



Астахова С.Г.¹, Берёза И.А.¹, Шаихова Д.Р.¹, Кикоть А.М.¹, Сутункова М.П.^{1,2},
Потатурко А.В.¹, Полянина Д.Д.¹, Боковой В.Д.¹, Федорук А.А.¹

Темпы старения работников конвертерного цеха и роль полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1*

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Работа во вредных условиях труда сопряжена с перегрузками организма и воздействием вредных физических и химических факторов, что приводит к ранней манифестации болезней. Учёт биологического возраста рабочих критически важен, поскольку это позволяет выявить преждевременное старение организма и применить персонализированные меры сохранения здоровья и трудоспособности. *SIRT1*, известный как ген долголетия, защищает клетки от окислительного стресса, и его полиморфизм потенциально может влиять на темпы старения организма.

Цель исследования — определить темпы старения рабочих чёрной металлургии и оценить ассоциацию полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1* с этими темпами.

Материалы и методы. Обследованы работники металлургического предприятия ($n = 229$, мужчины). В группу конвертерного цеха вошли 103 работника, в группу сравнения — 126 работников. Определение темпов старения проводилось по методике Горелкина — Пинхасова. Полиморфизм гена *SIRT1* генотипировали с помощью набора «SNP-Скрин» (ООО «Синтол», Россия) методом ПЦР. Расчёт отношения шансов с 95%-м доверительным интервалом (95% ДИ) проводили в программе SPSS.

Результаты. Анализ отношения шансов позволил определить, что работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного старения более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами (ОШ = 2,221; 95% ДИ = 1,303–3,785; $p = 0,004$). Выявлена высокая распространённость ускоренного темпа старения относительно двух других темпов у носителей мутантной аллели G в группе сравнения, но данный результат не достигал уровня статистической значимости.

Ограничения исследования. Не учитывали влияние электромагнитного излучения офисной техники и образа жизни. Определение биологического возраста проведено по методике, включавшей только антропометрические показатели.

Заключение. Работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного темпа старения. В то время как полиморфизм rs7069102 гена *SIRT1* не имел достоверного вклада в темп старения в обеих изученных группах.

Ключевые слова: биологический возраст; темпы старения; *SIRT1*; rs7069102; работники чёрной металлургии

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 26.02.2021 г.). Работа выполнялась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 г.).

Для цитирования: Астахова С.Г., Берёза И.А., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М., Сутункова М.П., Потатурко А.В., Полянина Д.Д., Боковой В.Д., Федорук А.А. Темпы старения работников конвертерного цеха и роль полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1*. Гигиена и санитария. 2026; 105(8): 869–873. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-869-873> <https://elibrary.ru/fynvyl>

Для корреспонденции: Берёза Иван Андреевич, e-mail: berezaia@ymrc.ru

Вклад авторов: Астахова С.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Берёза И.А., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М. — статистическая обработка данных, написание текста, редактирование; Сутункова М.П., Потатурко А.В., Федорук А.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Полянина Д.Д., Боковой В.Д. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 25.05.2026 / Поступила после доработки: 05.06.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Svetlana G. Astakhova¹, Ivan A. Bereza¹, Daria R. Shaikhova¹, Anna M. Kikot¹, Marina P. Sutunkova^{1,2},
Aleksei V. Potaturko¹, Daria D. Polianina¹, Vyacheslav D. Bokovoy¹, Anna A. Fedoruk¹

Aging rates in converter shop workers and the contribution of the *SIRT1* rs7069102 polymorphism

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Working in hazardous conditions is associated with physical overload and to adverse exposure to physical and chemical factors, both leading to the early manifestation of diseases. Accounting for the biological age of workers is critical as it helps to detect premature aging and take timely, personalized measures to maintain health and workability. *SIRT1*, commonly termed the “longevity gene”, protects cells from oxidative stress, and its polymorphism can potentially affect aging rates.

The aim of the study. To determine aging rates in ferrous metallurgy workers and evaluate the association between them and the *SIRT1* rs7069102 polymorphism. **Materials and methods.** The study included two hundred twenty nine men aged of 30 to 59 years working at a metallurgical plant. The converter shop group consisted of 103 workers while the reference group included 126 employees from administrative and management units. Aging rates in the subjects were determined using the Gorelkin — Pinkhasov method. *SIRT1* gene polymorphism was genotyped using the commercially available SNP-Screen kit (Synthol, Russia) by real-time PCR. Odds ratios with 95 % confidence intervals (CI) were calculated using SPSS.

Results. Calculations of the odds ratio showed that working in the converter shop more than doubled the risk of an accelerated aging rate compared to normal or delayed rates (OR = 2.221; 95% CI = 1.303–3.785; $p = 0.004$). A high, though insignificant, prevalence of accelerated aging was found in carriers of the mutant G allele in the reference group.

Limitations. Neither health effects of electromagnetic radiation from office equipment nor the lifestyle of the study participants were taken into account in the analysis. Biological age was determined using the method that allowed for anthropometric parameters only.

Conclusions. Working in the converter shop increased the risk of accelerated aging. The SIRT1 rs7069102 polymorphism did not contribute significantly to the aging rate in either study group.

Keywords: biological age; aging rate; SIRT1; rs7069102; ferrous metallurgy workers

Compliance with ethical standards. Ethics approval was provided by the local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (Protocol No. 1 of February 26, 2021). The research was done in accordance with ethical principles of the World Medical Association (2013) Declaration of Helsinki. All subjects gave their written informed consent for inclusion before they participated in the study.

For citation: Astakhova S.G., Bereza I.A., Shaikhova D.R., Kikot A.M., Sutunkova M.P., Potaturko A.V., Polianina D.D., Bokovoy V.D., Fedoruk A.A. Aging rates in converter shop workers and the contribution of the SIRT1 rs7069102 polymorphism. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2026; 105(8): 869–873. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-869-873> <https://elibrary.ru/fynvyl> (In Russ.)

For correspondence: Ivan A. Bereza, e-mail: berezaia@ymrc.ru

Contributions: Astakhova S.G. — study conception and design, data collection and processing, draft manuscript preparation; Bereza I.A., Shaikhova D.R., Kikot A.M. — statistical data analysis, draft manuscript preparation, editing; Sutunkova M.P., Potaturko A.V., Fedoruk A.A. — study conception and design, editing; Polianina D.D., Bokovoy V.D. — data collection and processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: May 25, 2026 / Revised: June 5, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

В чёрной металлургии, одной из ключевых отраслей экономики страны, занято свыше 260 тыс. человек, что составляет более 50% всех работников металлургической сферы [1]. При этом 72,5% сотрудников отрасли трудятся в условиях, оказывающих негативное воздействие на организм [2, 3]. Исследования подтверждают, что на здоровье работников влияют повышенные концентрации пыли, шум, тяжесть трудового процесса и контрастный микроклимат [4–7]. Воздействие этих факторов обладает кумулятивным действием: оно вызывает хронический стресс и молекулярные повреждения, приводящие к дисрегуляции систем организма и способствующие его преждевременному старению [8–10].

Биологическое старение рассматривается как процесс, зависящий от взаимодействия генетических, эпигенетических, метаболических, иммунологических и экологических факторов [11, 12]. Концепция биологического возраста позволяет на основе функциональных показателей и молекулярно-генетических биомаркёров более точно оценить состояние здоровья, работоспособность и риск для человека неблагоприятных исходов, в том числе болезней, связанных с возрастными изменениями [13, 14].

На молекулярно-генетическом уровне ключевая роль в механизмах клеточного старения отводится сиртуинам — семейству эволюционно консервативных НАД-зависимых белков [15]. Предполагается, что в основе их участия в старении лежит постепенная потеря активности, ведущая к конденсации хроматина и нарушению репарации ДНК [16]. Особый интерес представляет ген SIRT1 («ген долголетия»), кодирующий белок, защищающий клетки от окислительного стресса и поддерживающий стабильность генома [17]. Полиморфизм rs7069102 C>G в интроне 4 гена SIRT1 способен изменять уровень его экспрессии, что позволяет предположить влияние на окислительный стресс, а также на развитие болезней системы кровообращения [17–19].

Цель исследования — определить темпы старения у рабочих чёрной металлургии и оценить ассоциацию полиморфизма rs7069102 гена SIRT1 с этими темпами.

Материалы и методы

Обследованы работники металлургического предприятия ($n = 229$, мужчины, возраст от 30 до 59 лет). Группа конвертерного цеха состояла из 103 работников. В группу сравнения вошли 126 работников административно-управленческих подразделений. Группы были сопоставимы по возрасту и достоверно не отличались, средний возраст

в группах составил $46,3 \pm 7,1$ и $44,7 \pm 6,6$ года соответственно. Условия труда работников конвертерного цеха относились к вредным (классы 3.1 и 3.2) по таким показателям, как промышленные аэрозоли, производственный шум, неблагоприятный микроклимат, тяжесть трудового процесса, освещённость рабочего места. Условия труда работников административно-управленческих подразделений оценены как допустимые. По данным специальной оценки труда основными производственными факторами группы сравнения были электрическое и магнитное поля широкого спектра частот персональных электронно-вычислительных машин (2-й допустимый класс).

Коэффициент скорости старения (КСС) определяли по формуле* Горелкина А.Г., Пинхасова Б.Б. При КСС от 0,95 включительно до 1,05 включительно делают заключение о соответствии скорости старения норме, при КСС менее 0,95 — о замедлении старения, при КСС более 1,05 — об ускорении старения. При определении биологического возраста у мужчин учитывают рост (м), массу тела (кг), окружность талии (см) и календарный возраст.

Отбор венозной периферической крови для выделения ДНК осуществлялся в одноразовые стерильные вакуумные пробирки с трикалием этилендиаминтетраацетата (КЭДТА) для предотвращения свёртывания. Выделение ДНК из цельной крови проводилось с помощью набора Lumipure (Lumiprobe, Россия) на спин-колонках в соответствии с инструкцией производителя.

Определение полиморфизма rs7069102 гена SIRT1 выполняли с помощью системы ПЦР с оптической детекцией в реальном времени Applied Biosystems QuantStudio 3 (ThermoFisher, США) методом ПЦР-РВ. Для ПЦР-РВ применяли готовый коммерческий набор «SNP-Скрин» (Синтол, Россия). Интерпретация результатов проводилась с помощью ПО QuantStudio Design & Analysis Software (ThermoFisher, США).

Оценка зависимости признаков была выполнена в таблицах сопряжённости при помощи χ^2 . Анализ таблиц сопряжённости и расчёт отношения шансов (ОШ) с доверительными интервалами (95% ДИ) и уровнем значимости (p) проводился при помощи пакета программ IBM SPSS Statistics. Для соблюдения требований к применению по-

* Патент № 2387374 Российская Федерация, МПК А61В 5/107 (2006.01). Способ определения биологического возраста человека и скорости старения: № 2008130456: заявлено 22.07.2008 г.: опубликовано 27.04.2010 г. Горелкин А.Г., Пинхасов Б.Б.; патентообладатель ГУ НЦКЭМ СО РАМН. 5 с. (13.12.2023) Горелкин А.А., Пинхасов Б.Б. Патент 2387374. Описание изобретения к патенту, 1. 27.04.2010 г. Бюл. № 12 (13.12.2023 г.).

Таблица 1 / Table 1

Распространённость темпов старения у работников в исследуемых группах

Distribution of aging rates in workers in the study groups

Темпы старения Aging rate	Конвертерный цех Converter shop workers	Группа сравнения Reference group
Замедленный / Delayed	31	61
Нормальный / Normal	16	21
Ускоренный / Accelerated	56	44

казателя ОШ использовалась доминантная генетическая модель наследования, при которой носители мутантного гомозиготного генотипа (GG) сравнивались с объединённой группой носителей нормального гомозиготного генотипа и гетерозиготного генотипа (CC + CG). Кроме того, были объединены в одну группу рабочие с замедленным и нормальным темпами старения с целью определения риска негативного исхода (ускоренных темпов старения) при наличии негативного фактора (мутантного гомозиготного генотипа).

Результаты

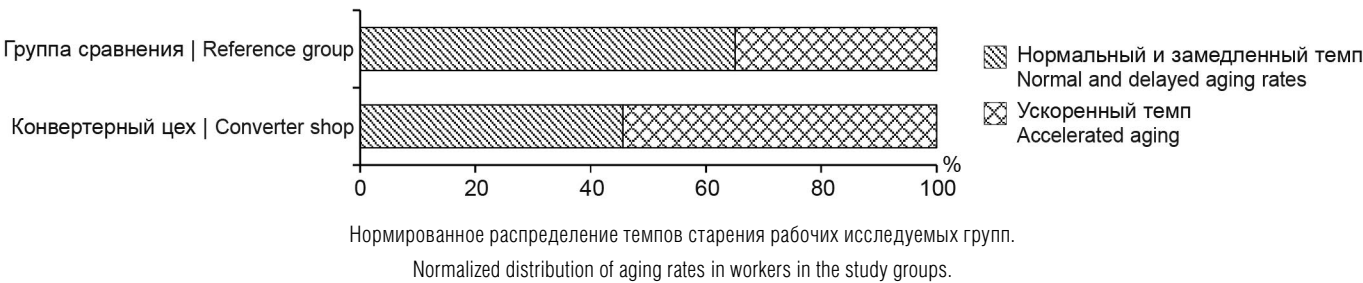
Для определения влияния вредных факторов конвертерного цеха на темпы старения было проведено сравнение распространённости ускоренного темпа старения у работников конвертерного цеха и в группе сравнения. Число работников с ускоренными темпами старения относительно двух других типов в группе конвертерного цеха было статистически выше, чем в группе сотрудников административно-управленческих подразделений (табл. 1).

Анализ ОШ позволил определить, что работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного темпа старения более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами (ОШ = 2,221; 95% ДИ = 1,303–3,785; $p = 0,004$) (см. рисунок).

Проведён анализ ОШ для каждой из групп (конвертерный цех и группа сравнения) с учётом генотипа *SIRT1* (табл. 2). Несмотря на отсутствие достоверных различий, была выявлена тенденция к увеличению распространённости ускоренного темпа старения у носителей мутантной аллели G в группе сравнения ($p = 0,051$).

Обсуждение

В настоящем исследовании были получены данные об увеличении риска ускоренного темпа старения в условиях конвертерного цеха более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами. В ряде других исследований было также показано, что вредные условия труда и образ жизни влияют на темпы старения и биологический возраст работников [20]. Так, биологический возраст больных вибрационной болезнью и двусторонней сенсоневральной тугоухостью превышал календарный возраст в среднем на $7,36 \pm 0,36$ года и должный биологический возраст на $10,79 \pm 0,72$ года, в то время как темп биологического старения обследованных пациентов в $1,14 \pm 0,08$ раза превышал темп старения их здоровых сверстников [21]. На биологический возраст в группе подземных рабочих в большей степени влиял стаж работы во вредных условиях труда, в группе наземных – календарный возраст и образ жизни [22]. Также установлено, что по сравнению с людьми того же возраста, работающими на руководящих должностях, работники сферы услуг биологически старше на 1,65 года, при этом подъём тяжестей ускорял темпы старения на 2,08 года, а большая продолжительность рабочего дня – на 1,87 года [23]. Исследование китайских рабочих химической промышленности



Распределение аллелей и генотипов гена *SIRT1* в исследуемых группах

Distribution of alleles and genotypes of the *SIRT1* gene in the study groups

Группа Group	Аллели и генотипы Alleles and genotypes	Ускоренный темп старения, n Accelerated aging rate, n	Нормальный и замедленный темпы старения, n Normal and delayed aging rates, n	p	ОШ OR	95% ДИ 95% CI
Конвертерный цех Converter shop workers	G	77	61	0.558	1.190	0.665–2.131
	C	35	33	0.558	1.190	0.665–2.131
	GG	28	21	0.591	1.238	0.569–2.695
	CC + CG	28	26	0.591	1.238	0.569–2.695
Группа сравнения Reference group	G	65	101	0.051	1.763	0.997–3.118
	C	23	63	0.051	1.763	0.997–3.118
	GG	23	33	0.196	1.626	0.777–3.402
	CC + CG	21	49	0.196	1.626	0.777–3.402

Примечание. ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.

Note: OR – odds ratio; CI – confidence interval.

показало, что воздействие углекислого газа, бензола и угольной пыли ускоряет биологическое старение, затрагивая в первую очередь сердечно-сосудистую и метаболическую системы [24]. В целом повышение биологического возраста связывают как с вредными условиями труда, так и с присутствием поведенческих факторов риска, таких как увеличенные значения ИМТ, низкая физическая активность и курение табака.

Ранее другими исследователями было продемонстрировано, что *SIRT1* играл важную роль в регуляции старения, а также во многих сигнальных путях, связанных со старением [25]. В данной работе была обнаружена тенденция к высокой распространённости мутантной аллели G гена *SIRT1* у работников из группы сравнения с ускоренным темпом старения, не достигшая статистической значимости. Вероятно, влияние полиморфизма не является чистым генети-

ческим маркером скорости старения, и значительную роль играют другие факторы, в том числе условия труда.

Ограничения исследования. Не учитывалось влияние электромагнитного излучения офисной техники и образа жизни. Определение биологического возраста проведено по методике, учитывающей только антропометрические показатели.

Заключение

В результате проведённого исследования было установлено, что условия работы в конвертерном цехе способствуют ускоренному старению организма. При этом аллель G полиморфного гена, а также гомозиготный мутантный генотип гена *SIRT1* по полиморфизму rs7069102 не формировали достоверного вклада в темп старения представителей обеих исследуемых групп.

Литература

(п.п. 4, 7, 11–13, 15–19, 23–25 см. References)

1. Газимова В.Г. Профессиональная заболеваемость металлургов Свердловской области. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgws1>
2. Онищенко Г.Г. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость работников в Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2009; 88(3): 68–73. <https://elibrary.ru/kvktbs>
3. Масягутова Л.М., Абдрахманова Е.Р., Бакиров А.Б., Гимранова Г.Г., Ахметшина В.Т., Гизатуллина Л.Г. и др. Роль условий труда в формировании профессиональной заболеваемости работников металлургического производства. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(1): 47–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52> <https://elibrary.ru/vvtvdr>
5. Чеботарёв А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий. *Горная промышленность*. 2021; (1): 114–9. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-114-119> <https://elibrary.ru/ubonqd>
6. Яцкина И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft>
8. Сутункова М.П. Экспериментальные данные и методические соображения к обоснованию предельно допустимой концентрации железо-оксидных наночастиц в воздухе рабочей зоны. *Токсикологический вестник*. 2016; 24(6): 11–7. <https://elibrary.ru/xcsjpr>
9. Сутункова М.П., Соловьёва С.Н., Кацнельсон Б.А., Гурвич В.Б., Привалова Л.И., Минигалиева И.А. и др. Некоторые особенности реакции организма на хроническую ингаляцию SiO₂ – содержащих субмикронных (преимущественно наноразмерных) частиц реального промышленного аэрозоля. *Токсикологический вестник*. 2017; 25(3): 17–26. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-3-17-26> <https://elibrary.ru/zagzhl>
10. Каримов Д.Д., Эрдман В.В., Кудояров Э.Р., Валова Я.В., Смолянкин Д.А., Репина Э.Ф. и др. Профессиональные факторы риска и старение человека (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz>
14. Каримов Д.Д., Кудояров Э.Р., Мухаммадиева Г.Ф., Зиятдинова М.М., Байгильдин С.С., Якупова Т.Г. Биомаркеры старения в исследовании профессионально обусловленных вредных воздействий (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjjh>
20. Мишина Е.А., Беломестнова О.В. Определение основных маркеров ускоренного биологического старения работников литейного производства в зависимости от стажа, вида профессии и наличия поведенческих рисков. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(4-2): 2024–9. <https://doi.org/10.17116/profmed20192204224> <https://elibrary.ru/tjffq>
21. Еренев С.И., Плотникова О.В. Биологический возраст и темпы постарения больных вибрационной болезнью и двусторонней нейросенсорной тугоухостью. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 624. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-624-625> <https://elibrary.ru/pdwrlt>
22. Беломестнова О.В., Мишина Е.А., Федорук А.А. Сравнение параметров биологического возраста работающих в наземных и подземных условиях в горнодобывающей промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 562–3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-562-563> <https://elibrary.ru/vjrfwf>
1. Gazimova V.G. Occupational prevalence rates in metallurgists in the Sverdlovsk region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgws1> (in Russian)
2. Onishchenko G.G. Working conditions and occupational morbidity in workers of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2009; 88(3): 68–73. <https://elibrary.ru/kvktbs> (in Russian)
3. Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Bakirov A.B., Gimranova G.G., Akhmetshina V.T., Gizatullina L.G., et al. The role of working conditions in the formation of occupational morbidity of workers in metallurgical production. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(1): 47–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52> <https://elibrary.ru/vvtvdr> (in Russian)
4. Doney B.C., Miller W.E., Hale J.M., Syamlal G. Estimation of the number of workers exposed to respirable crystalline silica by industry: Analysis of OSHA compliance data (1979–2015). *Am. J. Ind. Med.* 2020; 63(6): 465–77. <https://doi.org/10.1002/ajim.23109> <https://elibrary.ru/yknhut>
5. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive assessment of working conditions and occupational disease rates at mining and metallurgical enterprises. *Gornaya promyshlennost'*. 2021; (1): 114–9. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-114-119> <https://elibrary.ru/ubonqd> (in Russian)
6. Yatsyna I.V., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Egorova A.M. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft> (in Russian)
7. Duan D., Leng P., Li X., Mao G., Wang A., Zhang D. Characteristics and occupational risk assessment of occupational silica-dust and noise exposure in ferrous metal foundries in Ningbo, China. *Front. Public Health*. 2023; 11: 1049111. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1049111> <https://elibrary.ru/xocwsw>
8. Sutunkova M.P. Experimental data and methodological considerations for justification of iron oxide nanoparticles maximum allowable concentration in occupational air. *Toksikologicheskii vestnik*. 2016; 24(6): 11–7. <https://elibrary.ru/xcsjpr> (in Russian)
9. Sutunkova M.P., Solovyeva S.N., Katsnelson B.A., Gurvich V.B., Privanova L.I., Minigalieva I.A., et al. Some peculiarities of the organism's responses to a long-term inhalation of silica-containing submicron (predominantly, nanoscale) particles in a real industrial aerosol. *Toksikologicheskii vestnik*. 2017; 25(3): 17–26. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-3-17-26> <https://elibrary.ru/zagzhl> (in Russian)
10. Karimov D.D., Erdman V.V., Kudoyarov E.R., Valova Ya.V., Smolyankin D.A., Repina E.F., et al. Influence of occupational risk factors on human aging (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz> (in Russian)
11. Dutta S., Goodrich J.M., Dolinoy D.C., Ruden D.M. Biological aging acceleration due to environmental exposures: An exciting new direction in toxicogenomics research. *Genes (Basel)*. 2023; 15(1): 16. <https://doi.org/10.3390/genes15010016> <https://elibrary.ru/bgggnz>
12. Quintero F.A., Garraza M., Navazo B., Cesani M.F. Theories of biological aging: An integrative review. *Rev. Esp. Geriatr. Gerontol.* 2024; 59(6): 101530. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2024.101530> <https://elibrary.ru/qblhlf> (in Spanish)
13. Diebel L.W.M., Rockwood K. Determination of biological age: Geriatric assessment vs biological biomarkers. *Curr. Oncol. Rep.* 2021; 23(9): 104. <https://doi.org/10.1007/s11912-021-01097-9> <https://elibrary.ru/gnvrij>
14. Karimov D.D., Kudoyarov E.R., Mukhammadiyeva G.F., Ziatdinova M.M., Baigildin S.S., Yakupova T.G. Biomarkers of ageing in the study of occupational harm impacts (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjjh> (in Russian)

Original article

15. Shimoyama Y., Suzuki K., Hamajima N., Niwa T. Sirtuin 1 gene polymorphisms are associated with body fat and blood pressure in Japanese. *Transl. Res.* 2011; 157(6): 339–47. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2011.02.004>
16. Chong Z.Z., Wang S., Shang Y.C., Maiese K. Targeting cardiovascular disease with novel SIRT1 pathways. *Future Cardiol.* 2012; 8(1): 89–100. <https://doi.org/10.2217/fca.11.76>
17. Kilic U., Gok O., Bacaksiz A., Izmirli M., Elibol-Can B., Uysal O. SIRT1 gene polymorphisms affect the protein expression in cardiovascular diseases. *PLoS One.* 2014; 9(2): e90428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090428>
18. Kilic U., Gok O., Elibol-Can B., Uysal O., Bacaksiz A. Efficacy of statins on sirtuin 1 and endothelial nitric oxide synthase expression: The role of sirtuin 1 gene variants in human coronary atherosclerosis. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 2015; 42(4): 321–30. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12362>
19. Sosnowska B., Mazidi M., Penson P., Gluba-Brzózka A., Rysz J., Banach M. The sirtuin family members SIRT1, SIRT3 and SIRT6: Their role in vascular biology and atherogenesis. *Atherosclerosis.* 2017; 265: 275–82. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2017.08.027>
20. Mishina E.A., Belomestnova O.V. Identifying the key biomarkers of accelerated aging in foundry workers as dependent on their working tenure, job position and health risk behavior. *Profilakticheskaya meditsina.* 2019; 22(4–2): 2024–9. <https://doi.org/10.17116/profmed20192204224> <https://elibrary.ru/tjfiqq> (in Russian)
21. Ereniev S.I., Plotnikova O.V. Biological age and rates of aging of patients with vibration disease and bilateral sensorineural hearing loss. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(9): 624. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-624-625> <https://elibrary.ru/pdwrlt> (in Russian)
22. Belomestnova O.V., Mishina E.F., Fedoruk A.F. Comparison of parameters of biological age of workers in ground and underground conditions in the mining industry. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(9): 562–3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-562-563> <https://elibrary.ru/vjrfwf> (in Russian)
23. Andrasfay T., Kim J., Ailshire J., Crimmins E. Aging on the job? The association between occupational characteristics and accelerated biological aging. *J. Gerontol. B. Psychol. Sci. Soc. Sci.* 2023; 78(7): 1236–45. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbad055> <https://elibrary.ru/fhdgma>
24. Gu Z., Zhang L., Zhao X., Yang B., Yang Y., Wang P., et al. Accelerated biological aging among chemical plant workers. *Environ. Res.* 2025; 285(Pt. 5): 122709. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122709> <https://elibrary.ru/htaxod>
25. Chen C., Zhou M., Ge Y., Wang X. SIRT1 and aging related signaling pathways. *Mech. Ageing Dev.* 2020; 187: 111215. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111215> <https://elibrary.ru/xbcboxd>

Сведения об авторах

Астахова Светлана Геннадьевна, зав. отд. организации клинической деятельности и медицинской статистики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: astahova@ymrc.ru

Берёза Иван Андреевич, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: berezaia@ymrc.ru

Шаихова Дарья Рамильевна, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: darya.boo@mail.ru

Кикоть Анна Михайловна, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: kikitam@ymrc.ru

Сутункова Марина Петровна, доктор мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Потатурко Алексей Владимирович, доктор мед. наук, главный врач ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: potaturko@ymrc.ru

Полянина Дарья Дмитриевна, мл. науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: polyaninadd@ymrc.ru

Бокковой Вячеслав Дмитриевич, лаборант отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: bokovoyvd@ymrc.ru

Федорук Анна Алексеевна, канд. мед. наук, учёный секретарь ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: annaf@ymrc.ru

About the authors

Svetlana G. Astakhova, head, Department of Clinical Activity Organization and Medical Statistics, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6027-704X> E-mail: astahova@ymrc.ru

Ivan A. Bereza, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4109-9268> E-mail: berezaia@ymrc.ru

Daria R. Shaikhova, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406> E-mail: darya.boo@mail.ru

Anna M. Kikot, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8794-7288> E-mail: kikitam@ymrc.ru

Marina P. Sutunkova, DSc (Medicine), director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; head, Department of Occupational Hygiene and Medicine, Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642> E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Aleksei V. Potaturko, DSc (Medicine), chief physician, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4457-7093> E-mail: potaturko@ymrc.ru

Daria D. Polianina, junior researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0007-5046-0207> E-mail: polyaninadd@ymrc.ru

Vyacheslav D. Bokovoy, laboratory assistant, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6551-3937> E-mail: bokovoyvd@ymrc.ru

Anna A. Fedoruk, PhD (Medicine), academic secretary, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827> E-mail: annaf@ymrc.ru