

Информация для цитирования:

Савченко О.А., Новиков Е.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Свечкарь П.Е. ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ЛИНИИ ICR В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ // Медицина в Кузбассе. 2024. №1. С. 28-34.

Савченко О.А., Новиков Е.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Свечкарь П.Е.

Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, Институт Систематики и экологии животных СО РАН,
г. Новосибирск, Россия



ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ЛИНИИ ICR В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Сохранение здоровья трудоспособного населения России, установление причин и механизмов возникновения профессиональной заболеваемости с целью её предупреждения у лиц, находящихся под воздействием физических и химических факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса в течение длительного времени, остается достаточно актуальной проблемой. Этические и технические проблемы, возникающие при проведении долгосрочных исследований на человеке, делают актуальным использование в качестве доступной экспериментальной модели аутбредных нелинейных мышей. Изучение особенностей физиологических и патологических реакций, потенцируемых воздействием физических и химических факторов производственной среды, в модельных условиях (в 90-дневных опытах на лабораторных мышах ICR), способствует установлению причин, механизмов и подходов к сохранению здоровья трудоспособного населения.

Цель исследования – изучение влияния производственных факторов (вибрация, шум, 4-х компонентная смесь химических аэрозолей) на гематологические и биохимические показатели крови у лабораторных мышей линии ICR в зависимости от вида и продолжительности их воздействия.

Материал и методы. В исследование вошли 130 лабораторных мышей ICR, распределенных на 4-е группы по 30 особей (15 самок и 15 самцов) в каждой, у которых в 90-дневной динамике с интервалом 1 месяц определялись и оценивались клинически важные гематологические и биохимические показатели крови в сравнении с контрольной группой.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования были определены границы варибельности гематологических и биохимических показателей крови у лабораторных мышей линии ICR в зависимости от вида производственных факторов и продолжительности их воздействия в сравнении с контрольной группой.

Заключение. Дальнейшее изучение влияния производственных факторов на гематологические и биохимические показатели крови у лабораторных мышей линии ICR, как модельных организмов, в зависимости от продолжительности их воздействия, будет способствовать изучению механизмов, способствующих предупреждению развития патологических процессов у работающего населения, находящегося под воздействием факторов производственной среды.

Ключевые слова: производственные факторы; шум; вибрация; промышленные аэрозоли; лабораторные мыши ICR; гематологические и биохимические показатели крови; преждевременное старение

Savchenko O.A., Novikov E.A., Novikova I.I., Chuenko N.F., Svehkar P.E.

Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene of Rosпотребнадzor,
Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS,
Novosibirsk, Russia

THE INFLUENCE OF PRODUCTION FACTORS ON HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS IN LABORATORY MICE OF THE ICR LINE, DEPENDING ON THE TYPE AND DURATION OF THEIR EXPOSURE

Preserving the health of the able-bodied population of Russia, establishing the causes and mechanisms of occupational morbidity in order to prevent it in people who are under the influence of physical and chemical factors of the working environment, the severity and intensity of the labor process, for a long time, remains quite an urgent problem. Ethical and technical problems that arise when conducting long-term human studies make it relevant to use outbred nonlinear mice as an accessible experimental model. The study of the features of physiological and pathological reactions potentiated by the influence of physical and chemical factors of the production environment under model conditions (in 90-day experiments on laboratory mice ICR), contributes to the establishment of causes, mechanisms, and approaches to preserving the health of the able-bodied population.

The aim of the study was to study the influence of production factors (vibration, noise, a 4-component mixture of chemical aerosols) on hematological and biochemical blood parameters in laboratory mice of the ICR line, depending on the type and duration of their exposure.

Material and methods. The study included 130 mice of ICR laboratory mice, divided into 4 groups of 30 individuals (15 females and 15 males) each, in which clinically important hematological and biochemical blood parameters were determined and evaluated in 90-day dynamics with an interval of 1 month, in comparison with the control group.

Results and their discussion. In the course of the study, the limits of variability of hematological and biochemical blood parameters in laboratory mice of the ICR line were determined depending on the type of production factors and the duration of their exposure in comparison with the control group.

Conclusion. Further study of the influence of production factors on hematological and biochemical blood parameters in laboratory mice of the ICR line, as model organisms, depending on the duration of their exposure, will contribute to the study of mechanisms that contribute to the prevention of the development of pathological processes in the working contingent under the influence of factors of the production environment.

Key words: production factors; noise; vibration; industrial aerosols; laboratory mice ICR; hematological and biochemical parameters of blood; premature aging

Приоритетным направлением государственной политики в области трудовых отношений, обеспечивающих экономическую стабильность государства, является сохранение здоровья работающего контингента Российской Федерации (РФ) [1].

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция к снижению уровня воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на работников. При этом основной вклад в формирование профессиональной патологии вносят физические воздействия (42,17 %) и биологические факторы (26,28 %), доля которых существенно возросла в связи с пандемией COVID-19 [2]. Однако современное развитие промышленности и введение в строй новых производственных объектов ведет к увеличению контингента лиц, подвергающихся воздействию факторов риска на производстве [3].

Официальные данные Росстата [4] свидетельствуют об увеличении удельного веса работников, занятых в условиях воздействия шума и тяжести труда. На одном уровне остается удельный вес работников, занятых в условиях воздействия химических факторов, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД), шума, общей и локальной вибрации. Количество работников, занятых с вредными или опасными условиями труда, в РФ в 2021 году [2, 4] составляло 36,4 %, а в 2022 году [5] – 36,1 %.

В структуре общей профессиональной патологии на первом месте в течение последних лет остаются заболевания, вызываемые воздействиями физических факторов, на втором – заболевания, связанные с физическими перегрузками, на третьем и четвертом – с воздействиями промышленных аэрозолей и химических веществ.

Наибольшее влияние на общую численность работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [6], оказывают тяжесть и напряженность трудового процесса – 20,3 %, физические факторы (шум, ультразвук, воздушный инфразвук – 19,1 %, вибрация общая и локальная – 4,8 %, химические факторы – 7,7 %, нагревающий или охлаждающий микроклимат, загрязнение воздуха рабочей зоны промышленными аэрополлютантами [7, 8].

Неравномерность возрастных изменений – одна из важнейших закономерностей онтогенеза. Именно это явление служит причиной расхождения между

календарным (хронологическим) и биологическим возрастом организма (Анисимов, 2003). Можно ожидать, что одним из последствий длительного воздействия вредных производственных факторов на организм будет нарушение функционирования его систем, приводящее в конечном итоге к развитию симптомов преждевременного старения [9]. При этом можно ожидать прямой зависимости между продолжительностью воздействия на организм, обусловленной производственным стажем работника, и выраженностью возрастных патологий, вызванных этим воздействием.

В долгосрочном периоде, с повышением среднего возраста работающего населения, можно ожидать увеличение заболеваемости и, как следствие, рисков трудовых и экономических потерь [10].

Для широко распространенных производственных факторов выявлен набор органов-мишеней, наиболее подверженных воздействию того или иного фактора, и спектр провоцирующих риски развития профессионально обусловленных патологий.

Для получения целостного представления о количественной зависимости между длительностью воздействия производственных факторов, провоцирующих развитие различных заболеваний и профессиональных патологий у трудового контингента, в качестве модели целесообразно использовать лабораторных животных с короткой продолжительностью жизни, подвергающихся дозированным воздействиям того или иного производственного фактора (вибрация, шум, комбинированная смесь химических аэрозолей) разной продолжительности с регистрацией комплекса параметров, отражающих текущее состояние организменного гомеостаза [9].

Целью нашей работы стало изучение влияния производственных факторов (вибрация, шум, 4-х компонентная смесь химических аэрозолей) на гематологические и биохимические показатели крови у лабораторных мышей линии ICR в зависимости от вида и продолжительности их воздействия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работу проводили на базе отдела токсикологии и санитарно-химической лабораторией ФБУН

«Новосибирский НИИ гигиены». В период с февраля по май 2023 г. проводили мониторинг за состоянием здоровья аутбредных лабораторных мышей линии ICR. В эксперименте использовали интактных животных (65 самок – небеременные и нерожавшие, 65 самцов). На начало эксперимента возраст самок и самцов мышей составлял 6 мес., масса тела самок – $39,6 \pm 1$ г, самцов – $47,9 \pm 0,8$ г.

Эксперименты на животных проводили в соответствии с Женевской конвенцией (Geneva, 1990). В период адаптации и последующих экспериментов животных содержали в одинаковых стандартных условиях вивария (температура помещения – 22-24°C, относительная влажность 40-75 %, режим освещения 12L:12D) в клетках размером 50 × 30 × 20 см по 5 особей одного пола на клетку на стандартном пищевом рационе *ad libitum*. Кормление мышей проводили в соответствии с директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях. Затем животные были разделены на 4 группы из 30 особей (15♂ и 15♀) каждая, не различающихся по средним значениям массы тела:

- 1-я экспериментальная группа подвергалась воздействию вибрации 40-200 Гц в вибрационной камере по 0,5 часа 5 дней в неделю;

- 2-я экспериментальная группа подвергалась воздействию шума 75-90 дБА в шумовой камере по 0,5 часа 5 дней в неделю;

- 3-я экспериментальная группа подвергалась химическому воздействию смеси 4-х компонентной аэрозоли углеводородов: ксилол, бензин, толуол, ацетон в концентрации (1,5 ПДК, мг/м³) в 200-литровых затравочных камерах по 0,5 часа 5 дней в неделю;

- 4-я группа – контроль (интактные животные).

На 30-й, 60-й и 90-й дни из эксперимента вывели по 10 особей (5 самок и 5 самцов), отбирая при этом пробы крови. Забор крови для исследования проводили в одно и то же время, натощак. При определении биохимических показателей крови у животных всех групп использовали общепринятые аналитические методы. Аналитические измерения проводили с соблюдением стандартизованных методик на апробированных заводских реагентах с обязательным проведением контроля качества на автоматизированных приборах, что позволило минимизировать ошибки и нивелировать влияние человеческого фактора.

Биохимическое исследование сыворотки крови мышей проводилось по протоколу Laboratory Animals Ltd., Laboratory Animals (1998), v. 32, p. 364-368. Определение биохимических показателей крови выполняли с помощью автоматического биохимического анализатора «LABIO 200», оборудованного блоками анализа, управления и вывода. Для работы на анализаторе использовали стандартные наборы реактивов производства АО «Вектор-Бест».

Для исследования использовали 300 мкл крови из ретро-орбитального синуса мыши, которую отбирали пастеровскими пипетками в гепаринизированные пробирки. Для получения сыворотки кровь центрифугировали 15 мин при 3000 об/мин. Для приготовления плазмы предварительно в пробирку добавлялся антикоагулянт (гепарин натриевая соль, цитрат натрия или 2 % раствор EDTA). Полученная сыворотка (или плазма) переносилась во вторичные пробирки, которые затем загружали в анализатор. В сыворотке крови определяли активность аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы, концентрацию креатинина, мочевины, глюкозы, триглицеридов, общего билирубина, общего холестерина, общего белка.

Клинический анализ крови выполняли с помощью анализатора HTI MicroCC-20Plus со встроенным термопринтером. Для работы на анализаторе использовали стандартные наборы реактивов производства ООО «Клиникал диагностик Солюшн»: ферментативный очиститель, лизирующий раствор и диулет, также применялся контрольный набор крови для калибровки анализатора. В крови определяли количественное содержание эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, тромбоцитов, формулу крови, а также качественное содержание гемоглобина в эритроцитах.

Статистический анализ данных проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики (пакет StatSoft, версия 12). Поскольку распределение рассматриваемых показателей не отличалось от нормального (тест Колмогорова–Смирнова, $P > 0,05$) для анализа влияющих на них факторов (пол животного, экспериментальная группа и возраст, длительность экспериментального воздействия) и сравнения значения показателей в разных группах использовали параметрические методы дисперсионного анализа – F критерий Фишера и HSD критерий Тьюки.

Исследование осуществлено с соблюдением принципов Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей (Страсбург, 1986) и в соответствии с правилами надлежащей лабораторной практики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дисперсионный анализ с полом животного и принадлежностью к экспериментальной группе в качестве факторов выявил достоверное влияние номера группы и длительности воздействия на ряд гематологических и биохимических показателей (табл. 1).

Статистически значимые различия по значениям этих показателей в разных экспериментальных группах были выявлены для количества эритроцитов (в группе, подвергавшейся вибрации – достоверно (критерий Тьюки, $P < 0,05$) ниже, чем в остальных группах, тромбоцитов (в группе, подвергавшейся распылению аэрозолей ниже, чем в остальных группах), активности АЛТ (в контроле выше,

чем в остальных группах) и индекса Ритиса (минимальные значения в контроле).

Статистически значимое влияние длительности воздействия было выявлено для количества эритроцитов (снижалось через 60 дней после начала эксперимента), концентрации гемоглобина (демонстрировала тенденцию к снижению на протяжении всего эксперимента), концентрации глюкозы (демонстрировала тенденцию к снижению на протяжении всего эксперимента), концентрации триглицеридов (снижалась на протяжении эксперимента), индекса Ритиса (повышался на 30-60 сутки, затем снижался), концентрации мочевой кислоты (снижалась на 60 день), билирубина (повышался на протяжении эксперимента) и кортизола (повышался к концу эксперимента).

Статистически значимое (t-критерий Стьюдента; $P < 0.05$) влияние пола было выявлено для количе-

ства лейкоцитов (у самцов больше, чем у самок), креатинина (у самок больше, чем у самцов), общего белка (у самок больше, чем у самцов), кортизола (у самок больше, чем у самцов).

Таким образом, среди рассмотренных показателей только индекс Ритиса зависел как от характера, так и от продолжительности экспериментального воздействия. Зависимость величины индекса Ритиса от продолжительности экспериментальных воздействий наиболее точно описывалась полиномиальным уравнением второй степени (табл. 2).

Статистически-значимые различия между значениями этого показателя зарегистрированы на 30-й и 90-й дни эксперимента. В группе, подвергавшейся вибрационному воздействию, они были достоверно (критерий Тьюки; $P < 0,05$) выше, чем в контроле (рис.).

Таблица 1
Влияние вида экспериментального воздействия, его продолжительности и пола животных на гематологические и биохимические показатели лабораторных мышей

Table 1
Influence of the type of experimental exposure, its duration and sex of animals on hematological and biochemical parameters of laboratory mice

Показатель	Экспериментальная группа	Длительность воздействия	Пол
Количество лейкоцитов, 10^9 /л	н/д	$F = 6,8; P < 0,01$	$F = 21,7; P < 0,001$
Общее количество эритроцитов, 10^{10} /л	$F = 3,6; P < 0,05$	н/д	н/д
Концентрация гемоглобина, г/л	н/д	$F = 4,7; P < 0,01$	н/д
Гематокрит, %	н/д	н/д	н/д
Тромбоциты, тыс/мкл	$F = 5,0; P < 0,01$	н/д	н/д
Общий холестерин, ммоль/л	н/д	н/д	н/д
Глюкоза, ммоль/л.	н/д	$F = 17,8; P < 0,001$	н/д
Триглицериды, ммоль/л	н/д	$F = 15,9; P < 0,001$	н/д
Активность аланинаминотрансферазы, Ед/л	$F = 9,0; P < 0,001$	н/д	н/д
Активность аспаратаминотрансферазы, Ед/л	н/д	н/д	н/д
Индекс Ритиса	$F = 2,7; P < 0,05$	$F = 12,0; P < 0,001$	н/д
Концентрация в крови креатинина, мкмоль/л	н/д	н/д	$F = 56,7; P < 0,001$
Концентрация в крови мочевины, ОС	н/д	н/д	н/д
Мочевая кислота, мкмоль/л	н/д	$F = 4,9; P < 0,05$	н/д
Общий белок, г/л	н/д	н/д	$F = 36,5; P < 0,001$
Билирубин общий, мкмоль/л	н/д	$F = 7,6; P < 0,01$	н/д
Кортизол, нг/мл	н/д	$F = 15,8; P < 0,01$	$F = 6,3; P < 0,01$

Примечание: в таблице приведены значения критерия Фишера (ANOVA) и уровни значимости; «н/д» – отсутствие статистически значимого влияния.

Note: the table shows the values of Fisher's test (ANOVA) and significance levels; «н/д» – no statistically significant effect.

Таблица 2
Уравнения полиномиальной регрессии второго порядка, описывающие временную динамику индекса Ритиса у разных экспериментальных групп

Table 2
Second-order polynomial regression equations describing the temporal dynamics of the Ritis index in different experimental groups

Экспериментальное воздействие	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
1 экспериментальная группа (воздействие вибрации) – 1-я опытная	$y = -0,0008x^2 + 0,0702x + 2,4123$	$R^2 = 0,6917$
2 экспериментальная группа (воздействие шума) – 2-я опытная	$y = -0,0009x^2 + 0,0774x + 2,7032$	$R^2 = 0,942$
3 экспериментальная группа (химическое воздействие шума) – 3-я опытная	$y = -0,0004x^2 + 0,0428x + 2,4257$	$R^2 = 0,4792$
Контроль (интактные животные)	$y = -0,0006x^2 + 0,0464x + 2,4512$	$R^2 = 0,6955$

ОБСУЖДЕНИЕ

Основными факторами изменчивости, рассмотренными в нашей работе, являлись пол животного и принадлежность к экспериментальной группе, подверженной воздействию того или иного производственного фактора. Анализ гематологических и биохимических показателей выявил широкую вариативность диапазона их значений у лабораторных мышей аутбредной линии ICR. Анализ половой изменчивости не входил в задачи нашего исследования, однако эту изменчивость необходимо учитывать для снятия ее совместного влияния с интересующими нас производственными факторами. Временная изменчивость параметров в нашем случае может быть связана как с возрастными изменениями, происходящими в организме, так и со значительной (до 90 дней) продолжительностью воздействия производственных факторов, моделирующих воздействие факторов производственной среды на здоровых, половозрелых мужчин и женщин, иногда в течение всей их трудовой деятельности, работающих на вредном производстве. И, наконец, изменчивость, связанная с характером и источником воздействия, показывает, в какой мере тот или иной фактор способствует развитию профессиональных заболеваний [3].

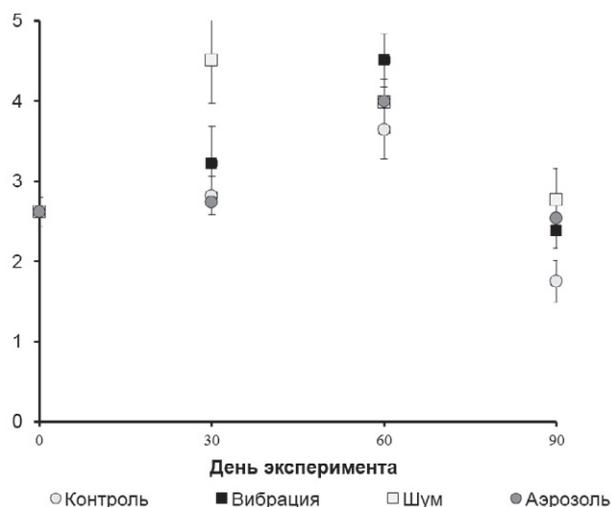
В рассматриваемом исследовании мы выявили целый ряд показателей (количество лейкоцитов, индекс Ритиса, содержание гемоглобина, концентрации глюкозы, триглицеридов и мочевой кислоты) значения которых закономерно снижались в течение трехмесячного периода наблюдений. Обратная тенденция — повышение значений показателей к концу эксперимента, была выявлена для концентраций билирубина и кортизола в крови. В обоих случаях наблюдаемые временные тренды можно рассматривать как проявление возрастных изменений, происходящих в организме мышей.

Снижение концентрации эритроцитов в крови мышей, подвергавшихся вибрационному воздействию, тромбоцитов — у подвергавшихся ингаляторному воздействию промышленных аэрозолей, и активности АЛТ во всех экспериментальных группах, свидетельствуют о возможном негативном влиянии этих факторов на гематологические и биохимические параметры крови. Наиболее отчетливый эффект (сочетанное влияние времени и характера воздействия) был продемонстрирован для индекса Ритиса, высокие значения которого в анализах свидетельствуют о наличии патологий печени, миокарда и ряда других внутренних органов, что подтверждается данными гистологического исследования органов (миокарда, печени, легких, почек, селезенки) в опытных группах, по сравнению с группой контроля (Савченко и др., представлено к публикации).

Полученные в эксперименте данные показывают, что характеристики гематологических и биохимических показателей крови у модельных животных находящихся под 90-дневным воздействием производ-

Рисунок
Временная динамика индекса Ритиса у особей, подвергавшихся различным экспериментальным воздействиям

Figure
Temporal dynamics of the Rhytis index in individuals subjected to various experimental influences



ственных факторов, по сравнению с группой контроля, не имеют существенных различий по сравнению с группой контроля. Это может быть связано с тем, что в эксперименте изучалось влияние производственных факторов на животных в значениях близких к нормируемым показателям (1,5 ПДК), но воздействующих в течение длительного времени. Даже в тех случаях, когда в какой-то из групп наблюдался достоверный временной тренд, значения соответствующего показателя не выходили за рамки референсных значений (Савченко и др., в печати) и значимо не отличались от значений соответствующего показателя у особей остальных групп. В случае индекса де Ритиса, для которого была характерна нелинейная динамика значений, у особей экспериментальных групп они выходили за пределы нормы через 30-60 дней после начала эксперимента и затем восстанавливались, что может свидетельствовать об эффективной работе компенсаторных механизмов, восстанавливающих гомеостаз при длительном воздействии неблагоприятных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ влияния различных факторов производственной среды, и их прямое и опосредованное влияние на состояние гематологических и биохимических показателей крови модельных животных позволит глубже понять механизмы предупреждения развития преждевременного старения у трудового контингента. Статья может представлять интерес для практических специалистов в области гигиены, геронтологии, здравоохранения, образования, а также научных работников и обучающихся вузов, контактирующих с лабораторными животными.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Kostyuk II, Vasilina AA, Kiskina LG, Savchenko OA, Stupa SS. Public health safety strategy is a priority of the national security of the Russian Federation. *Science and military security*. 2023; 1(32): 145-149. Russian (Костюк И.И., Василина А.А., Кискина Л.Г., Савченко О.А., Ступа С.С. Стратегия безопасности охраны здоровья населения – приоритет национальной безопасности Российской Федерации // Наука и военная безопасность. 2023. № 1(32). С. 145-149.)
2. The State report "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021", posted on June 1, 2022. Official website of the Rospotrebnadzor Administration. Russian (Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2021 году», размещённый 1 июня 2022 года // Официальный сайт Управления Роспотребнадзора.) URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/594/sqywwl4tg5arqff6xvl5dss0l7vuuank/Gosudarstvennyy-doklad.-O-sostoyanii-sanitarno_epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-Rossiyskoy-Federatsii-v-2021-godu.pdf
3. Butova SV, Unsalted OV. Influence of risk factors on the duration of the period of working capacity and labor productivity of employees. *Human resources and Intellectual resources management in Russia*. 2020; 6(51): 17-21. Russian (Бутова С.В., Несолёная О.В. Влияние факторов риска на продолжительность периода трудоспособности и производительность труда работников // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2020. № 6(51). С. 17-21.) DOI: 10.12737/2305-7807-2021-17-21
4. Federal State Statistics Service: Working conditions. Russian (Федеральная служба государственной статистики: Условия труда.) URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions
5. Federal State Statistics Service: Working conditions: The share of the number of workers employed in jobs with harmful and (or) dangerous working conditions in organizations of the Russian Federation for certain types of economic activity (excluding small businesses). Russian (Федеральная служба государственной статистики: Условия труда: Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в организациях Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности (без субъектов малого предпринимательства.) URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions
6. Descatha A. Working longer goes with working in better conditions. *Lancet Reg Health Eur*. 2023; 31(28): 100634. DOI: 10.1016/j.lanepe.2023.100634
7. Novikova II, Poteryaeva EL, Yashnikova MV, Doronin BM, Maksimov VN, Svechkar PE, et al. Occupational factors of cardiovascular risk and their role in the development of stroke: a monograph /ed. E.L. Poteryaeva. Omsk, 2023. 132 p. Russian (Новикова И.И., Потеряева Е.Л., Яшникова М.В., Доронин Б.М., Максимов В.Н., Свечкар П.Е., и др. Производственные факторы кардиоваскулярного риска и их роль в развитии инсульта: монография /под ред. Е.Л. Потеряевой. Омск, 2023. 132 с.)
8. Janssen I, Clarke AE, Carson V, Chaput JP, Giangregorio LM, Kho ME, et al. A systematic review of compositional data analysis studies examining associations between sleep, sedentary behaviour, and physical activity with health outcomes in adults. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2020; 45(10S2): S248-S257. DOI: 10.1139/apnm-2020-0160
9. Savchenko OA, Novikova II, Chuenko NF, Alexandrova DA, Odarchenko IV. Risk meters of aging. Health and environment: sat. mater. International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the republican unitary enterprise «Scientific and Practical Hygiene Center». Minsk, 2022. P. 52-56. Russian (Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Александрова Д.А., Одарченко И.В. Рискометры старения. Здоровье и окружающая среда: сб. матер. межд. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Минск, 2022. С. 52-56.)
10. Provorova AA. Assessing socio-economic damage caused by morbidity of the employed population of the Arctic region. *Problems of Territory's Development*. 2020; 5(109): 117-133. Russian (Проворова А.А. Оценка социально-экономического ущерба вследствие заболеваемости занятого населения арктического региона // Проблемы развития территории. 2020. № 5(109). С. 117-133.) DOI: 10.15838/ptd.2020.5.109.8

Сведения об авторах:

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

E-mail: Savchenkooa1969@mail.ru ORCID: 0000-0002-7110-7871

НОВИКОВ Евгений Анатольевич, доктор биол. наук, доцент, зав. лабораторией структуры и динамики популяций животных, Институт систематики и экологии животных СО РАН; гл. науч. сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией, ФБУН «Новосибирский НИИГ» Роспотребнадзора; г. Новосибирск, Россия.

E-mail: eug-nov5@ngs.ru ORCID: 0000-0002-0944-5394

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 ORCID: 0000-0002-7110-7871

NOVIKOV Evgeny Anatolyevich, doctor of biological sciences, docent, head of the laboratory of structure and dynamics of animal populations, Institute of Systematics and Animal Ecology SB RAS; chief researcher of the department of toxicology with sanitary and chemical laboratory, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

E-mail: eug-nov5@ngs.ru ORCID: 0000-0002-0944-5394

НОВИКОВА Ирина Игоревна, доктор мед. наук, профессор, директор
ФБУН «Новосибирский НИИГ» Роспотребнадзора, г. Новосибирск,
Россия. E-mail: novikova_ii@niig.su ORCID: 0000-0003-1105-471X

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

E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru ORCID: 0000-0002-1961-3486

СВЕЧКАРЬ Полина Евгеньевна, главный врач клиники профессио-
нальных заболеваний, ФБУН «Новосибирский НИИГ» Роспотребнад-
зора, г. Новосибирск, Россия.

E-mail: svechkar_pe@niig.su ORCID: 0000-0001-7419-2752

NOVIKOVA Irina Igorevna, doctor of medical sciences, professor, director
of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.
E-mail: novikova_ii@niig.su ORCID: 0000-0003-1105-471X

CHUENKO Natalia Fedorovna, researcher of the department of toxicolo-
gy with sanitary and chemical laboratory, Novosibirsk Research Institute
of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru ORCID: 0000-0002-1961-3486

SVECHKAR Polina Evgenievna, chief physician of the occupational dis-
eases clinic, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk,
Russia.

E-mail: svechkar_pe@niig.su ORCID: 0000-0001-7419-2752

Корреспонденцию адресовать: САВЧЕНКО Олег Андреевич, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7, ФБУН Новосибирский НИИ гигиены
Роспотребнадзора

E-mail: Savchenkooa1969@mail.ru