

Читать
онлайн
Read
online

Кулешова М.В., Панков В.А., Дьякович М.П.

Применение метода нормированных интенсивных показателей для прогнозирования профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665826, Ангарск, Россия

Введение. Выявление факторов риска возникновения профессиональных заболеваний путём сопоставления различных прогностических критериев является одной из важнейших задач гигиены и профпатологии.

Цель исследования – разработка прогностической матрицы профессиональной заболеваемости (ПЗ) в ведущих отраслях промышленности Иркутской области по комплексу основных факторов-предикторов с помощью метода нормированных интенсивных показателей (НИП).

Материалы и методы. Использован информационный массив многолетней ПЗ в ведущих отраслях промышленности Иркутской области. Для оценки силы влияния на ПЗ факторов-предикторов использован метод расчёта весовых индексов, а для расчёта прогностической значимости факторов – метод НИП.

Результаты. Установлено, что риск ПЗ связан с принадлежностью к определённой профессии ($OR = 61,8$), сочетанным воздействием вредных факторов производственной среды ($OR = 23,8$), обусловленным несовершенством технологического процесса и оборудования. Стаж работы в контакте с вредным фактором, возраст пострадавшего, отрасль промышленности также значимы, но степень их влияния на возникновение ПЗ значительно ниже. По факторам-предикторам рассчитан риск ПЗ, определён возможный его диапазон (0,019–0,412 у.е.) с тремя поддиапазонами (благоприятный, неопределённый и неблагоприятный прогноз). Риски ПЗ у лиц в возрасте до 40 лет со стажем работы 1–4 года, работающих в профессии машиниста экскаватора, сборщика-клепальщика и подвергающихся сочетанному воздействию физических факторов, составили 0,269 и 0,226 (неопределённый прогноз). Величины риска ПЗ у работников этих профессий с ростом стажа и возраста увеличиваются на 24,4 и 29,1% соответственно, достигая максимума при стаже 30 и более лет в возрасте 50–59 лет (0,334 и 0,292, неблагоприятный прогноз). К ограничениям настоящей модели НИП следует отнести то, что в число факторов-предикторов не включены клинично-функциональные, биохимические и социально-психологические показатели работников.

Ограничения исследования. При изучении профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности Иркутской области и разработке прогностической матрицы был проведён анализ 1862 случаев впервые выявленных профессиональных заболеваний за 10-летний период, 11 основных факторов-предикторов, что представляет собой достаточную референтную выборку.

Заключение. Использование НИП позволяет дать интегрированную оценку риска ПЗ как по отдельным факторам, так и по их комплексу, определить группы риска.

Ключевые слова: профессиональная заболеваемость; отрасли промышленности; метод нормированных интенсивных показателей

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Кулешова М.В., Панков В.А., Дьякович М.П. Применение метода нормированных интенсивных показателей для прогнозирования профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(9): 1058–1064. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1058-1064> <https://www.elibrary.ru/zzqgus>

Для корреспонденции: Панков Владимир Анатольевич, доктор мед. наук, зав. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск. E-mail: imt_angarsk@mail.ru

Участие авторов: Кулешова М.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Панков В.А. – концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Дьякович М.П. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование выполнено в рамках финансирования исполнения государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

Поступила: 27.07.2022 / Принята к печати: 04.08.2022 / Опубликовано: 30.09.2022

Marina V. Kuleshova, Vladimir A. Pankov, Marina P. Dyakovich

Application of the Intensity Normalization Indicators method for predicting occupational morbidity in leading industries

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation

Introduction. Identification of risk factors for the occurrence of occupational diseases by comparing various prognostic criteria is one of the most important tasks of hygiene and occupational health.

The purpose of the study is to develop a prognostic matrix of occupational morbidity (OM) in the leading industries of the Irkutsk region for a set of main predictor factors using the method of intensity normalization indicators (INI).

Materials and methods. There was used an information array of long-term OM in the leading industries of the Irkutsk region. The method of calculating weight indices was used to assess the strength of the influence of OM predictor factors and the INI method was used to calculate the prognostic significance of the factors.

Results. The risk of occupational disease (OD) has been established to be associated with belonging to a certain occupation ($OR=61.8$), combined exposure to harmful factors in the working environment ($OR=23.8$), due to the imperfection of the technological process and equipment. The work experience with a harmful occupational factor, the age of employee, the industry are also significant, but the degree of their influence on the occurrence of OD is much lower. Based on the predictor factors, the risk of OD was calculated, its possible range (0.019–0.412 conventional units) with three subranges (favourable, uncertain and unfavourable prognosis) was determined. The risks of OD in persons with a work experience of 1–4 years, under the age of 40, exposed to the combined effects of physical factors, working as excavator driver and an assembler-riveter, were 0.269 and 0.226 (uncertain forecast). The risk values of OD in workers

of these occupations increase by 24.4% and 29.1%, respectively, with an increase in length of service and age, reaching a maximum at the age of 50–59 years with an work experience of 30 or more years (0.334 and 0.292, unfavourable prognosis). The limitations of this INI model include the non-inclusion of clinical, functional, biochemical and socio-psychological indicators of workers among the predictor factors.

Limitations. An analysis of one thousand eight hundred sixty two cases of newly diagnosed occupational diseases over a 10-year period, 11 main predictor factors, which is a sufficient reference sample, was made to study occupational morbidity in the leading industries of the Irkutsk region and developing a prognostic matrix.

Conclusion. The use of INI makes it possible to give an integrated risk assessment of the OD both for individual factors and for their complex, and to determine risk groups.

Keywords: occupational morbidity; industries; normalized intensity indicator method

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of the conclusion of the Biomedical Ethical Committee.

For citation: Kuleshova M.V., Pankov V.A., Dyakovich M.P. Application of the Intensity Normalization Indicators method for predicting occupational morbidity in leading industries. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1058–1064. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1058-1064> <https://www.elibrary.ru/zzaqgus> (In Russian)

For correspondence: Vladimir A. Pankov, MD, PhD, DSci, Head of Ecological and Hygienic Research Laboratory, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation. E-mail: lm_t_angarsk@mail.ru

Information about authors:

Kuleshova M.V., <https://orcid.org/0000-0001-9253-2028> Pankov V.A., <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630> Dyakovich M.P., <https://orcid.org/0000-0002-5970-5326>

Contribution: Kuleshova M.V. – concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article; Pankov V.A. – concept and design of the study, collection of material, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Dyakovich M.P. – concept and design of the study, statistical processing, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

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

Acknowledgment. The work was performed within the funds allocated for the implementation of the State task for the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Received: July 27, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение

Иркутская область является индустриально развитым регионом, в котором расположены крупные предприятия ведущих отраслей промышленности (добыча полезных ископаемых, производство летательных аппаратов, металлургическое производство, воздушный транспорт), вносящие значительный вклад в уровень профессиональной заболеваемости [1]. В структуре профессиональной заболеваемости (ПЗ) в регионе лидирующие места занимают болезни, вызванные воздействием физических факторов (шума и вибрации), промышленных аэрозолей, физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем [2].

Заболевания, вызванные воздействием факторов производственной среды, не только являются причиной снижения доли трудоспособного населения, роста затрат на социальную помощь [3], но и могут способствовать развитию и прогрессированию общих заболеваний [4, 5], а также приводить к преждевременной смертности, о чём свидетельствуют когортные эпидемиологические исследования [6–12].

Актуальность системного подхода к управлению здоровьем работающего населения на основе предварительной оценки показателей здоровья и формирующих его факторов очевидна [13, 14]. Кроме того, государственная политика в области охраны труда направлена на переход к риск-ориентированной модели, которая базируется на проведении превентивных мероприятий, позволяющих экономить или снижать издержки, связанные с неблагоприятными условиями труда [15, 16].

В настоящее время в России и за рубежом широко используются математико-статистические методы прогнозирования заболеваемости населения – как в целом, так и применительно к отдельным заболеваниям [17–23], причём их перечень расширяется по мере появления статистических данных, позволяющих проводить соответствующий анализ. В отечественной и зарубежной литературе представлены работы, посвящённые прогнозированию профессиональной заболеваемости с помощью различных математико-статистических подходов [24–30]. Однако исследования, связанные с прогнозированием распространённости профессиональной патологии по комплексу факторов-предикторов, в доступной нам литературе встречаются очень редко [31–34].

Несмотря на достигнутые авторами положительные результаты, следует отметить, что для получения прогнозных значений ПЗ не всегда удаётся использовать весь комплекс

имеющихся данных, отсутствует вероятностный анализ риска ПЗ с учётом демографических и иных характеристик пострадавших. В то же время выявление факторов риска возникновения профессиональных заболеваний путём сопоставления различных прогностических критериев является одной из важнейших задач гигиены и профпатологии.

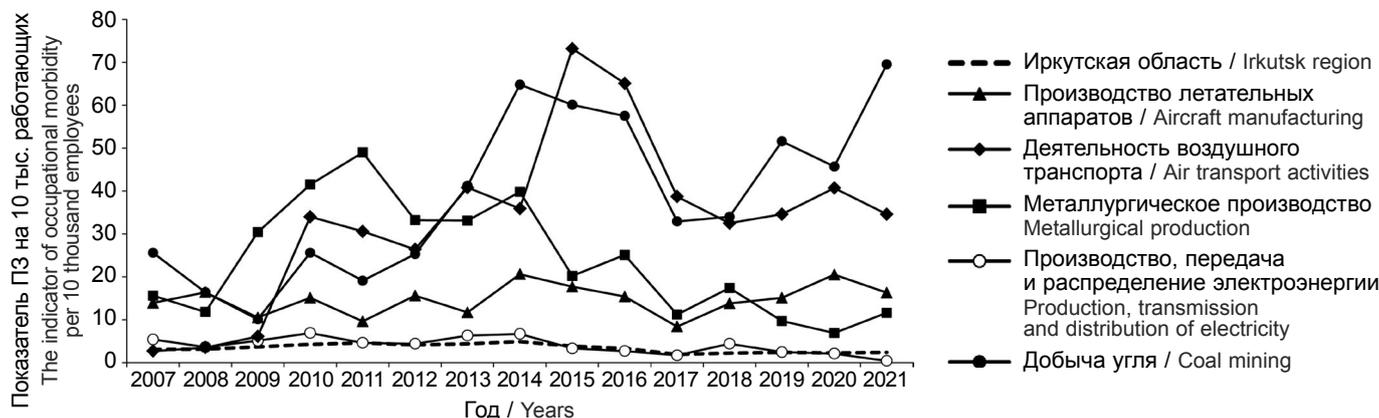
С учётом вышеизложенного нами была определена цель исследования – разработка прогностической матрицы формирования профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности Иркутской области по комплексу основных факторов-предикторов с помощью метода нормированных интенсивных показателей (НИП).

Материалы и методы

В исследовании использованы статистические данные о профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности Иркутской области за период 2007–2021 гг., представленные в государственных докладах «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области». На основе карт учёта профессионального заболевания (отравления)¹ в Иркутской области был сформирован информационный массив данных, включающих отрасль промышленности, возраст пострадавшего, стаж работы в контакте с вредным производственным фактором, вызвавшим профзаболевание, профессию, в которой заняты пострадавшие, основной и сопутствующие вредные производственные факторы, обстоятельства возникновения, вид, форма, тяжесть профзаболевания, основной и сопутствующий диагнозы.

Для оценки силы влияния факторов-предикторов на формирование ПЗ использован метод расчёта весовых индексов, а для расчёта прогностической значимости факторов – метод НИП [35]. На основе метода НИП были разработаны прогностические матрицы по анализируемым показателям, связанным с выявленными за анализируемый период профессиональными заболеваниями работников основных отраслей промышленности Иркутской области. Для составления таблицы были получены прогностические величины факторов по градациям официально учитываемых факторов-предикторов, согласно картам учёта профессионального заболевания.

¹ Приказ Минздрава России от 28 мая 2001 г. № 176 «О совершенствовании системы расследования и учёта профессиональных заболеваний в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // База Гарант. URL: <https://base.garant.ru/4177627> (дата обращения: 03.06.2022 г.).



Показатели профессиональной заболеваемости в основных отраслях промышленности Иркутской области за 2007–2021 гг. (на 10 000 работающих).

Fig. Occupational morbidity indicators in the Irkutsk region for 2007–2021 years (per 10,000 employees).

Информативность n факторов по каждой из m градаций каждого фактора определяли как относительный риск (R_i) по формуле:

$$R_i = \frac{X_{ij \max}}{X_{ij \min}}, \quad (1)$$

где X_{ij} – показатель ПЗ с учётом факторов-предикторов в абсолютном выражении $i = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, m$. Чем выше R_i , тем больше значимость i -го фактора для возникновения ПЗ.

НИП рассчитывали по формуле:

$$NIP_{ij} = \frac{X_{ij}}{M}, \quad (2)$$

где X_{ij} – показатель ПЗ с учётом факторов-предикторов в абсолютном выражении $i = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, m$; M – нормирующий показатель. В качестве нормирующего показателя был взят абсолютный уровень ПЗ в Иркутской области за 2007–2016 гг.

Прогностический коэффициент как силу влияния на возникновение ПЗ каждого отдельно взятого фактора (у. е.) рассчитывали по формуле:

$$PK_{ij} = NIP_{ij} \cdot R_i, \quad (3)$$

где PK_{ij} – прогностический коэффициент; NIP_{ij} – нормированный интенсивный показатель; R_i – относительный риск.

Величина риска представляла собой частное от деления суммы прогностических коэффициентов для учитываемых факторов на сумму показателей относительного риска. Чем больше значение НИП риска, тем выше будет вероятность развития ПЗ у определённого работника или выделенной по ряду факторов-предикторов профессиональной группы и больше оснований отнесения его/их в группу неблагоприятного прогноза.

Результаты

Динамика профессиональной заболеваемости в основных отраслях промышленности Иркутской области, которые являются основными «поставщиками» случаев профессиональной патологии, за 15-летний период характеризуется волнообразными колебаниями (см. рисунок).

Так, уровни ПЗ при добыче угля составляли в разные годы от 10,1 до 69,5 случая на 10 000 работающих, в производстве летательных аппаратов – 10,5–20,6 случая на 10 000 работающих, в металлургическом производстве – 6,9–49,0 случая на 10 000 работающих, в производстве электроэнергии – 0,4–6,9 случая на 10 000 работающих, в деятельности воздушного транспорта – 2,7–40,8 случая на 10 000 работающих. В целом по Иркутской области уровень ПЗ составлял 1,91–4,91 случая на 10 000 работающих. Рассчитанная величина относительного риска в целом для основных отраслей промышленности составляет 3,801, что указывает на значимость такого фактора, как отрасль промышленности, при прогнозе развития профессионального заболевания.

При расчётах по НИП в комплекс факторов, влияющих на развитие профессионального заболевания, наряду с отраслями промышленности были включены стаж работы в контакте с вредным фактором, возраст, в котором выявлено ПЗ, причина возникновения ПЗ, наличие одного вредного фактора, сочетание двух или более вредных факторов, работа в определённой профессии. Анализ исходных данных с учётом рассчитанных прогностических коэффициентов и НИП показал, что наибольший риск развития профессиональной патологии определяют принадлежность к определённой профессии ($OR = 61,8$), сочетание двух и более вредных производственных факторов, действующих на работающего ($OR = 23,8$) (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Величины относительного риска развития ПЗ у работников основных отраслей промышленности в Иркутской области в зависимости от фактора-предиктора

Values of the relative risk of development of occupational disease among workers in the main industries in the Irkutsk region, depending on the predictor factor

Фактор / Factors	Относительный риск / Relative Risk
Стаж работы в контакте с вредным фактором, лет / Work experience with a harmful factor, years	9.256
Возраст, в котором выявлено ПЗ, лет / Age at which an occupational disease was detected, years	14.904
Наличие одного вредного фактора / The presence of one harmful factor	27.847
Сочетание двух или более вредных факторов / Combination of two or more harmful factors	24.070
Профессия в отрасли / Occupation in the industry	61.800

Следует отметить, что такие факторы, как стаж работы в контакте с вредным фактором, возраст пострадавшего, также значимы (величины относительного риска для них отличаются от единицы), но степень их влияния на возникновение ПЗ значительно ниже.

Выполненные расчёты прогностических коэффициентов показали, что в производстве летательных аппаратов наиболее высокий риск возникновения ПЗ установлен для профессий сборщика-клепальщика (прогностический коэффициент – 4,819 у. е.) и слесаря механосборочных работ (прогностический коэффициент – 3,306 у. е.); в металлургическом производстве – для электролизника расплавленных солей (прогностический коэффициент – 7,140 у. е.), литейщика (прогностический коэффициент – 2,041 у. е.), анодчика (прогностический коэффициент – 1,794 у. е.), плавильщика (прогностический коэффициент – 1,724 у. е.), машиниста крана (прогностический коэффициент – 1,266 у. е.), оператора по обрубке цветных металлов (прогностический коэффициент – 1,090 у. е.); в производстве, передаче и распределении электроэнергии – для слесаря-ремонтника (прогностический коэффициент – 2,357 у. е.); в добыче угля – для машиниста экскаватора (прогностический коэффициент – 10,868 у. е.), машиниста бульдозера (прогностический коэффициент – 3,060 у. е.), машиниста буровой установки (прогностический коэффициент – 1,970 у. е.); в деятельности воздушного транспорта – для лётного состава (прогностический коэффициент – 6,648 у. е.).

При воздействии двух или более вредных факторов наибольший риск представляет сочетанное воздействие физических факторов (шум, вибрация) (табл. 2).

Среди обстоятельств, способствующих формированию ПЗ, наиболее прогностические коэффициенты имеют несовершенство технологического процесса (22,7 у. е.) и конструктивные недостатки машин и оборудования (19,3 у. е.).

По выделенным факторам-предикторам был рассчитан риск возникновения ПЗ, а также определены возможный диапазон риска ПЗ (0,019–0,412 у. е.) и три его поддиапазона, обусловленные влиянием комплекса факторов, то есть размах пороговых значений комплексных прогностических коэффициентов. На основании указанных расчётов были определены группы риска для прогностического заключения (табл. 3).

В качестве примера оценки риска ПЗ для работников с использованием НИП нами взяты ведущие отрасли промышленности Иркутской области – производство летательных аппаратов и добыча полезных ископаемых, которые являются в настоящее время основными «поставщиками» ПЗ. В комплекс влияющих на формирование ПЗ факторов были включены возраст работников, стаж работы в условиях воздействия вредных факторов, сочетание факторов физической природы, профессиональная принадлежность, причина возникновения ПЗ, так как эти факторы являются наиболее значимыми (величины относительного риска для них значительно отличаются от единицы).

На основании расчётных прогностических матриц установлено, что в группы неопределённого и неблагоприятного прогнозов попадают работники, у которых были выявлены профессиональные заболевания даже при минимальном стаже и в наиболее трудоспособном возрасте (до 40 лет) в

Таблица 2 / Table 2

Величины прогностических коэффициентов факторов-предикторов развития ПЗ у работников основных отраслей промышленности в Иркутской области

Values of the factors' predictive coefficients of development of occupational disease among workers in the main industries in the Irkutsk region

Фактор Factors	Прогностический коэффициент, у. е. Predictive Coefficient, cu
Наличие одного вредного фактора The presence of one harmful factor	
Шум / Noise	11.475
Фтористые соединения / Fluorine compounds	2.520
Вибрация локальная / Hand-arm vibration	2.489
Вибрация общая / Whole-body vibration	2.251
Пыль / Dust	1.157
Сочетание двух или более вредных факторов Combination of two or more harmful factors	
Физические факторы Physical factors	4.836

основных профессиях угледобывающей и авиастроительной отраслей. Примером могут служить профессии с минимальными для указанных отраслей значениями НИП и прогностических коэффициентов (аппаратчик углеобогащения (0,003 и 0,211) и штамповщик (0,004 и 0,246). При этом риск ПЗ для лиц, занятых в этих профессиях, был минимальным и составлял 0,200 и 0,183 соответственно.

Наибольший риск ПЗ характерен для профессий сборщика-клепальщика и машиниста экскаватора. Результаты, представленные в прогностической таблице для указанных профессий, свидетельствуют, что неблагоприятные условия труда с сочетанным воздействием физических факторов уже в относительно короткие сроки (1–4 года) могут способствовать формированию ПЗ у работающих в наиболее трудоспособном возрасте (20–39 лет) (табл. 4).

Так, риск ПЗ у лиц со стажем работы 1–4 года в возрасте до 40 лет, подвергающихся сочетанному воздействию физических факторов по причине несовершенства технологического процесса, работающих в профессии машиниста экскаватора, составляет 0,268 (неопределённый прогноз), в профессии сборщика-клепальщика – 0,226 (неопределённый прогноз).

Величины риска развития ПЗ у работников этих профессий увеличиваются на 24,5 и 29,1% с ростом стажа и возраста, достигая максимума 0,334 и 0,292 (неблагоприятный прогноз) у лиц со стажем 30 и более лет в возрасте 50–59 лет соответственно. Следует отметить, что при улучшении условий труда, если на работника будет воздействовать только один неблагоприятный фактор физической природы, например, на машиниста экскаватора – только общая вибрация, на сборщика-клепальщика – только локальная вибрация, то модель НИП даёт прогноз снижения риска при тех же возрастно-стажевых

Таблица 3 / Table 3

Шкала поддиапазонов риска возникновения ПЗ у работников основных отраслей промышленности Иркутской области

Scale of risk sub-ranges for the occurrence of occupational disease in workers of the main industries of the Irkutsk region

Поддиапазон по величине риска Subrange by risk	Размер поддиапазона, у. е. Subrange size, conventional units	Прогностическое заключение Predictive conclusion
Наименьший / The lowest probability	0.019–0.149	Благоприятный прогноз / Favourable prognosis
Средний / Moderate probability	0.150–0.280	Неопределённый прогноз (группа внимания) / Uncertain prognosis
Наибольший / The highest probability	0.281–0.412	Неблагоприятный прогноз / Unfavourable prognosis

Таблица 4 / Table 4

Риск ПЗ у работников основных профессий в зависимости от возраста и «вредного» стажа работы (прогностическая таблица)

The risk for the occurrence of occupational disease (OD) in workers of the main professions depending on age and “harmful” work experience (WE) (prognostic table)

Профессия Occupation	Стаж работы, лет WE, years	Риск ПЗ* Risk of OD*	Возраст, лет Age, years			
			20–39	40–49	50–59	60 и более 60 and more
Машинист экскаватора Excavator driver	1–4	СД _{фф}	0.268°	0.280 ⁺	0.280 ⁺	0.280 ⁺
		И _{фф}	0.237°	0.248°	0.232°	0.232°
	5–9	СД _{фф}	0.271°	0.283 ⁺	0.325 ⁺	0.283 ⁺
		И _{фф}	0.239°	0.251°	0.251°	0.251°
	10–14	СД _{фф}	0.276°	0.288 ⁺	0.330 ⁺	0.288 ⁺
		И _{фф}	0.244°	0.256°	0.297 ⁺	0.256°
	15–19	СД _{фф}	0.277°	0.289 ⁺	0.330 ⁺	0.288 ⁺
		И _{фф}	0.245°	0.256°	0.256°	0.256°
	20–24	СД _{фф}	–	0.290 ⁺	0.331 ⁺	0.289 ⁺
		И _{фф}	–	0.257°	0.289 ⁺	0.245°
	25–29	СД _{фф}	–	0.292 ⁺	0.331 ⁺	0.292 ⁺
		И _{фф}	–	0.257°	0.298 ⁺	0.257°
30 и более (or more)	СД _{фф}	–	–	0.334 ⁺	0.292 ⁺	
	И _{фф}	–	–	0.301 ⁺	0.260°	
Сборщик-клепальщик Assembler-riveter	1–4	СД _{фф}	0.226°	0.238°	0.280°	0.238°
		И _{фф}	0.197°	0.209°	0.249°	0.209°
	5–9	СД _{фф}	0.229°	0.241°	0.282 ⁺	0.226°
		И _{фф}	0.199°	0.211°	0.252°	0.211°
	10–14	СД _{фф}	0.288 ⁺	0.246°	0.288 ⁺	0.232°
		И _{фф}	0.204°	0.216°	0.257°	0.216°
	15–19	СД _{фф}	0.234°	0.246°	0.288 ⁺	0.232°
		И _{фф}	0.205°	0.216°	0.257°	0.204°
	20–24	СД _{фф}	–	0.247°	0.289 ⁺	0.233°
		И _{фф}	–	0.217°	0.258°	0.217°
	25–29	СД _{фф}	–	0.248°	0.275°	0.233°
		И _{фф}	–	0.217°	0.258°	0.217°
30 и более (or more)	СД _{фф}	–	–	0.292 ⁺	0.236°	
	И _{фф}	–	–	0.261°	0.219°	

Примечание. * Риск ПЗ: СД_{фф} – при сочетании действия физических факторов; И_{фф} – при воздействии одного физического фактора.
+ – группа благоприятного прогноза;
° – группа неопределённого прогноза (группа внимания);
– – группа неблагоприятного прогноза.

Note: Risk of OD: СД_{фф} – with the combined impact of physical; И_{фф} – the impact of the single factor.
+ – favourable prognosis group;
° – group of uncertain forecast (attention group);
– – group of unfavourable prognosis.

характеристиках работников. Указанное изменение условий труда приведёт к снижению риска ПЗ для возрастной группы 20–39 лет со стажем работы 1–4 года, работающих машинистами экскаватора, на 11,9% (риск составит 0,237 – неопределённый прогноз), сборщиками-клепальщиками – на 12,9% (риск составит 0,197 – неопределённый прогноз). Для машиниста экскаватора и сборщика-клепальщика в возрасте 50–59 лет со стажем работы 30 и более лет изменение условий труда позволит снизить риск ПЗ на 10% (риск составит 0,301 – неблагоприятный прогноз) и 10,6% (риск составит 0,261 – неопределённый прогноз) соответственно.

Обсуждение

Выполненные исследования свидетельствуют, что риск развития профессионального заболевания у работника связан с работой в определённой отрасли промышленности, принадлежностью к определённой профессии, сочетанным воздействием вредных факторов производственной среды, обусловленным несовершенством технологических процессов и оборудования, на что указывают рассчитанные относительные риски для каждого фактора. Следует отметить, что из множества профессиональных групп работников, подвергающихся неблагоприятному воздействию факторов производственной среды и занятых в основных отраслях экономики, с помощью НИП-модели нами выявлены профессии с наиболее высоким риском ПЗ. Так, в производстве летательных аппаратов это сборщик-клепальщик и слесарь механосборочных работ; в металлургическом производстве – электролизник расплавленных солей, литейщик, анодчик, плавильщик, машинист крана, оператор по обрубке цветных металлов; в производстве, передаче и распределении электроэнергии – слесарь-ремонтник; в добыче угля – машинист экскаватора, машинист бульдозера, машинист буровой установки; в деятельности воздушного транспорта – лётный состав. Обращают на себя внимание высокие значения прогностических коэффициентов таких факторов, как «несовершенство технологического процесса» и «конструктивные недостатки машин и оборудования», которые, являясь одной из причин неблагоприятных условий труда, вносят значительный вклад в формирование ПЗ.

Используемая методика прогнозирования позволяет выделить лиц с различной степенью риска возникновения ПЗ. На прогностический показатель развития ПЗ определяющее влияние оказывает какой-либо один или несколько весовых коэффициентов. На итоговый прогностический показатель определяющее влияние могут оказывать несколько весовых коэффициентов. Исходя из этого основу индивидуальной профилактики ПЗ составляет устранение или уменьшение влияния факторов с наиболее весомыми коэффициентами. В соответствии со степенью риска специалисты в области гигиены труда, охраны труда и промышленной безопасности могут организовывать и контролировать мероприятия различного характера по устранению или снижению влияния указанных факторов.

В ходе исследования была разработана прогностическая таблица, позволяющая оценить комплексное воздействие неблагоприятных факторов и прогнозировать вероятность ПЗ, в частности вибрационной болезни, для конкретной профессии в зависимости от каждого рассматриваемого фактора. Так, нашими исследованиями установлен максимальный риск возникновения вибрационной болезни для категории лиц, работающих на добыче угля и в производстве летательных аппаратов в профессиях «машинист экскаватора» и «сборщик-клепальщик» соответственно, в возрасте 50–59 лет и со стажем работы во вредных условиях 30 и более лет. При этом следует отметить, что у лиц трудоспособного возраста (20–39 лет) ПЗ может развиваться и в относительно короткие сроки (1–4 года). Разработанная прогностическая таблица проста и удобна в использовании, в неё могут войти и другие факторы, имеющие значение для конкретной категории работников на конкретном предприятии.

К ограничениям настоящей модели НИП следует отметить то, что в число факторов-предикторов не включены клинично-функциональные, биохимические и социально-психологические показатели работников, подвергающихся воздействию вредных факторов производственного процесса, полученные при медицинских обследованиях.

О важности учёта подобной информации свидетельствуют работы Т. Matoba, L.V. Dahlin и соавт. [36, 37], Г.М. Бодиенковой и соавт. [38]. Тем не менее проведённые нами исследования позволили разработать инструмент, который даёт возможность получить вероятностный прогноз как коллективного, так и индивидуального риска. При изучении профессиональной заболеваемости в ведущих отраслях промышленности Иркутской области и разработке прогностической матрицы был проведён анализ 1862 случаев впервые выявленных профессиональных заболеваний за 10-летний период, 11 основных факторов-предикторов, что представляет собой достаточную референтную выборку. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение возможностей использования инструмента НИП-моделирования с учётом дополнительных факторов-предикторов.

Заключение

Выявленные в результате анализа тенденции в динамике уровня и структуры профессиональной заболеваемости в Иркутской области показали необходимость прогнозирования ПЗ с целью её организационной, технической, профилактической коррекции. Расчётные данные позволяют судить о комплексе факторов-предикторов возникновения ПЗ у работников, а также оценивать степень влияния каждого фактора на изучаемое явление. Кроме того, полученные НИП позволяют дать интегрированную оценку риска возникновения ПЗ как по отдельным факторам, так и по их комплексу. Модель, основанная на методе НИП, также позволяет определить группы риска, прогнозировать вероятность возникновения ПЗ при определённых сочетаниях факторов, что делает её наиболее приемлемой для обоснования критериев риска развития патологии. Кроме того, данные, полученные по методу НИП, могут быть использованы для определения очерёдности санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на устранение воздействия вредных факторов в зависимости от вероятности возникновения ПЗ.

Литература

(п.п. 6, 7, 10–13, 20, 25, 28–30, 36, 37 см. References)

- Панков В.А., Лахман О.Л., Пережогин А.Н., Тюткина Г.А., Кулешова М.В., Смирнова О.В. Динамика профессиональной заболеваемости в Восточной Сибири. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(12): 1171–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175>
- Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области в 2020 году». Иркутск; 2021.
- Измеров Н.Ф. Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2008; 52(1): 7–8.
- Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Алексеев В.Б., Уланова Т.С., Носов А.Е., Вознесенский Н.К. Особенности производственно обусловленных заболеваний у шахтеров, занятых подземной добычей хромовых руд. *Медицина труда и экология человека*. 2018; (1): 13–23.
- Денисенко А.Ф., Ляшенко Е.Г., Боева И.А., Ермаченко Т.П., Данилов Ю.В., Дмитриенко В.В. Профессиональные заболевания. Проблемы и пути их решения. *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2020; 24(2): 164–70.
- Пиктушанская Т.Е. Показатели смертности больных с профессиональными заболеваниями как критерий качества системы оказания профпатологической помощи работающему населению. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012; (5–2): 94–8.
- Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Условия труда и смертность мужчин трудоспособного возраста в России (на примере Мурманской области). *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2013; 68(9): 32–6.
- Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С. Актуальные проблемы управления рисками здоровью населения в России. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(6): 572–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-6-572-575>
- Мурашко М.А., Крупнова И.В., Иванов И.В. Риск-ориентированный подход при планировании контрольных мероприятий. *Вестник Росздравнадзора*. 2017; (3): 14–7.
- Бахонина Е.И., Насибуллина В.А. Обзор изменений в законодательстве, устанавливающих требования к оценке профессиональных рисков на предприятии. *Безопасность техногенных и природных систем*. 2022; (2): 31–5. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-2-31-35>
- Харин Ю.С., Волошко В.А., Дернакова О.В., Малюгин В.И., Харин А.Ю. Статистическое прогнозирование динамики эпидемиологических показателей заболеваемости COVID-19 в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика*. 2020; (3): 36–50. <https://doi.org/10.33581/2520-6508-2020-3-36-50>
- Мясоедова М.А., Стародубцева Л.В., Титова А.В., Шульга Л.В. Математические модели прогнозирования и ранней диагностики заболеваний иммунной системы у работников электроэнергетических предприятий. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2019; 9(3): 160–72.
- Фазылова А.Ш., Ахмедова Д.И., Камилова А.Т., Хасанова С.С. Прогностические критерии развития некротизирующего энтероколита у глубококондоношенных новорожденных. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2021; 66(6): 58–62. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-6-58-62>
- Тростянский С.Н., Тростянский А.С. Математическое моделирование зависимости уровня первичной заболеваемости алкоголизмом, наркоманией и токсикоманией от социально-экономических показателей. *Прикладная математика & Физика*. 2021; 53(2): 144–58. <https://doi.org/10.52575/2687-0959-2021-53-2-144-158>
- Дмитриев А.Н., Котин В.В. Моделирование временных рядов заболеваемости с использованием искусственных нейронных сетей. *Медицинская техника*. 2013; (1): 35–8.
- Бесько В.А., Кравец О.Я. Управление уровнем профессиональной заболеваемости в регионе на основе нейросетевого моделирования и прогнозирования. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2009; 8(2): 477–81.
- Скрипаль Б.А. Состояние здоровья и заболеваемость рабочих подземных рудников горнохимического комплекса Арктической зоны Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; (6): 23–6.
- Севастьянов Б.В., Шадрин Р.О., Гайнатуллина Е.С. Прогнозирование показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Удмуртской Республике. *XXI век. Техносферная безопасность*. 2019; 4(3): 348–65. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2019-3-348-365>
- Дьякович М.П., Рукавишников В.С., Панков В.А., Лахман О.Л., Кулешова М.В. Обоснование использования показателей неспецифического звена патогенеза и наблюдения за прогнозированием риска развития вибрационной болезни. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(10): 1049–55. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-10-1049-1055>
- Шаяхметов С.Ф., Дьякович М.П. Методические аспекты оценки профессионального риска работающих. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007; (6): 21–6.
- Федина И.Н., Панкова В.Б., Серебряков П.В. Патология верхних дыхательных путей: профессиональные риски. *Российская ринология*. 2018; 26(4): 35–9. <https://doi.org/10.17116/gosrino20182604135>
- Бухтияров И.В., Хамитов Т.Н., Смагулов Н.К. Оценка влияния неблагоприятных производственных факторов на здоровье рабочих листопрокатного производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (1): 7–11. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-1-7-11>
- Скрипаль Б.А., Чашин В.П., Гудков А.Б., Никанов А.Н., Дядик Н.В. *Профессиональный риск в горнохимической промышленности в Арктике*. Апатиты; 2020.
- Шиган Е.Н. *Методы прогнозирования и моделирования в социально-гигиенических исследованиях*. М.: Медицина; 1986.
- Бодиенкова Г.М., Курчевенко С.И. Закономерности изменений иммунно-гормональной регуляции при вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости. *Бюллетень сибирской медицины*. 2020; 19(2): 6–12. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2020-2-6-12>

References

- Pankov V.A., Lakhman O.L., Perezhogin A.N., Tyutkina G.A., Kuleshova M.V., Smirnova O.V. The dynamics of the occupational morbidity rate in the Eastern Siberia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(12): 1171–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175> (in Russian)
- State report «On the sanitary and epidemiological welfare of the population in the Irkutsk region in 2020». Irkutsk; 2021. (in Russian)
- Izmerov N.F. The national occupational medicine system as a basis for maintaining the health of Russia's working people. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2008; 52(1): 7–8. (in Russian)
- Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Alekseev V.B., Ulanova T.S., Nosov A.E., Voznesenskiy N.K. Features of work-related diseases in chrome ore miners. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2018; (1): 13–23. (in Russian)
- Denisenko A.F., Lyashenko E.G., Boeva I.A., Ermachenko T.P., Danilov Yu.V., Dmitrienko V.V. Occupational disease. Problems and solutions. *Vestnik gigieny i epidemiologii*. 2020; 24(2): 164–70. (in Russian)
- Hoskins A.B. Occupational injuries, illnesses, and fatalities among women. *Monthly Lab. Rev.* 2005; 128(October): 31–7.
- Hämäläinen P., Takala J., Saarela K.L. Global estimates of fatal work-related diseases. *Am. J. Ind. Med.* 2007; 50(1): 28–41.
- Piktushanskaya T.E. Indices of mortality of occupational patients as the criterion of quality of the system of giving occupational pathological help to working population. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2012; (5–2): 94–8. (in Russian)
- Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu. Working conditions and mortality among men of working age in Russia (experience of Murmansk region). *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2013; 68(9): 32–6. (in Russian)
- Tessier-Sherman B., Cantley L.F., Galusha D., Slade M.D., Taiwo O.A., Cullen M.R. Occupational injury risk by sex in a manufacturing cohort. *Occup. Environ. Med.* 2014; 71(9): 605–10. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102083>
- World Day for Safety and Health at Work. Global trends on occupational accidents and diseases. Geneva; 2015. Available at: https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf
- Kudász F., Nagy K., Nagy I. Occupational diseases in Belgium, the Czech Republic and Hungary – a comparison. *Cent. Eur. J. Occup. Environ. Med.* 2017; 23(1–2): 32–49.
- Joseph L., Vasanthan L., Standen M., Kuisma R., Paungmalai A., Pirunsan U., et al. Causal relationship between the risk factors and work-related musculoskeletal disorders among professional drivers: a systematic review. *Hum. Factors*. 2021; 187208211006500. <https://doi.org/10.1177/00187208211006500>
- Rakitskiy V.N., Avaliani S.L., Shashiiia T.A., Dodina N.S. Actual problems of population health risks management in Russia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(6): 572–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-6-572-575> (in Russian)
- Murashko M.A., Krupnova I.V., Ivanov I.V. Risk-oriented approach in planning of control measures. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2017; (3): 14–7. (in Russian)
- Bakhonina E.I., Nasibullina V.A. Overview of changes in legislation establishing the requirements for the assessment of occupational risks at the enterprise. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem*. 2022; (2): 31–5. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-2-31-35> (in Russian)
- Kharin Yu.S., Voloshko V.A., Dernakova O.V., Malyugin V.I., Kharin A.Yu. Statistical forecasting of the dynamics of epidemiological indicators for COVID-19 incidence in the Republic of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika. Informatika*. 2020; (3): 36–50. <https://doi.org/10.33581/2520-6508-2020-3-36-50> (in Russian)
- Myasoedova M.A., Starodubtseva L.V., Titova A.V., Shul'ga L.V. Mathematical models for prediction and early diagnosis of diseases of the immune system in workers of electric power companies. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie*. 2019; 9(3): 160–72. (in Russian)
- Fazylova A.Sh., Akhmedova D.I., Kamilova A.T., Khasanova S.S. Prognostic criteria for the development of necrotizing enterocolitis in deeply premature newborns. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*. 2021; 66(6): 58–62. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-6-58-62> (in Russian)
- Zhang X., Chen S., Lai K., Chen Z., Wan J., Xu Y. Machine learning for the prediction of acute kidney injury in critical care patients with acute cerebrovascular disease. *Ren. Fail.* 2022; 44(1): 43–53. <https://doi.org/10.1080/0886022X.2022.2036619>
- Trostyanskiy S.N., Trostyanskiy A.S. Mathematical modeling of dependence of the primary morbidity level-alcoholism, drug addiction, toxicomania – on social and economic indices. *Prikladnaya matematika & Fizika*. 2021; 53(2): 144–58. <https://doi.org/10.52575/2687-0959-2021-53-2-144-158> (in Russian)
- Dmitriev A.N., Kotin V.V. Modeling time series of incidence using artificial neural networks. *Meditsinskaya tekhnika*. 2013; (1): 35–8. (in Russian)
- Besko V.A., Kravets O.Ya. The control of the professional diseases in the region on the base of neurosystem simulation and prognostication. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*. 2009; 8(2): 477–81. (in Russian)
- Skripal' B.A. Health state and morbidity of underground mines in mining chemical enterprise in Arctic area of Russian Federation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; (6): 23–6. (in Russian)
- Bosman L.C., Dijkstra L., Joling C.I., Heymans M.W., Twisk J.W.R., Roelen C.A.M. Prediction models to identify workers at risk of sick leave due to low-back pain in the Dutch construction industry. *Scand. J. Work Environ. Health*. 2018; 44(2): 156–62. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3703>
- Sevast'yanov B.V., Shadrin R.O., Gaynatullina E.S. Prediction of occupational injuries and occupational diseases in the Udmurt Republic. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'*. 2019; 4(3): 348–65. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2019-3-348-365> (in Russian)
- Dyakovich M.P., Rukavishnikov V.S., Pankov V.A., Lakhman O.L., Kuleshova M.V. The rationale for the use of indices of a non-specific link of pathogenesis and the dose of local vibration when predicting the risk of developing a vibrational disease. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(10): 1049–55. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-10-1049-1055> (in Russian)
- Yedla A., Kakhki F.D., Jannesari A. Predictive modeling for occupational safety outcomes and days away from work analysis in mining operations. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(19): 7054. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197054>
- Ivaz J., Nikolic R.R., Petrovic D., Djokovic J.M., Hadzima B. Prediction of the work-related injuries based on neural networks. *Syst. Saf. Hum. Tech. Fac. Environ.* 2021; 3(1): 19–37. <https://doi.org/10.2478/czoto-2021-0003>
- Suarthana E., Yosia M. Utilization of predictive models for diagnosis of occupational diseases. *Indones. J. Commun. Occup. Med.* 2022; 1(3): 125–8. <https://doi.org/10.53773/ijcom.v1i3.39.125-8>
- Shayakhmetov S.F., D'yakovich M.P. Methodic aspects of evaluating occupational risk in workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2007; (6): 21–6. (in Russian)
- Fedina I.N., Pankova V.B., Serebryakov P.V. Pathology of the upper respiratory tract: professional risks. *Rossiyskaya rinologiya*. 2018; 26(4): 35–9. <https://doi.org/10.17116/rosrino20182604135> (in Russian)
- Bukhtiyarov I.V., Khamitov T.N., Smagulov N.K. Evaluating influence of occupational hazards on health of workers engaged into plate rolling production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; (1): 7–11. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-1-7-11> (in Russian)
- Skripal' B.A., Chashchin V.P., Gudkov A.B., Nikanov A.N., Dyadik N.V. *Occupational Risk in the Mining and Chemical Industry in the Arctic [Professional'nyy risk v gornokhimicheskoy promyshlennosti v Arktike]*. Apatity; 2020. (in Russian)
- Shigan E.N. *Forecasting and Modeling Methods in Social and Hygienic Research [Metody prognozirovaniya i modelirovaniya v sotsial'no-gigienicheskikh issledovaniyakh]*. Moscow: Meditsina; 1986. (in Russian)
- Matoba T. Human response to vibration stress in Japanese workers: lessons from our 35-year studies. A narrative review. *Ind. Health*. 2015; 53(6): 522–32. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2015-0040>
- Dahlin L.B., Sandén H., Dahlin E., Zimmerman M., Thomsen N., Björkman A. Low myelinated nerve-fibre density may lead to symptoms associated with nerve entrapment in vibration-induced neuropathy. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2014; 9(1): 7. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-7>
- Bodienkova G.M., Kurchevenko S.I. Patterns of changes in immune and hormonal regulation in hand-arm vibration syndrome and sensorineural hearing loss. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*. 2020; 19(2): 6–12. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2020-2-6-12> (in Russian)