

EDN: <https://elibrary.ru/difcwy>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-1-28-34>

УДК 613.6

© Коллектив авторов, 2025

Газимова В.Г.<sup>1</sup>, Чаурина Д.В.<sup>1</sup>, Шастин А.С.<sup>1</sup>, Константинова Е.Д.<sup>2</sup>, Маслакова Т.А.<sup>2</sup>, Вараксин А.Н.<sup>2</sup>, Огородникова С.Ю.<sup>2</sup>**Оценка риска развития болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, у работников металлургического производства**<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, 30, Екатеринбург, 620014;<sup>2</sup>ФГБУН «Институт промышленной экологии» УрО РАН, ул. С. Ковалевской, 20, Екатеринбург, 620990

**Введение.** Математические модели широко применяются в различных областях науки и практики, в том числе в медицине. Использование математического моделирования — единственный способ оценить одновременное влияние на состояние здоровья работающих множества взаимосвязанных факторов, в том числе вредных производственных факторов. Металлургическое производство — одна из ведущих отраслей экономики региона, в которой более 70% работников занято во вредных условиях труда. Остаётся актуальной задача использования математических моделей для оценки влияния различных факторов риска на развитие болезней системы кровообращения у работников, занятых во вредных условиях труда.

**Цель исследования** — построить прогностическую математическую модель для оценки вклада факторов риска в развитие болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, у работников металлургического производства.

**Материалы и методы.** Исследованы условия труда и результаты периодического медицинского осмотра 2927 мужчин металлургического производства. Сформирована база данных, включающая сведения об оценке класса условий труда, медико-биологические показатели, данные анкетирования. Установлена распространённость заболеваний блока МКБ-10 (I10–I15) «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением» в зависимости от класса условий труда и стажа. Для построения прогностической модели оценки влияния различных факторов риска на развитие болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, использован метод множественной линейной регрессии. Качество модели определялось значением коэффициента детерминации.

**Результаты.** Установлено, что с увеличением возраста и стажа работы темп прироста распространённости болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, нарастал быстрее с ухудшением условий. Наиболее значимыми предикторами развития болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, оказались произведение стажа на индекс массы тела и стажа на уровень глюкозы крови.

**Ограничение исследования.** Проведено одномоментное поперечное исследование, ограниченное результатами медицинского осмотра работников за один год.

**Заключение.** Математические модели целесообразно использовать для выявления ключевых факторов риска в развитии какого-либо заболевания для последующей разработки адресных медико-профилактических мероприятий, направленных на его коррекцию.

**Этика.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (заключение от 11.12.2023 г. № 6).

**Ключевые слова:** вредные условия труда; математическая модель; многофакторный анализ; артериальная гипертензия

**Для цитирования:** Газимова В.Г., Чаурина Д.В., Шастин А.С., Константинова Е.Д., Маслакова Т.А., Вараксин А.Н., Огородникова С.Ю. Оценка риска развития болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, у работников металлургического производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(1): 28–34. <https://elibrary.ru/difcwy> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-1-28-34>

**Для корреспонденции:** Газимова Венера Габдрахмановна, e-mail: [venera@ymrc.ru](mailto:venera@ymrc.ru)

**Участие авторов:**

Газимова В.Г. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста;

Чаурина Д.В. — сбор материала и обработка данных, написание текста;

Шастин А.С. — написание текста;

Константинова Е.Д. — статистическая обработка данных, написание текста;

Маслакова Т.А. — статистическая обработка данных, написание текста;

Вараксин А.Н. — статистическая обработка данных, написание текста;

Огородникова С.Ю. — статистическая обработка данных.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 28.11.2024 / Дата принятия к печати: 08.12.2024 / Дата публикации: 07.02.2025

Venera G. Gazimova<sup>1</sup>, Diana V. Chaurina<sup>1</sup>, Aleksandr S. Shastin<sup>1</sup>, Ekaterina D. Konstantinova<sup>2</sup>, Tatiana A. Maslakova<sup>2</sup>, Anatoly N. Varaksin<sup>2</sup>, Svetlana Yu. Ogorodnikova<sup>2</sup>

**Assessment of the risk of developing diseases characterized by high blood pressure in metallurgical workers**

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30, Popova St, Yekaterinburg, 620014;

<sup>2</sup>Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 20, S. Kovalevskoy St, Ekaterinburg, 620990

**Introduction.** Mathematical models are widely used in various fields of science and practice, including medicine. The use of mathematical modeling is the only way to assess the simultaneous impact on the health of workers of many interrelated factors, including harmful production factors. Metallurgical production is one of the leading sectors of the region's economy, in which more than 70% of workers are employed in harmful working conditions. The task of using mathematical models to assess the impact of various risk factors on the development of circulatory system diseases in workers engaged in harmful working conditions remains urgent.

**The study aims** to build a predictive mathematical model to assess the contribution of risk factors to the development of diseases characterized by high blood pressure in metallurgical workers.

**Materials and methods.** The researchers examined the results of periodic medical examinations of 2,927 men in metallurgical production and their working conditions. They have created a database that includes information on the assessment of the class of working conditions, medical and biological indicators, and survey data. The authors also established the prevalence of the disease in the ICD-10 block (110–115) "Diseases characterized by high blood pressure", depending on the class of working conditions and length of service. To build a predictive model for assessing the impact of various risk factors on the development of diseases characterized by high blood pressure, the authors used the method of multiple linear regression. They determined the quality of the model by the value of the coefficient of determination.

**Results.** It was found that with increasing age and length of service, the rate of increase in the prevalence of diseases characterized by high blood pressure increased faster with worsening conditions. The most significant predictors of the development of diseases characterized by high blood pressure were the product of seniority on body mass index and seniority on blood glucose levels.

**Limitation.** A single-stage cross-sectional study was conducted, limited by the results of a one-year medical examination of employees.

**Conclusion.** *It is advisable to use mathematical models to identify key risk factors in the development of a disease for the subsequent development of targeted medical and preventive measures aimed at its correction.*

**Ethics.** The study was approved by the local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical and Scientific Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers of Rosпотребнадзор (conclusion No. 6 dated 12/11/2023).

**Keywords:** *harmful working conditions; mathematical model; multifactorial analysis; arterial hypertension*

**For citation:** Gazimova V.G., Chaurina D.V., Shastin A.S., Konstantinova E.D., Maslakova T.A., Varaksin A.N., Ogorodnikova S.Yu. Risk assessment of diseases characterized by high blood pressure in workers of metallurgical production. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(1): 28–34. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-1-28-34> <https://elibrary.ru/difcwj>

**For correspondence:** *Venera G. Gazimova*, e-mail: [venera@ymrc.ru](mailto:venera@ymrc.ru)

**Contributions:**

- Gazimova V.G.* — concept and design of research, text editing;
- Chaurina D.V.* — collecting material and data processing, writing text;
- Shastin A.S.* — writing the text;
- Konstantinova E.D.* — statistical data processing, text writing;
- Maslakova T.A.* — statistical data processing, text writing;
- Varaksin A.N.* — statistical data processing, text writing;
- Ogorodnikova S.Yu.* — statistical data processing.
- All co-authors* — are approving the final version of the article.

**Funding.** The study had no funding.

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

*Received: 28.11.2024 / Accepted: 08.12.2024 / Published: 07.02.2025*

**Введение.** Болезни системы кровообращения (БСК) — одна из основных причин смертности, утраты трудоспособности и первичного выхода на инвалидность [1–5]. Исследование влияния различных факторов риска (ФР), влияющих на развитие БСК у работников, занятых во вредных условиях труда, является актуальной задачей [6–10]. Математические модели широко применяются в эпидемиологических исследованиях, прогнозировании и ранней диагностике развития заболеваний, в том числе у работающих во вредных условиях труда в различных отраслях экономики [11–13]. Использование математического моделирования — единственный способ оценить одновременное влияние на состояние здоровья работающих множества взаимосвязанных факторов, в том числе вредных производственных факторов (ВПФ). Metallургическое производство — одна из ведущих отраслей экономики региона, в которой более 70% работников занято во вредных условиях труда. Использование математических моделей для оценки влияния различных факторов риска (ФР) на развитие болезней системы кровообращения (БСК) у работников, занятых во вредных условиях труда, остаётся актуальной задачей.

**Цель исследования** — построить прогностическую математическую модель для оценки вклада ФР в развитие болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением (БХПКД), у работников металлургического производства.

**Материалы и методы.** Предмет исследования — оценка влияния вредных производственных и индивидуальных ФР на развитие БХПКД у работников металлургического производства.

Объектом исследования являются результаты периодического медицинского осмотра, проведённого в 2023 году, анкетирования и оценки условий труда 2927 мужчин основных и вспомогательных профессий 3-х основных цехов (доменного, конвертерного, коксохимического) металлургического производства. Использована анкета, предусмотренная порядком проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определённых групп взрослого населения<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Методические рекомендации «Организация проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определённых групп взрослого населения». ФГБУ «Националь-

**Распространённость БХПКД у мужчин в зависимости от стажа и общего КУТ, %****The prevalence of hypertensive diseases in male workers by duration of current employment and class of working conditions, %**

| Класс условий труда общий | Стаж 0–9 лет (n=996) |      | Стаж 10–19 лет (n=926) |      | Стаж 20 и более лет (n=1005) |      |
|---------------------------|----------------------|------|------------------------|------|------------------------------|------|
|                           | n                    | %    | n                      | %    | n                            | %    |
| 2.0                       | 13                   | 30,8 | 8                      | 50,0 | 26                           | 65,4 |
| 3.1                       | 25                   | 20,0 | 9                      | 55,6 | 19                           | 57,9 |
| 3.2                       | 229                  | 27,1 | 224                    | 25,4 | 284                          | 50,0 |
| 3.3                       | 668                  | 18,3 | 583                    | 28,3 | 571                          | 46,9 |
| 3.4                       | 46                   | 15,2 | 58                     | 29,3 | 65                           | 53,8 |
| 4.0                       | 15                   | 0,0  | 44                     | 27,3 | 40                           | 42,5 |

Сформирована база данных, включающая: возраст, стаж работы во вредных условиях труда, общую оценку класса условий труда (КУТ), КУТ отдельных факторов производственной среды и трудового процесса, индивидуальные ФР (наследственность, курение, двигательная активность, пищевые привычки, употребление алкоголя), медико-биологические показатели (рост, вес, окружность талии (ОТ), индекс массы тела (ИМТ), артериальное давление (АД), уровень глюкозы и общего холестерина в крови натощак), данные о имеющейся соматической патологии в соответствии с МКБ-10 [14–15]. Установлена распространённость заболеваний блока диагнозов МКБ-10 (I10–I15) «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением».

Выборка была разбита на три стажевые группы: 0–9 лет, 10–19 лет, 20 лет и более. Рассчитана распространённость БХПКД в стажевых группах у работников, занятых в допустимых (2.0) и вредных условиях труда (3.1–4.0). Рассчитан темп прироста распространённости БХПКД в стажевой группе 20 лет и более к группе 0–9 лет ( $TP_{\text{БХПКД}}$  %).

Для определения статистической значимости различий распространённости БХПКД использован метод сравнения долей по z-критерию, основанному на нормальной аппроксимации биномиального распределения. Для статистической обработки все исследуемые переменные были переведены в бинарную форму. Индивидуальный ФР считался действующим при наличии отягощённой наследственности, факта курения, злоупотребления алкоголем, низкой физической активности, нерационального питания. Для количественных непрерывных переменных (ОТ, САД, ДАД, уровень глюкозы и общего холестерина в крови, ИМТ) выше нормы считали уровень САД > 140 мм рт. ст. и (или) ДАД > 90 мм рт. ст., уровень глюкозы в крови натощак > 6,0 ммоль/л, уровень общего холестерина > 5,6 ммоль/л. По общепринятой методике был рассчитан ИМТ, оценку которого проводили по следующим критериям: ИМТ < 25 кг/м<sup>2</sup> — нормальная масса тела, 25 ≤ ИМТ < 30 кг/м<sup>2</sup> — избыточная масса тела, ИМТ ≥ 30 кг/м<sup>2</sup> — ожирение [16].

Для получения прогностической модели высокого качества первичные данные были преобразованы методом скользящего среднего, а дихотомическая переменная отклика БХПКД переведена в непрерывную. Для построения прогностической модели оценки вероятности возникновения БХПКД использован метод множественной

линейной регрессии. Качество модели определялось значением коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Статистическая обработка проводилась с помощью прикладного пакета Statistica for Windows v.10. Статистически значимыми различия считали при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** По данным предприятия, в условиях труда, где общий КУТ оценён как 2.0, занято 1,6% работников; 3.1 — 1,8%; 3.2 — 25,2%; 3.3 — 62,3%; 3.4 — 5,8% и 4.0 — 3,4% соответственно.

Распространённость БХПКД для трех стажевых групп, занятых в допустимых (2.0) и вредных условиях труда (3.1–4.0), представлена в **таблице 1**.

Условия труда изучаемой группы работников характеризуются многофакторным воздействием. Один из основных факторов, действующих на их рабочих местах, производственный шум. В условиях труда, не отвечающих гигиеническим нормативам по шуму, занято 79,3% работников исследуемой выборки, что позволило сформировать группы лиц, сопоставимые по стажу и классу условий труда по данному ВПФ.

Установлено, что с увеличением возраста и стажа темп прироста распространённости БХПКД ( $TP_{\text{БХПКД}}$ ) нарастал быстрее с ухудшением условий труда (**табл. 2**).

Многофакторный анализ проведён на данных, преобразованных методом скользящего среднего (окно усреднения 22 наблюдения, шаг 1 наблюдение) для выборки, состоящей из 2616 работников (**табл. 2**). Пошаговый вариант построения модели множественной линейной регрессии использован для отбора наиболее значимых предикторов прогнозирования развития БХПКД. «Возраст» и «стаж работы во вредных условиях труда» — два наиболее значимых предиктора прогнозирования развития БХПКД. Поскольку между ними имеет место сильная корреляционная связь, в модели оставлена переменная «стаж». Предварительно в модель включены следующие факторы: стаж, КУТ общий, КУТ шум, курение, физическая активность, нерациональное питание, злоупотребление алкоголем, ИМТ, уровень глюкозы, уровень холестерина, ОТ, а также, их перекрёстные члены, т. е. их произведения. Включение перекрёстных членов в модель позволило учесть эффекты неаддитивности при одновременном действии двух факторов [17]. Процедура пошагового отбора выявила наиболее значимые факторы: стаж, ИМТ, уровень глюкозы крови, уровень шума.

Итоговая модель множественной линейной регрессии имеет вид:

БСК класса I10–I15 = 0,21 + 0,013 · стаж · ИМТ + 0,018 · стаж · глюкоза – 0,046 · КУТ шум

Таблица 2 / Table 2

**Распространённость БХПКД в зависимости от стажа и класса условий труда по шуму, %****The prevalence of hypertensive diseases by duration of current employment and noise-specific class of working conditions, %**

| Класс условий труда по уровню шума | Стаж 0–9 лет (n=916) |      | Стаж 10–19 лет (n=822) |      | Стаж 20 и более лет (n=878) |      | ТП <sub>бхпкд</sub> , % |
|------------------------------------|----------------------|------|------------------------|------|-----------------------------|------|-------------------------|
|                                    | n                    | %    | n                      | %    | n                           | %    |                         |
| 2.0                                | 107                  | 30,8 | 78                     | 30,8 | 109                         | 50,5 | 64,0                    |
| 3.1                                | 259                  | 21,2 | 211                    | 29,9 | 214                         | 43,5 | 105,2                   |
| 3.2                                | 510                  | 17,6 | 491                    | 25,7 | 507                         | 49,3 | 180,1                   |
| 3.3                                | 40                   | 15,0 | 42                     | 31,0 | 48                          | 54,2 | 261,3                   |

Согласно уравнению, наиболее значимыми предикторами БХПКД оказались произведение стажа на ИМТ и стажа на уровень глюкозы крови. Коэффициенты перед данными предикторами положительные, значит распространённость БХПКД увеличится с ростом этих факторов. Переменная КУТ шум, включённая в модель с отрицательным коэффициентом, снижает распространённость БХПКД, что может быть связано с переводом возрастных работников в соответствии с медицинским заключением на работу вне контакта с данным ВПФ и требует для обоснования данной гипотезы проведения дальнейших исследований. Математически это означает, что влияние переменной «возраст» на отклик сильнее, чем влияние переменной КУТ шум.

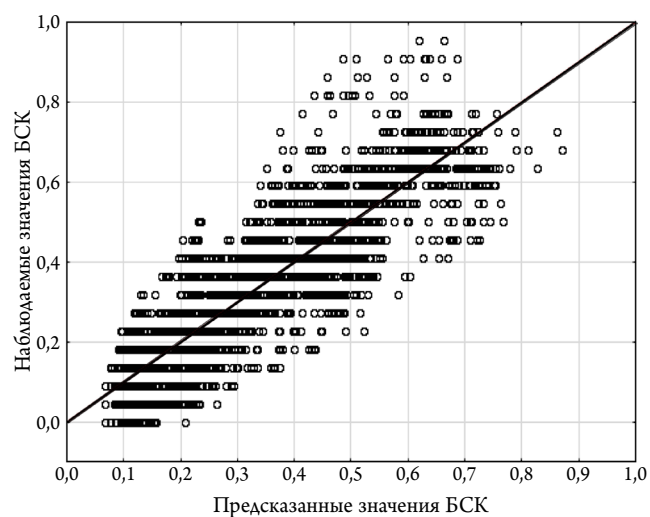
Коэффициент детерминации модели 0,79 означает, что 79% дисперсии объясняется включёнными в модель переменными. Визуально качество модели можно оценить по графику распределения наблюдаемых и прогнозируемых значений развития БСК класса I10–I15 (рисунок).

Представленный рисунок демонстрирует близость наблюдаемых и предсказанных значений распространённости БСК класса I10–I15. Следовательно, построена модель высокого качества.

**Обсуждение.** Для отработки методики были взяты и учтены все предикторы, по которым можно было использовать достоверные объективные данные. В процессе построения модели и оценки степени вклада того или иного ВПФ в развитие БХПКД программой были выбраны только стаж и ИМТ, стаж и уровень глюкозы крови, что подтверждает результаты других исследований [18].

Сильной стороной настоящего исследования являлись объём и однородность выборки по социальному, материальному и образовательному уровням участников, а также по полу.

Это обстоятельство позволило исследовать взаимосвязь вредных производственных и индивидуальных ФР



**Рисунок. Распределение наблюдаемых и прогнозируемых значений развития БСК класса I10–I15**  
**Figure. Distribution of observed and predicted rates of hypertensive diseases (ICD-10: Block I10–I15)**

с показателями здоровья в наиболее чистом (не искажённом ковариатами) виде.

Полученные в настоящем исследовании результаты показывают, что значительный вклад в развитие болезней, связанных с повышенным кровяным давлением, наряду с несомненным влиянием ВПФ, вносят индивидуальные ФР, которые возможно скорректировать [19].

**Заключение.** Авторы полагают, что представленная методика может быть использована для выявления ключевых факторов риска (как производственных, так и индивидуальных) в развитии какого-либо заболевания, для последующей разработки адресных медико-профилактических мероприятий, направленных на их коррекцию [19].

**Список литературы (пп. 16, 17 см. References)**

1. Семёнов В.Ю., Самородская И.В., Старинская М.А., Бойцов С.А. Нозологическая структура смертности населения Российской Федерации от болезней системы кровообращения в трех возрастных группах. *Менеджер здравоохранения*. 2018; 5: 31–41. <https://elibrary.ru/ovnprrv>
2. Суслин С.А., Кирьякова О.В., Богатырева Г.П., Измаков Н.С., Садреева С.Х., Шешунова Р.А. Болезни системы кровообращения как современная проблема общественного здоровья. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024; 1: 540–560. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-540-560> <https://elibrary.ru/nylmuu>
3. Веригина Н.Б., Шкурко М.А., Красновская Е.С. Динамика уровня первичной инвалидности вследствие основных классов болезней среди взрослого населения Российской Федерации за 2019–2020 гг. *Медико-социальные проблемы инвалидности*. 2021; 2: 73–82. <https://elibrary.ru/bvcntg>
4. Дымочка М.А., Веригина Н.Б., Турченкова Д.А., Красновская Е.С., Шкурко М.А. Первичная инвалидность взрослого населения Российской Федерации за период 2019–2021 гг. *Медико-социальные проблемы инвалидности*. 2022; 2: 8–19. <https://elibrary.ru/hrgicc>
5. Шарапова О.В., Кича Д.И., Герасимова Л.И., Рукодайнский О.В., Фомина Р.В., Евзерикина А.В. и др. Картографический анализ показателей заболеваемости и смертности от болезней системы кровообращения населения Российской Федерации (2010–2019 гг.). *Комплексные*

- проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2022; 11(1): 56–68. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2022-11-1-56-68> <https://elibrary.ru/zuqvna>
6. Гимаева З.Ф., Бухтияров И.В., Бакиров А.Б., Капцов В.А., Каримова Л.К. Кардиоваскулярный риск у работников нефтехимических производств. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(5): 498–503. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-5-498-503> <https://elibrary.ru/hqarkf>
  7. Баздырев Е.Д., Центер И.М., Часовских Е.В., Нахратова О.В., Цыганкова Д.П., Индукаева Е.В. и др. Факторы сердечно-сосудистого риска у работников угольной отрасли Кузбасса. Фокус на нарушения липидного обмена. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(7): 453–462. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-7-453-462> <https://elibrary.ru/jlhzzw>
  8. Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Мартынов И.Д. Факторы риска развития сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(9): 611–616. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgyrk>
  9. Кузьмина Л.П., Коляскина М.М., Безрукавникова Л.М., Анварул Н.А., Карпушина А.В. Риск развития сердечно-сосудистых осложнений у работников, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание средств связи на базе проводных и беспроводных технологий. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(4): 212–217. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-4-212-217> <https://elibrary.ru/nblwqj>
  10. Валеева Э.Т., Гимранова Г.Г., Шайхлисламова Э.Р. Производственные и непроизводственные факторы риска развития болезней системы кровообращения у работников нефтяной промышленности. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2021; 3: 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-336-3-4-8> <https://elibrary.ru/gfcsvm>
  11. Базарова Е.Л., Вараксин А.Н., Маслакова Т.А., Константинова Е.Д., Федорук А.А., Ошеров И.С. Ведущие факторы риска формирования патологий системы кровообращения и костно-мышечной системы у работников металлургического предприятия. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2023; 11: 50–57. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-50-57> <https://elibrary.ru/nbcszh>
  12. Жураковская Г.П., Петин В.Г. Принципы математического моделирования комбинированных воздействий в биологии и медицине. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2015; 24(1): 61–73. <https://elibrary.ru/tndxgp>
  13. Кузьмина Л.П., Анохин Н.Н., Хотулева А.Г., Кислякова А.А. Разработка прогностической модели для оценки риска развития асбестоза на основании результатов молекулярно-генетических исследований. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(12): 774–780. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-774-780> <https://elibrary.ru/gsuuyr>
  14. Лучинин А.С., Лянгузов А.В. Выбор предикторов для моделей классификации и прогноза в медицине. *Врач и информационные технологии*. 2022; 3: 54–67. [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2022\\_3\\_54](https://doi.org/10.25881/18110193_2022_3_54) <https://elibrary.ru/rcabbs>
  15. Денисов Э.И., Илькаева Е.Н., Прокопенко Л.В., Сивочалова О.В., Степанян И.В., Чесалин П.В. Логика и архитектура построения прогностических моделей в медицине труда. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2009; (65): 20–29. <https://elibrary.ru/kyshuf>
  16. Абрахманова Е.Р., Масыгутова Л.М., Уразаева Э.Р., Шайхлисламова Э.Р., Власова Н.В. Профилактические мероприятия на основе оценки риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы у работников металлургического производства. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2024; 70(1): 13. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2024-70-1-13> <https://elibrary.ru/tfjpus>
  17. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска в стратегии государственного социально-экономического развития. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та; 2024

## References

1. Semenov V.Yu., Samorodskaya I.V., Starinskaya M.A., Boytsov S.A. Nosological structure of mortality from diseases of the circulatory system of the population in three age groups of the population of the Russian Federation. *Menedzher zdravookhraneniya*. 2018; (5): 31–41. <https://elibrary.ru/ovnpvp> (in Russian)
2. Suslin S.A., Kiryakova O.V., Bogatyreva G.P., Izmailov N.S., Sadreeva S.H., Sheshunova R.A. Diseases of the circulatory system as a modern public health problem. *Sovremennye problemy zdravookhraneniya i meditsinskoj statistiki*. 2024; (1): 540–560. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-540-560> <https://elibrary.ru/nylmuy> (in Russian)
3. Verigina N.B., Shkurko M.A., Krasnovskaya E.S. Dynamics of the level of primary disability due to the main classes of diseases among the adult population of the Russian Federation for 2019 – 2020 (information analysis material). *Mediko-sotsial'nye problemy invalidnosti*. 2021; (2): 73–82. <https://elibrary.ru/bvcntg> (in Russian)
4. Dymochka M.A., Verigina N.B., Turchenkova D.A., Krasnovskaya E.S., Shkurko M.A. Primary disability in the adult population of the Russian Federation for the period 2019–2021 (information analysis material). *Mediko-sotsial'nye problemy invalidnosti*. 2022; (2): 8–19. <https://elibrary.ru/hrhicc> (in Russian)
5. Sharapova O.V., Kicha D.I., Gerasimova L.I., Rukodaynyy O.V., Fomina R.V., Evzerikhina A.V. et al. Map analysis of morbidity and mortality from blood circulatory system diseases of the population of the Russian Federation (2010–2019). *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy*. 2022; 11(1): 56–68. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2022-11-1-56-68> <https://elibrary.ru/zuqvna> (in Russian)
6. Gimaeva Z.F., Bukhtiyarov I.V., Bakirov A.B., Kaptsov V.A., Karimova L.K. Cardiovascular risk in petrochemical workers. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 99(5): 498–503. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-5-498-503> <https://elibrary.ru/hqarkf> (in Russian)
7. Bazdyrev E.D., Tsenter I.M., Chasovskikh E.V., Nakhratova O.V., Tsygankova D.P., Indukaeva E.V. et al. Cardiovascular risk factors in Kuzbass coal industry workers. Focus on lipid metabolism disorders. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2024; 64(7): 453–462. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-7-453-462> <https://elibrary.ru/jlhzzw> (in Russian)
8. Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Martynov I.D. Risk factors for the development of heart failure with a preserved left ventricular ejection fraction in workers of the main professions of the coal industry. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(9): 611–616. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgyrk> (in Russian)
9. Kuzmina L.P., Kolyaskina M.M., Bezrukavnikova L.M., Anvarul N.A., Karpushina A.V. The risk of developing cardiovascular complications in employees who operate and maintain communication facilities based on wired and wireless technologies. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2021; 61(4): 212–217. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-4-212-217> <https://elibrary.ru/nblwqj> (in Russian)
10. Valeeva E.T., Gimranova G.G., Shaikhliislamova E.R. Work-related and behavioral risk factors of diseases of the circulatory system in oil industry workers. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; 3(336): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-336-3-4-8> <https://elibrary.ru/gfcsvm> (in Russian)
11. Bazarova E.L., Varaksin A.N., Maslakova T.A., Konstantinova E.D., Fedoruk A.A., Oshero I.S. Leading risk factors for diseases of the circulatory and musculoskeletal systems in metallurgical workers. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2023; 31(11): 50–57. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-50-57> <https://elibrary.ru/nbcszh>

- org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-50-57 <https://elibrary.ru/nbcshz> (in Russian)
12. Zhurakovskaya G.P., Petin V.G. Principles of mathematical modeling of combined effects in biology and medicine. Review of the literature. *Radiatsiya i risk (Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-epidemiologicheskogo registra)*. 2015; 24(1): 61–73. <https://elibrary.ru/tndxgp> (in Russian)
  13. Kuzmina L.P., Anokhin N.N., Khotuleva A.G., Kislyakova A.A. Design of a prognostic model for assessing the risk of developing asbestosis based on the results of molecular genetic studies. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(12): 774–780. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-774-780> <https://elibrary.ru/gsyyp> (in Russian)
  14. Luchinin A.S., Lyanguzov A.V. Feature selection for medical prognostic models. *Vrach i informatsionnye tekhnologii*. 2022; (3): 54–67. [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2022\\_3\\_54](https://doi.org/10.25881/18110193_2022_3_54) <https://elibrary.ru/rcabbs> (in Russian)
  15. Denisov E.I., Ilkaeva E.N., Prokopenko L.V., Sivochalova O.V., Stepanian I.V., Chesalin P.V. Logic and architecture of prognostic models construction in occupational health. *Byulleten' VSNC SO RAMN*. 2009; 1(65): 20–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/kyshuf>
  16. Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A., Scott B.J., Daugherty S.A., Koh Y.O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990; 51(2): 241–247. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
  17. Varaksin A.N., Katsnelson B.A., Panov V.G. et al. Some considerations concerning the theory of combined toxicity: a case study of subchronic experimental intoxication with cadmium and lead. *Food and Chem. Toxicol.* 2014; 64: 144–156. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.024>
  18. Abdrakhmanova E.R., Masyagutova L.M., Urazaeva E.R., Shaikhislamova E.R., Vlasova N.V. Preventive measures based on cardiovascular risk assessment in metallurgical production workers. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*. 2024; 70(1): 13. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2024-70-1-13> <https://elibrary.ru/tjpus> (in Russian)
  19. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Popova A.Yu., May I.V., Ustinova O.Yu., Trusov P.V. et al. *Health Risk Analysis in the Strategy of State Socio-Economic Development*. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., eds. 2<sup>nd</sup> ed. Perm: Perm Nat. Res. Polytech. Univ.; 2024 (in Russian).

**Сведения об авторах:**

Газимова Венера Габдрахмановна

заведующий отделом организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, канд. мед. наук.

E-mail: [venera@ymrc.ru](mailto:venera@ymrc.ru)<https://orcid.org/0000-0003-3591-3726>

Чаурина Диана Васильевна

врач по гигиене труда отдела организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора.

E-mail: [chaurinadv@ymrc.ru](mailto:chaurinadv@ymrc.ru)<https://orcid.org/0009-0009-2545-8169>

Шастин Александр Сергеевич

старший научный сотрудник отдела организации медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, канд. мед. наук.

E-mail: [shastin@ymrc.ru](mailto:shastin@ymrc.ru)<https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>

Константинова Екатерина Даниловна

старший научный сотрудник, зав. лабораторией биостатистики ИПЭ УрО РАН, канд. физ.-мат. наук.

E-mail: [K\\_Konst@ecko.uran.ru](mailto:K_Konst@ecko.uran.ru)<https://orcid.org/0000-0002-2260-744X>

Маслакова Татьяна Анатольевна

научный сотрудник лаборатории биостатистики ИПЭ УрО РАН, канд. физ.-мат. наук.

E-mail: [masta@ecko.uran.ru](mailto:masta@ecko.uran.ru)<https://orcid.org/0000-0001-6642-9027>

Вараксин Анатолий Николаевич

главный научный сотрудник лаборатории биостатистики ИПЭ УрО РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор.

E-mail: [varaksin@ecko.uran.ru](mailto:varaksin@ecko.uran.ru)<https://orcid.org/0000-0003-2689-3006>

Огородникова Светлана Юрьевна

младший научный сотрудник лаборатории биостатистики ИПЭ УрО РАН.

E-mail: [ogor.svetlana@ecko.uran.ru](mailto:ogor.svetlana@ecko.uran.ru)<https://orcid.org/0000-0001-7193-3607>**About the authors:**

Venera G. Gazimova

Head of the Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Cand. of Sci. (Med.).

E-mail: [venera@ymrc.ru](mailto:venera@ymrc.ru)<https://orcid.org/0000-0003-3591-3726>

Diana V. Chaurina

Occupational Hygienist, Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers.

E-mail: [chaurinadv@ymrc.ru](mailto:chaurinadv@ymrc.ru)<https://orcid.org/0009-0009-2545-8169>

Aleksandr S. Shastin

Senior Researcher, Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Cand. of Sci. (Med.).

E-mail: [shastin@ymrc.ru](mailto:shastin@ymrc.ru)<https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>

- Ekaterina D. Konstantinova* Senior Researcher, Head of the Biostatistics Laboratory, Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Cand. of Sci. (Phys. and Math.).  
E-mail: [K\\_Konst@ecko.uran.ru](mailto:K_Konst@ecko.uran.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-2260-744X>
- Tatiana A. Maslakova* Researcher, Biostatistics Laboratory, Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Cand. of Sci. (Phys. and Math.).  
E-mail [masta@ecko.uran.ru](mailto:masta@ecko.uran.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-6642-9027>
- Anatoly N. Varaksin* Chief Researcher, Biostatistics Laboratory, Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Phys. and Math.), Professor.  
E-mail: [varaksin@ecko.uran.ru](mailto:varaksin@ecko.uran.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-2689-3006>
- Svetlana Yu. Ogorodnikova* Junior Researcher, Biostatistics Laboratory, Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.  
E-mail: [ogor.svetlana@ecko.uran.ru](mailto:ogor.svetlana@ecko.uran.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7193-3607>
-