

УДК 613.6
DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02



Научная статья

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, ПРОГНОЗА И ПРОФИЛАКТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ

Н.В. Зайцева^{1,2}, Д.А. Кирьянов¹, М.А. Землянова¹, Д.В. Горяев³,
О.Ю. Устинова¹, П.З. Шур¹

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Российская Федерация, 6140045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

²Отделение медицинских наук Российской академии наук, Российская Федерация, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, 14

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю, Российская Федерация, 660097, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

Актуальность исследования определена стратегическими интересами Российской Федерации, диктующими необходимость достижения национального приоритета – развития человеческого потенциала. В условиях сокращения трудовых ресурсов на фоне депопуляционных процессов решение данной проблемы приобретает особую актуальность.

Осуществлена разработка научных концептуальных основ корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников для обоснования программных санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер, направленных на сокращение потерь ожидаемой продолжительности здоровой жизни и повышение профессионального долголетия.

Основная теоретическая идея базируется на уникальной информационно-интеллектуальной инновационной системе анализа и прогноза причинно-следственных связей между воздействием вредных и опасных производственных факторов и обусловленных ими нарушениями здоровья работающих, в том числе с развитием профессиональных заболеваний.

Разработанные прогностические цифровые нейросетевые модели, обученные на ретроспективных или фактических данных об условиях труда, состоянии здоровья, социально-экономических условиях и факторах образа жизни, являются информационно-аналитической основой проведения расчетов и оценки эволюции персональных и групповых (профессия, возраст, стаж) рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний у работников. Выполненный на этой основе прогноз предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, конкретно для каждой изученной профессии, возраста и стажа является информационной основой для разработки и принятия управленческих решений, в том числе в части санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер, направленных на сохранение профессионального долголетия, что позволяет существенно повысить эффективность корпоративной здоровьесберегающей политики.

Ключевые слова: корпоративная риск-ориентированная система, концепция, здоровье работающих, вредные и опасные условия труда, профессиональные заболевания, производственно-обусловленные заболевания, медико-профилактические мероприятия, профессиональное долголетие.

© Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Землянова М.А., Горяев Д.В., Устинова О.Ю., Шур П.З., 2023

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Землянова Марина Александровна – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: zem@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).

Горяев Дмитрий Владимирович – кандидат медицинских наук, руководитель, главный государственный санитарный врач по Красноярскому краю (e-mail: office@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, заместитель директора по клинической работе (e-mail: ustynova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

В Глобальном плане действий ВОЗ по охране здоровья работающих отмечено, что трудовое население составляет половину всей численности населения в мире и вносит основной вклад в экономическое и социальное развитие общества [1–3]. По данным Росстата, показатель экономической занятости в России к августу 2023 г. составил 61,3 % (74,2 млн человек¹), из них порядка 38 % – лица, работающие во вредных и (или) опасных условиях труда. В настоящее время в нефтедобывающей отрасли до 30 % рабочих мест не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям, на горнорудном производстве – до 55 %, в электроэнергетике – 37 %, на транспорте – до 39 %, в обрабатывающей отрасли – до 42 % [4, 5]. Воздействие вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте формирует риски здоровью работающих, которые усугубляются негативными социальными и индивидуальными факторами, а также ограниченной доступностью медико-профилактической помощи, что влияет на сохранение трудового потенциала страны [6]. Согласно прогнозу Высшей школы экономики, с 2019 по 2030 г. численность рабочей силы РФ сократится на 1,9 млн человек, при этом доля работающих в возрасте до 40 лет снизится с 42 до 37,4 %. При негативном стечении обстоятельств прогнозируется сокращение этого показателя на 3 млн человек, то есть до 71,7 млн, а к 2035 г. – еще на 0,6 млн. По оценке экспертов в России в 2020 г. затраты на сохранение здоровья работников, связанные с вредными и опасными условиями труда, достигли 1 трлн 770 млрд рублей, что составляет 1,6 % ВВП страны, из них 55 % составили экономические издержки в связи с потерей рабочего времени [7].

Стратегические интересы РФ, отраженные в Указе Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года», диктуют необходимость достижения национального приоритета – развития человеческого потенциала, что требует поддержания и укрепления здоровья населения трудоспособного возраста, по-

казатели которого сохраняют негативные тенденции. По данным Росстата, из общего числа умерших 30 % составляют лица трудоспособного возраста, из не доживших до пенсии граждан – 80 % мужчины, из причин смертности – 55 % сердечно-сосудистые заболевания, при этом условия труда на рабочих местах оказывают значительное влияние на здоровье работников и в целом на демографическую ситуацию в стране [8].

В условиях сокращения трудового потенциала на фоне депопуляционных процессов решение данной проблемы приобретает особую актуальность [9]. Для обеспечения стабильных условий, направленных на улучшение состояния здоровья работающих, профилактики хронических неинфекционных заболеваний, включая профессиональные и производственно-обусловленные, сокращения потерь, связанных со стойкой и временной нетрудоспособностью, увеличения ожидаемой продолжительности жизни, снижения смертности и уровня инвалидизации необходима разработка и применение современных подходов и инструментов [10, 11]. Принципиально важными при этом являются именно профилактика заболеваемости и управление профессиональными рисками [12].

В последние годы произошла значительная трансформация нормативно-правовых актов в сфере охраны труда и здоровья работников. Существенные изменения коснулись требований к организации проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (ПМО). В соответствии с ФЗ- № 311² внесены изменения в порядок их проведения, предусмотренные частью четвертой ст. 213 Трудового кодекса РФ³, а ПМО работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, с сентября 2022 г. регулируются ст. 220 Трудового кодекса РФ⁴. Разработаны нормативно-правовые акты, касающиеся организации контроля за здоровьем работающих, в том числе новые правила расследования и учета случаев профессиональных заболеваний, утвержденные постановлением Правительства РФ № 1206 (2022 г.)⁵, ужесточающие сроки

¹ Социально-экономическое положение России: январь – август 2023, № 8: информационно-аналитические материалы [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-08-2023.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).

² О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 02.07.2021 № 311-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389002/ (дата обращения: 01.09.2023).

³ Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 01.09.2023).

⁴ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 04.08.2023, с изм. от 24.10.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 01.09.2023).

⁵ О порядке расследования и учета случаев профессиональных заболеваний работников: Постановление правительства РФ от 05.07.2022 № 1206 [Электронный ресурс] // Контур Норматив. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=426804> (дата обращения: 03.09.2023).

расследования, а также требования к работодателю и возможности оспаривания результатов расследования. Проведение обязательных ПМО в соответствии с новыми требованиями позволило выявить 1,4 % временно или постоянно непригодных к осуществлению работ во вредных и опасных условиях труда [9]. Разрабатываются и внедряются хорошо организованные и стабильные корпоративные системы охраны здоровья и формирования здорового образа жизни. Их реализация включает мероприятия, направленные на создание безопасных и комфортных условий труда с учетом особенностей производства и технологических процессов, оценку и снижение негативных последствий профессиональных рисков, сохранение здоровья и трудового долголетия работающих, профилактику профессиональных заболеваний, повышение доступности и качества медицинской помощи, поддержание и популяризацию здорового образа жизни [13].

Мировой опыт реализации корпоративных программ, предусматривающий масштабирование наиболее результативных из них, свидетельствует о значительной их эффективности в отношении улучшения здоровья работающих, увеличения производительности труда и экономической стабильности предприятий [14]. Накапливается все больше доказательств в пользу того, что инвестиции в здоровье трудового коллектива являются одним из приоритетов высокоэффективных компаний. Исследования показали, что меры по охране здоровья на рабочих местах на 27 % сокращают продолжительность воздействия вредных условий труда (ВУТ) и на 26 % – расходы компаний на медико-санитарное обслуживание [15, 16].

В целом, несмотря на сохраняющийся дефицит системных мер, направленных на внедрение корпоративных программ на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, отмечается устойчивая тенденция к комплексному подходу к охране здоровья на производстве [17]. Подготовлена библиотека корпоративных программ по укреплению здоровья работающих граждан, которая включает в себя практики укрепления здоровья на рабочих местах⁶. Помимо технологий, направленных на предотвращение развития профессиональной патологии, разрабатываются программы скрининг-обследований наиболее социально значимых заболеваний [18]. Расширяется внедрение программ, направленных на психологическое здоровье работающих, снижение уровня тревожности в коллективах, на формирование осознанного отношения сотрудников к своему здоровью, вовлечение

сотрудников в регулярные занятия физкультурой, изменение поведенческих моделей сотрудников и формирование культуры здорового образа жизни с акцентом на формировании мотивации к здоровому образу жизни через семейные ценности [19–21]. В рамках использования возможностей цифровых и информационных технологий разработана модельная корпоративная программа как элемент системы мер по охране здоровья работающих, включающая расширенный перечень задач по управлению здоровьем, в том числе профилактике профессиональных и профессионально связанных заболеваний. Модельный вариант предполагает ее использование в качестве основы для разработки специализированных программ, адаптированных под условия конкретной организации [12, 15].

Вместе с тем детальный анализ предпринимаемых усилий, консолидированных на всех уровнях государственного и корпоративного управления в области охраны здоровья работающих, показал, что большинство предлагаемых и реализованных решений ориентированы на трудовые коллективы в целом и носят общий рекомендательный характер. Оценка профессиональных рисков и рисков здоровью, связанных с работой, рассматривается в настоящее время как один из наиболее современных аналитических методов принятия управленческих решений, в том числе при длительном трудовом стаже на момент достижения предпенсионного возраста; она рассчитана на группы работников, находящихся в одинаковых условиях воздействия производственных факторов, при этом учет особенностей персональной реализации рисков здоровью проводится в основном в отношении пола, возраста и стажа [11, 20–22].

Другой стороной проблемы является то, что проводимые ПМО как одно из направлений профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья строго регламентированы действующими нормативно-правовыми актами и направлены на выявление уже состоявшихся клинических форм заболеваний, являющихся медицинскими противопоказаниями к началу / продолжению трудовой деятельности⁷. Сложившийся подход к профилактике заболеваний не содержит элементов управления профессиональным риском, не предполагает диагностики донозологических состояний и формирования групп риска с высокой вероятностью развития профессиональной / производственно-обусловленной патологии, в том числе коморбид-

⁶ Подготовлена библиотека корпоративных программ по укреплению здоровья работающих граждан: Информация Министерства здравоохранения РФ от 01.08.2019 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: https://base.garant.ru/72370334/#block_31353 (дата обращения: 01.09.2023).

⁷ Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 01.09.2023).

ных состояний, не ориентирован на последующую разработку и проведение специализированных программ их профилактики [21].

Основываясь на сформировавшейся потребности раннего выявления профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, необходимо отметить важность учета индивидуальной предрасположенности организма к воздействию вредных и опасных производственных факторов, условий и факторов образа жизни, общего соматического состояния организма на момент начала и в течение периода трудовой деятельности. Комплекс индивидуальных особенностей может стать триггером развития производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний. Прогнозирование вероятности возникновения прямых и косвенных признаков состояний, патогномично связанных с факторами и условиями воздействия, как предшественников развития клинически манифестирующих патологических процессов, предрасполагающих к развитию профессиональных заболеваний, становится объективно необходимым и позволит повысить адресность и эффективность лечебно-профилактических программ, направленных на увеличение периода трудоспособности.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости повышения точности оценок на персональном уровне как основы принятия адекватных управленческих решений. В связи с этим разработка корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работающих (далее Корпоративная интеллектуальная система), базирующейся на научно обоснованных цифровых моделях, разработанных по результатам углубленных исследований условий труда и состояния здоровья работающих, является высокоостребованной и диктует необходимость концептуальной постановки научно-методических исследований для ее создания.

Цель исследования – разработка научных концептуальных основ корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников.

Основная теоретическая идея, заложенная в Корпоративную интеллектуальную систему, направленную на предотвращение и (или) снижение негативных последствий вредного воздействия факторов и условий трудового процесса, – прогнозирование развития риска профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний на базе уникальной информационно-интеллектуальной инновационной системы анализа и прогноза причинно-следственных связей между воздействием вредных и опасных производственных факторов и обусловленных ими нарушениями здоровья работающих, в том числе с развитием профессиональных заболеваний.

Основными принципами прогнозирования являются: системность, согласованность, вариантность, непрерывность, достаточность, верифицируемость, то есть определение достоверности, эффективность. Системность обеспечивается совокупностью инновационных взаимосвязанных элементов, представленных ниже:

- информационно-аналитическая платформа данных, характеризующих условия труда на рабочих местах, сопряженных с персональными показателями состояния здоровья, социально-экономическими условиями и образом жизни работающих;

- комплекс прогностических цифровых моделей формирования персонального риска возникновения профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний;

- перечень биомаркеров и их критериев для раннего выявления профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний;

- комплекс параметризованных причинно-следственных связей для идентификации и оценки производственной обусловленности заболеваний, выявленных по результатам углубленных исследований;

- алгоритмы прогнозирования риска возникновения профессиональных заболеваний и заболеваний, связанных с работой;

- алгоритм действий участников реализации Корпоративной интеллектуальной системы и порядок ее применения;

- макеты программного обеспечения для прогнозирования риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний и заболеваний, связанных с работой;

- программы санитарно-гигиенических и адресных медико-профилактических мероприятий по предупреждению и минимизации последствий вредных воздействий факторов риска для сохранения кадровых ресурсов предприятия, дополняющих существующие стандарты оказания медицинской помощи;

- эффективность мероприятий по снижению потерь здоровья, связанных с условиями труда, и увеличению профессионального долголетия.

Составные компоненты корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа и прогноза схематически представлены на рисунке.

Построение прогностической цифровой модели развития профессионального или производственно-обусловленного заболевания основывается на научной концепции расчета риска возникновения заболевания, реализуемого на базе адаптивных математических моделей. Концептуальные основы представляют собой систему базовых гипотез, сформулированных в результате анализа данных научных публикаций и позволяющих:

- определить и формализовать перечни показателей трудового процесса, формирующих риск возникновения заболеваний;

- определить условия реализации риска здоровья в виде фактических случаев заболеваний;



Рис. 1. Корпоративная интеллектуальная риск-ориентированная система анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работающих

– выявить показатели социально-экономического статуса, образа жизни работника, проводимых / не проводимых им профилактических мер, способствующие реализации риска в виде конкретного случая заболевания;

– обозначить условия компенсации риска возникновения заболевания и предотвращения его реализации.

В рамках разработки концепции построения прогностической модели определяются:

– порядок формирования выборочных совокупностей (групп наблюдения и сравнения);

– условия и правила проведения медико-социологического исследования;

– ограничения использования модели для выполнения оценочных расчетов.

Концепция и методика моделирования строятся на обосновании типа модели, который выбирается из трех базовых вариантов: нейросетевая модель, эволюционная модель, логистическая модель.

Нейросетевая модель является приоритетной, но при этом требует полного набора всей необходимой информации как по объему выборочных данных, так и по индивидуальным факторам. В случае недостаточного объема выборочной совокупности и сокращения количества показателей возможно построение эволюционной модели. Логистическая модель имеет наименьшее предпочтение, так как ориентирована на учет отдельных (до 5) показателей, и практически не учитывает индивидуальные особенности.

Решение о выборе той или иной концептуальной прогностической модели проводится после сбора и первичного анализа выборочных данных.

Для определения значимых в рамках решаемой задачи показателей, повышающих прогностическую способность модели, проводится статистический анализ данных, характеризующих влияющие факторы и частоты возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания. В рамках статистического анализа выполняется оценка распределения значений показателей, используемых для моделирования, и их диапазонов вариации, построение трендов и оценка особенностей индивидуальных значений показателей, проверка на статистическую значимость и биологическое правдоподобие межгрупповых различий по исследуемой системе показателей. Полученная в результате информация позволяет оценить достаточность исходных данных для дальнейшего моделирования.

Алгоритм прогнозирования риска возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания строится на основе модели, позволяющей проводить расчет показателя, характеризующего индивидуальный риск возникновения заболевания при сохранении уровня всех факторов воздействия (условий труда, социально-экономических, образа жизни и т.д.) с вариацией возрастно-стажевой группы. Воздействие производственных и непрофессиональных факторов является комплексным, что определяет множественный характер модели. В связи с этим наилучшим подходом для моделирования служит метод построения искусственной нейронной сети.

При построении модели прогнозирования рисков здоровью, обусловленных профессиональным заболеванием, проводится разделение выборочной совокупности на обучающую и контрольную подвыборки, первая из которых участвует в непосредственной параметризации модели, вторая – в проверке качества прогнозирования. При подготовке данных для моделирования для каждой нозологической единицы необходимо выделить две категории работников, отличающихся условиями осуществления трудового процесса и наличием установленного профессионального заболевания:

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с наличием профессионального заболевания;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) с отсутствием профессионального заболевания.

Подготовка данных для моделирования риска здоровью, обусловленного развитием производственно-обусловленного заболевания, для каждой нозологической единицы или группы болезней включает выделение пяти категорий работников, отличающихся условиями осуществления трудового процесса и доказанными / недоказанными / отсутствием производственно-обусловленных заболеваний:

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с доказанным фактом производственно-обусловленного заболевания;

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) с хроническим заболеванием, обусловленным непрофессиональными причинами;

– работники группы наблюдения (с вредными условиями труда) без хронических заболеваний;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) с хроническим заболеванием, обусловленным непрофессиональными причинами;

– работники группы сравнения (без вредных условий труда) без хронических заболеваний.

Процедура моделирования проводится в несколько итераций с варьированием структуры моделей (вариации по количеству слоев и количеству нейронов в каждом слое) с определением наилучшей по величине коэффициента детерминации. Для оптимальной (выбранной в качестве наилучшей) модели проводится анализ чувствительности и специфичности, в результате которого определяют критерии классификации уровня вероятности возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания.

Построенная нейросетевая прогностическая модель ориентирована на определение вероятности возникновения профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний при индивидуальном сочетании всех влияющих на него факторов. Переход на индивидуальном уровне от вероятностей и возникновения заболеваний к рискам здоровью работника проводится, исходя из классического определения, что риск – это совокупность вероятности и тяжести последствий. Другими словами, критичность риска определяется значением вероятности негативных ответов со стороны здоровья работника, умноженной на значение тяжести его последствий [23, 24].

При апробации моделей проводится их частичная реализация в виде шаблонов MS Excel индивидуально для каждого работника из числа работающих в настоящее время (минимально достаточное количество – 150 человек). Проводя незначительные вариации факторов относительно индивидуальных значений (например, изменяя их на 10 % в обе стороны), рассчитывается вероятность возникновения профессионального или производственно-обусловленного заболевания, выполняется ранжирование факторов по уровням воздействия, оценива-

ется вклад факторов в развитие заболевания. Для каждого работника из выборки проводится расчет критерия, характеризующего риск возникновения заболеваний с учетом изменения возрастной и стажевой группы.

Практическая реализация доработанной модели осуществляется с помощью программного обеспечения, выполняющего основную функционал работы с исходными данными, расчетов и вывода результатов.

Построение прогностической цифровой модели формирования персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессионального заболевания, осуществляется на основе ретроспективных данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни и общем соматическом состоянии здоровья работников.

В качестве входных переменных используется система показателей, отражающих следующие группы индивидуальных факторов:

- возраст, стаж работы – по сведениям кадровой службы организации;
- условия труда – санитарно-гигиеническая характеристика по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда и сертификации работ по охране труда в организации;
- показатели состояния здоровья – наличие и конкретный диагноз профессионального заболевания (по результатам проведения ПМО, специального обследования для уточнения диагноза, сведений по обращаемости за медицинской помощью) – сведения ЛПУ, осуществляющего ПМО; данные территориального фонда обязательного медицинского страхования за 5-летний период, предшествующий дате установления профессионального заболевания;
- социально-экономические условия, образ жизни, профилактические мероприятия, проводимые самим работником и работодателем, – по результатам индивидуального медико-социологического исследования по специально разработанной анкете;
- показатели индивидуального социального пакета, предоставляемого со стороны организации, – сведения кадровой службы, бухгалтерии организации.

Для построения модели отбирается выборочная совокупность работников, осуществляющих трудовой процесс в исследуемых подразделениях, характеризующихся вредными и опасными условиями труда (обучающая выборка). Выборка дифференцирована: лица с установленным профессиональным заболеванием (например, нейросенсорная тугоухость, вибрационная болезнь, дорсопатия, радикулопатия, пылевой бронхит – все случаи заболеваний за 10-летний период – группа наблюдения) и лица с отсутствием профессионального заболевания (группа сравнения). Выборки должны быть сопоставимы по возрастной и стажевой структуре. При отсутствии указанного количества случаев установленных профессиональных заболеваний возможно построение моделей на имеющихся доступных данных в меньшем объеме при снижении требований к

прогностической значимости моделей. Для каждого индивидуума обучающей выборки необходимо собрать возможно полную информацию по всей системе показателей, основываясь на всех доступных источниках информации. Сбор информации по бывшим сотрудникам осуществляется по данным, полученным по запросу из архивов и проведению личного опроса. При невозможности проведения личного опроса целесообразно применение дистанционных методов социологического исследования (опрос с помощью социальных сетей и др.).

Построение прогностической цифровой модели формирования персонального риска здоровью, обусловленного развитием заболеваний, связанных с работой, осуществляется на основе фактических данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни и состоянии здоровья работников.

В качестве заболеваний, связанных с работой, могут выступать практически любые нарушения здоровья (отдельные нозологические единицы или группы болезней), для которых наблюдается статистическая связь с факторами, характеризующими условия производственного процесса, а именно, условия труда и стаж.

При построении прогностической модели учитывается весь спектр действующих факторов (производственные, социальные, экономические, образ жизни). В качестве входных переменных используется система показателей, отражающих следующие группы индивидуальных факторов:

- возраст, стаж работы – по сведениям кадровой службы организации;
- условия труда – санитарно-гигиеническая характеристика – по результатам лабораторно-инструментальных исследований условий труда на рабочих местах работников основных профессий изучаемого производства;
- показатели состояния здоровья – выявление производственно-обусловленных заболеваний по критериям связи нарушений здоровья с воздействием условий труда – по результатам углубленного медицинского обследования работников;
- социально-экономические условия, образ жизни, профилактические мероприятия, проводимые самим работником и работодателем – по результатам индивидуального медико-социологического исследования по специально разработанной анкете.

Для информационного обеспечения построения прогностической модели необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку условий труда, детализированную лабораторно-инструментальными исследованиями на рабочих местах работников основных профессий исследуемого производства и на рабочих местах работников, условия труда которых не связаны с воздействием изучаемых факторов. Минимальное достаточное общее количество рабочих мест для выполнения исследований определяется, исходя из структуры основных профессий изучаемо-

го производства (10%-ная выборка). Содержание и объем исследований на каждом выбранном рабочем месте определяются видом конкретного технологического процесса и включают:

- отбор максимальных разовых и среднесменных проб воздуха рабочей зоны с фиксацией метеопараметров и химико-аналитическое количественное определение в них содержания вредных веществ, специфичных для изучаемого технологического процесса;

- инструментальные замеры интенсивности физических факторов на каждом рабочем месте: эквивалентный уровень шума, общая и локальная вибрация, инфра- и ультразвук, микроклимат и др.;

- оценка тяжести трудового процесса по комплексу показателей (физическая динамическая нагрузка; масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; рабочая поза; наклоны корпуса; перемещение в пространстве).

Выявление производственно-обусловленных заболеваний по критериям связи нарушений здоровья с воздействием условий труда работников осуществляется на основании результатов сравнительного углубленного медицинского обследования и медико-социологического опроса работников на индивидуальном уровне. Проводится углубленное обследование работников основных профессий, занятых на изучаемых рабочих местах (группа наблюдения). В качестве контроля для проведения сравнительных оценок проводится углубленное обследование работников, деятельность которых не связана с изучаемыми производственными факторами (группа сравнения). Для обеспечения репрезентативности полученных результатов выборочные совокупности должны быть сопоставимы по численности, возрасту и стажу работы.

Объем и перечень диагностических мероприятий обосновываются с учетом ведущих производственных факторов и патогенетически связанных с ними морфофункциональных нарушений со стороны критических органов и систем и включают:

- медико-социологическое анкетирование работников (по социально-экономическим параметрам и факторам образа жизни – не менее 50 показателей);

- химико-аналитическое исследование биологических сред (крови, мочи) на содержание (количественно не менее 25 биомаркеров экспозиции) химических веществ, адекватных химическим производственным факторам риска;

- генетические исследования на определение чувствительности организма работников к воздействию ведущих производственных факторов и индивидуальной предрасположенности к развитию заболеваний органов-мишеней;

- клинические и функционально-инструментальные исследования функционального состояния критических органов и систем (порядка 120 показателей), модификация функций которых обусловлена

воздействием ведущих производственных факторов риска;

- биохимические, иммунологические, общеклинические исследования, (порядка 110–130 показателей), уточняющие патогенетическую направленность негативного воздействия производственных факторов, форму и выраженность манифестации патологического процесса.

Полученные результаты всего комплекса выполненных исследований условий труда и состояния здоровья работников заносят в информационную базу оцифрованных данных в формате Excel.

Сопряженная обработка результатов химико-аналитических, клинико-функциональных, лабораторных исследований состояния здоровья и лабораторно-инструментальных исследований условий труда работников проводится на основе методов параметрической статистики с оценкой нормальности распределения и его параметров (математическое ожидание, дисперсия) для каждого показателя, включает сравнительную оценку результатов обследования работников группы наблюдения относительно группы сравнения.

Для выявления причинно-следственных связей показателей состояния здоровья работников с показателями комплексного воздействия факторов трудового процесса проводится математическое моделирование и анализ установленных зависимостей:

- содержания химического вещества в организме (в крови / моче) от экспозиции химического фактора (экспозиция – маркер экспозиции);

- негативный ответ организма в виде заболевания (частота заболеваний по диагнозам, поставленным при углубленном обследовании) на воздействие экспозиции (для химических, физических и психофизиологических факторов) (экспозиция – негативный ответ);

- негативный эффект, характеризующийся отклонением лабораторного, функционального, инструментального показателя, в ответ на воздействие производственных химических (содержание химического вещества в организме (в крови / моче)), физических и психофизиологических факторов (маркер экспозиции – маркер негативного эффекта).

Для обоснования патогенетически значимых маркеров ранней диагностики производственно-обусловленных заболеваний для каждого вида профессиональной деятельности проводится многофакторное моделирование зависимости вероятности развития клинико-функциональных, биохимических, общеклинических, иммунологических нарушений от воздействия комплекса вредных производственных факторов. На основании экспертной оценки системы установленных параметризованных достоверных причинно-следственных связей «экспозиция – маркер экспозиции – маркер негативного эффекта – негативный ответ» на биологическое правдоподобие устанавливается комплекс маркеров

и их критериев для выявления и доказательства производственной обусловленности заболевания.

Построение прогностической цифровой модели для оценки эволюции уровня персонального риска профессионального или производственно-обусловленного заболевания осуществляется на основе нейросетевого программирования. Для формирования обучающей выборки, необходимой для построения модели развития производственно-обусловленных заболеваний, проводится идентификация работников с болезнями, доказано связанными с условиями труда, в каждой профессиональной группе.

Результаты идентификации работников с доказанной производственной обусловленностью выявленных заболеваний являются информационной основой для построения цифровой модели прогнозирования риска здоровью, обусловленного развитием заболеваний, связанных с работой, и разработки направлений медико-профилактических мероприятий.

Для информационного обеспечения решения задачи моделирования выполняется сбор информации по работникам, осуществляющим трудовую деятельность в настоящее время с доказанными производственно-обусловленными заболеваниями, с болезнями, не являющимися производственно-обусловленными, а также по работникам без заболеваний.

Из всего перечня информации, полученной на этапе углубленных исследований по каждому работнику, выделяются:

- показатели, характеризующие условия труда;
- показатели социально-экономических условий проживания и образа жизни;
- лица с заболеваниями, диагностированными в ходе углубленных исследований и отнесенными к производственно-обусловленным.

Оценка персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний или заболеваний, связанных с трудовой деятельностью у работников, на основе фактических данных. Перед внедрением и тиражированием разработанной риск-ориентированной системы прогнозирования проводится пробная эксплуатация разработанных цифровых моделей для расчета персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональных заболеваний или заболеваний, связанных с работой у работников, на основе фактических данных об условиях труда, социально-экономических показателях, факторах образа жизни. Для каждого работника специально сформированной тестовой выборки (не менее 100) выполняется сбор фактической персональной информации на основе расширенного анкетирования. По фактическим данным выполняется расчет индивидуальных вероятностей возникновения

профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний по всем разработанным моделям, соответствующим отдельным нозологическим формам, а также их интегрирование в показатели профессионального и производственно-обусловленного риска⁸.

Статистическая обработка результатов расчета индивидуальных вероятностей и индивидуальных рисков формирования профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний и аналитическое обобщение всей полученной информации позволяет сформировать персональные списки работников, соотнесенные с профессиональной, возрастной и стажевой группой.

Оценка и обобщенная характеристика рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных заболеваний и производственно-обусловленных заболеваний, позволяет получать агрегированные характеристики отдельных рабочих мест, профессий, подразделений предприятия с целью формирования программ управления рисками, оценки масштаба возможных потерь со стороны здоровья и необходимых экономических затрат на их компенсацию.

Прогноз сокращения периода профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, является групповой оценкой и выполняется для групп работников, объединенных по профессиональному, стажевому, возрастному и другим признакам. В основе расчета лежат индивидуальные значения ожидаемого времени потери трудоспособности за счет формирования риска здоровью, обусловленного профессиональными и производственно-обусловленными заболеваниями. Для каждого работника, вошедшего в тестовую выборку при пробной эксплуатации моделей, проводится расчет ожидаемого времени наступления потери трудоспособности за счет рисков профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний с учетом их индивидуальных условий труда, возрастно-стажевых, социально-экономических, генетических и других характеристик.

Расчет ожидаемого сокращения персональной трудовой активности после осреднения по категориям работников позволяет определить среднее сокращение периода профессиональной трудоспособности работников для каждой рассматриваемой профессиональной, стажевой и возрастной группы.

Установленные среднегрупповые значения сокращения времени профессиональной трудоспособности работников с учетом профессии, возраста и стажа исследуемого контингента являются основой разработки порядка и условий тиражирования риск-ориентированной системы анализа и прогноза на все предприятия изученного профиля промышленного

⁸ Р 2.1.10.3968-23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. – 221 с.

производства. Показатель среднегруппового сокращения периода профессиональной трудоспособности является критерием определения приоритетов по рассматриваемым профессиям, возрастным и стажевым группам для принятия научно обоснованных управленческих решений, в том числе в части адресных медико-профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий по предупреждению и минимизации последствий вредного воздействия факторов трудового процесса.

Разработка адресных медико-профилактических мероприятий для работников проводится дифференцированно с учетом степени выраженности риска развития заболеваний, а именно:

- с высоким и средним риском развития профессиональных заболеваний;
- с низким риском развития профессиональных заболеваний;
- с состоявшимися производственно-обусловленными заболеваниями;
- с высоким и средним риском развития производственно-обусловленных заболеваний;
- с низким риском развития производственно-обусловленных заболеваний;
- с состоявшимися хроническими заболеваниями, не связанными с факторами трудового процесса;
- с отсутствием хронических заболеваний.

Адресные медико-профилактические мероприятия направлены:

- при риске развития профессионального заболевания – на предотвращение прогрессирования ключевых патогенетически значимых нарушений здоровья, индуцированных ведущими факторами трудового процесса, для предупреждения перехода в фактически состоявшееся профессиональное заболевание;
- при состоявшихся производственно-обусловленных заболеваниях – на коррекцию основных патогенетических звеньев развития заболевания, ассоциированного с воздействием производственных факторов риска, для снижения тяжести и частоты рецидивов, предупреждения развития осложнений;
- при риске развития производственно-обусловленных заболеваний – на восстановление баланса нарушений основных звеньев гомеостатического равновесия (нейрогуморального, энергетического, окислительно-антиоксидантного, кислотнo-щелочного и др.), инициированных ведущими факторами трудового процесса, для превенции формирования заболеваний, связанных с работой;
- при состоявшихся хронических заболеваниях, не связанных с факторами трудового процесса, – на коррекцию основных патогенетических звеньев развития заболевания для снижения тяжести и частоты рецидивов, предупреждения развития осложнений;
- при отсутствии заболеваний – на предотвращение развития функциональных расстройств систем адаптации.

Первоочередным медико-профилактическим мероприятиям подлежат работники с высоким риском

развития профессионального или производственно-обусловленного заболевания, а также с состоявшимся производственно-обусловленным заболеванием. Содержание и объем медико-профилактических мероприятий определяются нозологической формой и тяжестью течения заболевания, патогенетическими механизмами формирования патологического процесса с учетом вклада ведущих производственных факторов риска, наличием осложнений.

Медико-профилактические мероприятия для работников с состоявшимися профессиональными заболеваниями осуществляются в соответствии с действующими протоколами и стандартами оказания медицинской помощи и приказом МЗ РФ от 28.01.2021 № 29н, национальным руководством «Профессиональная патология» (2011). Медико-профилактические мероприятия для работников с высоким риском развития профессионального заболевания, с состоявшимися производственно-обусловленными заболеваниями или риском их развития осуществляются в соответствии с разработанными протоколами и стандартами оказания специализированной медицинской помощи, учитывающими патогенетические механизмы формирования производственно-обусловленной патологии.

Основные направления адресных лечебно-профилактических мероприятий в отношении лиц с состоявшимися производственно-обусловленным заболеваниями и риском их развития на примере патологии сердечно-сосудистой системы, ассоциированной с воздействием комплекса металлов и органических соединений у подземных горнорабочих, включают:

- снижение содержания меди, свинца, марганца, никеля, хрома, мышьяка, бензола в биосредах (элиминационные мероприятия),
- восстановление функционального состояния эндотелия сосудов,
- восстановление баланса окислительно-антиоксидантных процессов,
- восстановление реологических свойств крови,
- коррекция липидного и углеводного обменов,
- коррекция водно-электролитного баланса и обмена витаминов.

По завершению реализации комплекса санитарно-гигиенических и адресных медико-профилактических мероприятий проводится оценка их эффективности по критерию снижения профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости (на основании сравнительного анализа до и после мероприятий) и предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда.

Для внедрения разработанных прогностических цифровых моделей для оценки эволюции риска развития профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний на конкретном предприятии необходимо разработать корпоративный руководящий документ с учетом практики подготовки корпоратив-

ных документов хозяйствующего субъекта в сфере охраны труда и здоровья работающих. Специальная часть руководящего документа содержит рекомендации по включению разработанного программного обеспечения, реализующего прогностические модели в корпоративную информационную систему.

Выводы. Разработанные прогностические цифровые нейросетевые модели, обученные на ретроспективных или фактических данных об условиях труда, состоянии здоровья, социально-экономических условиях и факторах образа жизни, являются информационно-аналитической основой проведения расчетов и оценки эволюции персональных и групповых (профессия, возраст, стаж) рисков здоровью, обусловленных развитием профессиональных или производственно-обусловленных заболеваний у работников.

Результаты оценки персонального риска здоровью, обусловленного развитием профессиональ-

ных или заболеваний, связанных с работой, позволяют выполнить прогноз предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности работников, связанного с условиями труда, конкретно для каждой изученной профессии, возраста и стажа. Разработка и принятие научно обоснованных управленческих решений, направленных на сохранение профессионального долголетия, основанные на результатах приоритизации по критерию предотвращенного периода сокращения профессиональной трудоспособности, позволят существенно повысить эффективность корпоративной здоровьесберегающей политики.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Wokers' health: global plan of action. Sixtieth World Health Assembly. – Geneva: WHO, 2007. – 12 p.
2. Клинико-гигиенические аспекты риска развития и прогрессирования пылевой бронхолегочной патологии у работников различных отраслей экономики под воздействием производственных факторов риска / А.Б. Бакиров, С.Р. Мингазова, Л.К. Каримова, П.В. Серебряков, Г.Ф. Мухаммадиева // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10
3. Производительность труда и российский человеческий капитал: парадоксы взаимосвязи?: доклад к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / В.Е. Гимпельсон, Д.А. Авдеева, Н.В. Акиндинова, И.Б. Воскобойников, М.Б. Денисенко, Ю.В. Симачев, П.В. Травкин, А.А. Федюнина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 61 с.
4. Распространенность сердечно-сосудистой патологии у работников алюминиевой промышленности / Н.И. Панев, О.Ю. Коротенко, С.Н. Филимонов, Е.А. Семёнова, Р.Н. Панев // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 3. – С. 276–279. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-3-276-279
5. Титова Е.Я., Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 83–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.09
6. Основные проблемы совершенствования правовых механизмов сохранения профессионального здоровья работающего населения / В.Л. Ромейко, Е.Л. Потеряева, Г.П. Ивлева, Н.В. Кругликова, Н.Л. Труфанова // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2018. – № 10 (307). – С. 46–49.
7. Деготькова И., Ткачёв И. Эксперты оценили убыль рабочей силы в России к концу десятилетия [Электронный ресурс] // РБК. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/01/06/2022/6294c6b89a7947c8beb41030> (дата обращения: 07.07.2023).
8. Завершилась Всероссийская неделя охраны труда-2021 «Рискам – нет!» в Москве [Электронный ресурс] // Профессиональное издательство. – URL: https://www.profiz.ru/sec/blog/post_6940/ (дата обращения: 01.11.2023).
9. Корпоративные системы охраны здоровья и формирования здорового образа жизни: резолюция конференции [Электронный ресурс] // Здоровье нации – основа процветания России: Всероссийский форум. – Москва, 11 мая 2023 года. – URL: <https://rspp.ru/upload/iblock/ccf/opfnzjwkw5yxfmmqsygm1si302wuko4a/Rezolyutsiya.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).
10. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
11. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Оценка профессиональных рисков для здоровья в системе доказательной медицины // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 1. – С. 14–20.
12. Iftime M.D., Dumitrascu A.-E., Ciobanu V.D. Chainsaw operators' exposure to occupational risk factors and incidence of professional diseases specific to the forestry field // Int. J. Occup. Saf. Ergon. – 2022. – Vol. 28, № 1. – P. 8–19. DOI: 10.1080/10803548.2019.1703336
13. Масленикова Г.Я., Оганов Р.Г. Профилактика неинфекционных заболеваний как возможность увеличения ожидаемой продолжительности жизни и здорового долголетия // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 5–12. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2-5-12
14. Информирование о рисках здоровью как составляющая риск-ориентированной модели оказания медицинской помощи работающему населению / В.Г. Костарев, С.Ю. Тендрякова, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова, М.М. Порошина, А.О. Барг // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2019. – № 2 (311). – С. 4–8. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-4-8
15. Совершенствование механизмов выявления ранних признаков нарушения здоровья для сохранения трудового долголетия / И.В. Бухтияров, Л.П. Кузьмина, Н.И. Измерова, Н.П. Головкова, О.П. Непершина // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 6. – С. 377–387. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387

16. Охрана здоровья на рабочем месте [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2017. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health> (дата обращения: 01.11.2023).

17. Корпоративные программы укрепления здоровья работников – обзор зарубежных публикаций / М.В. Попович, А.В. Маньшина, А.В. Концевая, О.М. Драпкина // Профилактическая медицина. – 2020. – Т. 23, № 3. – С. 156–161. DOI: 10.17116/profmed202023031156

18. Методические подходы к оценке и прогнозированию индивидуального риска здоровью при воздействии комплекса разнородных факторов для задач персонализированной профилактики / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, О.Ю. Устинова // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 1. – С. 34–43. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-34-43

19. Панова Т.В. Здоровье работающего населения важнейшее условие качества производительности труда // Экономические науки. – 2018. – № 161. – С. 39–41.

20. Реабилитация работников титано-магниевого производства с установленным заболеванием верхних дыхательных путей / Т.А. Пономарева, А.А. Воробьева, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 4 (20). – С. 39–49. DOI: 10.24411/2411-3794-2019-10046

21. Корпоративные программы профилактики нарушений здоровья у работников вредных предприятий как инструмент управления профессиональным риском / О.Ю. Устинова, Н.В. Зайцева, Е.М. Власова, В.Г. Костарев // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08

22. Nowak M., Mierzwiak R., Butlewski M. Occupational risk assessment with grey system theory // Cent. Eur. J. Oper. Res. – 2020. – Vol. 28. – P. 717–732. DOI: 10.1007/s10100-019-00639-8

23. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // European Journal of Operational Research. – 2016. – Vol. 253. – P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023

24. Marica L., Irimie S., Baleanu V. Aspects of occupational morbidity in the mining sector // Procedia Economics and Finance. – 2015. – Vol. 23. – P. 146–151. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00368-8

Концептуальные основы корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников / Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.А. Землянова, Д.В. Горяев, О.Ю. Устинова, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 4. – С. 19–32. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02

UDC 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02.eng



Research article

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF A CORPORATE INTELLIGENT RISK-BASED SYSTEM FOR ANALYSIS, PREDICTION AND PREVENTION OF OCCUPATIONAL AND WORK-RELATED HEALTH DISORDERS OF WORKERS

**N.V. Zaitseva^{1,2}, D.A. Kiryanov¹, M.A. Zemlyanova¹, D.V. Goryaev³,
O.Yu. Ustinova¹, P.Z. Shur¹**

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russian Federation

²Department of Medical Sciences, Russian Academy of Sciences, 14 Leninskii Av., Moscow, 119071, Russian Federation

³Krasnoyarsk Regional Office of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 21 Karatanova St., Krasnoyarsk, 660097, Russian Federation

The relevance of the study is determined by the strategic interests of the Russian Federation dictating the need to achieve a national priority, which is the development of human potential. Given the ongoing reduction in labor force against a background of depopulation processes, finding a solution to the problem seems especially relevant.

The purpose of this study is to develop a scientific conceptual framework for an intelligent risk-based innovative system for analysis, prediction and prevention of occupational and work-related health disorders of workers. This will help substantiate keynote sanitary-hygienic and medical-preventive measures aimed at reducing losses in healthy life expectancy and increasing occupational longevity.

The main theoretical idea is based on a unique information-intellectual innovative system for analyzing and predicting cause-and-effect relationships between the effects of harmful and hazardous occupational factors and the resulting health problems of workers, occupational diseases included.

The developed predictive digital neural network models, trained on retrospective or actual data on working conditions, health status, socio-economic conditions and lifestyle factors, are the information and analytical basis for carrying out calculations and assessing the evolution of personal and group (occupation, age, and work records) health risks caused by occupational or work-related diseases in workers. This provides solid grounds for making a forecast of a prevented period of reduction in occupational working capacity associated with working conditions, specifically for each examined occupation, age, and work records. Such forecasts are an eligible information basis for developing and making well-grounded managerial decisions including those concerning sanitary, hygienic and medical preventive measures aimed at preserving occupational longevity. This will significantly increase effectiveness of corporate health-preserving policies.

Keywords: corporate risk-based system, concept, workers' health, harmful and hazardous working conditions, occupational diseases, work-related diseases, medical and preventive measures, occupational longevity.

References

1. Workers' health: global plan of action. Sixtieth World Health Assembly. Geneva, WHO, 2007, 12 p.
2. Bakirov A.B., Mingazova S.R., Karimova L.K., Serebryakov P.V., Mukhammediyeva G.F. Risk of dust bronchopulmonary pathology development in workers employed in various economic branches under impacts exerted by occupational risk factors: clinical and hygienic aspects. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10.eng
3. Gimpel'son V.E., Avdeeva D.A., Akindinova N.V., Voskoboynikov I.B., Denisenko M.B., Simachev Yu.V., Travkin P.V., Fedyunina A.A. Proizvoditel'nost' truda i rossiiskii chelovecheskii kapital: paradoksy vzaimosvyazi? [Workforce productivity and Russian human capital: the paradoxes of the relationship?]: the report to XXII Aprel'skoi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moscow, April 13–30, 2021. Moscow, HSE University Publ., 2021, 61 p. (in Russian).
4. Panev N.I., Korotenko O.Yu., Filimonov S.N., Semenova E.A., Panev R.N. Prevalence of cardiovascular pathology in workers of the aluminum industry. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 3, pp. 276–279. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-3-276-279 (in Russian).
5. Titova E.Ya., Golub' S.A. Contemporary problems of health protection for workers employed at a large industrial enterprise and working under occupational hazards. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 4, pp. 83–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.09.eng
6. Romeyko V.L., Poteryaeva E.L., Ivleva G.P., Ivleva N.V., Trufanova N.L. The main problems concerning improvement for legal mechanisms of maintaining professional health of the working population. *ZNiSO*, 2018, no. 10 (307), pp. 46–49 (in Russian).
7. Degot'kova I., Tkachyov I. Eksperty otsenili ubyl' rabochei sily v Rossii k kontsu desyatiletiya [Experts estimated the decline in workforce in Russia by the end of the decade]. *RBC.Ru*. Available at: <https://www.rbc.ru/economics/01/06/2022/6294c6b89a7947c8beb41030> (July 7, 2023) (in Russian).
8. Zavershilas' Vserossiiskaya nedelya okhrany truda-2021 «Riskam – net!» v Moskve [The All-Russian Work Safety Week 2021 “No risks!” has ended in Moscow]. *Professional'noe izdatel'stvo*. Available at: https://www.profiz.ru/sec/blog/post_6940/ (November 1, 2023) (in Russian).
9. Korporativnye sistemy okhrany zdorov'ya i formirovaniya zdorovogo obraza zhizni: Rezolyutsiya Konferentsii [Corporate systems for protecting health and the formation of a healthy lifestyle: resolution of the conference]. *Zdorov'e natsii – osnova protsvetaniya Rossii: Vserossiiskii forum [Health of the nation is the basis of prosperity of Russia: the All-Russian forum]*, Moscow, May 11, 2023. Available at: <https://rspp.ru/upload/iblock/ccf/opfnzjwkw5yxfmmqsygm1si302wuko4a/Rezolyutsiya.pdf> (November 1, 2023) (in Russian).
10. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532 (in Russian).

© Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z., 2023

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

Dmitrii A. Kiryanov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department for Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Marina A. Zemlyanova – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher with the duties of the Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Methods of Diagnostics (e-mail: zem@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).

Dmitrii V. Goryaev – Candidate of Medical Sciences, Head of the Administration, Chief State Sanitary Inspector for the Krasnoyarsk region (e-mail: office@24.rospotrebnadzor.ru; tel.: +7 (391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director responsible for Clinical Work (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Pavel Z. Shur – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher-Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3105>).

11. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Denisov E. Evaluation of occupational risks in the system of evidence-based medicine. *Voprosy shkol'noi i universitetskoj meditsiny i zdorov'ya*, 2016, no. 1, pp. 14–20 (in Russian).

12. Iftime M.D., Dumitrascu A.-E., Ciobanu V.D. Chainsaw operators' exposure to occupational risk factors and incidence of professional diseases specific to the forestry field. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, 2022, vol. 28, no. 1, pp. 8–19. DOI: 10.1080/10803548.2019.1703336

13. Maslennikova G.Ya., Oganov R.G. Prevention of noncommunicable diseases as an opportunity to increase life expectancy and healthy longevity. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2019, vol. 18, no. 2, pp. 5–12. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2-5-12 (in Russian).

14. Kostarev V.G., Tendryakova S.Yu., Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Poroshina M.M., Barg A.O. Risk communication to health as a component of the risk-oriented model for the providing medical care to working population. *ZNiSO*, 2019, no. 2 (311), pp. 4–8. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-311-2-4-8 (in Russian).

15. Bukhtiyarov I.V., Kuzmina L.P., Izmerova N.I., Golovkova N.P., Nepershina O.P. Improvement of mechanisms of detecting early signs of health disorders for preservation labor longevity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 6, pp. 377–387. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387 (in Russian).

16. Protecting workers' health. *WHO*, November 30, 2017. Available at: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/protecting-workers-health> (November 1, 2023).

17. Popovich M.V., Manshina A.V., Kontsevaya A.V., Drapkina O.M. Corporate worker health promotion programs – review of foreign publications. *The Russian Journal of Preventive Medicine*, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 156–161. DOI: 10.17116/profimed202023031156 (in Russian).

18. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Ustinova O.Yu. Methodological approaches to evaluation and prediction of individual risk to health under the exposure to a complex of different factors for tasks of personalized prophylaxis. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 1, pp. 34–43. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-34-43 (in Russian).

19. Panova T.V. Health of the working population is the most important condition for quality and labor productivity. *Ekonomicheskie nauki*, 2018, no. 161, pp. 39–41 (in Russian).

20. Ponomareva T.A., Vorobeva A.A., Vlasova E.M., Ustinova O.Yu. Rehabilitation of employees of titanium-magnesium production with the installed disease of the upper respiratory ways. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2019, no. 4 (20), pp. 39–49. DOI: 10.24411/2411-3794-2019-10046 (in Russian).

21. Ustinova O.Yu., Zaitseva N.V., Vlasova E.M., Kostarev V.G. Corporate programs for preventing health disorders among workers employed at adverse productions as a tool for occupational risk management. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.08.eng

22. Nowak M., Mierzwiak R., Butlewski M. Occupational risk assessment with grey system theory. *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, 2020, vol. 28, pp. 717–732. DOI: 10.1007/s10100-019-00639-8

23. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 253, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023

24. Marica L., Irimie S., Baleanu V. Aspects of occupational morbidity in the mining sector. *Procedia Economics and Finance*, 2015, vol. 23, pp. 146–151. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00368-8

Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z. Conceptual foundations of a corporate intelligent risk-based system for analysis, prediction and prevention of occupational and work-related health disorders of workers. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 4, pp. 19–32. DOI: 10.21668/health.risk/2023.4.02.eng

Получена: 10.09.2023

Одобрена: 27.11.2023

Принята к публикации: 21.12.2023