибнущих клеток являются кариопикноз или отсутствие ядра, гиперэозинофилия цитоплазмы. В эпителиоцитах канальцев нефрона определяется бурый пигмент. В группе сравнения схожих изменений в структуре почек после 60-х, 120-х и 180-х суток не наблюдалось.

В печени крыс опытной группы после 60 суток воздействия (общая вибрация, шум) наблюдается гиперемия сосудов, встречаются двуядерные и одноядерные полиплоидные гепатоциты, слабая вакуолизация цитоплазмы гепатоцитов, также определя-

Рисунок 1
Морфологическое исследование внутренних органов (почка, печень, легкое, миокард, селезенка, окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 0-е сутки (масштабная линейка указана на фото)
Figure 1
Morphological study of internal organs (kidney, liver, lung), myocardium, spleen, staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on day 0 (scale bar indicated in photos)

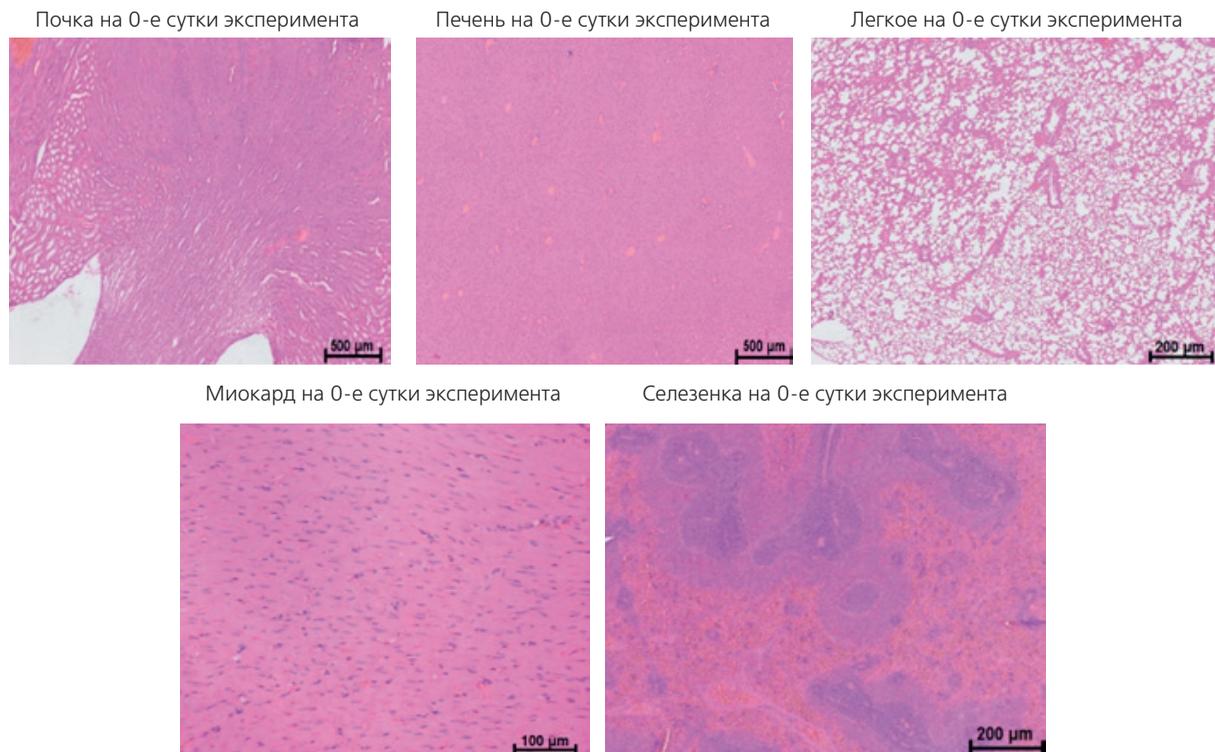


Рисунок 2

Морфологическое исследование почки (окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 60-е, 120-е, и 180-е сутки эксперимента (масштабная линейка указана на фото)

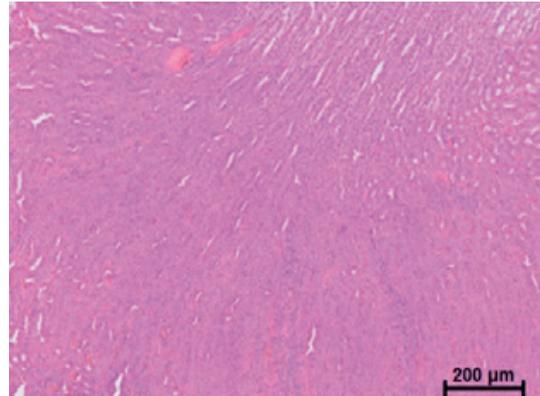
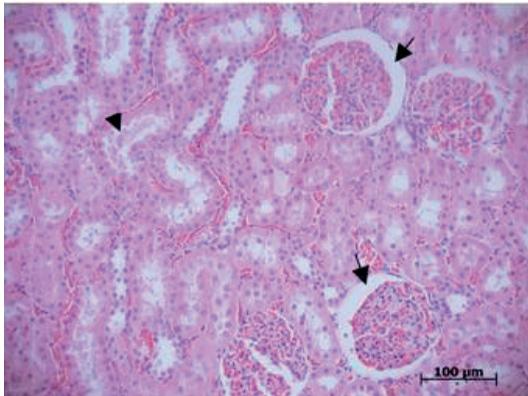
Figure 2

Morphological study of the kidney (staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on the 60th, 120th, and 180th days of the experiment (scale bar shown in the photo)

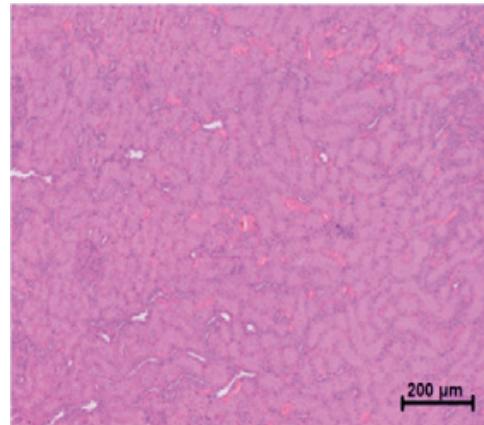
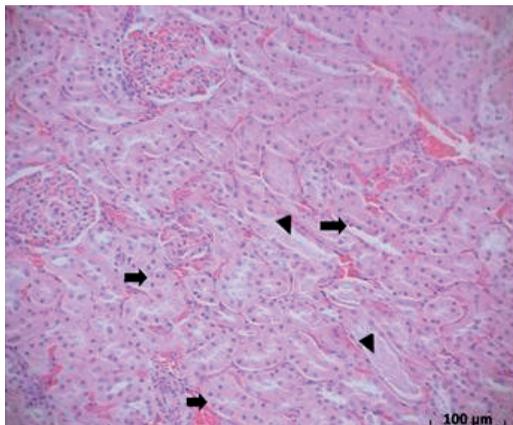
Опытная группа

Группа сравнения

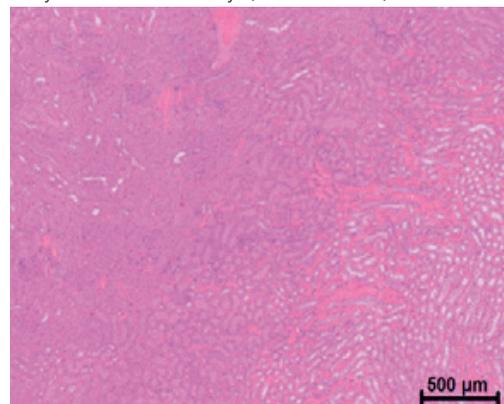
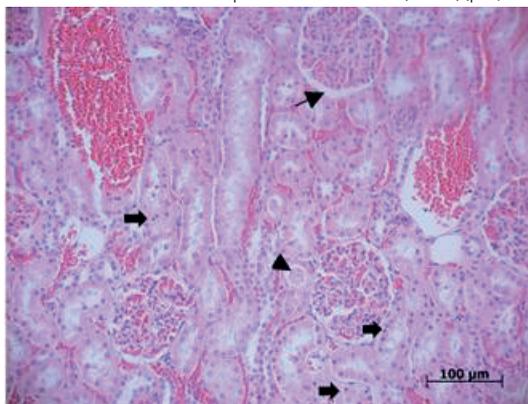
Почка на 60-е сутки эксперимента: стрелки указывают на расширение мочевых пространств почечных телец; головками стрелок отмечены цилиндры



Почка на 120-е сутки эксперимента: стрелки указывают на расширение мочевых пространств почечных телец; головками стрелок отмечены цилиндры; жирные стрелки указывают на гибнущие эпителиоциты



Почка на 180-е сутки эксперимента: стрелки указывают на расширение мочевых пространств почечных телец; головками стрелок отмечены цилиндры; жирные стрелки указывают на гибнущие эпителиоциты



ются единичные гепатоциты с признаками гибели (кариопикноз, гиперэозинофилия цитоплазмы), перипортальная соединительная ткань инфильтрирована (рис. 3).

Изменения в печени крыс опытной группы после 120 суток комбинированного воздействия физических факторов (общая вибрация, шум): гиперемия сосудов, встречаются двуядерные и одноядерные полиплоидные гепатоциты, умеренная вакуолизация цитоплазмы гепатоцитов, определяются единичные гепатоциты с признаками гибели, перипортальная соединительная ткань инфильтрирована (рис. 3).

Изменения в печени крыс опытной группы после 180 суток воздействия (общая вибрация, шум) более выражены, чем на 120 сутки эксперимента (рис. 3). Наблюдается гиперемия сосудов, встречаются двуядерные и одноядерные полиплоидные гепатоциты, выраженная вакуолизация цитоплазмы гепатоцитов (вакуольная дистрофия), определяются единичные гепатоциты с признаками гибели, мелкоочаговые инфильтраты в дольке (рис. 3). В группе сравнения схожих изменений в тканях печени после 60-х, 120-х и 180-х суток не наблюдалось (рис. 3).

В легких крыс опытной группы после 60 суток воздействия (общая вибрация, шум) наблюдается неравномерная воздушность (рис. 4). Толщина альвеолярных перегородок увеличена за счет умеренной гиперемии и мононуклеарной инфильтрации. Перибронхиально и периваскулярно также определяется лимфоцитарная инфильтрация. Крупные бронхи окружены выраженной перибронхиальной лимфоидной тканью. В просвете крупных бронхов часто определяются слущенные эпителиоциты. У одного самца после 60 суток воздействия в просвете альвеол определяются эритроциты.

В легких крыс опытной группы после 120 суток морфологические изменения становятся более выражены, чем на 60 сутки эксперимента: легкие резко гиперемированы, наблюдается диапедез эритроцитов из кровеносных капилляров в строму альвеолярных перегородок. В просвете бронхов выявляются слущенные эпителиоциты, а также скопления нейтрофилов. Альвеолярные перегородки содержат гемосидерофаги (рис. 4). Обращает на себя внимание более неравномерная воздушность легочных ацинусов: наряду с уменьшенными альвеолами с утолщенными альвеолярными перегородками наблюдаются эмфизематозно расширенные ацинусы с истонченными альвеолярными перегородками. В крупных артериях в субинтимальном слое или в медиі определяются базофильные неклеточные образования (вероятно, кальцинаты).

После 180 суток комбинированного воздействия физических факторов, морфологические изменения легких аналогичны наблюдаемым на 120 сутки эксперимента, но более ярко выражены: резкая гиперемия, неравномерная воздушность, периваскулярная и перибронхиальная инфильтрация, слущенные эпителиоциты в просвете бронхов (рис. 4). В от-

дельных случаях в легких наблюдаются эритроциты в просвете альвеол. Обращает на себя внимание более выраженная перибронхиальная лимфоидная ткань, а также наличие тубулярных эпителиальных структур в ней. Единичные гемосидерофаги определяются чаще в перибронхиальной лимфоидной ткани. В крупных артериях в легких в субинтимальном слое или в медиі определяются базофильные неклеточные образования, вероятно кальцинаты. В группе сравнения схожих изменений в легких после 60-х, 120-х и 180-х суток не наблюдалось (рис. 4).

В сердце крыс опытной группы после 60 суток воздействия физических факторов обнаружены полнокровные кровеносных сосудов, периваскулярный отек. Выявляются единичные кардиомиоциты с признаками гибели, такими как кариопикноз и гиперэозинофилия цитоплазмы. Выявляются контрактурные нарушения миокарда, преимущественно субсегментарные контрактуры (рис. 5).

В сердце крыс опытной группы после 120 суток физического воздействия сохраняются обнаруженные на 60 сутки эксперимента изменения, однако чаще в миокарде выявляются кардиомиоциты с признаками гибели. В отдельных кардиомиоцитах определяются увеличенные, полиплоидные ядра. Вероятно, в ответ на убыль кардиомиоцитов компенсаторно развивается гипертрофия оставшихся кардиомиоцитов (рис. 5).

После 180 суток комбинированного физического воздействия также наблюдаются выраженная гиперемия сосудов, периваскулярный отек, в ряде кардиомиоцитов наблюдаются слабые контрактурные нарушения, диффузно определяются гибнущие кардиомиоциты (рис. 5). В группе сравнения схожих изменений в тканях сердца после 60-х, 120-х и 180-х суток не наблюдалось (рис. 5).

В селезенке крыс опытной группы (общая вибрация, шум) на 60, 120 и 180 сутки эксперимента выявлены гиперемия, умеренная гиперплазия лимфоидной ткани (рис. 6). В группе сравнения схожих изменений в тканях селезенки после 60-х, 120-х и 180-х суток не наблюдалось (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе нам встретились отдельные работы [16], направленные на раскрытие механизмов старения организма, но не позволяющие в полной мере оценить особенности комбинированного воздействия общей вибрации и шума (на уровне 1,5 ПДУ) на развитие структурных изменений во внутренних органах, оказывающих непосредственное влияние на ускоренное старение у модельных животных в условиях хронического эксперимента, поэтому мы провели данное экспериментальное исследование.

Результаты исследования демонстрируют, что 180-дневное комбинированное воздействие вибрации и шума вызывает выраженные структурные изменения внутренних органов у 80% и более особей в опытной группе, в отличие от группы сравнения. Наблюдаемые патологические изменения у особей,

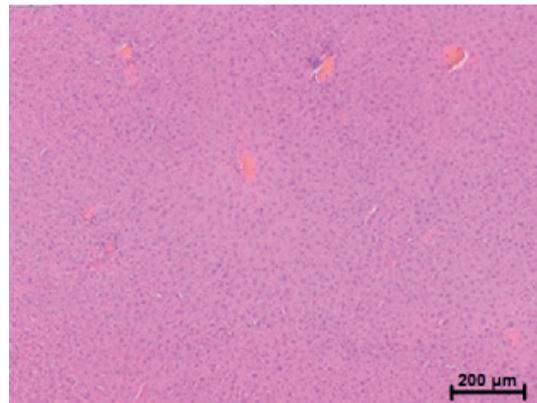
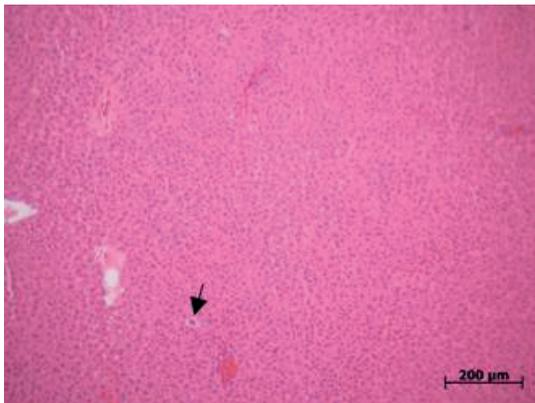
Рисунок 3
 Морфологическое исследование печени (окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 60-е, 120-е, и 180-е сутки эксперимента (масштабная линейка указана на фото)

Figure 3
 Morphological study of the liver (staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on the 60th, 120th, and 180th days of the experiment (scale bar shown in the photo)

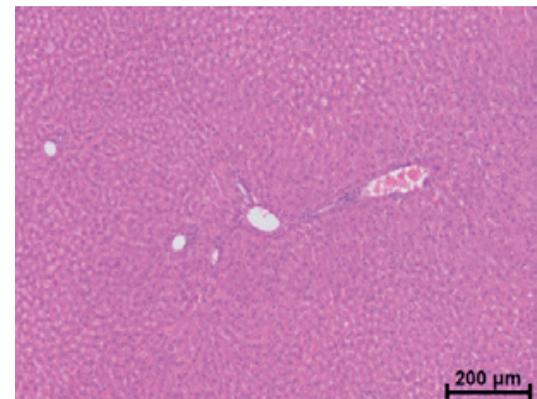
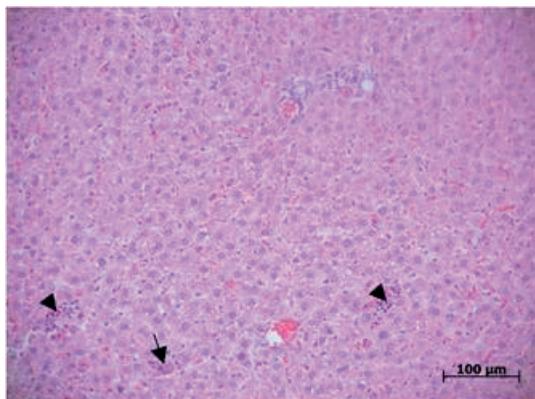
Опытная группа

Группа сравнения

Печень на 60-е сутки эксперимента: стрелка указывает на гибнущий гепатоцит; головкой стрелки отмечена мононуклеарная инфильтрация



Печень на 120-е сутки эксперимента: стрелка указывает на гибнущий гепатоцит; головкой стрелки отмечена мононуклеарная инфильтрация



Печень на 180-е сутки эксперимента: стрелка указывает на гибнущий гепатоцит; головкой стрелки отмечена мононуклеарная инфильтрация; звездочкой отмечен очаг вакуольной дистрофии гепатоцитов

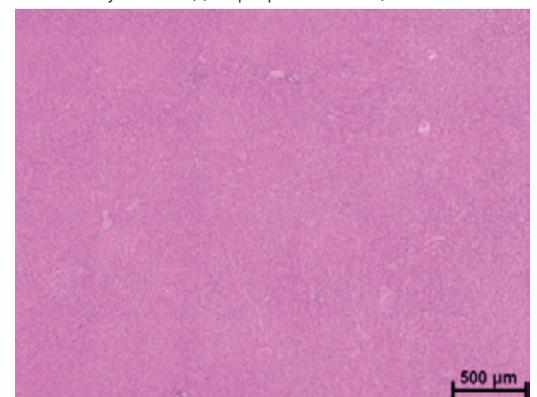
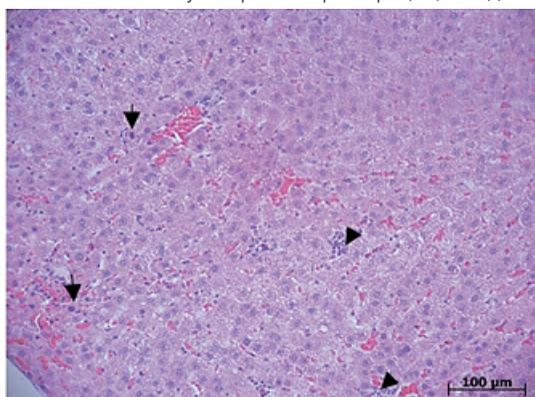


Рисунок 4

Морфологическое исследование легкого (окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 60-е, 120-е, и 180-е сутки эксперимента (масштабная линейка указана на фото)

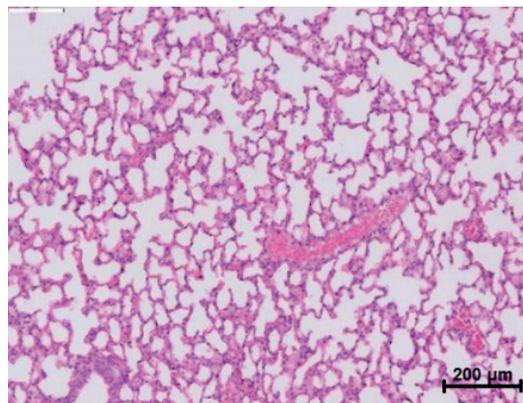
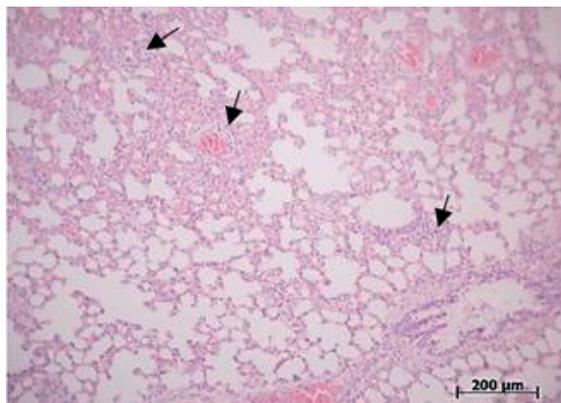
Figure 4

Morphological study of the lung (staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on the 60th, 120th, and 180th days of the experiment (scale bar shown in the photo)

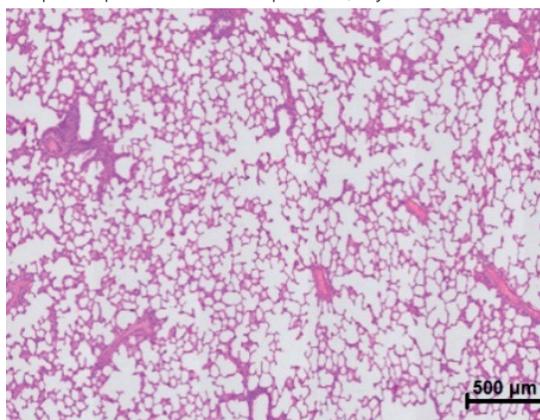
Опытная группа

Группа сравнения

Легкое на 60-е сутки эксперимента: стрелками указан мононуклеарный инфильтрат



Легкое на 120-е сутки эксперимента: стрелками указаны гемосидерофаги; головка стрелки указывает на мононуклеарный инфильтрат; звездочкой отмечены эмфизематозно расширенные альвеолярные ацинусы



Легкое на 180-е сутки эксперимента: стрелкой отмечены слущенные эпителиоциты в просвете бронха; головка стрелки указывает на мононуклеарный инфильтрат

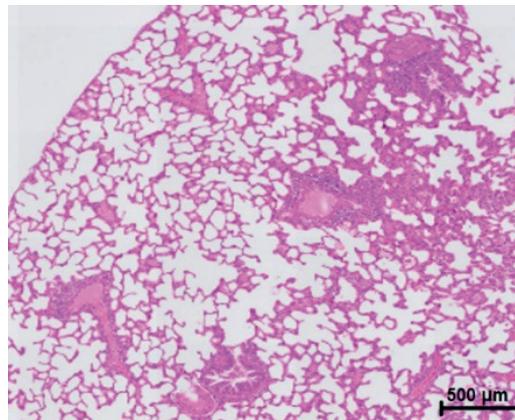
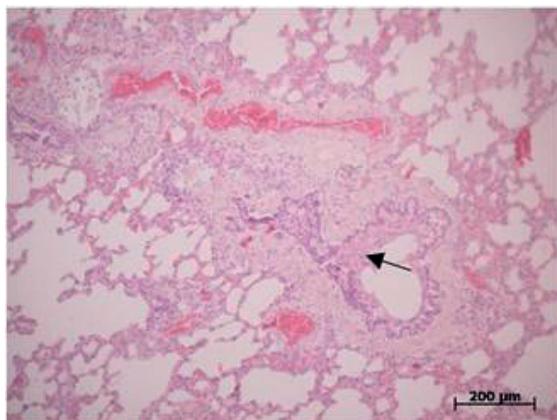


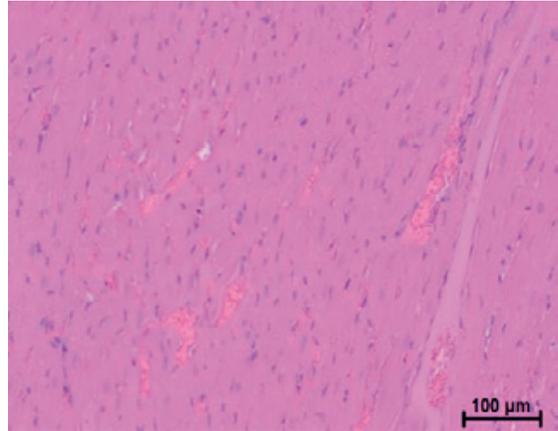
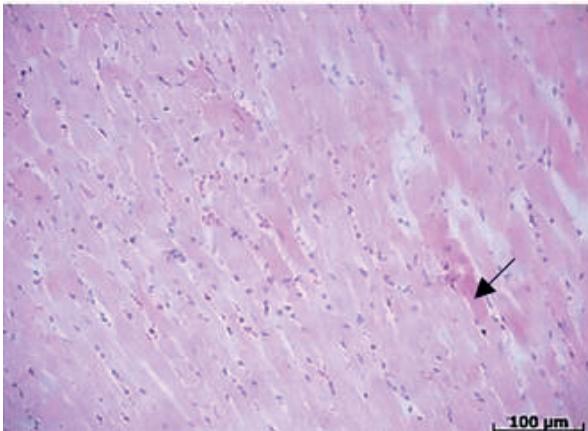
Рисунок 5
 Морфологическое исследование миокарда (окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 60-е, 120-е,
 и 180-е сутки эксперимента (масштабная линейка указана на фото)

Figure 5
 Morphological study of the myocardium (staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on the 60th, 120th, and 180th days
 of the experiment (scale bar shown in the photo)

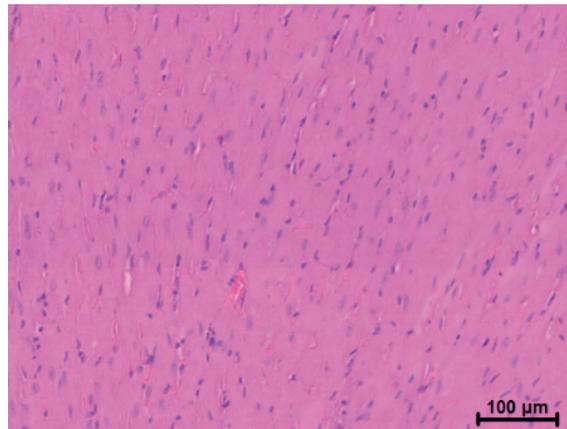
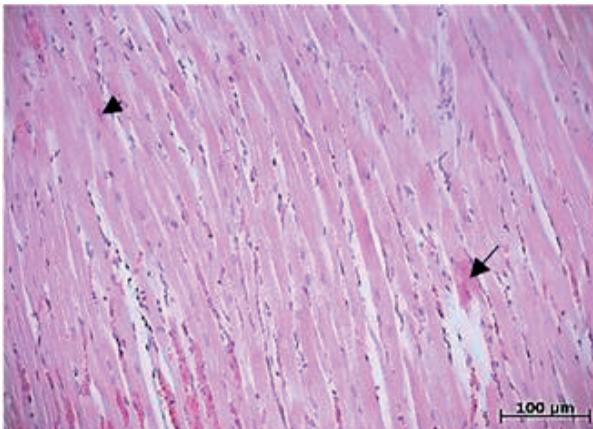
Опытная группа

Группа сравнения

Миокард на 60-е сутки эксперимента: стрелками указаны гибнущие кардиомиоциты



Миокард на 120-е сутки эксперимента: стрелками указаны гибнущие кардиомиоциты



Миокард на 180-е сутки эксперимента: стрелками указаны гибнущие кардиомиоциты

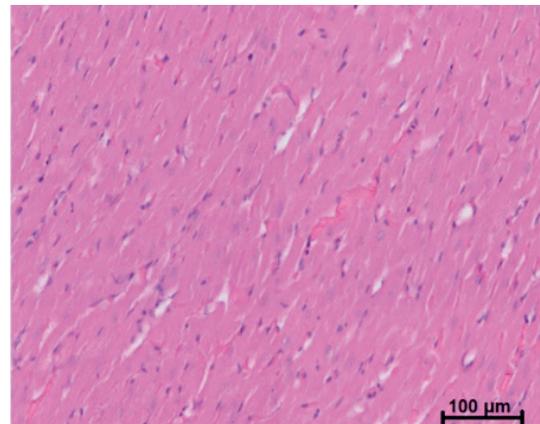
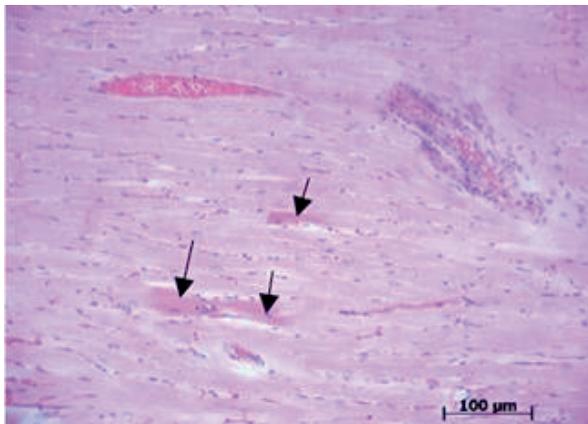


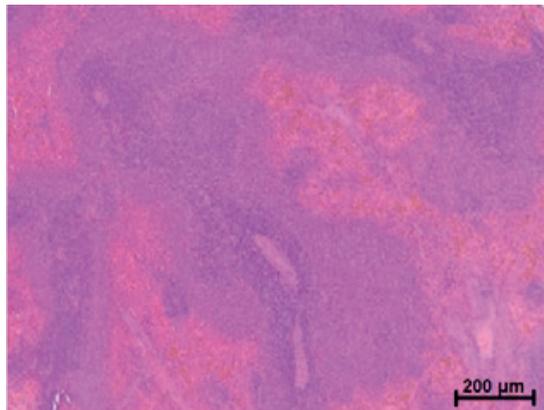
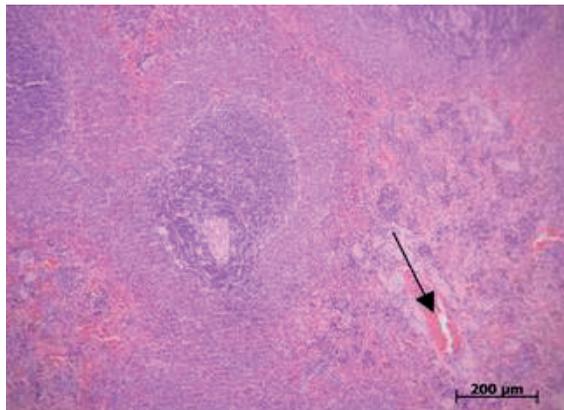
Рисунок 6
Морфологическое исследование селезенки (окраска: гематоксилин-эозин) у крыс Wistar на 60-е, 120-е, и 180-е сутки эксперимента (масштабная линейка указана на фото)

Figure 6
Morphological study of the spleen (staining: hematoxylin-eosin) in Wistar rats on the 60th, 120th, and 180th days of the experiment (scale bar shown in the photo)

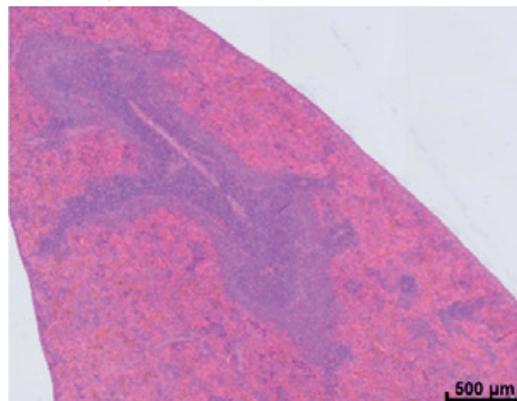
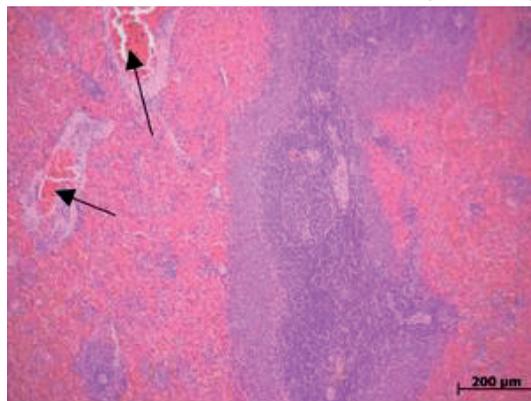
Опытная группа

Группа сравнения

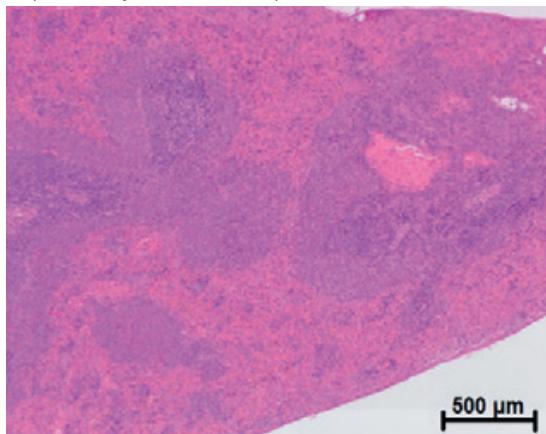
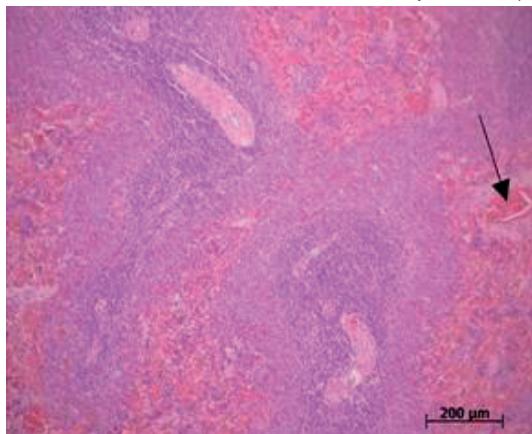
Селезенка на 60-е сутки эксперимента: стрелками указано полнокровие



Селезенка на 120-е сутки эксперимента: стрелками указано полнокровие



Селезенка на 180-е сутки эксперимента: стрелками указано полнокровие



подвергавшихся комбинированному физическому воздействию, указывают на риски ускоренного старения. Несмотря на незначительные половые различия в частоте возникновения патологий, характер морфологических изменений был однотипным у животных обоих полов на всех сроках исследования.

В почках крыс в результате комбинированного воздействия физических факторов (общей вибрации и шума) установлено развитие гиперемии, расширение мочевых пространств почечных телец, появление гибнущих эпителиоцитов канальцев, цилиндров и слущенных эпителиоцитов в просвете канальцев. Изменения прогрессируют с течением времени, более выражены после 180-х суток эксперимента.

Морфологическими изменениями в печени крыс, вызванными комбинированным воздействием физических факторов (общей вибрации и шума), являются гиперемия сосудов, гибель отдельных гепатоцитов, развитие вакуольной дистрофии гепатоцитов, появление очаговых лимфоцитарных инфильтратов. Выраженность изменений максимально проявляется после 180-х суток эксперимента.

Морфологическими изменениями в легких крыс, вызванными комбинированным воздействием физических факторов (общей вибрации и шума), являются гиперемия и инфильтрация альвеолярных перегородок, периваскулярная и перибронхиальная инфильтрация. Патологические изменения после 120-х и 180-х суток эксперимента становятся более выраженными, что проявляется в увеличении степени выраженности периваскулярной и перибронхиальной инфильтрации, а также появлении эмфизематозно расширенных участков легочной паренхимы.

В сердце зафиксировано развитие полнокровия и периваскулярного отека, слабых контрактурных изменений кардиомиоцитов, гибели отдельных кардиомиоцитов и компенсаторной гипертрофии оставшихся кардиомиоцитов. Морфологические изменения в сердце животных опытной группы (воздействие общей вибрации и шума) после 60-х и 120-х суток комбинированного воздействия физического фактора в целом имеют слабовыраженный характер,

однако они имеют тенденцию к усилению после 180-х суток эксперимента.

Морфологическими изменениями в селезенке крыс опытной группы, вызванными экспериментальным воздействием, являются полнокровие сосудов, а также слабо выраженная гиперплазия лимфоидной ткани, по сравнению со срезами селезенки в контрольной группе на 60, 120 и 180 сутки эксперимента.

Таким образом, во внутренних органах крыс опытной группы (воздействие общей вибрации и шума) на 60, 120 и 180 сутки эксперимента развиваются морфологические изменения, свидетельствующие о функциональных нарушениях, вызванных комбинированным воздействием общей вибрации и шума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие структурных патологических изменений в двух и более внутренних органах у крыс опытной группы (подвергавшихся комбинированному воздействию общей вибрации и шумом) можно рассматривать, как один из индикаторов преждевременного старения у теплокровных организмов при нахождении длительное время в условиях воздействия физических факторов производственной вредности.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Изучение процессов клеточного старения и биологического возраста, работающих с различными факторами производственной вредности в управлении трудовым долголетием» (Рег.№ АААА-А19-119070190016-3. Государственное задание №141-00094-23-00 на 2023 год и на плановый период 2025 года).

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Cheng T, Zhang B, Guo J, Pikhart H. Association between work stress and health behaviours in Korean and Japanese ageing studies: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2022; 12(8): e063538. doi: 10.1136/bmjopen-2022-063538
- Karimov DD, Erdman VV, Kudoyarov ER, Valova YaV, Smolyankin DA, Repina EF, Karimov DO. Influence of occupational risk factors on human aging (literature review). *Hygiene and Sanitation*. 2022; 101(4): 375-381. Russian (Каримов Д.Д., Эрдман В.В., Кудояров Э.Р., Валова Я.В., Смолянкин Д.А., Репина Э.Ф., Каримов Д.О. Профессиональные факторы риска и старение человека (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 4. С. 375-381.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381
- Harrison J, Dawson L. Occupational health: Meeting the challenges of the next 20 Years. *Saf Health Work*. 2016; 7(2): 143-149. doi: 10.1016/j.shaw.2015.12.004
- Almukhametov AA, Petrov IV, Petrova FS, Rybakova SV, Amirova TK. Epidemiology of occupational diseases in the Russian Federation characteristics causes and risks. *J Res Med Dent Sci*. 2020; 8(7): 465-470.
- Lee J, Kim J. Physical agents and occupational disease compensation: noise, vibration, radiation, and other physical agents. *J Korean Med Sci*. 2014; 29: 72-77. doi: 10.3346/jkms.2014.29.S.572
- Long working hours increasing deaths from heart disease and stroke: WHO, 2021. <https://www.who.int/news/item/17-05-2021-long-working-hours-increasing-deaths-from-heart-disease-and-stroke-who-ilo>
- Sadrtdinova GR, Masyagutova LM, Chudnovets GM, Gazizova NR. The state of enzymatic liver function in workers in the presence of chromium in the air of the work area. *Occupational medicine and human ecology*. 2019; (2): 57-62. Russian

(Садртдинова Г.Р., Масыгутова Л.М., Чудновец Г.М., Газизова Н.Р. Состояние ферментативной функции печени у работников при наличии хрома в воздухе рабочей зоны // *Медицина труда и экология человека*. 2019. № 2. С. 57-62.) doi:10.24411/2411-3794-2019-10022

8. Sheenkova MV, Rushkevich OP, Yatsyna IV. Features of metabolic pathology of the liver under the influence of industrial aerosols. *Hygiene and sanitation*. 2021; 100(9): 943-946. Russian (Шеенкова М.В., Рушкевич О.П., Яцына И.В. Особенности метаболической патологии печени в условиях воздействия промышленных аэрозолей // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100, № 9. С. 943-946.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-943-946
9. Zhang H, Li H, Peng Z, Cao J, Bao J, Li L, et al. Meta-analysis of the effect of low-level occupational benzene exposure on human peripheral blood leukocyte counts in China. *J Environ Sci (China)*. 2022; 114: 204-210. doi: 10.1016/j.jes.2021.08.035
10. Sheppard A, Ralli M, Gilardi A, Salvi R. Occupational Noise: Auditory and Non-Auditory Consequences. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17 (23): 8963. doi:10.3390/ijerph17238963
11. Baudin C, Lefèvre M, Champelovier P, Lambert J, Laumon B, Evrard AS. Self-rated health status in relation to aircraft noise exposure, noise annoyance or noise sensitivity: the results of a cross-sectional study in France. *BMC Public Health*. 2021; 21(1): 116. doi: 10.1186/s12889-020-10138-0
12. Vorobieva VV, Shabanov PD. Exposure to whole body vibration impairs the functional activity of the energy producing system in rabbit myocardium. *Biophysics*. 2019; 64: 251-255. Russian (Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Воздействие вибрации всего тела нарушает функциональную активность энергопродуцирующей системы в миокарде кролика // *Биофизика*. 2019. № 64. 251-255.) doi: 10.1134/S0006350919020210
13. Ivanov AV, Tremasov MYa, Akhmetov FG, Papunidi EK, Semyonov E.I. Combined Effects of physical and chemical factors on clinical and biochemical parameters in animals. *Veterinarian*. 2007; 4: 4-5. Russian (Иванов А.В. Тремасов М.Я., Ахметов Ф.Г., Папуниди Э.К., Семенов Э.И. Сочетанное воздействие физических и химических факторов на клинические и биохимические показатели животных // *Ветеринарный врач*. 2007. № 4. С. 4-5.)
14. Beyrami S, Ramezanifar S, Golmohammadi H, Nasiri R, Mahmoudi S, Ramezanifar E. Changes in Oxidative Stress Parameters in Terms of Simultaneous Exposure to Physical and Chemical Factors: A Systematic Review. *Iran J Public Health*. 2023; 52(6): 1129-1139.) doi: 10.18502/ijph.v52i6.12955
15. Savchenko OA, Chuenko NF, Plotnikova OV, Savchenko OA, Savchenko OO. Factors and biomarkers associated with accelerated aging. *National Priorities of Russia*. 2024; 3(54): 45-52. Russian (Савченко О.А., Чуенко Н.Ф., Плотникова О.В., Савченко О.А., Савченко О.О. Факторы и биомаркеры, связанные с ускоренным старением // *Национальные приоритеты России*. 2024. Т. 3, № 54. С. 45-52.)
16. Peschnikova EA. Review of the main pathophysiological mechanisms of aging. *Young scientist*. 2023; 23(470): 179-182. Russian (Песчанникова Е.А. Обзор основных патофизиологических механизмов старения организма // *Молодой ученый*. 2023. № 23(470). С. 179-182.) URL: <https://moluch.ru/archive/470/102778>

Сведения об авторах:

САВЧЕНКО Олег Андреевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия.

E-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

НОВИКОВА Ирина Игоревна, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия. E-mail: novikova_ii@niig.su

ПОТЕРЯЕВА Елена Леонидовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой неотложной терапии с эндокринологией и профпатологией, ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет; главный научный сотрудник отдела гигиенических исследований, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия.

E-mail: sovetmedin@yandex.ru

ЧУЕНКО Наталья Федоровна, научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия.

E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

Information about authors:

SAVCHENKO Oleg Andreevich, candidate of biological sciences, leading researcher of the department of toxicology with sanitary chemical laboratory, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia. E-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

NOVIKOVA Irina Igorevna, doctor of medical sciences, professor, director, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

E-mail: novikova_ii@niig.su

POTERYAEVA Elena Leonidovna, doctor of medical sciences, professor, head of the department of emergency therapy with endocrinology and occupational pathology, Novosibirsk State Medical University; chief researcher of the department of hygienic research, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

E-mail: sovetmedin@yandex.ru

CHUENKO Natalia Fedorovna, researcher of the department of toxicology with sanitary and chemical laboratory, Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rosptrebnadzor, Novosibirsk, Russia.

E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

Корреспонденцию адресовать: ЧУЕНКО Наталья Федоровна, 630108 г. Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора

Тел: 8 (3833) 43-42-37 E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru