



Яцына И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М.

Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы)

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

Актуальной задачей в современных условиях является усовершенствование существующих моделей оценки профессионального риска в целях обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников, получения и анализа объективной информации, достаточной для разработки научно обоснованных управленческих решений по профилактике профессиональной, профессионально обусловленной и общей заболеваемости, сокращению трудопотерь и сохранению трудового долголетия. В обзоре представлена информация об отечественных и зарубежных моделях оценки профессиональных рисков, их усовершенствование в целях обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников. Проанализированы различные модели оценки профессиональных рисков, количественные, полуквантитативные и качественные методы оценки профессионального риска, обуславливающего риск нарушения здоровья работника, связанного с воздействием химических веществ, пылевого фактора, шума и вибрации. Методологические принципы различных моделей оценки профессионального риска различаются подходами к оценке опасности и воздействия. Установлены преимущества и недостатки отечественных и зарубежных моделей оценки профессионального риска. Всё это требует разработки единой унифицированной методики (порядка) оценки и управления профессиональными рисками, критериев оценки профессиональных рисков для здоровья индивидуального и когортного (группового, коллективного) характера. Идеи и фактические данные, обсуждаемые в настоящем обзоре, свидетельствуют о том, что научные исследования и профессиональная практика по оценке профессионального риска в медицине труда должны развиваться в направлении более целостной, ориентированной на сохранение здоровья модели оценки и управления профессиональными рисками. При подготовке обзора использованы базы данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ.

Ключевые слова: обзор; профессиональный риск; методы оценки профессионального риска; моделирование профессионального риска; прогнозирование риска; управление профессиональным риском; химические факторы; физические факторы

Для цитирования: Яцына И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1249–1254. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft>

Для корреспонденции: Сухова Анна Владимировна, доктор мед. наук, гл. науч. сотр., зав. отд. восстановительного лечения и медицинской реабилитации ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи. E-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

Участие авторов: Яцына И.В. — концепция исследования; Сухова А.В. — концепция исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Егорова А.М. — концепция исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Преображенская Е.А. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 26.08.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликовано: 23.10.2022

Irina V. Yatsyna, Anna V. Sukhova, Elena A. Preobrazhenskaya, Anna M. Egorova

Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review)

F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation

An urgent task in modern conditions is to improve the existing models of occupational risk assessment to ensure the safety and health of employees, obtain and analyze objective information sufficient to develop scientifically sound management decisions on the prevention of occupational and general morbidity, reduce labour loss and preserve labour longevity. The review provides information on domestic and foreign models of occupational risk assessment, their improvement to ensure the safety and health of employees. Various models of occupational risk assessment are analyzed, both quantitative, semi-quantitative, and qualitative methods of assessing occupational risk that causes the risk for employee health disorders associated with exposure to chemicals, dust factor, noise, and vibration. Methodological principles of various models of occupational risk assessment differ in approaches to assessment of hazard and impact. The advantages and disadvantages of domestic and foreign models of occupational risk assessment are established. This requires the development of a single unified methodology (procedure) for assessing and managing occupational risks, criteria for assessing occupational health risks of an individual and cohort (group, collective) nature. The ideas and evidence discussed in this review indicate that scientific research and professional practice on occupational risk assessment in occupational should develop towards a more holistic, health-oriented model of occupational risk assessment and management. When preparing the review, the databases Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RSCI were used.

Keywords: review; occupational risk; occupational risk assessment methods; occupational risk modeling; risk forecasting; occupational risk management; chemical factors; physical factors

For citation: Yatsyna I.V., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Egorova A.M. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1249–1254. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft> (In Russian)

For correspondence: Anna V. Sukhova, MD, PhD, DSci., Head of the Department of Rehabilitation, F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

Information about the author(s):

Yatsyna I.V., <https://orcid.org/0000-0002-8650-8803>
Preobrazhenskaya E.A., <https://orcid.org/0000-0003-1941-0491>

Sukhova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>
Egorova A.M., <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>

Contribution: *Yatsyna I.V.* – research concept; *Sukhova A.V.* – research concept, collection and processing of material, writing text, editing; *Egorova A.M.* – research concept, collection and processing of material, writing text, editing. *All authors* are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

Экономические, социальные, технические и политические факторы коренным образом меняют характер работы и условия труда, что имеет серьезные последствия для сферы медицины труда. Изменения в организации труда и, как следствие, отсутствие безопасности на рабочих местах определяют рост степени риска для значительной части работающих.

Актуальной задачей в современных условиях является совершенствование существующих моделей оценки профессионального риска в целях обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников, получения и анализа объективной информации, достаточной для разработки научно обоснованных управленческих решений по профилактике профессиональной, профессионально обусловленной и общей заболеваемости, снижению инвалидности вследствие профессиональных заболеваний, сокращению трудопотерь, сохранению трудового долголетия.

Согласно статье 209 Трудового кодекса Российской Федерации, профессиональный риск – вероятность причинения вреда жизни и (или) здоровью работника в результате воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении им своей трудовой функции с учётом возможной тяжести повреждения здоровья¹.

Для разработки и внедрения комплексных мер профилактики нарушений здоровья работающего населения целесообразно осуществлять эффективное взаимодействие и сотрудничество работодателей и работников, государственных и негосударственных организаций при решении вопросов медицины и охраны труда, оценки профессионального риска, в то время как новые биомедицинские и информационные технологии расширяют возможности для понимания закономерностей и обоснования действий, направленных на улучшение здоровья работников [1].

Для обобщения научно-методических аспектов оценки, прогнозирования и управления рисками изучены существующие отечественные и зарубежные модели оценки профессионального риска, рассмотрены возможные пути их совершенствования в целях обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников. Обобщение полученного опыта позволит определить будущие направления исследований в медицине труда в области оценки профессиональных рисков для здоровья.

Процедура анализа риска включает оценку, управление риском и информирование о риске. Оценка риска для здоровья проводится по схеме: выявление опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «экспозиция – ответ» и характеристика риска. Под управлением риском понимают принятие решений и действий, направленных на обеспечение безопасности и здоровья работников.

В настоящее время в России оценка профессионального риска проводится в соответствии со следующими нормативными документами: Руководство Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» и ГОСТ Р 12.0.010–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков»,

¹ Трудовой кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.07.2022).

приказы Минтруда России от 28 декабря 2021 г. № 926 и от 31.01.2022 г. № 36².

Для специалистов по медицине труда основные положения оценки профессионального риска изложены в Руководстве Р 2.2.1766–03. В соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03 оценка риска основывается на количественных показателях – априорных гигиенических и апостериорных медико-биологических – и позволяет оценить риск, определить категорию доказанности риска. Для оценки профессионального риска в Руководстве Р 2.2.1766–03 используются следующие критерии: гигиенические; категорирование риска по классам условий труда; медико-биологические показатели здоровья работников, в том числе репродуктивного, и здоровья потомства; тяжесть нарушений здоровья работников; категорирование риска по степени доказанности. Степень связи нарушений здоровья с работой определяют по эпидемиологическим данным, рассчитывая значение относительного риска (RR) и этиологическую долю (EF) вклада факторов рабочей среды в развитие патологии, и в зависимости от их величины заболевание относят к общим, профессионально обусловленным или профессиональным. Определяют индекс профзаболеваний (Ипз) и индекс профессионально обусловленных заболеваний (Ипоз) [2].

В триаде каузации (причинности) выделяют: 1) экспозицию (уровень фактора и стаж работы в профессии, то есть стажевую дозу); 2) степень выраженности нарушений здоровья; 3) вероятность суждения о степени их взаимосвязи (степень каузации, то есть силу связи нарушений с работой) [3].

Априорная (предварительная) оценка профессионального риска проводится по результатам гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05³, а также с применением прогнозных моделей зависимости от уровней экспозиции факторов рабочей среды и трудового процесса вероятности и риска нарушения состояния здоровья работников.

Апостериорная (окончательная) оценка профессионального риска проводится на основании исследования медико-биологических показателей: профессиональной заболеваемости, впервые выявленной хронической заболеваемости, распространённости болезней, связанных с работой, смертности, инвалидности, нарушений репродуктивного здоровья и здоровья потомства.

Данные, полученные при априорной оценке, предполагающей перенос общих закономерностей на исследуемую группу, могут быть использованы преимущественно для обоснования необходимости организационных и технических мер по снижению риска. В то же время по результатам апостериорной оценки, учитывающей особенности формирования риска у конкретного контингента работников, можно более адекватно формировать группы риска для проведения адресных медико-профилактических мероприятий. На основании эпидемиологических исследований по оценке риска развития хронических общесоматических заболеваний разработана платформа стандартов, включающих меры по снижению риска нарушения здоровья работников [4].

² Приказ Минтруда России № 36 от 31.01.2022 г. «Об утверждении рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей в рамках процедуры управления профессиональными рисками в системе управления охраной труда».

³ Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006–05.

В медицине труда основной научной прогнозированием является моделирование: при установлении зависимостей между явлениями (условия труда и здоровье работников) применяются логические и математические модели, для чего необходимо выдвижение гипотез и наложение условий. В зависимости от цели моделирования (построение зависимости «доза – эффект», выравнивание временных рядов заболеваемости и др.) на основе феноменологии явления (действие физических, химических, биологических факторов, трудовой нагрузки, а также пути их поступления, характер воздействия, эффективные дозы и др.) с учётом патогенетических особенностей формирования нарушений здоровья делают предположения, а затем выбирают вид функциональной зависимости модели и подбирают её параметры [5].

Модели оценки профессионального риска при воздействии химического фактора. Методологические принципы различных зарубежных моделей оценки профессионального риска различаются подходами к оценке опасности и воздействия.

Модель Агентства по охране окружающей среды EPA (US Environmental Protection Agency (EPA) Risk Assessment Model) (США)⁴ использует количественную оценку «доза – ответ» и позволяет оценивать канцерогенные и неканцерогенные риски химических веществ, применяемых во многих отраслях промышленности. Оценка риска основана на эпидемиологических и токсикологических данных.

Оценка средней концентрации химических веществ за весь период экспозиции проводится по формуле (1):

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / AT, \quad (1)$$

где EC – средняя концентрация химических веществ за период экспозиции (мг/м³); CA – концентрация вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны (мг/м³); ET – время экспозиции на рабочем месте (ч/день); EF – частота воздействия на рабочем месте (дни/годы); ED – продолжительность воздействия (годы), AT – время усреднения (продолжительность жизни в годах, умноженная на 365 дней в году и умноженная на 24 ч в сутки).

Оценка неканцерогенного риска проводится по формуле (2):

$$HQ = EC / RfC, \quad (2)$$

где HQ – коэффициент опасности; EC – средняя концентрация химических веществ за период экспозиции (мг/м³); RfC – референтная концентрация для ингаляционной токсичности.

Оценка канцерогенного риска проводится по формуле (3):

$$RISK = IUR \cdot EC, \quad (3)$$

где IUR – риск вдыхания (мг/м³), коэффициент наклона, который относится к верхнему оценочному значению пожизненного риска рака в результате непрерывного воздействия на воздух токсичных и опасных химических веществ с концентрацией 1 мг/м³; EC – средняя концентрация химических веществ за период экспозиции (мг/м³).

При значении риска больше 10⁻⁶ воздействие химических веществ характеризуется повышенным канцерогенным риском.

К достоинствам модели Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA) относят то, что она включает множество параметров, позволяет дать характеристику острых и хронических эффектов, оценивает концентрации и время воздействия. Даёт возможность оценить канцерогенные и неканцерогенные эффекты химических веществ как количественно, так и качественно и определить уровень риска.

Недостатки модели U.S.EPA: метод применим только к тем химическим веществам, параметры оценки риска которых (RfC и IUR) представлены в базе данных Интегриро-

ванной системы информирования о рисках (Integrated Risk Information System (IRIS)). Используемые подходы не распространяются на оценку риска от воздействия физических факторов. Также при оценке полученных значений риска отсутствует возможность выделения отдельных категорий высокого риска.

Применение модели U.S.EPA выявило высокий уровень профессионального риска, связанного с воздействием тяжёлых металлов сварочного аэрозоля на дыхательную систему работников автомобильной промышленности [6].

Основу метода классификации профессиональных опасностей на рабочем месте Occupational Hazards Classification Method in the Workplace (Китай) положены три фактора: степень химической опасности веществ, коэффициент воздействия химических веществ на рабочем месте; интенсивность физического труда рабочих⁵.

Профессиональный риск, согласно китайской модели, определяется по формуле (4):

$$G = WD \cdot WB \cdot WL, \quad (4)$$

где G – степень профессионального риска; WD – степень химической опасности вещества, определяемая в соответствии с «Классификацией опасностей профессионального воздействия токсичных веществ» (GBZ230–2010 Classification for Hazards of Occupational Exposure to Toxicant)⁶; WB – коэффициент воздействия химических веществ на рабочем месте, определяемый в соответствии с «Пределами профессионального воздействия для опасностей на рабочем месте. Часть 1. Химические опасности» (WB GBZ 2.1–2007 Occupational Exposure Limits for Hazards in the Workplace Part 1: Chemical Hazards)⁷; WL – коэффициент интенсивности физического труда, определяемый в соответствии с «Классификацией физической нагрузки» (GBZ/T 189.10–2007 Measurement of Physical Agents in Workplace Part 10: Classification of Physical Workload)⁸.

В соответствии с данной классификацией различают четыре уровня опасности в зависимости от величины G, что имеет практическое значение для управления рисками: при G = 0 уровень опасности 0 (безопасные операции), при 0 < G ≤ 6 – уровень I (операции средней степени опасности); при 6 < G ≤ 24 – уровень II (умеренно опасные операции); при G > 24 – уровень III (операции с высокой опасностью). Однако метод классификации профессиональных опасностей на рабочем месте не учитывает всех факторов воздействия и является субъективным.

Сравнительный анализ двух моделей, выполненный на предприятии по производству микросхем, показал, что оценка неканцерогенных рисков для токсичных веществ по модели U.S.EPA выше, чем аналогичные риски, полученные при применении метода классификации профессиональных опасностей, что требует оптимизации китайского метода классификации профессиональных опасностей [7].

Модель Международного совета по горному делу и металлам (International Council on Mining and Metals, ICM) является качественной и позволяет оценить комплекс факторов: химические вещества, физические факторы и пыль. В этой модели для оценки профессионального риска применяется матричный метод, который включает комбинации

⁵ Ministry of Health of the People's Republic of China. GBZ/T 229.2–2012 Classification of Occupational Hazards at Workplaces Part 2: Occupational Exposure to Chemicals. Standards Press of China; Beijing, China: 2012. (In Chinese)

⁶ Ministry of Health of the People's Republic of China. GBZ 230–2010 Classification for Hazards of Occupational Exposure to Toxicant. Standards Press of China; Beijing, China: 2010. (In Chinese)

⁷ Ministry of Health of the People's Republic of China. GBZ 2.1–2007 Occupational Exposure Limits for Hazards in the Workplace. Part 1: Chemical Hazards. Standards Press of China; Beijing, China: 2007. (In Chinese)

⁸ Ministry of Health of the People's Republic of China. GBZ/T 189.10–2007 Measurement of Physical Agents in Workplace Part 10: Classification of Physical Workload. Standards Press of China; Beijing, China: 2007. (In Chinese)

⁴ USEPA. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health valuation manual (Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment): EPA/540/-R-070-/002. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; 2009.

опасностей для здоровья и вероятности воздействий, а также комбинации опасностей для здоровья и уровней воздействия с существующими мерами контроля⁹.

Исследователями [8] проведена оценка профессионального риска с использованием модели ICMM на предприятии по производству свинцово-кислотных аккумуляторов. Неприемлемые риски были определены для сварщиков, подверженных воздействию свинцового аэрозоля, а также для шлифовщиков, испытывающих воздействие свинцовой пыли. Результаты оценки профессионального риска для палящих, подверженных воздействию серонокислых паст и кислот, выявили потенциальные риски. Оценки риска, согласно модели ICMM, согласовывали с фактическими результатами испытаний в восьми оценках профессионального риска для здоровья по основным профессиям.

Сингапурская полуколичественная модель (Singapore semi-quantitative risk assessment model)¹⁰ позволяет оценить профессиональный риск по формуле (5):

$$\text{Risk} = \sqrt{\text{HR} \cdot \text{ER}}, \quad (5)$$

где HR – риск опасности; ER – риск подверженности.

HR присваивается на основе классификации канцерогенности, установленной Международным агентством по изучению рака (IARC). ER определяется как соотношение уровня воздействия (E) и допустимого предела воздействия (PEL) или предела профессионального воздействия (OEL).

Если концентрация воздействия неизвестна, индексы воздействия (EI) могут использоваться для определения ER по формуле (6):

$$\text{ER} = [\text{EI}_1 \cdot \text{EI}_2 \cdot \dots \text{EI}_n] / n, \quad (6)$$

где ER – риск подверженности; EI – индексы воздействия.

EI определяются на основании факторов воздействия или параметров воздействия химических веществ, таких как давление пара, меры контроля опасности, количество, используемое в неделю, и продолжительность работы в неделю.

Апробация сингапурской модели показала более высокий уровень риска, чем метод фактического уровня воздействия. Модель подходит для оценки риска профессионального воздействия вредных химических веществ на мебельных производствах и может служить основой для дальнейших мер профилактики и контроля [9].

Модель контроля за веществами, опасными для здоровья (Control of Substances Hazardous to Health Essentials (COSHH Essentials))^{11,12}, одновременно учитывает как опасность для здоровья, так и уровни воздействия химических веществ (твёрдых или жидких) и использует общую оценку риска, позволяет рекомендовать уровень контроля для принятия управленческих решений. Опасность для здоровья определяется на основании отнесения оцениваемого вещества к группе опасности. Риск воздействия определяется путём отнесения вещества к соответствующему диапазону запылённости или летучести.

В исследованиях [10, 11] была проведена сравнительная оценка различных моделей профессионального риска, связанного с воздействием химических веществ (U.S.EPA, сингапурская модель, COSHH, австралийская, румынская модели, модель ICMM), для здоровья работников различных отраслей промышленности. Установлено, что модель U.S.EPA и сингапурская модель показали хорошую надёж-

ность, поскольку они учитывали присущий отрасли фактор риска и, как правило, повышали уровни риска. Модель U.S.EPA была независимой, а сингапурская модель имела хорошую корреляцию с другими моделями. Рассматривается возможность объединения методических подходов моделей U.S.EPA, сингапурской и COSHH для повышения эффективности стратегии управления рисками для здоровья на производстве [11].

Количественная гигиеническая оценка профессионального риска может быть обоснована сравнительным анализом корректных параметров входных данных профессиональных вредностей с нормативами, последующим расчётом зависимостей «доза – эффект» на основе пробит-функции (нормального распределения) и дальнейшим вычислением ожидаемой вероятности неблагоприятных исходов (болезней), обусловленных производственной экспозицией (стажем работы) [12]. Моделирование химического ингаляционного риска с помощью пробит-функции проведено в исследовании [13].

Модели оценки профессионального риска при воздействии физических факторов. Для оценки профессионального риска потери слуха, вызванной воздействием шума, предлагаются различные модели и расчётные методы с целью прогнозирования профессиональной нейросенсорной тугоухости (ПНСТ) в зависимости от возраста, экспозиции шума.

Уровень персонального профессионального риска, обусловленного воздействием шума, авторы [14] определяли с использованием математического моделирования, при котором в качестве переменных выступали условия труда, возраст и стаж работы. На следующем этапе уточнялась категория персонального риска для работников с помощью метода трапециевидных нечётких чисел и расчёта функции принадлежности. Представленный метод позволяет не только уточнить категорию риска, но и определить прогноз риска при продолжении работы в тех же условиях и более адекватно сформировать группы риска для проведения профилактических мероприятий.

Оценка профессионального риска при воздействии шума чаще опирается на международный стандарт ISO 1999:2013¹³, принятый в нашей стране в качестве национального стандарта ГОСТ Р ИСО 1999–2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума»¹⁴. Например, исследователями для расчёта профессионального атрибутивного (добавочного) риска разработана технология расчёта вероятностных порогов слуха на различных аудиометрических частотах и при их комбинациях в зависимости от пола, возраста и экспозиции шума. Атрибутивный риск определяли разностью величин заболеваемости нейросенсорной тугоухостью в группах лиц, подверженных и не подверженных воздействию шума выше ПДУ [15].

Авторами [24] на основании сравнительной оценки вероятностного риска ПНСТ, рассчитанного по ГОСТ Р ИСО 1999–2017, и фактического риска ПНСТ у работников «шумовых» производств по данным эпидемиологического исследования подтверждено, что стандарт ГОСТ Р ИСО 1999–2017 с высокой долей вероятности позволяет прогнозировать групповой риск потери слуха вследствие воздействия шума и количественно оценить степень риска [16].

В работе [17] для оценки профессионального риска предложено категорировать показатель тяжести профзаболеваний Кт, используемый при расчёте индекса профзаболеваний (Ипз), с учётом степени снижения слуха в зависимости от пола, возраста, стажа работы в условиях производственного шума. В данном случае ГОСТ Р ИСО 1999–2017 может использоваться для оценки профессионального риска при отсутствии данных аудиометрических исследований работников и для подтверждения приемлемости риска.

¹³ Международный стандарт ISO 1999:2013 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума» (ISO 1999:2013 «Acoustics – Estimation of noise-induced hearing», IDT).

¹⁴ ГОСТ Р ИСО 1999–2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума». Стандартинформ, 2017.

⁹ International Council on Mining and Metals. Good practice guidance on occupational health risk assessment. Second edition. ICMM. London. United Kingdom. Available at: https://www.workplacesafetynorth.ca/sites/default/files/resources/Mining_health-and-safety_health-risk-assessment_2nd-edition-Intl_Council_Mining_Metals-2017.pdf

¹⁰ Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division. A semi & quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals. Available at: <https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/A%20Semi-quantitative%20Method%20to%20Assess%20Occupational%20Exposure%20to%20Harmful%20Che.pdf>

¹¹ COSHH Essentials: Easy Steps to Control Chemicals, HSG193. HSE Books, 1999.

¹² The Technical Basis for COSHH Essentials. HSE Books, 1999.

При прогнозировании риска формирования вибрационной болезни (ВБ) применяется информационно-энтропийное моделирование. В данной модели вибрационное воздействие определяли по показателю предельной стажевой дозы вибрации [2]. Вклад локальной вибрации в формирование ВБ оценивали по медико-биологическим показателям функционирования центральной нервной и эндокринной систем организма, отклонения в которых являются специфичными для ВБ. Вероятностный метод информационно-энтропийного анализа даёт возможность анализировать параметры функциональных систем организма, участвующих в формировании ВБ, в различных комбинациях, что позволит в дальнейшем использовать этот метод для объективизации и прогнозирования ВБ [18].

Предложена количественная оценка априорного профессионального риска, позволяющая обосновать характеристику условий труда по критериям классификации с учётом нормально-вероятностного распределения эффектов воздействия. Уровни риска, при которых вероятность развития неблагоприятных эффектов для здоровья составляет более 16–25%, оцениваются как значимые для развития профессиональных заболеваний; уровни риска в пределах от 2–5 до 16–25% оцениваются как значимые для развития общего заболевания [19].

Оценку категории профессионального риска, обусловленного комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса, предлагается выполнять методом вероятностной оценки принадлежности численной характеристики профессионального риска к трапециевидным нечётким числам. При этом ключевые показатели оценивают не точечными, а вероятностными интервальными значениями, характеризующимися функцией принадлежности к диапазону параметров [20]. Вероятностные инструменты обеспечивают более информативное представление о воздействии фактора по сравнению с использованием дискретных точечных оценок в процессе характеристики риска [21].

Применение методики оценки профессионального риска [22], включающей сочтанное действие вредных факторов, позволяет более достоверно оценить уровень риска с учётом особенностей взаимодействия факторов, получить интегральную величину профессионального риска с одночисловым показателем, ранжировать условия труда по уровню риска и одновременно определить вклад определённого вредного производственного фактора в тот или иной вид профессионального и производственно обусловленного за-

болевания и даёт возможность конкретизировать мероприятия по снижению риска.

Особое внимание в настоящее время уделяется научному обоснованию риск-ориентированных подходов к сохранению здоровья работающих, что предполагает установление диагноза профессионального заболевания на основе этиопатогенетической и количественной оценки профессионального риска [23]. Риск-ориентированный подход позволил обосновать гигиенические критерии и классификацию условий труда по шуму [24].

Принципы прогнозирования вероятности нарушений здоровья от вредных факторов труда должны включать адекватность (модель должна отражать этиопатогенетические особенности формирования нарушений здоровья), доказательность (использование данных, отвечающих требованиям доказательной медицины) и социальную значимость (модель должна оценивать нарушения здоровья с учётом принципов этики и быть пригодной для медико-правовых целей) [5, 25].

Заключение

В настоящее время для решения практических задач по оценке и управлению профессиональным риском необходимо разрабатывать единые принципы, методические подходы к оценке, а также систему критериев и показателей. Всё это требует разработки единой унифицированной методики (порядка) оценки и управления профессиональными рисками, критериев оценки профессиональных рисков индивидуального и когортного (группового, коллективного) характера. Трудности совершенствования методического обеспечения оценки и управления профессиональными рисками связаны с терминологическими и концептуальными расхождениями в отечественной и зарубежной научной литературе, международных и национальных документах, различиями подходов к оценке и управлению рисками повреждения здоровья из-за тех или иных этиологических факторов; различиями в подходах к определению группового (коллективного) и индивидуального риска.

Идеи и данные исследований, обсуждаемые в настоящем обзоре, свидетельствуют о том, что в медицине труда научные изыскания и практика должны развиваться в направлении более целостной модели оценки и управления профессиональными рисками, ориентированной на сохранение здоровья работающих.

Литература

(п.п. 1, 6–11, 21 см. References)

- Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., ред. *Профессиональный риск для здоровья работников: Руководство*. М.: Тровант; 2003.
- Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Сивочалова О.В., Степанян И.В., Челишева М.Ю. и др. Методология выявления и профилактики заболеваний, связанных с работой. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; (9): 1–7.
- Бухтияров И.В., Кузьмина Л.П., Головкова Н.П., Чеботарёв А.Г., Лескина Л.М., Хелковский-Сергеев Н.А. и др. Обоснование платформы стандартов на основе оценки риска нарушения здоровья работников предприятий ведущих отраслей экономики. *Медицина труда и промышленная экология*. 2021; 61(3): 155–60. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-155-160>
- Денисов Э.И., Ильяева Е.Н., Прокопенко Л.В., Сивочалова О.В., Степанян И.В., Чесалин П.В. Логика и архитектура построения прогнозных моделей в медицине труда. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2009; (1): 20–9.
- Красовский В.О., Яхина М.Р., Шайхлисламова Э.Р. *Разработка универсального метода количественного гигиенического анализа, оценки и прогноза профессионального риска здоровью на основе теории нормально-вероятностного метода*. Уфа: Диалог; 2020.
- Красовский В.О., Кашафутдинова Г.И., Галлиулин А.Р. Пробит-моделирование в оценке, анализе и прогнозе профессиональных рисков здоровью работающих во вредных условиях. *Евразийское Научное Обединение*. 2015; 1(2): 85–7.
- Фокин В.А., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Хрушева Е.В. Оценка и прогнозирование персонального профессионального риска с учётом его категорий при помощи вероятностных методов. *Анализ риска здоровью*. 2021; (4): 92–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.10>
- Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Почтарева Е.С. Определение и оценка группового избыточного (атрибутивного) риска потерь слуха от шума. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(4): 212–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-212-218>
- Преображенская Е.А., Сухова А.В., Крючкова Е.Н. Вероятностный и фактический риск профессиональной нейросенсорной тугоухости у работников «шумовых» производств. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 947–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-947-952>
- Белокрылова Е.Л. Методика оценки профессионального риска здоровью работающих в шуме. В кн.: *Дальневосточная весна – 2020: Материалы 18-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности*. Комсомольск-на-Амуре; 2020: 140–4.
- Дьякович М.П., Рукавишников В.С., Панков В.А., Лахман О.Л., Кулешова М.В. Обоснование использования показателей неспецифического звена патогенеза и дозы воздействия локальной вибрации при прогнозировании риска развития вибрационной болезни. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(10): 1049–55. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1049-1055>
- Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование моделей количественной оценки априорного профессионального риска. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2020; (3): 12–20.
- Зайцева Н.В., Шур П.З., Алексеев В.Б., Савочкина А.А., Савочкин А.И., Хрушева Е.В. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей

- среды и трудового процесса. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 23–30. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.03>
22. Потоцкий Е.П., Фирсова В.М., Сахарова Е.А. Учёт сочетанного действия комплекса вредных факторов и анализ влияния производственного фактора химической природы на уровень профессионального риска. *Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия*. 2018; 61(1): 35–9. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2018-1-35-39>
 23. Бухтияров И.В. Научное обоснование риск-ориентированного подхода к сохранению здоровья работающих. Доступно: <https://irioh.ru/health-risk-analysis-2022/>
 24. Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Почтарева Е.С. Обоснование риск-ориентированных гигиенических критериев и классификации условий труда по шуму с учётом группового атрибутивного (избыточного) риска потери слуха. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62(3): 185–92. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-185-192>
 25. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Степанян И.В. Управление профессиональными рисками: прогнозирование, каузация и биоинформационные технологии. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2012; 67(6): 51–6. <https://doi.org/10.15690/vramn.v67i6.284>

References

1. Peckham T.K., Baker M.G., Camp J.E., Kaufman J.D., Seixas N.S. Creating a future for occupational health. *Ann. Work Expo. Health*. 2017; 61(1): 3–15. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxw011>
2. Izmerov N.F., Denisov E.I., eds. *Occupational Risk for Workers' Health: Handbook [Professional'nyy risk dlya zdorov'ya rabotnikov: Rukovodstvo]*. Moscow: Trovant; 2003. (in Russian)
3. Izmerov N.F., Denisov E.I., Prokopenko L.V., Sivochalova O.V., Stepanyan I.V., Chelishcheva M.Yu., et al. Methodology to reveal and prevent diseases associated to work. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010; (9): 1–7. (in Russian)
4. Bukhtiyarov I.V., Kuz'mina L.P., Golovkova N.P., Chebotarev A.G., Leskina L.M., Khelkovskiy-Sergeev N.A., et al. Justification of the platform of standards based on the risk's assessment to health employees disorders of the leading sector's enterprises of the economy. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2021; 61(3): 155–60. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-155-160> (in Russian)
5. Denisov E.I., Il'kaeva E.N., Prokopenko L.V., Sivochalova O.V., Stepanyan I.V., Chesalin P.V. Logic and architecture of prognostic models construction in occupational health. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2009; (1): 20–9. (in Russian)
6. Bakri S.F.Z., Hariri A., Ismail M. Occupational Health Risk Assessment of Inhalation Exposure to Welding Fumes. *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res.* 2020; 8(1.2): 90–7. <https://doi.org/10.30534/ijer/2020/1381.22020>
7. Cai Y., Li F., Zhang J., Wu Z. Occupational health risk assessment in the electronics industry in china based on the occupational classification method and EPA model. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018; 15(10): 2061. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102061>
8. Chen L., Qian X.R., Liu J.T., Hu W.J., Zhang G., Yang H.D. Application of ICMH Occupational Health Risk Assessment Model in evaluation of occupational risk of a lead-acid battery enterprise. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2018; 36(4): 298–301. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2018.04.017> (in Chinese)
9. Liu T., Zhang P., Li H., Zhang C.H., Ma L., Zhang M.B. Applied study of Singapore occupational semi-quantitative risk assessment technique in occupational health risk assessment in a chair furniture manufacturing enterprise. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2018; 36(10): 784–8. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2018.10.020> (in Chinese)
10. Xu Q., Yu F., Li F., Zhou H., Zheng K., Zhang M. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models. *J. Occup. Health*. 2020; 62(1): e12164. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12164>
11. Tian F., Zhang M., Zhou L., Zou H., Wang A., Hao M. Qualitative and quantitative differences between common occupational health risk assessment models in typical industries. *J. Occup. Health*. 2018; 60(5): 337–47. <https://doi.org/10.1539/joh.2018-0039-OA>
12. Krasovskiy V.O., Yakhina M.R., Shaykhlislamova E.R. *Development of a Universal Method of Quantitative Hygienic Analysis, Assessment and Prediction of Occupational Health Risk Based on the Theory of Normal Distribution [Razrabotka universal'nogo metoda kolichestvennogo gigienicheskogo analiza, otsenki i prognoza professional'nogo riska zdorov'yu na osnove teorii normal'nogo raspredeleniya]*. Ufa: Dialog; 2020. (in Russian)
13. Krasovskiy V.O., Kashafutdinova G.I., Galliulin A.R. Probit-modeling in the assessment, analysis and prediction of occupational health risks working in harmful conditions. *Evrzyskoe Nauchnoe Ob'edinenie*. 2015; 1(2): 85–7. (in Russian)
14. Fokin V.A., Zaytseva N.V., Shur P.Z., Red'ko S.V., Khrushcheva E.V. Assessing and predicting individual occupational risk and determining its exact categories using probabilistic methods. *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; (4): 92–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.10.eng>
15. Prokopenko L.V., Kur'ev N.N., Lagutina A.V., Pochtareva E.S. Identification and assessment of the group redundant (attributive) risk of hearing loss from noise. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(4): 212–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-212-218> (in Russian)
16. Preobrazhenskaya E.A., Sukhova A.V., Kryuchkova E.N. Comparative analysis of the potential and actual risk of noise-induced hearing loss in employees of «noise» industries. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 947–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-947-952> (in Russian)
17. Belokrylova E.L. Methodology for assessing occupational health risk of noise workers. In: *Far Eastern Spring 2020: Materials of the 18th International Scientific and Practical Conference on Ecology and Safety [Dal'nevostochnaya vesna – 2020: Materialy 18-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam ekologii i bezopasnosti]*. Komsomol'sk-na-Amure; 2020: 140–4. (in Russian)
18. D'yakovich 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 Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(10): 1049–55. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1049-1055> (in Russian)
19. Mel'tser A.V., Erastova N.V., Kiselev A.V. Hygienic justification of quantitative assessment models of a priori occupational health risk. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2020; (3): 12–20. (in Russian)
20. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Alekseev V.B., Savochkina A.A., Savochkin A.I., Khrushcheva E.V. Methodical approaches to assessing categories of occupational risk predetermined by various health disorders among workers related to occupational and labor process factors. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (4): 24–31. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.03.eng>
21. Waters M., McKernan L., Maier A., Jaycock M., Schaeffer V., Brosseau L. Exposure estimation and interpretation of occupational risk: enhanced information for the occupational risk manager. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2015; 12(1): 99–111. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1084421>
22. Pototskiy E.P., Firsova V.M., Sakharova E.A. Account of joint effect of the complex of harmful factors and analysis of the influence of production factor of chemical nature on the level of professional risk. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya*. 2018; 61(1): 35–9. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2018-1-35-39> (in Russian)
23. Bukhtiyarov I.V. Scientific justification of a risk-based approach to preserving the health of workers. Available at: <https://irioh.ru/health-risk-analysis-2022/> (in Russian)
24. Prokopenko L.V., Kur'ev N.N., Lagutina A.V., Pochtareva E.S. Substantiation of risk-oriented hygienic criteria and classification of working conditions by noise, taking into account the group attributive (excessive) risk of hearing loss. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(3): 185–92. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-185-192> (in Russian)
25. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Stepanyan I.V. Occupational risk management: prognosis, causation and bioinformational technologies. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2012; 67(6): 51–6. <https://doi.org/10.15690/vramn.v67i6.284> (in Russian)