

Научная статья

**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ
ОСНОВНЫХ ПРОФЕССИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ
МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД: ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ****Э.Р. Шайхлисламова^{1,2}, Л.К. Каримова¹, Н.А. Бейгул¹, Н.А. Мулдашева¹,
А.З. Фагамова¹, И.В. Шаповал¹, А.Д. Волгарева¹, Э.А. Ларионова^{1,3}**¹Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106,
г. Уфа, ул. Ст. Кувыкина, 94²Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3³Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия, 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

Высокий удельный вес работников, занятых во вредных условиях труда на предприятиях по добыче полиметаллических руд, обеспечение безопасных условий труда и сохранение их здоровья является актуальной задачей медицины труда.

Предприятия по добыче полиметаллических руд, несмотря на некоторую общность технологических процессов, имеют специфические особенности в зависимости от способов добычи руд и их минералогического состава, которые определяют различия как в условиях труда, так и в формировании профессиональных рисков развития профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемости.

К настоящему времени достаточно хорошо изучены особенности формирования профессиональных рисков ущерба здоровью работников, занятых добычей сульфидных, медно-никелевых руд и железистых кварцитов. Недостаточно изученными остаются вопросы оценки профессиональных рисков при добыче и переработке медно-цинковых руд.

Проведены комплексные клиничко-гигиенические исследования на одном из крупнейших предприятий по добыче медно-цинковых руд, расположенном на Южном Урале. На основании результатов исследований определен класс условий труда, установлены особенности формирования и структура профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний у работников различных профессиональных групп.

Проведена оценка профессионального риска с учетом гигиенических и медико-биологических показателей.

Установлено, что наибольший риск нарушения здоровья имеют проходчики, далее следуют машинисты буровой установки, крепильщики, машинисты экскаватора, машинисты погрузочно-доставочных машин, машинисты подземно-самоходных машин.

Результаты исследований послужили основанием для разработки концептуальной модели оценки и управления профессиональными рисками в отрасли. Срочность разработки и внедрения мероприятий по снижению риска должна определяться в зависимости от категории доказанности риска и его уровня в отдельных профессиональных группах.

Ключевые слова: профессиональный риск, работники, медно-цинковые руды, добыча руды, здоровье работников, гигиенические и медико-биологические аспекты.

© Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А., Фагамова А.З., Шаповал И.В., Волгарева А.Д., Ларионова Э.А., 2022

Шайхлисламова Эльмира Радиковна – кандидат медицинских наук, директор (e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>).

Каримова Лилия Казымовна – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: iao_karimova@gambler.ru; тел. 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4995-0854>).

Бейгул Наталья Александровна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8006-384X>).

Мулдашева Надежда Алексеевна – научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: muldasheva51@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3518-3519>).

Фагамова Алина Зулфировна – младший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: alinafagamova@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6861-6886>).

Шаповал Инна Валерьевна – научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: shapoval-inna@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3258-2477>).

Волгарева Альфия Динисламовна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: ad-volgarava@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4875-1247>).

Ларионова Эвелина Андрияновна – лаборант-исследователь отдела медицины труда; магистрант факультета защиты в чрезвычайных ситуациях (e-mail: larionova.evelina@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8653-3208>).

Обеспечение безопасных условий труда, сохранение здоровья трудовых коллективов являются важнейшими задачами государственной политики, реализация которых в настоящее время осуществляется на основе управления профессиональными рисками (ПР), включающими выявление опасности, оценку ПР и осуществление мер по их снижению¹.

При оценке уровней ПР в соответствии с Приказом Минтруда России от 28 декабря 2021 г. № 926² работодатель имеет возможность выбора методов в зависимости от специфики производства, существующих на рабочих местах опасностей и / или наличия вредных производственных факторов. Для оценки риска повреждения здоровья работников, согласно вышеуказанному приказу, может использоваться метод, содержащийся в руководстве Р 2.2.1766-03³ в части персонифицированной оценки.

Данный метод предусматривает идентификацию вредных производственных факторов, оценку ПР для работников по гигиеническим и медико-биологическим показателям здоровья и определение срочности проведения мероприятий по его снижению.

Применение данной методики особенно актуально для работников, занятых во вредных условиях труда и имеющих высокий риск нарушений здоровья в виде профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний (ПЗ и ПОЗ соответственно).

К настоящему времени принципы и критерии оценки ПР опробованы на примере работников, занятых в различных отраслях экономики, в том числе с высоким риском нарушения здоровья [1, 2].

К производствам с высоким риском ущерба для здоровья работников относятся предприятия по добыче полиметаллических руд, где доля рабочих мест с условиями труда, не соответствующими гигиеническим нормативам, составляет от 30 до 65 %, и имеется высокий риск нарушения здоровья в виде развития ПЗ и ПОЗ [3, 4].

Предприятия по добыче полиметаллических руд, несмотря на некоторую общность технологических процессов, имеют специфические особенности в зависимости от способов добычи руд, их физико-химических свойств, климатогеографических характеристик месторождений, которые определяют различия как в условиях труда, так и в формировании ПР [5–9].

Добыча полиметаллических руд сопряжена с риском развития профессиональных заболеваний нервной (НС), костно-мышечной (КМС), дыхательной систем, органа слуха [10, 11].

Формирование профессиональной патологии органов дыхания (хронический пылевой бронхит, пневмокониоз) зависит от минералогического состава, размера и формы частиц рудничной пыли, уровня и продолжительности ее воздействия [12–14].

В состав рудничной пыли, кроме диоксида кремния, могут входить такие токсичные элементы, как платина, никель, хром, ванадий, марганец, ртуть, мышьяк, уран [15–17]. Некоторые из них могут обладать генотоксичным и канцерогенным действиями [18–20]. В связи с этим в ряде исследований показана необходимость определения классических биомаркеров: анализ кометы, микроядерный тест, хромосомные аберрации [21, 22].

Кроме рудничной пыли, в воздушной среде рабочей зоны могут содержаться выхлопные газы от работы двигателей внутреннего сгорания, представляющие сложную смесь оксида углерода, азота, альдегидов и диоксида серы [23].

Основными производственными факторами на предприятиях по добыче руд являются в том числе производственный шум и вибрация, источниками которых служат технологическое оборудование, перфораторы и горные машины [24–26].

Особенности формирования ПР ущерба для здоровья работников, занятых добычей различных полиметаллических руд (сульфидных, медно-никелевых, медно-цинковых, железистых кварцитов, платиновых руд), довольно полно отражены в работах отечественных и зарубежных авторов [27–30].

При оценке ПР в производствах по добыче различных полиметаллических руд авторы используют чаще всего такие показатели, как класс условий труда, ПЗ, заболеваемость, связанная с работой, смертность [2, 9, 10, 18, 26].

Актуальность данного исследования определяется недостаточной изученностью формирования нарушений здоровья работников как в целом по предприятию по добыче медно-цинковых руд, так и в отдельных профессиональных группах (персонифицированный риск).

¹ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) / принят Гос. Думой 21.12.2001 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – ст. 208, 209, 212. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 25.03.2022).

² Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков: Приказ Минтруда и соцзащиты РФ от 28.12.2021 № 926 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728029758> (дата обращения: 23.03.2022).

³ Р 2.2.1766-03. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения РФ Г.Г. Онищенко от 24.06.2003 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901902053> (дата обращения: 23.03.2022).

Цель исследования – гигиеническая и медико-биологическая оценка показателей профессионального риска работников, занятых добычей медно-цинковых руд, и разработка системы его управления.

Материалы и методы. На территории Республики Башкортостан осуществляют деятельность шесть предприятий по добыче и обогащению медных и медно-цинковых колчеданных руд, на долю которых приходится 70 % цинка и 30 % меди, добываемых в Российской Федерации. В качестве модельного для проведения клинико-гигиенических исследований выбрано крупнейшее горнодобывающее предприятие республики, использующее типичные технологии и оборудование, применяемые при разработке аналогичных месторождений.

Оценку профессионального риска проводили в целом по предприятию, а для персонализированного профессионального риска нарушения здоровья были выбраны работники основных профессий, занятые добычей руд открытым и подземным способами: машинист буровой установки, машинист экскаватора, проходчик, крепильщик, машинист ПДМ, машинист ПСМ. Для оценки степени причинно-следственной связи с работой в качестве группы сравнения были взяты инженерно-технические работники, условия труда которых относились к допустимому классу, а по возрастным показателям они соответствовали основной группе.

Общая оценка условий труда проведена на основании результатов собственных гигиенических исследований, а также материалов специальной оценки условий труда (СОУТ), проведенной на предприятии специализированной организацией и представленной работодателем.

Измерение фактических уровней показателей вредных производственных факторов осуществляли в соответствии с действующими нормативными методическими документами с использованием поверенных средств измерения, включенных в Государственный реестр.

Гигиенической оценке при проведении собственных исследований подлежали идентифицированные на рабочем месте работника производственные факторы рабочей среды: химический (вредные химические вещества), производственный шум, вибрация (общая, локальная), освещение (естественное, искусственное), ионизирующее и неионизирующее излучения, воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) (диоксид кремния в пыли медно-сульфидных руд, силикатсодержащие пыли (цемент)), микроклимат, а также тяжесть и напряженность труда.

На основе результатов гигиенических исследований определены соответствующие классы вредности и опасности условий труда согласно положениям руководства Р 2.2.2006-05⁴.

Оценку профессионального риска по гигиеническим критериям и медико-биологическим показателям проводили в соответствии с руководством Р 2.2.1766-03³, а также руководством под редакцией Н.Ф. Измерова⁵. При этом учитывали такие показатели, как ежегодно регистрируемая ПЗ, среднегодовой показатель профессиональной заболеваемости на 10 тысяч работников и индекс профессиональных заболеваний ($I_{пз}$) за период 2011–2020 гг., а также ПОЗ (относительный риск RR с 95%-ным доверительным интервалом (ДИ) и этиологическую долю EF).

Профессиональную заболеваемость в целом на предприятии сопоставляли с показателями ПЗ в Республике Башкортостан⁶ (РБ) и Российской Федерации⁷ (РФ), полученными из официальных источников.

Для каждого из учтенных показателей определена категория профессионального риска с использованием пятибалльной шкалы категорирования (малый, умеренный, средний, высокий, очень высокий), которая оценивалась как в целом по предприятию, так и по отдельным профессиональным группам.

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21 (IBM, USA). Проверка распределений на нормальность осуществлялась с помощью критерия Колмогорова – Смирнова.

⁴ Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 29.07.2005; введ. в действ. 01.11.2005 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 23.03.2022).

⁵ Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Троянт, 2003. – 448 с.

⁶ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации: материалы к государственным докладом по Республике Башкортостан за 2011–2020 гг. [Электронный ресурс] // Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан. – URL: http://02.rospotrebnadzor.ru/document/state_reports_on_RB/ (дата обращения: 11.03.2022).

⁷ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации: Государственные доклады за 2011–2020 гг. [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/documents.php?back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fiblock_admin.php%3Ftype%3Ddocuments%26lang%3Dru%26admin%3DY&clear_cache=Y&arrFilter_ff%5BNAME%5D=%EE+%F1%EE%F1%F2%EE%FF%ED%E8%E8+%F1%E0%ED%E8%F2%E0%F0%ED%EE-%FD%EF%E8%E4%E5%EC%E8%EE%EB%EE%E3%E8%F7%E5%F1%EA%EE%E3%EE+%E1%EB%E0%E3%EE%EF%EE%EB%F3%F7%E8%FF&arrFilter_pf%5BVID_DOC%5D=97&arrFilter_pf%5BNUM_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BDAT_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BLEFT%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BRIGHT%5D=&set_filter=%CD%E0%E9%F2%E8&set_filter=Y (дата обращения: 11.03.2022).

Результаты и их обсуждение. Несмотря на внедрение современного оборудования большой единичной мощности и механизацию основных технологических процессов на изучаемом предприятии, занятость работников во вредных условиях труда согласно результатам СОУТ оставалась высокой и составляла более 50 %, а в подразделениях, осуществляющих добычу руд открытым и подземным способами, достигала 100 %.

Установлено, что при добыче горного сырья в подземных условиях в комплекс производственных факторов риска, воздействующих на организм работников всех профессиональных групп, как по материалам СОУТ, так и по результатам собственных гигиенических исследований, входили генерируемый технологическим оборудованием шум, выделяющаяся в воздух рабочей зоны пыль медно-цинковой руды, вредные химические вещества, неблагоприятный микроклимат, полное отсутствие естественного света, а также тяжесть и напряженность труда.

При установлении класса условий труда при профессиональном контакте с АПФД, к которым относится пыль медно-цинковой руды, проводился предварительный химический анализ породы для определения в ней массовой доли (%) кремния диоксида. Это позволило правильно выбрать соответствующий гигиенический норматив – предельно допустимую среднесменную концентрацию (ПДК_{сс}) и дальнейший порядок оценки влияния аэрозолей в зависимости от интенсивности фиброгенного действия на легочную ткань.

Так, при содержании 10–70 % кремния диоксида в породе ПДК_{сс} соответствует 2 мг/м³, и аэрозоль в этом случае будет характеризоваться более высоким фиброгенным действием. Установлено, что массовая доля кремния диоксида в исследуемой рудничной пыли составила 3,2–8,4 %, что соответствует ПДК_{сс}, равной 4 мг/м³, и слабовыраженному фиброгенному действию.

Гигиенические исследования показали, что применяемый на подземных участках в последнее десятилетие метод пылеподавления водным способом обеспечивает низкое содержание пыли руды в воздухе рабочей зоны. Среднесменные концентрации кремния диоксида не превышали допустимые значения на основных рабочих местах.

В рабочих зонах крепильщиков при приготовлении раствора цемента, используемого в торкрет-машинах для набрызгивания его на стены подземных горных выработок с целью их укрепления, в воздушной среде определялись слабофиброгенные аэрозоли силикатсодержащей пыли (цемента). В процессе засыпки сухой цементной смеси и перемешивании ее с водой концентрация силикатсодержащей пыли в воздухе превышала допустимый гигиенический норматив до 2,1 раза.

Используемое в технологическом процессе мощное современное оборудование является источ-

ником виброакустических воздействий. Уровень генерируемого оборудованием шума на рабочих местах всех изученных профессий превышал предельно допустимые гигиенические значения для данной категории работ, причем это характерно как для открытого, так и подземного способов добычи горной породы. Условия труда по воздействию шума отнесены к вредному классу и варьировались от первой до третьей степени вредности.

Микроклиматические условия в забое определялись пониженной температурой воздуха (от +12 до +16 °С) и повышенной влажностью (80–90 %) в связи с пылеподавлением водным способом.

Условия труда работников в подземных выработках характеризовались отсутствием естественного освещения и являлись вредными по данному фактору. Имеющиеся в выработках установки по компенсации ультрафиолетовой недостаточности позволили уменьшить вредность со второй степени до первой (класс 3.1).

Поскольку в добываемых породах содержались в качестве примесей химические соединения, обладающие естественным радиоактивным излучением, на соответствующих подземных участках и в производственных помещениях организован дозиметрический контроль за радиационной обстановкой на рабочих местах. Уровень ионизирующего излучения не превышал установленные гигиенические нормы для данных видов работ.

При сравнении показателей классов условий труда по результатам собственных исследований и СОУТ выявили расхождения в оценке по таким факторам, как вибрация и тяжесть труда, что не оказало влияния на общую оценку (табл. 1).

Класс условий труда по каждому из имеющихся на данном рабочем месте производственному фактору варьировался от допустимого до вредного класса 1–4-й степени.

Полученные данные, как по материалам СОУТ, так и по результатам собственных гигиенических исследований, свидетельствовали, что общая оценка условий труда для работников основных профессий, занятых добычей рудной породы в подземных условиях, соответствовала третьему вредному классу 2–4-й степени вредности (3.2–3.4) и средней – очень высокой – категории профессионального риска (табл. 2).

При добыче рудной породы из открытого карьера на работников воздействовали в основном виброакустические факторы в сочетании с пылью медно-сульфидной руды, неблагоприятным микроклиматом и тяжестью трудового процесса. В этом случае труд работающих был отнесен к вредному классу 3.2–3.3 и высокой категории профессионального риска (см. табл. 1, 2).

Известно, что прямым показателем, отражающим влияние условий труда на состояние здоровья работников, является уровень ПЗ [10, 11]. В связи с указанным нами проанализирована ПЗ в целом по

предприятию и в отдельных профессиональных группах работников, занятых добычей руд открытым и подземным способами.

За период наблюдения 2011–2021 гг. на предприятии показатель ежегодно регистрируемой ПЗ на 10 тысяч работающих колебался от 5,60 до 29,31,

что соответствовало среднему–высокому уровням ПР, превышая показатели ПЗ по РБ в 10,0–19,0 раз, а по РФ – в 4,5–15,3 раза. Среднегодовая ПЗ за 10 лет в целом по предприятию составляла 1,7 на 10 тысяч работников, что соответствовало низкой категории риска.

Таблица 1

Ведущие производственные факторы и классы условий труда работников основных профессий предприятия по добыче медно-сульфидных руд

Профессия	Вибрация	Шум	Микроклимат	АПФД	Освещение	Вредные химические вещества	Тяжесть труда	Напряженность труда	Общая оценка
<i>Добыча в условиях открытого карьера</i>									
Машинист буровой установки	2 / 2*	3.3 / 3.3	3.1 / 2	2 / 2	2 / 2	2 / 2	3.1 / 3.1	3.1 / 3.1	3.3 / 3.3
Машинист экскаватора	2 / 3.1	3.1 / 3.1	2 / 2	2 / 2	2	2 / 2	3.1 / 3.1	3.1 / 3.1	3.2 / 3.2
<i>Добыча в подземных условиях</i>									
Проходчик	2 / 3.1	3.4 / 3.4	3.1 / 3.1	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	3.4 / 3.4
Машинист буровой установки	2 / 2	3.3 / 3.3	3.1 / 3.1	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	2 / 3.1	2 / 2	3.3 / 3.3
Крепильщик	2 / 2	3.1 / 3.1	3.1 / 3.1	3.1 / 3.1	3.1 / 3.1	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	3.2 / 3.2
Машинист ПДМ	2 / 2	3.2 / 3.2	2 / 2	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	2 / 2	3.1 / 3.1	3.2 / 3.2
Машинист ПСМ	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	2 / 2	3.1 / 3.1	2 / 2	2 / 2	3.1 / 3.1	3.2 / 3.2

Примечание: * – класс условий труда по результатам СОУТ / класс условий труда по результатам собственных исследований.

Таблица 2

Персонифицированный профессиональный риск основных профессий предприятия по добыче медно-сульфидных руд

Показатели	Открытый способ добычи		Подземный способ добычи				
	Машинист буровой установки	Машинист экскаватора	Проходчик	Машинист буровой установки	Крепильщик	Машинист ПДМ	Машинист ПСМ
1. Класс условий труда ^{*,**}	3.3	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2
Категория риска	Высокий	Средний	Очень высокий	Высокий	Средний	Средний	Средний
2. Среднегодовая профзаболеваемость за 10 лет, ‰	98,1	134,5	333,0	108,1	47,1	22,2	14,9
Категория риска	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Выше среднего	Средний
3. Индекс профзаболеваний $I_{ПЗ}^{*,**}$	0,38	0,22	0,50	0,49	0,49	0,32	0,30
Категория риска	Высокий	Средний	Очень высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
4. Профессионально обусловленная заболеваемость $RR_{EF}, \%$	3,1 66,1	3,0 65,2	4,3 77,8	3,1 66,1	2,7 65,0	1,8 45,3	1,9 47,5
Степень обусловленности	Высокая	Высокая	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя
Результирующее количество показателей с категорией	4 – «Высокий»	2 – «Высокий», 2 – «Средний»	3 – «Очень высокий», 1 – «Высокий»	4 – «Высокий»	2 – «Высокий», 1 – «Выше среднего», 1 – «Средний»	1 – «Высокий», 1 – «Выше среднего», 2 – «Средний»	1 – «Высокий», 3 – «Средний»

Примечание: * – проведено согласно Р 2.2.1766-03³; ** – проведено согласно руководству под редакцией Н.Ф. Измерова⁵.

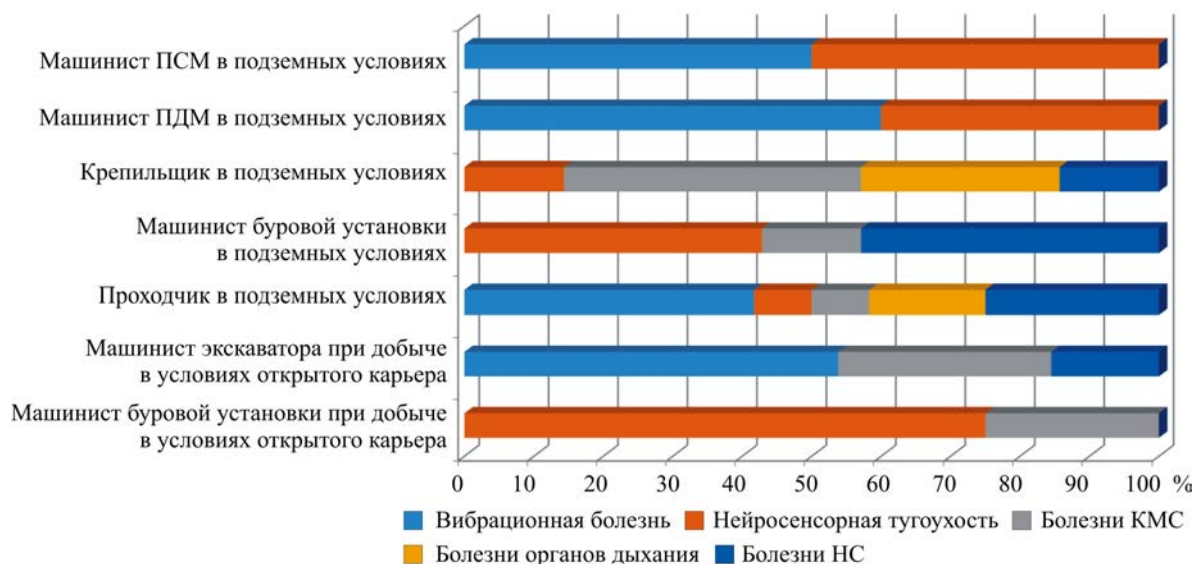


Рис. 1. Структура профессиональных заболеваний работников основных профессий предприятия по добыче медно-сульфидных руд

Анализ данных позволил констатировать, что самые высокие уровни ПЗ отмечались у работников, занятых добычей руды, на долю которых приходилось 85,7 % от всех зарегистрированных случаев профессиональных заболеваний на предприятии. Среднегодовой показатель ПЗ за 10 лет у работников основных профессий, занятых добычей руд, колебался от 14,9 до 333,0 случая на 10 тысяч (табл. 2). Следует отметить, что указанные показатели отличались от данных по предприятию в целом в 8,8–195,9 раза.

Расчет данного показателя для конкретной профессиональной группы с учетом фактической численности работников показал, что наиболее высокие показатели ПЗ отмечались у проходчиков – 333,0, машинистов экскаватора – 134,5, машинистов буровой установки – 108,1 случая на 10 тысяч работающих. Полученные данные свидетельствуют о большей информативности данного показателя для отдельных профессий, по сравнению с этим же показателем в целом по предприятию.

За период наблюдения всего на изучаемом предприятии был зарегистрирован 61 случай профзаболеваний. В структуре накопленной ПЗ преобладали заболевания КМС (26,9 %), нейросенсорная тугоухость (25,0 %), вибрационная болезнь (23,3 %), далее следовали заболевания периферической НС (17,3 %) и заболевания органов дыхания (7,5 %).

Анализ распределения случаев профзаболеваний в конкретных профессиональных группах представлен на рис. 1.

Индекс $I_{ПЗ}$, учитывающий вероятностную меру профессионального риска и степень тяжести ПЗ, составлял для нейросенсорной тугоухости 0,33, полинейропатии – 0,33, вибрационной болезни – 0,25, хронического бронхита – 0,13.

Структура хронических неинфекционных заболеваний, выявленных у работников при проведе-

нии периодических медицинских осмотров (ПМО), определялась следующими основными группами: болезни КМС (33 %), НС (17,6 %), болезни органов кровообращения (13,3 %), органов дыхания (12,5 %) и ЛОР-органов (11,3 %).

Определяющая роль факторов рабочей среды и трудового процесса подтверждена у работников в различных профессиональных группах только в отношении болезней КМС (дорсо- и артропатии), системы кровообращения (артериальная гипертензия) и болезней органов дыхания (хронический бронхит), степень профессиональной обусловленности которых по относительному риску составляла от 1,6 до 4,3 и этиологической доле факторов – от 42,3 до 77,8, что соответствовало средней – очень высокой степеням обусловленности (табл. 3).

Частота остальных хронических неинфекционных заболеваний у работников, занятых добычей руды, не отличалась достоверно от аналогичных данных группы сравнения.

Самые высокие категории профессионального риска по всем анализируемым показателям имели проходчики (три показателя с категорией «очень высокий», один – с категорией «высокий»), машинисты буровой установки (четыре показателя – «высокий»), крепильщики (два – «высокий», один – «выше среднего», один – «средний»), машинисты экскаватора (два – «высокий», два – «средний»), машинисты ПДМ (один – «высокий», один – «выше среднего», два – «средний»), машинисты ПСМ (один – «высокий», три – «средний»).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили провести оценку ПР нарушения здоровья с учетом гигиенических и медико-биологических показателей и его категорирование как в целом по предприятию, так и по основным профессиональным группам работников.

Степень производственной обусловленности нарушений здоровья у работников основных профессиональных групп

Способ добычи, профессия	Заболевание	RR	Интервал значений (95 % ДИ)	EF, %	Степень обусловленности
<i>Открытая добыча</i>					
Машинист буровой установки	Дорсопатия	3,1	1,6–4,7	66,0	Высокая
	Артропатия	3,1	1,7–4,6	66,1	Высокая
	Хронический бронхит	1,9	0,9–3,0	47,3	Средняя
	Артериальная гипертензия	1,8	0,7–3,0	45,3	Средняя
Машинист экскаватора	Дорсопатия	3,0	1,5–4,6	65,2	Высокая
	Артропатия	2,5	1,1–4,0	61,0	Высокая
	Хронический бронхит	1,6	0,5–2,7	43,3	Средняя
	Артериальная гипертензия	1,6	0,5–2,7	43,3	Средняя
<i>Подземная добыча</i>					
Проходчик	Дорсопатия	4,3	3,1–5,5	77,8	Очень высокая
	Артропатия	3,3	1,8–4,8	67,3	Очень высокая
	Хронический бронхит	2,7	1,1–4,2	64,2	Высокая
	Артериальная гипертензия	1,8	0,7–3,0	45,3	Средняя
Машинист буровой установки	Дорсопатия	3,1	1,6–4,7	66,0	Высокая
	Артропатия	3,1	1,7–4,6	66,1	Высокая
	Хронический бронхит	1,9	0,9–3,0	47,3	Средняя
	Артериальная гипертензия	1,8	0,7–3,0	45,3	Средняя
Крепильщик	Дорсопатия	2,7	1,2–4,2	65,0	Высокая
	Артропатия	2,6	1,1–3,9	61,5	Высокая
	Хронический бронхит	1,8	0,7–3,0	43,0	Средняя
	Артериальная гипертензия	1,7	0,8–3,1	42,3	Средняя
Машинист ПДМ	Дорсопатия				
	Артропатия	1,8	0,7–3,0	45,0	Средняя
	Хронический бронхит				
	Артериальная гипертензия	1,8	0,7–3,0	45,3	Средняя
Машинист ПСМ	Дорсопатия				
	Артропатия	1,8	0,7–3,0	47,2	Средняя
	Хронический бронхит				
	Артериальная гипертензия	1,9	0,9–3,0	47,5	Средняя

Установлено, что условия труда работников, задействованных в процессе добычи медно-сульфидной руды, соответствовали третьему классу 2–4-й степени вредности (3.2–3.4) и средней и сверхвысокой категориям профессионального риска.

Среднегодовой показатель ПЗ за исследуемые 10 лет варьировался у работников основных профессий от 14,9 до 333,0 случая на 10 тысяч работающих, превышая аналогичный показатель в целом по предприятию в 8,8–195,9 раза, что подтверждает обоснованность определения данного показателя для отдельных профессий. Следовательно, оценка персонализированного профессионального риска по конкретным группам работников дает более достоверную информацию.

Несмотря на то что для проходчика, машиниста буровой установки (открытый, подземный способы добычи), машиниста экскаватора уровень профессионального риска по среднегодовой ПЗ за 10 лет оценивался как высокий (> 50 случаев), численные значения этого показателя в профес-

сиональных группах отличались друг от друга в 2,5–22,0 раза. По нашему мнению, названные критерии могли бы приобрести большую значимость при условии более четкой и более подробной их количественной градации в соответствующих шкалах оценки, представленных в руководстве под редакцией Н.Ф. Измерова⁵.

Считаем, что для оценки ПР необходимо использовать не только показатели о выявленных случаях профзаболеваний в текущем году, но и «накопленную» ПЗ, которая позволяет установить особенности формирования ее структуры.

Интенсивность воздействия факторов рабочей среды, а также тяжесть трудового процесса обуславливают максимальные значения этиологической доли в формировании таких болезней КМС, как дорсопатия и артропатия.

Наибольший профессиональный риск нарушения здоровья по всем учетным показателям был выявлен у проходчиков, далее следовали машинисты буровой установки, крепильщики, машинисты экскаватора, машинисты ПДМ, машинисты ПСМ.

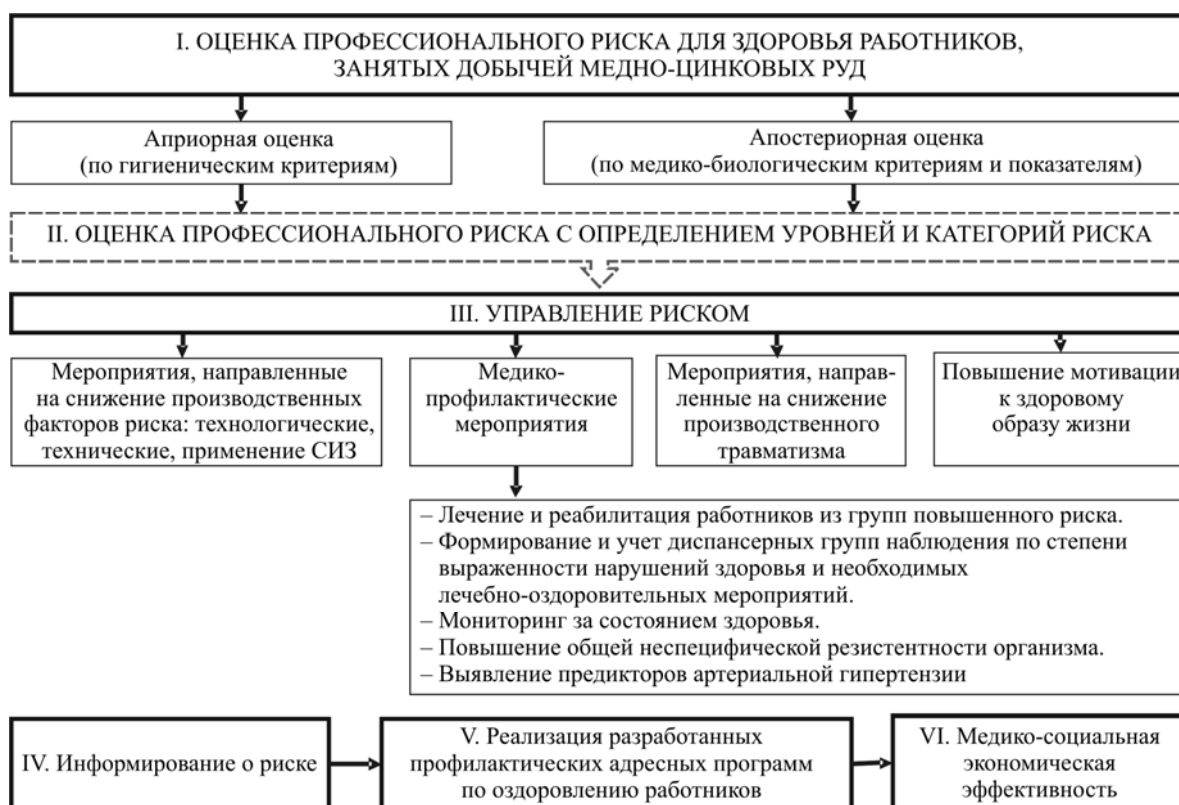


Рис. 2. Система оценки и управления профессиональным риском для здоровья работников, занятых добычей медно-сульфидных руд

Выводы. Установленные высокие уровни профессионального риска нарушения здоровья работников основных профессий, занятых добычей медно-цинковых руд, требуют проведения неотложных мер по его снижению.

В связи с этим и на основании системного подхода по анализу риска нарушения здоровья разработана система оценки и управления ПР здоровью работников, занятых добычей медно-сульфидных руд (рис. 2).

Реализация системы будет зависеть от взаимодействия работодателя, работника и медицинской организации, осуществляющей медицинское обслуживание работников горнодобывающего предприятия.

Система управления ПР предполагает проведение комплекса технических, технологических, организационных, медико-профилактических мероприятий, срочность проведения которых должна определяться установленными категориями профессиональных рисков.

Важными аспектами профилактики являются проведение ПМО с экспертизой профпригодности, формирование групп повышенного «риска» развития профессиональных заболеваний и диспансерного наблюдения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Чеботарев А.Г., Сокур О.В. Актуальные вопросы сохранения здоровья металлургов // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 801. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-801-802
2. Чеботарев А.Г., Сокур О.В., Дурагин И.Н. Профессиональная заболеваемость и ее профилактика на предприятиях черной металлургии // Металлург. – 2021. – № 12. – С. 100–103.
3. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и профессиональная патология на предприятиях Чукотского автономного округа // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 98–105. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.11
4. Чеботарев А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий // Горная промышленность. – 2021. – № 1. – С. 114–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119
5. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Гигиенические проблемы улучшения условий труда на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – Т. 141, № 5. – С. 33. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35
6. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий / И.В. Бухтияров, А.Г. Чеботарев, Н.Н. Курьеров, О.В. Сокур // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 7. – С. 424–429. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429

7. Friedman L.S., Almqvist K.S., Cohen R.A. Injuries associated with long working hours among employees in the US mining industry: risk factors and adverse outcomes // *Occup. Environ. Med.* – 2019. – Vol. 76, № 6. – P. 389–395. DOI: 10.1136/oemed-2018-105558
8. Чеботарев А.Г., Лескина Л.М., Головкова Н.П. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров // *Горная промышленность.* – 2020. – № 5. – С. 115–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119
9. Муллер Н.В., Младова Т.А. Оценка профессионального риска проходчика участка буровзрывных работ // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2022. – Т. 11, № 1 (57). – С. 91–95. DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0018
10. Чеботарев А.Г., Сокур О.В., Дурягин И.Н. Профессиональная заболеваемость работников предприятий горно-металлургического комплекса и пути ее снижения // *Металлург.* – 2019. – № 4. – С. 13–18.
11. Сокур О.В., Чеботарев А.Г., Дурягин И.Н. Современное состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников предприятий получения алюминия // *Металлург.* – 2020. – № 2. – С. 8–12.
12. Чеботарев А.Г. Риски развития профессиональных заболеваний пылевой этиологии у работников горнорудных предприятий // *Горная промышленность.* – 2018. – Т. 139, № 3. – С. 66. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-66-70
13. Study of worker's exposure to Tantalum-bearing particles in a mining and metallurgical plant / K.M. Dias da Cunha, K.C. Dalia Pereira, J.R.D. Guimarães, C. Lima, J.E.C. Nascimento, R. Lima, A.A. Hecht, J.C.B. Fiel // *Environ. Geochem. Health.* – 2018. – Vol. 40, № 5. – P. 2037–2048. DOI: 10.1007/s10653-016-9849-6
14. Respiratory Symptoms and Diminished Lung Functions Associated with Occupational Dust Exposure Among Iron Ore Mine Workers in Iran / A. Gholami, R. Tajik, K. Atif, A.A. Zarei, S. Abbaspour, G. Teimori-Boghsani, M. Attar // *Open Respir. Med. J.* – 2020. – Vol. 14. – P. 1–7. DOI: 10.2174/1874306402014010001
15. Hazards identified and the need for health risk assessment in the South African mining industry / W. Utembe, E.M. Faustman, P. Matatiele, M. Gulumian // *Hum. Exp. Toxicol.* – 2015. – Vol. 34, № 12. – P. 1212–1221. DOI: 10.1177/0960327115600370
16. Nemery B., Banza Lubaba Nkulu C. Assessing exposure to metals using biomonitoring: Achievements and challenges experienced through surveys in low- and middle-income countries // *Toxicol. Lett.* – 2018. – Vol. 298. – P. 13–18. DOI: 10.1016/j.toxlet.2018.06.004
17. In vitro bioaccessibility, phase partitioning, and health risk of potentially toxic elements in dust of an iron mining and industrial complex / N. Soltani, B. Keshavarzi, F. Moore, M. Cave, A. Sorooshian, M.R. Mahmoudi, M.R. Ahmadi, R. Golshani // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2021. – Vol. 212. – P. 111972. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.111972
18. Серебряков П.В., Федина И.Н., Рушкевич О.П. Особенности формирования злокачественных новообразований органов дыхания у работников предприятий по добыче и переработке медно-никелевых // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2018. – № 9. – С. 9–15. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15
19. Genotoxicity in Brazilian coal miners and its associated factors / F.M.R. da Silva Júnior, R.A. Tavella, C.L.F. Fernandes, M.C.F. Soares, K.A. de Almeida, E.M. Garcia, E.A. da Silva Pinto, A.L.M. Baisch // *Hum. Exp. Toxicol.* – 2018. – Vol. 37, № 9. – P. 891–900. DOI: 10.1177/0960327117745692
20. Genetic damage in coal and uranium miners / F.M.R. da Silva Júnior, R.A. Tavella, C.L.F. Fernandes, M. Dos Santos // *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* – 2021. – Vol. 866. – P. 503348. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2021.503348
21. Assessment of DNA damage in underground coal miners using the cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes / M.Yu. Simitsky, V.I. Minina, N.I. Gafarov, M.A. Asanov, A.V. Larionov, A.V. Ponasenko, V.P. Volobae, V.G. Druzhinin // *Mutagenesis.* – 2016. – Vol. 31, № 6. – P. 669–675. DOI: 10.1093/mutage/gew038
22. Genetic damage in environmentally exposed populations to open-pit coal mining residues: Analysis of buccal micronucleus cytochrome (BMN-cyt) assay and alkaline, Endo III and FPG high-throughput comet assay / L. Espitia-Pérez, J. da Silva, H. Brango, P. Espitia-Pérez, K. Pastor-Sierra, S. Salcedo-Arteaga, C.T. de Souza, J.F. Dias [et al.] // *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* – 2018. – Vol. 836, Pt B. – P. 24–35. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2018.06.002
23. Чеботарев А.Г., Гибадулина И.Ю., Горячев Н.С. Загрязнение рудничной атмосферы при использовании самоходного оборудования с дизельным приводом и мероприятия по её нормализации // *Горная промышленность.* – 2019. – Т. 144, № 2. – С. 74–76. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76
24. Фокин В.А. Оценка риска здоровью работников добывающих отраслей в условиях воздействия шума выше 80 дБА // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2020. – Т. 60, № 11. – С. 867–869. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869
25. Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий // *Горная промышленность.* – 2020. – № 1. – С. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153
26. Курьеров Н.Н., Чеботарев А.Г. Риски нарушения здоровья машинистов горных машин от шумо-вибрационного воздействия // *Горная промышленность.* – 2022. – № 1. – С. 138–143. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143
27. Nelson G., Murray J. Silicosis at autopsy in platinum mine workers // *Occup. Med. (Lond.).* – 2013. – Vol. 63, № 3. – P. 196–202. DOI: 10.1093/occmed/kqs211
28. Чеботарев А.Г., Пфаф В.Ф., Гибадулина И.Ю. Состояние условий труда, профессиональной заболеваемости и совершенствование медико-профилактического обеспечения работников горнодобывающих предприятий // *Горная промышленность.* – 2021. – № 3. – С. 139–143. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-3-139-143
29. Мелентьев А.В., Серебряков П.В. Роль физических факторов рабочей среды в формировании артериальной гипертонии // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 692–693. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-692-693
30. Neurodegenerative diseases among miners in Ontario, Canada, using a linked cohort / X. Zeng, N.L. DeBono, A.M. Harris, V.H. Arrandale, P.A. Demers // *Occup. Environ. Med.* – 2020. – Vol. 78, № 6. – P. 385–392. DOI: 10.1136/oemed-2020-106958

Профессиональный риск для здоровья работников основных профессий предприятий по добыче медно-цинковых руд: оценка и управление / Э.Р. Шайхисламова, Л.К. Каримова, Н.А. Бейгул, Н.А. Мулдашева, А.З. Фагамова, И.В. Шаповал, А.Д. Волгарева, Э.А. Ларионова // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 2. – С. 107–118. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.10



Research article

OCCUPATIONAL HEALTH RISK FOR WORKERS FROM BASIC OCCUPATIONAL GROUPS EMPLOYED AT COPPER AND ZINC ORE MINING ENTERPRISES: ASSESSMENT AND MANAGEMENT

E.R. Shaykhlislamova^{1,2}, L.K. Karimova¹, N.A. Beigul¹, N.A. Muldasheva¹, A.Z. Fagamova¹, I.V. Shapoval¹, A.D. Volgareva¹, E.A. Larionova^{1,3}

¹Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, 94 Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

²Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa, 450008, Russian Federation

³Ufa State Aviation Technical University, 12 K. Marksa Str., Ufa, 450008, Russian Federation

A great share of workers employed at polymetallic ores mining have to face harmful working conditions at their workplaces. To provide safe working conditions for them and to preserve their health is a vital task occupational medicine has to tackle.

Polymetallic ore mining enterprises employ certain common technological processes; nevertheless, there are specific features depending on ore mining techniques and the mineralogical composition of different ores. These features determine differences both in working conditions and in occupational risks of developing occupational morbidity (OM) and work-related morbidity (WRM).

By now, there have been enough studies on peculiarities of occupational health risks for workers employed at sulfide ore mines, copper-nickel ore mines and ferruginous quartzite mines. Considerably less attention has been given to assessing occupational risks for workers dealing with mining and processing copper-zinc ores.

We performed complex clinical and hygienic examinations at a major copper-zinc ore mining enterprise located in the Southern Urals. The research results gave grounds for determining a category of working conditions, establishing formation peculiarities and the structure of occupational and work-related diseases among workers from various occupational groups.

Occupational risks were assessed considering hygienic and medical-biological indicators.

We established the highest occupational health risks for shaft sinkers, followed by drilling unit operators, timberers, excavator drivers, load haul dumper (LHD) operators and underground self-propelled machine (USPM) operators.

The research results gave grounds for developing a conceptual model of assessing and managing occupational risks in the branch. The urgency of developing and implementing activities aimed at risk mitigation should be determined depending on how validated a risk is and on its rates established for specific occupational groups.

Keywords: occupational risk, workers, copper-zinc ores, ore mining, workers' health, hygienic and biomedical aspects.

© Shaykhlislamova E.R., Karimova L.K., Beigul N.A., Muldasheva N.A., Fagamova A.Z., Shapoval I.V., Volgareva A.D., Larionova E.A., 2022

Elmira R. Shaikhislamova – Candidate of Medical Sciences, director (e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>).

Liliya K. Karimova – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4995-0854>).

Natalya A. Beigul – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8006-384X>).

Nadezhda A. Muldasheva – Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: muldasheva51@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3518-3519>).

Alina Z. Fagamova – Junior Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: alinafagamova@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6861-6886>).

Inna V. Shapoval – Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: shapoval-inna@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3258-2477>).

Alfiya D. Volgareva – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Department of Occupational Medicine (e-mail: ad-volgareva@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4875-1247>).

Evelina A. Larionova – laboratory assistant at the Department of Occupational Medicine; undergraduate student of the Faculty of Civil Defense and Emergency Management (e-mail: larionova.evelina@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8653-3208>).

References

1. Chebotarev A.G., Sokur O.V. Actual issues of preservation of metallurgists' health. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 801. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-801-802 (in Russian).
2. Chebotarev A.G., Sokur O.V., Duryagin I.N. Professional'naya zaboлеваemost' i ee profilaktika na predpriyatiyakh chernoi metallurgii [Occupational morbidity and its prevention at ferrous metallurgy enterprises]. *Metallurg*, 2021, no. 12, pp. 100–103 (in Russian).
3. Syurin S.A., Kovshov A.A. Working conditions and work-related pathologies at enterprises located in Chukotka autonomous area. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 99–106. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.11.eng
4. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive assessment of working conditions and occupational disease rates at mining and metallurgical enterprises. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, no. 1, pp. 114–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119 (in Russian).
5. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Gigienicheskie problemy uluchsheniya uslovii truda na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh [Hygienic problems of improving labor conditions at mining enterprises]. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, no. 5 (141), pp. 33. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-33-35 (in Russian).
6. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 7, pp. 424–429. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429 (in Russian).
7. Friedman L.S., Almberg K.S., Cohen R.A. Injuries associated with long working hours among employees in the US mining industry: risk factors and adverse outcomes. *Occup. Environ. Med.*, 2019, vol. 76, no. 6, pp. 389–395. DOI: 10.1136/oemed-2018-105558
8. Chebotarev A.G., Leskina L.M., Golovkova N.P. Working conditions and occupational health risks of workers in open-pit ore mines. *Gornaya promyshlennost'*, 2020, no. 5, pp. 115–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119 (in Russian).
9. Muller N.V., Mladova T.A. Assessment of the professional risk of the sinker of the drilling and blasting site. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2022, vol. 11, no. 1 (57), pp. 91–95. DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0018 (in Russian).
10. Chebotarev A.G., Sokur O.V., Duryagin I.N. Occupational illness of employees of enterprises of mining and metals sector and ways of its reduction. *Metallurg*, 2019, no. 4, pp. 13–18 (in Russian).
11. Sokur O.V., Chebotarev A.G., Duryagin I.N. Sovremennoe sostoyanie uslovii truda i professional'noi zaboлеваemosti rabotnikov predpriyatii polucheniya alyuminiya [The current state of working conditions and occupational morse rate of employees in aluminum production enterprises]. *Metallurg*, 2020, no. 2, pp. 8–12 (in Russian).
12. Chebotarev A.G. Risks of development of dust-related occupational diseases of ore mine workers. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, vol. 139, no. 3, pp. 66. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-3-139-66-70 (in Russian).
13. Dias da Cunha K.M., Dalia Pereira K.C., Guimarães J.R.D., Lima C., Nascimento J.E.C., Lima R., Hecht A.A., Fiel J.C.B. Study of worker's exposure to Tantalum-bearing particles in a mining and metallurgical plant. *Environ. Geochem. Health*, 2018, vol. 40, no. 5, pp. 2037–2048. DOI: 10.1007/s10653-016-9849-6
14. Gholami A., Tajik R., Atif K., Zarei A.A., Abbaspour S., Teimori-Boghshani G., Attar M. Respiratory Symptoms and Diminished Lung Functions Associated with Occupational Dust Exposure Among Iron Ore Mine Workers in Iran. *Open Respir. Med. J.*, 2020, vol. 14, pp. 1–7. DOI: 10.2174/1874306402014010001
15. Utembe W., Faustman E.M., Matatiele P., Gulumian M. Hazards identified and the need for health risk assessment in the South African mining industry. *Hum. Exp. Toxicol.*, 2015, vol. 34, no. 12, pp. 1212–1221. DOI: 10.1177/0960327115600370
16. Nemery B., Banza Lubaba Nkulu C. Assessing exposure to metals using biomonitoring: Achievements and challenges experienced through surveys in low- and middle-income countries. *Toxicol. Lett.*, 2018, vol. 298, pp. 13–18. DOI: 10.1016/j.toxlet.2018.06.004
17. Soltani N., Keshavarzi B., Moore F., Cave M., Sorooshian A., Mahmoudi M.R., Ahmadi M.R., Golshani R. In vitro bioaccessibility, phase partitioning, and health risk of potentially toxic elements in dust of an iron mining and industrial complex. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2021, vol. 212, pp. 111972. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.111972
18. Serebryakov P.V., Fedina I.N., Rushkevich O.P. Features of malignant neoplasms formation in respiratory system of workers engaged into mining and processing of copper-nickel ores. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2018, no. 9, pp. 9–15. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15 (in Russian).
19. Da Silva Júnior F.M.R., Tavella R.A., Fernandes C.L.F., Soares M.C.F., de Almeida K.A., Garcia E.M., da Silva Pinto E.A., Baisch A.L.M. Genotoxicity in Brazilian coal miners and its associated factors. *Hum. Exp. Toxicol.*, 2018, vol. 37, no. 9, pp. 891–900. DOI: 10.1177/0960327117745692
20. Da Silva Júnior F.M.R., Tavella R.A., Fernandes C.L.F., Dos Santos M. Genetic damage in coal and uranium miners. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.*, 2021, vol. 866, pp. 503348. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2021.503348
21. Sinitzky M.Yu., Minina V.I., Gafarov N.I., Asanov M.A., Larionov A.V., Ponasenko A.V., Volobaev V.P., Druzhinin V.G. Assessment of DNA damage in underground coal miners using the cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis*, 2016, vol. 31, no. 6, pp. 669–675. DOI: 10.1093/mutage/gew038
22. Espitia-Pérez L., da Silva J., Brango H., Espitia-Pérez P., Pastor-Sierra K., Salcedo-Arteaga S., de Souza C.T., Dias J.F. [et al.]. Genetic damage in environmentally exposed populations to open-pit coal mining residues: Analysis of buccal micronucleus cytome (BMN-cyt) assay and alkaline, Endo III and FPG high-throughput comet assay. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.*, 2018, vol. 836, pt B, pp. 24–35. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2018.06.002

23. Chebotarev A.G., Gibadulina I.Yu., Goryachev N.S. Contamination of mine air with exhaust gases of self-propelled machinery and proposed corrective measures. *Gornaya promyshlennost'*, 2019, vol. 144, no. 2, pp. 74–76. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76 (in Russian).

24. Fokin V.A. Assessment of the health risk of workers in the extractive industries when exposed to noise above 80 dBA. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2020, vol. 60, no. 11, pp. 867–869. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-867-869 (in Russian).

25. Chebotarev A.G., Courierov N.N. Hygienic assessment of noise and vibration affecting workers at mining operations. *Gornaya promyshlennost'*, 2020, no. 1, pp. 148–153. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153 (in Russian).

26. Courierov N.N., Chebotarev A.G. Health risks for mining machine operators caused by exposure to noise and vibration. *Gornaya promyshlennost'*, 2022, no. 1, pp. 138–143. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143 (in Russian).

27. Nelson G., Murray J. Silicosis at autopsy in platinum mine workers. *Occup. Med. (Lond.)*, 2013, vol. 63, no. 3, pp. 196–202. DOI: 10.1093/occmed/kqs211

28. Chebotarev A.G., Pfaf V.F., Gibadulina I.Yu. Current state of labour conditions, occupational morbidity and improvement of medical and preventive care for employees of mining operations. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, no. 3, pp. 139–143. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-3-139-143 (in Russian).

29. Melentev A.V., Serebryakov P.V. The role of physical factors of the working environment in the formation of arterial hypertension. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 692–693. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-692-693 (in Russian).

30. Zeng X., DeBono N.L., Harris A.M., Arrandale V.H., Demers P.A. Neurodegenerative diseases among miners in Ontario, Canada, using a linked cohort. *Occup. Environ. Med.*, 2020, vol. 78, no. 6, pp. 385–392. DOI: 10.1136/oemed-2020-106958

Shaykhlislamova E.R., Karimova L.K., Beigul N.A., Muldasheva N.A., Fagamova A.Z., Shapoval I.V., Volgareva A.D., Larionova E.A. Occupational health risk for workers from basic occupational groups employed at copper and zinc ore mining enterprises: assessment and management. Health Risk Analysis, 2022, no. 2, pp. 107–118. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.10.eng

Получена: 27.04.2022

Одобрена: 31.05.2022

Принята к публикации: 21.06.2022