

ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

А. С. Григорьева¹, Т. А. Маслакова², Е. Д. Константинова², Н. В. Якшина¹

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

² Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Статья посвящена проблеме оценки степени влияния комплекса факторов различного происхождения на здоровье работников, занятых в производстве титановых сплавов.

В фокусе данного исследования – построение прогностической регрессионной модели многофакторного воздействия на формирование болезней системы кровообращения у работников. Рассматриваются две группы факторов: непромышленные факторы (поведенческие и индивидуальные) и производственные (токсические вещества, аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия, электромагнитные поля (ЭМП), повышенный уровень шума и вибрации, неблагоприятные параметры микроклимата и др.).

Построена модель прогнозирования вероятности развития заболеваний системы кровообращения высокого качества с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,82$. Модель включает совместное влияние стажа работы во вредных условиях труда, ЭМП, наличия алюминия и его сплавов в воздухе рабочей зоны, а также повышенной температуры.

Применение метода множественной линейной регрессии при анализе статистических связей между воздействующими факторами риска и заболеваемостью работников конкретных профессий позволило выделить ведущие факторы с наибольшим вкладом в развитие патологии и может быть рекомендовано для решения практических задач медицины труда.

Ключевые слова: болезни системы кровообращения; работники металлургических предприятий; титановые сплавы; условия труда; непромышленные факторы; производственная среда; прогностическая модель; регрессионный анализ.

1. Введение

Государственная политика в области сохранения и укрепления здоровья населения требует комплексного подхода к решению поставленных задач на различных уровнях – от федерального до производственного. Ее успешная реализация должна привести к созданию системы взаимодействия трудоспособного населения, руководства предприятия и государственной власти. Эффективное функционирование данной системы позволит достичь снижения суммарной продолжительности временной нетрудоспособности граждан в трудоспособном возрасте и увеличению средней продолжительности жизни населения РФ.

Одним из проектов, направленных на реализацию государственной политики в области сохранения и укрепления здоровья населения, является национальный проект «Здравоохранение», его ключевые цели – снижение смертности населения трудоспособного возраста и смертности населения от сердечно-сосудистых заболеваний.

Болезни систем кровообращения (БСК), их профилактика и лечение представляют собой не только медицинскую, но и социально-экономическую проблему и являются основной причиной смертности во всем мире. По данным Минздрава России, в 2022 г. было зарегистрировано 4 928,7 тыс. пациентов с диагнозом БСК, что составляет 33,6 на 1000 человек населения. При этом 157 тыс.

человек, или 13,5 человека на 10 000 человек населения, были впервые признаны инвалидами. БСК стоят на первом месте среди причин смертности, составив в 2022 г. 831 557 человек [1].

Кроме того, экономический ущерб, связанный с БСК, весьма ощутим. Так, в 2016 г. в РФ он составил 2,7 трлн руб., что эквивалентно 3,2 % внутреннего валового продукта. При этом прямые затраты на оказание медицинской и социальной помощи составляют всего 8,8 % (240,6 млрд руб.), а более чем 90 % (2,5 трлн руб.) составляют потери для экономики страны, связанные с преждевременной смертностью и прекращением работы вследствие временной утраты трудоспособности и инвалидности [2].

В связи с этим вопрос выбора четких социально-экономических рычагов управления лицами, принимающими решения в разных секторах экономики с целью снижения смертности населения трудоспособного возраста от БСК, представляется весьма важным.

Металлургическое производство – одна из базовых отраслей экономики РФ, обеспечивающая конструкционными материалами, черными и цветными, остальные отрасли. По удельному весу численности работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, металлургия занимает первое место среди других видов экономической деятельности и составляет 70 % [3].

Титановое производство, относящееся к цветной металлургии, связано с воздействием производственных факторов, которые негативно влияют на здоровье и работоспособность человека и могут приводить к различным профессиональным заболеваниям [4]. Согласно исследованиям, у рабочих, занятых в производстве сплавов цветных металлов, наблюдается широкий спектр заболеваний дыхательной, сердечно-сосудистой, костно-мышечной и нервной систем [5].

Установление причинно-следственных связей между распространенностью патологий у работников и производственными факторами – задача неординарная. Ее выполнение требует адекватного, надежного инструмента, позволяющего элиминировать влияние конфаундеров и выявлять статистически значимые связи. Для этой цели перспективным является использование математического аппарата, основанного на применении корреляционного и регрессионного анализа [6].

При выявлении факторов, влияющих на распространенность БСК у рабочих металлургических предприятий, в ходе исследования было выделено две группы: факторы производственной среды и непроизводственные факторы.

Непроизводственные факторы риска можно разделить на поведенческие (курение табака, злоупотребление алкоголем, несбалансированное питание, отсутствие физической активности), физиологические, или индивидуальные (повышенный вес или ожирение, гиподинамия, высокое артериальное давление, высокий уровень холестерина в крови, высокое содержание глюкозы в крови), демографические, генетические [7].

Факторы производственной среды включают в себя шум, пониженную температуру воздуха, тепловое излучение, ЭМП, тяжесть и напряженность трудового процесса. Технологический процесс производства титановых сплавов характеризуется использованием и образованием веществ, обладающих остронаправленным (плавиковая, соляная, серная кислоты, оксиды азота и др.), раздражающим, аллергенным, канцерогенным (в том числе хром, никель, графиты на основе каменноугольного пека и нефтяного кокса, асбест, неочищенные нефтяные масла, формальдегид и др.) и иными неблагоприятными биологическими эффектами, а также образованием аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (титан, алюминий, железо, электрокорунд, карбид кремния, диоксид кремния в составе стеклосмазок, шамота, кварцита и др.) [8].

Предыдущими исследованиями установлено, что у работников по производству титановых сплавов показатели заболеваемости выше, чем у людей, не связанных с вредным производством [9].

Кроме того, сочетанное воздействие вредных производственных, индивидуальных и поведенческих факторов усиливает неблагоприятные изменения в организме [10].

Цель настоящей работы – определить комплекс ведущих факторов риска повышения распространенности БСК у плавильщиков, работающих на производстве титановых сплавов.

2. Материалы и методы

Для определения уровней воздействия вредных производственных факторов (ВПФ) и установления классов условий труда на металлургическом предприятии по производству титановых сплавов в 2020 г. была проведена специальная оценка условий труда на рабочих местах кузнечных отделений кузнечно-пруткового и кузнечно-прессового цехов. Оценка ВПФ производственной среды и трудового процесса производилась в соответствии с гигиеническим Руководством 2.2.2006-05 по данным специальной оценки и производственного контроля условий труда.

Для определения наличия индивидуальных и поведенческих факторов риска развития БСК использовались обезличенные данные материалов периодического медицинского осмотра 2020 г. для 229 мужчин, занятых в ведущей профессии – плавильщик.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica for Windows version 10. К первичным данным была применена процедура скользящего среднего (СС). После чего дихотомическая переменная – заболеваемость – была преобразована в непрерывную [11]. В результате применения процедуры СС с окном 20 наблюдений и шагом 1 наблюдение была получена база данных, включающая 210 случаев.

Для оценки наличия и силы взаимосвязи между переменными использовался корреляционный анализ [12].

Для построения прогностических моделей формирования патологии БСК на основе данных о факторах риска нарушения здоровья использован метод множественной линейной регрессии. Это традиционный метод в изучении статистических связей между объясняемой Y и объясняющими X количественными переменными [6]. В нашем случае объясняемой переменной выступала вероятность заболевания, объясняющими переменными – производственные, поведенческие и индивидуальные факторы риска. Была отобрана модель с наилучшим качеством прогнозирования.

3. Результаты

Для анализа распространенности патологии БСК была выбрана одна из ведущих профессий металлургического производства – плавильщик. Условия труда плавильщиков производства титановых сплавов, в зависимости от технологии плавки и применяемого оборудования, характеризуются классом 3 (вредные) 1–3 степени.

Распространенность БСК составляла 25,0 %, средний возраст – $36,5 \pm 10,3$ лет, средний стаж работы во вредных условиях труда $19,0 \pm 11,4$ лет, гиподинамия была отмечена у 42,1 %, курение у 44,2 %, различные степени ожирения наблюдались у 18,1 %.

Основные производственные факторы, воздействующие на плавильщиков: тепловое излучение, повышенная температура, шум, титан, марганец и его соединения, алюминий и его соединения, аэрозоли металлов в составе сплавов, медь и ее соединения, хром (VI), диоксид кремния, соединения хлора, оксид углерода, оксиды азота, кремнийсодержащие аэрозоли, никель и его соединения, диоксид серы, фтор и его соединения, смеси углеводородов.

Качество модели, построенной на первичных (непреобразованных) данных, было неудовлетворительным. Для преобразования первичных данных был применен

метод скользящего среднего. Метод скользящего среднего позволил сгладить случайные колебания факторов, влияющих на распространенность патологии при переходе от одного случая к другому.

На предварительном этапе был проведен корреляционный анализ оценки взаимосвязи между откликом и предикторами (в нашем случае распространенностью БСК и изучаемыми факторами). В табл. 1 приведены значимые коэффициенты корреляции между распространенностью БСК и индивидуальными и производственными факторами ($p < 0,001$).

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между распространенностью БСК и независимыми переменными

Фактор	Распространенность БСК
Возраст, лет	0,86
Стаж, лет	0,87
ИМТ, кг/м ²	0,80
Гиподинамия	0,52
Алюминий, его сплавы, мг/м ³	0,27
Электромагнитное поле, В/м	0,68
Повышенная температура, °С	0,52

Для исключения учета случайных корреляций были проанализированы диаграммы рассеяния.

Также с помощью корреляционного анализа были вычислены коэффициенты корреляции между предикторами, представленными в табл. 1. Коэффициенты корреляции между независимыми переменными приведены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между независимыми переменными

	Стаж	ИМТ	Гиподинамия	Алюминий и его сплавы	Электромагнитное поле	Повышенная температура
Возраст, лет	1,00	0,87	0,57	0,30	0,80	0,58
Стаж, лет		0,87	0,61	0,31	0,81	0,58
ИМТ, кг/м ²			0,65	0,21	0,65	0,49
Гиподинамия				0,28	0,53	0,26
Алюминий, его сплавы, мг/м ³					0,45	-0,32
Электромагнитное поле, В/м						0,68

Все приведенные в таблицах коэффициенты корреляции статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

Анализ табл. 2 выявил дублирующие друг друга показатели (Возраст и Стаж). Для включения в модель был оставлен фактор Стаж. Для учета корреляций между переменными в модель были включены перекрестные члены, представляющие собой произведение всех возможных пар факторов из табл. 2.

С помощью процедуры пошаговой линейной регрессии была построена предиктивная модель. Модель имеет вид:

$$\text{БСК} = -0,055 + 0,00096 \cdot \text{Стаж} \cdot \text{ЭМП} - 0,012 \cdot \text{ЭМП} + 0,0013 \cdot \text{AL} \cdot \text{Повышенная температура} \quad (1)$$

Коэффициент детерминации построенной модели равен 0,82. В предметном смысле это означает, что 82,0 % дисперсии показателя БСК объясняется с помощью выбранных переменных.

Дополнительно были построены поверхности отклика, которые позволяют визуально оценить влияние двух факторов на распространенность БСК. На рис. 1 представлена зависимость распространенности БСК от стажа работы во вредных условиях и уровня загрязнения воздуха рабочей зоны алюминием и его сплавами. На рис. 2 представлена зависимость распространенности БСК от стажа работы во вредных условиях и уровня повышенной температуры воздуха рабочей зоны.

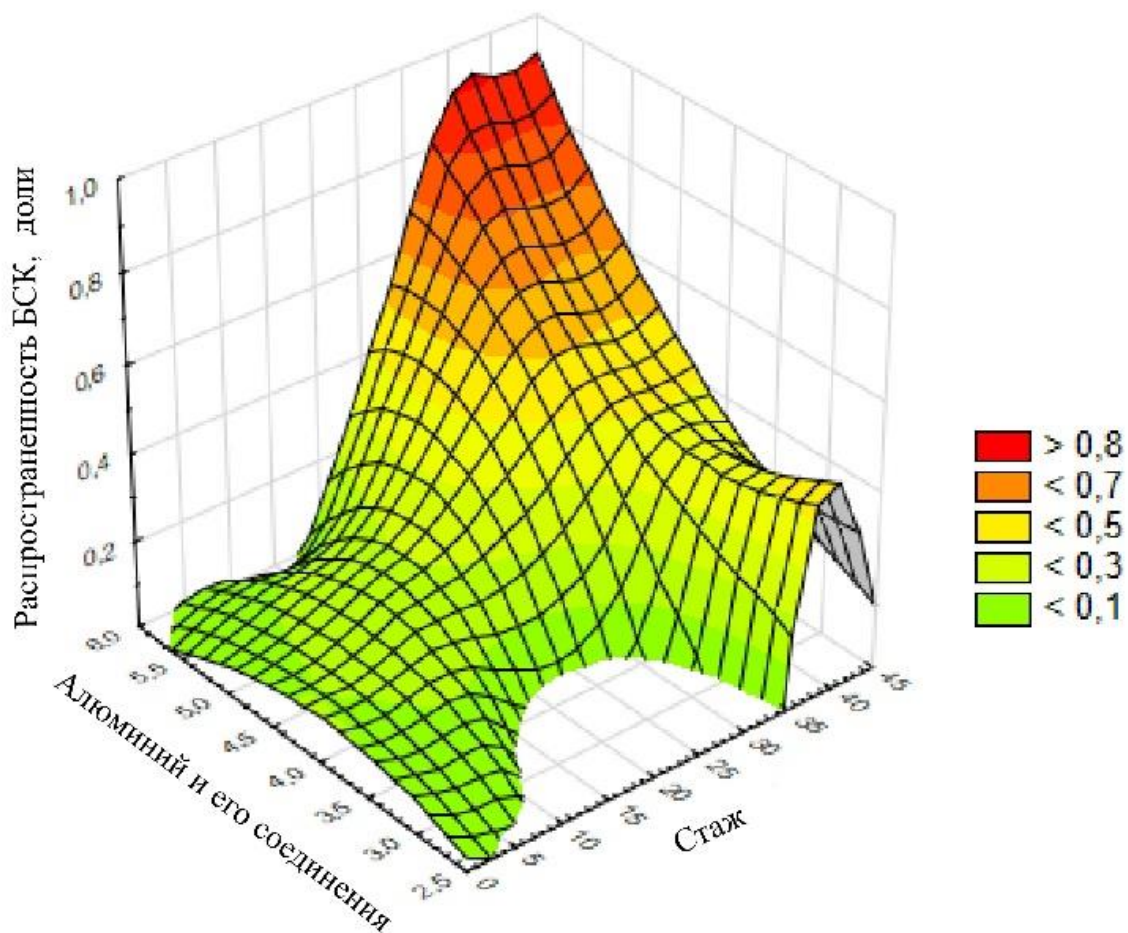


Рис. 1. Изменение распространенности БСК при изменении факторов Стаж и Концентрация алюминия в воздухе рабочей зоны

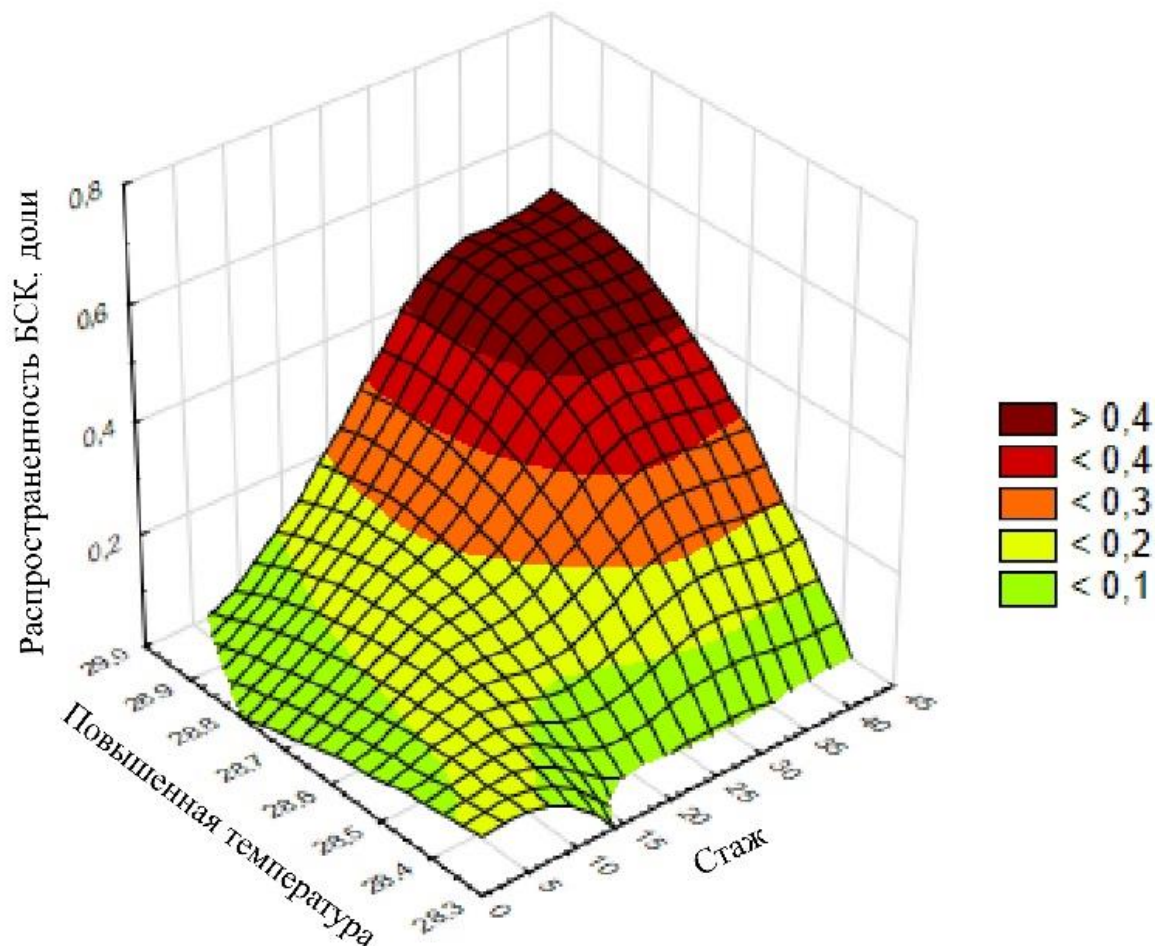


Рис. 2. Изменение распространенности БСК при изменении факторов Стаж и Повышенная температура в производственном цехе

Как следует трактовать подобные графики, рассмотрим на примере описания рис. 1. При стаже работы во вредных условиях до 10 лет и любом уровне загрязнения воздуха рабочей зоны алюминием и его сплавами распространенность БСК составляет менее 10 %. При стаже работы во вредных условиях больше 30 лет и максимальных уровнях загрязнения распространенность БСК превышает 80 %.

Аналогично трактуется рис. 2. При стаже работы во вредных условиях до 5 лет и любом уровне повышенной температуры в цехе распространенность БСК составляет менее 10 %. При уровне температуры воздуха рабочей зоны в цехе 28,8 °С и увеличении стажа работы распространенность БСК плавно возрастает от 10 до 40 % и более.

4. Обсуждение

Результаты, полученные в настоящем исследовании, согласуются с данными ряда авторов. Так, в работе [13] И. Л. Телкова выделила среди возможных производственных вредностей, которые могут оказывать влияние на здоровье сердечно-сосудистой системы, вибрацию, шум, микроклимат, химические вещества, биологические факторы.

В. В. Харченко в популяционном исследовании пишет о том, что на неблагоприятие эпидемиологической ситуации в отношении ишемической болезни сердца оказывают влияние социально-экономические, культурные, географические, поведенческие факторы и характер трудовой деятельности [14].

Исследования, проводимые С. Э. Шибановым и др. на территории Крыма в отношении взаимосвязи распространенности БСК и параметров электромагнитной

обстановки, создаваемой терминалами мобильной связи, выявили достоверные корреляционные взаимосвязи показателей общей заболеваемости БСК с энергетической и интегральной характеристикой электромагнитного излучения ($p < 0,01$) [15].

В статье С. А. Бабанова и др., посвященной исследованию воздействия ВПФ на поражение сердечно-сосудистой системы, отмечено, что нагревающий микроклимат, а также высокая влажность оказывают прогипертензивный эффект, особенно в отношении систолического давления [16].

Исследования, проведенные Н. И. Паневым, показали, что у работников алюминиевой промышленности значительно чаще встречаются заболевания сердечно-сосудистой системы, такие как артериальная гипертензия и атеросклероз с поражением периферических и экстракраниальных артерий, а также мультифокальный атеросклероз. Эти данные подтверждают, что неблагоприятные производственные факторы данной отрасли выступают в качестве дополнительного фактора риска, способствующего развитию сердечно-сосудистой патологии [17].

Вместе с тем полученные нами результаты отличаются от результатов предыдущих исследований в части некоторых поведенческих факторов. Так, в настоящем исследовании не обнаружено значимого влияния курения и злоупотребления алкоголем на распространенность БСК, в то время как в работе [18] среди основных причин широкого распространения БСК указывается отсутствие у населения повседневного поведения, связанного с сохранением здоровья, и наличие факторов риска: злоупотребление алкогольными напитками, нерациональное питание, низкая двигательная активность, курение, повышенный уровень глюкозы и холестерина в крови, увеличенная масса тела.

Исследования, проведенные И. А. Чешиком, указали на значительно более высокий риск сердечно-сосудистых осложнений у курящих по сравнению с некурящими, а также на то, что инсулинорезистентность, повышение уровня глюкозы в крови и избыточная масса тела также играют роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваний, однако не настолько значимы, как курение [19].

Курение – один из основных факторов развития хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания. Отсутствие в результатах настоящего исследования статистически значимых различий с доказанными факторами риска развития БСК – курением и злоупотреблением алкоголем, – возможно, связано с качеством заполнения анкет респондентами на наличие у исследуемых работников данных факторов риска.

Выводы нашего исследования о ведущих факторах риска формирования БСК справедливы для конкретной профессиональной группы с ее характерным сочетанием производственных и индивидуальных факторов риска.

5. Выводы

При анализе влияния комплекса факторов на риск развития экономически и социально значимой хронической патологии у плавильщиков производства титановых сплавов (с помощью метода множественной линейной регрессии) выявлено, что наиболее сильное влияние на формирование БСК оказало сочетанное влияние стажа во вредных условиях труда, повышенной температуры, наличия ЭМП и паров алюминия в воздухе рабочей зоны.

Полученные результаты позволяют сформировать профилактическую стратегию корпоративных оздоровительных программ по снижению распространенности БСК. Разработка и реализация так называемых стратегий предупреждения предполагают изменение санитарно-гигиенических норм на производстве и ограничение воздействия указанных факторов на организм работников, проведение медико-санитарного контроля за состоянием здоровья работников и их медико-социальной защиты. В предметном смысле в стратегии должны сочетаться меры по улучшению условий труда (уменьшение уровней и длительности воздействия ЭМП, высокой

температуры, других вредных производственных факторов на рабочих местах) и формированию здорового образа жизни (популяризация правильного питания, физической активности, здорового образа жизни в целом).

6. Список литературы

1. Заболеваемость населения по основным классам болезней в 2000–2022 гг. // Росстат. [Электронный ресурс]. – URL:<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13264> (дата обращения: 12.08.2024).
2. Экономика профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации / А. В. Концевая, Д. К. Муканеева, В. И. Игнатъева [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2023. – № 28 (9). – С. 19–26. – EDN KNLBZO.
3. Состояние условий труда работников организаций Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности 2022 году. – М. : Росстат. – Т. 1. – С. 1–15. [Электронный ресурс]. – URL:<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13264> (дата обращения: 21.07.2024).
4. Базарова, Е. Л. Влияние вредных производственных факторов на заболеваемость работников производства титановых сплавов / Е. Л. Базарова // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 36–43. – EDN UWALGZ.
5. Овсянкин, А. Д. Охрана труда: учеб. пособие / А. Д. Овсянкин, Г. З. Файнбург. – 8-е изд., перераб. и доп. – Владивосток : ФГОУ ВПО ПИГМУ, 2007. – 449 с.
6. Белоскурская, Г. И. Влияние основных факторов титанового производства на организм (клинико-экспериментальные исследования): автореф. дис. д-ра мед. наук: 14.00.07 / Галина Иосифовна Белоскурская. – Алма-Ата, 1973. – 30 с.
7. Синдеева, Л. В. Применение методов регрессионного анализа в биомедицинских исследованиях / Л. В. Синдеева, Н. Н. Медведва, В. Г. Николаев [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – № 2. – С. 216–219. – EDN QZFBLL.
8. Факторы риска для здоровья и возникновения заболеваний / Education That Improvers : [Электронный ресурс]. – URL: <https://toolbox.eupati.eu/resources/факторы-риска-для-здоровья-и-возникно/?lang=ru> (дата обращения: 12.05.2024).
9. Базарова, Е. Л. Оценка профессионального риска нарушений здоровья работников производства титановых сплавов / Е. Л. Базарова // Медицина труда и промышленная экология. – 2007. – № 3. – С. 14–20. – EDN KGLFIT.
10. Риск формирования профессиональной, производственно обусловленной и общесоматической патологии у работников металлургических производств / Л. М. Масыгутова, Е. Р. Абдрахманова, Э. Ф. Габдулвалеева, В. А. Перминова // Вестник Авиценны. – 2021. – № 2. – С. 280–290. – EDN DFHPWU.
11. Сглаживание скользящих средних – достоинства и недостатки // ВебМастерМаксим.ру. – Режим доступа: <http://webmastermaksim.ru/foreks/sglazhivanie-skolzyashnix-srednix-dostoinstva-nedostatki.html> (дата обращения: 12.05.2024).
12. Ильин, В. П. Корреляционный анализ количественных данных в медико-биологических исследованиях / В. П. Ильин // Профилактическая медицина. – 2013. – № 4. – С. 125–130. – EDN RBEBAL.
13. Телкова, И. Л. Профессиональные особенности труда и сердечно-сосудистые заболевания: риск развития и проблемы профилактики. Клинико-эпидемиологический анализ / И. Л. Телкова // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – № 1. – С. 17–26. – EDN OYAYGL.
14. Социально-экономические и социально-психологические факторы риска болезней системы кровообращения в России / В. В. Харченко, М. М. Вирин, М. В. Корякин [и др.] // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2005. – № 6. – С. 49–60.
15. Шибанов, С. Э. Электромагнитная обстановка, создаваемая мобильной связью, как фактор риска повышения распространенности болезней системы кровообращения / С. Э. Шибанов, С. Г. Яценко, С. Ю. Рыбалко // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 3. – С. 78–82. – EDN FXDDON.
16. Бараева, Р. А. Профессиональные поражения сердечно-сосудистой системы / Р. А. Бараева // Русский медицинский журнал. – 2015. – № 15. – С. 900–907. – EDN UDXSUP.

17. Распространенность сердечно-сосудистой патологии у работников алюминиевой промышленности / Н. И. Панев, О. Ю. Коротенко, С. Н. Филимонов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – № 3. – С. 276–279. – EDN ZBZDLN.
18. Болезни системы кровообращения как современная проблема общественного здоровья / С. А. Суслин, О. В. Кирьякова, Г. П. Богатырева [и др.] // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – № 1. – С. 540–560. – EDN NYLMUY.
19. Чешик, И. А. Эпидемиология наиболее распространенных факторов риска, влияющих на развитие болезней системы кровообращения, и их вклад в смертность мужского населения трудоспособного возраста / И. А. Чешик, Т. М. Шаршакова // Проблемы здоровья и экологии. – 2018. – С. 8–15. – EDN YUZFYU.

Сведения об авторах:

Григорьева Анастасия Сергеевна, магистр Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
e-mail: grigoreva_anastasya02@mail.ru.

Маслакова Татьяна Анатольевна, к.ф.-м.н., научный сотрудник Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Константинова Екатерина Даниловна, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией биостатистики Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.

Якшина Наталья Владимировна, к.ф.-м.н., доцент Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

CONSTRUCTION OF A PREDICTIVE STATISTICAL MODEL OF THE FORMATION OF DISEASES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN TITANIUM ALLOY PRODUCTION WORKERS

A. S. Grigorieva¹, T. A. Maslakova², E. D. Konstantinova², N. V. Yakshina¹

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

² Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The article is devoted to the problem of assessing the degree of influence of a complex of factors of various origins on the health of workers engaged in the production of titanium alloys.

The focus of this study is to build a predictive regression model of multifactorial effects on the formation of diseases of the circulatory system in workers. Two groups of factors are considered: non-industrial factors (behavioral and individual), and industrial (toxic substances, aerosols, mainly of fibrogenic action, electromagnetic fields (EMF), increased noise and vibration, unfavorable microclimate parameters, etc.).

A model for predicting the probability of developing diseases of the circulatory system of high quality with a coefficient of determination $R^2 = 0.82$ is constructed. The model includes the combined effect of work experience in harmful working conditions, EMF, the presence of aluminum and its alloys in the air of the work area, as well as elevated temperatures.

The use of the multiple linear regression method in the analysis of statistical relationships between the influencing risk factors and the morbidity of workers in specific professions has allowed us to identify the leading factors with the greatest contribution to the development of pathology and can be recommended for solving practical problems of occupational medicine.

Keywords: diseases of the circulatory system; workers of metallurgical enterprises; titanium alloys; working conditions; non-productive factors; production environment; prognostic model; regression analysis.

References

1. Morbidity of the population by main classes of diseases in 2000-2022 // Rosstat [Electronic resource]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13264> (accessed: 08.12.2024). [In Russian].
2. Economics of prevention of cardiovascular diseases in the Russian Federation / A. V. Kontsevaya, D. K. Mukaneeva, V. I. Ignatieva [et al.] // Russian Journal of Cardiology. – 2023. – No 28 (9). – pp. 19–26. – EDN KNLBZO. [In Russian].
3. The state of working conditions of employees of organizations of the Russian Federation for certain types of economic activity in 2022 – M. : Rosstat. – Vol. 1. – pp. 1-15. [Electronic resource]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13264> (accessed: 07.21.2024). [In Russian].
4. Bazarova, E. L. The influence of harmful production factors on the morbidity of workers in the production of titanium alloys / E. L. Bazarova // Occupational medicine and human ecology. - 2015. – No 4. – pp. 36–43. – EDN UWALGZ. [In Russian].
5. Ovsjankin, A. D. Labor protection: textbook / A. D. Ovsjankin, G. Z. Fajnborg. – 8th ed., reprint and additional. – Vladivostok : FGOU VPO PYGMU, 2007. – 449 p. [In Russian].
6. Beloskurskaya, G. I. The influence of the main factors of titanium production on the body (Clinical and experimental studies): abstract of the dissertation of the Doctor of Medical Sciences: 14.00.07 / Galina Iosifovna Beloskurskaya. – Alma-Ata, 1973. – 30 p. [In Russian].
7. Sindeeva, L. V. Application of regression analysis methods in biomedical research / L. V. Sindeeva, N. N. Medvedva, V. G. Nikolaev [et al.] // Bulletin of new medical technologies. – 2013. – No 2. – pp. 216-219. – EDN QZFBLL. [In Russian].
8. Risk factors for health and the occurrence of diseases / Education That Improves : [Electronic

- resource]. – URL: <https://toolbox.eupati.eu/resources/факторы-риска-для-здоровья-и-возникно/?lang=ru> (accessed: 05.12.2024). [In Russian].
9. *Bazarova E. L.* Assessment of the occupational risk of health disorders of workers in the production of titanium alloys / E. L. Bazarova // Occupational medicine and industrial ecology. – 2007. – No 3. – pp. 14-20. – EDN KGLFIT. [In Russian].
 10. The risk of formation of professional, production-related and general somatic pathology in workers of metallurgical industries / L. M. Masyagutova, E. R. Abdrakhmanova, E. F. Gabdulvaleeva, V. A. Perminova // Bulletin of avicenna. – 2021. – No 2. – pp. 280–290. – EDN DFHPWU. [In Russian].
 11. Smoothing moving averages – advantages and disadvantages // VebMasterMaksim.ru. – Access mode: <http://webmastermaksim.ru/foreks/sglazhivanie-skolzyashhix-srednix-dostoinstva-nedostatki.html> (accessed: 12.05.2024). [In Russian].
 12. Ilyin, V. P. Correlation analysis of quantitative data in biomedical research / V. P. Ilyin // Preventive medicine. – 2013. – No 4. – pp. 125–130. – EDN RBEBAL. [In Russian].
 13. Telkova, I. L. Occupational characteristics of work and cardiovascular diseases: risk of development and problems of prevention. Clinical and epidemiological analysis / I. L. Telkova // Siberian Medical Journal. – 2012. – No 1. – pp. 17–26. – EDN OYAYGL. [In Russian].
 14. Socio-economic and socio-psychological risk factors for diseases of the circulatory system in Russia / V. V. Kharchenko, M. M. Virin, M. V. Koryakin [et al.] // Public health and healthcare. – 2005. – No 6. – pp. 49–60. [In Russian].
 15. *Shibanov, S. E.* The electromagnetic environment created by mobile communications as a risk factor for increasing the prevalence of diseases of the circulatory system / S. E. Shibanov, S. G. Yashchenko, S. Y. Rybalko // Health risk analysis. – 2021. – No 3. – pp. 78–82. – EDN FXDDON. [In Russian].
 16. *Baraeva, R. A.* Occupational lesions of the cardiovascular system / R. A. Baraeva // Russian medical journal. – 2015. – No 15. – pp. 900–907. – EDN UDXSUP. [In Russian].
 17. Prevalence of cardiovascular pathology in workers of the aluminum industry / N. I. Panev, O. Yu. Korotenko, S. N. Filimonova // Hygiene and sanitation. – 2019. – No 3. – pp. 276–279. – EDN ZBZDLN. [In Russian].
 18. Diseases of the circulatory system as a modern problem of public health / S. A. Suslin, O. V. Kiryakova, G. P. Bogatyreva [et al.] // Modern problems of healthcare and medical statistics. – 2024. – No 1. – pp. 540-560. – EDN NYLMUY. [In Russian].
 19. *Cheshik, I. A.* Epidemiology of the most common risk factors affecting the development of diseases of the circulatory system and their contribution to the mortality of the male population of working age / I. A. Cheshik, T. M. Sharshakova // Problems of health and ecology. – 2018. – pp. 8–15. – EDN YUZFYU. [In Russian].