

Статья поступила в редакцию 8.09.2017 г.

Страшникова Т.Н., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Кислицына В.В.

Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний,
г. Новокузнецк, Россия

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ТРУДА

Предмет исследования: условия труда работников основных производственно-профессиональных групп предприятия горнорудной промышленности.

Цель исследования: оценить гигиенические условия труда работников основных производственно-профессиональных групп предприятия горнорудной промышленности, рассчитать риски формирования профессионально обусловленной патологии.

Методы исследования. Построен дендрит производственно-профессиональных групп горнорудного производства, основанный на значениях факторов производственной среды.

Основные результаты. Выявлены высокие уровни риска профессионально обусловленной патологии при воздействии взвешенных частиц воздуха рабочей зоны. Риск хронической интоксикации, связанный с загазованностью воздуха рабочей зоны токсичными соединениями, превышает приемлемый уровень в профессиональных группах горнорудного производства в 1,45-9,25 раза. Основной вклад в формирование риска хронической интоксикации вносят оксиды азота. Совокупный уровень риска, связанного с вредными факторами производственной среды, отмечается в производственно профессиональной группе машинистов вибропогрузочной установки.

Заключение. Применение кластерного анализа позволяет дать оценку условиям труда работников промышленных предприятий.

Ключевые слова: предприятие горнорудной промышленности; условия труда; риск для здоровья; евклидово расстояние.

Strashnikova T.N., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V.

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia

RISK ASSESSMENT FOR WORKERS' HEALTH IN MINING PRODUCTION BASED ON THE CLUSTER ANALYSIS OF LABOUR CONDITIONS

Subject. Labour conditions in the workers of main production and professional groups of the mining enterprise.

Objective. To evaluate the hygienic labour conditions of the workers of the main production and professional groups of the mining enterprise, to calculate the risks for forming occupationally-caused pathology.

Methods. A dendrite of production and professional mining groups was built based on the values of the factors of the production environment.

Main results. High levels of the risk of occupationally-caused pathology were revealed when exposed to suspended particles in the air of the working area. The risk of chronic intoxication related to the gassed air in the working area with toxic compounds exceeds the acceptable level in the professional groups of mining production in 1.45-9.25 times. The main contribution to the formation of the risk of chronic intoxication is made by nitrogen oxides. The cumulative level of the risk associated with the adverse factors in the production environment is noted in the professional group of the operators of vibration loading machines.

Conclusions. The application of the cluster analysis makes it possible to assess the labour conditions of the workers in industrial enterprises.

Key words: mining enterprise; labour conditions; risk to health; the Euclidean distance.

Важнейшей задачей, стоящей перед горнорудной промышленностью, является повышение эффективности труда, что приводит к интенсивным поискам новых систем разработки месторождений. В силу несовершенства применяемых в настоящее время технологий условия труда горнорабочих характеризуются повышенной запыленностью и загазованностью, а также высоким уровнем шума, превышающим нормативные показатели.

Горнорудные работы производятся с использованием взрывчатых веществ. При взрыве зарядов в шпурах происходит раздробление горной массы, при этом в воздух рабочей зоны выделяется ряд газов: оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, сероводород. Основными причинами повышенных концентраций аэрозольных веществ в воздухе рабочей зоны горнорудного производства являются взрывные и буровые работы, погрузка породы, руды, крепление выработок. Источниками повышенного уровня шума на рабочих местах горнорабочих являются самоходно-буровые установки с установленными на них перфораторами, буровые установки, породопогрузочные машины, переносные перфораторы, скреперные лебедки, ковшевые погрузчики, шахтовые вагоны, сварочные аппараты, установки, предназначенные для нанесения на поверхность выработок бетонной смеси [1, 2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании по сравнительно-многомерной оценке риска под понятием многомерный объект понималась статистическая единица (на горнорудном производстве это условия труда работника определенной профессиональной группы), определяемая набором значений признаков (вредных факторов производства). Было рассмотрено 7 профессиональных групп работников горнорудного производства (Таштагольский рудник, филиал ОАО Евразруда), которые характеризуются набором диагностических признаков производственной среды, включающим следующие элементы: уровень запыленности воздуха на рабочем месте, уровень шума, содержание оксида углерода и оксидов азота в воздухе рабочей зоны. Численные значения вредных факторов производственной среды были получены путем выкопировки из карт аттестации рабочих мест по условиям труда. Сопоставление между многомерными объектами проводилось с помощью матрицы евклидовых расстояний между точками многомерного пространства, вычисляемых

по правилам аналитической геометрии. Размерность пространства определялась числом признаков, характеризующих единицы изучаемой совокупности. Вычисленные евклидовы расстояния позволяли определить положение каждой точки (профессиональная группа) относительно остальных точек (других профессиональных групп) и, следовательно, определить место этой точки во всей совокупности, что делало возможным их упорядочение и классификацию. На основе значений матрицы таксономических расстояний между объектами построен дендрит — ломаная, которая может разветвляться, но не может содержать замкнутых ломаных. Таким образом, было получено нелинейное упорядочение изучаемых объектов, характеризующееся отсутствием явной иерархии. Задача состояла в выборе наилучшего упорядочения, заключающегося в нахождении такого дендрита, в котором смежные единицы имели наименее различающиеся значения признаков. Для этого из составленной матрицы евклидовых расстояний были выбраны объекты с близкими значениями таксономических значений. Дальнейшее разбиение дендрита было связано с определением числа частей, на которое делится изучаемое множество. Было определено критическое евклидово расстояние, служащее критерием, с помощью которого производится разбиение дендрита на кластеры, и мерой при этом служат таксономические значения длиной больше критического.

Также была рассмотрена совокупность уровней риска на рабочих местах горнорудного производства, которая характеризовалась следующими элементами: риск профессионально обусловленной шумовой патологии, риск профессионально обусловленной пылевой патологии, риск хронической интоксикации. На основе значений перечисленных признаков была составлена неупорядоченная матрица евклидовых расстояний между профессиональными группами горнорудного производства и определены расстояния от точек, характеризующих нагрузку факторами риска в конкретных специальностях, до гипотетической точки, представляющей собой максимум нагрузки факторами риска. Далее были исчислены значения таксономического показателя, характеризующего совокупный уровень риска, связанного с условиями труда работников горнорудного производства. Таксономический показатель уровня совокупного риска характеризуется тем, что является величиной положительной, и лишь с незначительной вероятностью может оказаться равным 1. Интерпретируется он следующим образом: данный объект (профессиональная группа) тем больше подвергается воздействию факторов риска, чем ближе значения показателя к 1 [3, 4].

Риск — это статистическое понятие, определяемое как ожидаемая частота или вероятность неблагоприятных эффектов, возникающих от воздействия данной опасности. В количественном отношении риск

Корреспонденцию адресовать:

КИСЛИЦЫНА Вера Викторовна,

654041, г. Новокузнецк, ул. Кулузова, д. 23.

ФГБНУ «НИИ КППЗ».

Тел.: 8 (3843) 79-65-49; +7-903-994-88-16.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru

выражается в величинах, колеблющихся от 0 (вред не будет иметь место) до 1 (вред имеет место всегда). Риск зависит как от степени токсичности опасного агента, так и от уровней воздействия.

Расчет риска профессионально обусловленной шумовой патологии у работников горнорудного производства осуществлялся в соответствии с моделью, учитывающей стажевую дозу $Lgm(T)$ для стажа, составляющего T лет. Расчет риска (R) осуществлялся по формуле (1):

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Prob} e^{-t^2/2} dt, \quad (1)$$

где $Prob = -8,25 + 0,07 Lgm(T)$,

где $Lgm(T) = L_{экр} + 10lg(T/T_0)$,

где $T_0 = 1$ год.

Оценка риска профессионально обусловленной патологии, связанной с загрязнением воздуха рабочей зоны пылью, также осуществлялась с использованием уравнения индивидуальных порогов по формуле (1). Задача заключалась в определении коэффициента для оценки риска $Prob$ по формуле (2):

$$Prob = -2.0 + 1.55lg(C/ПДК_{р.з.})lgT, \quad (2)$$

где C – среднесменная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны; $ПДК_{р.з.}$ – предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны; T – стаж работы (годы) [1].

Расчет риска хронической интоксикации, связанной с содержанием в воздухе рабочей зоны горнорудного производства токсичных газообразных веществ, осуществлялся по формуле (3):

$$R = 1 - \exp(\ln(0,84) * C / (ПДК * K_3)), \quad (3)$$

где C – нормированная на 70-летнее воздействие среднесменная концентрация токсичных газов в воздухе рабочей зоны; $ПДК$ – среднесуточная концентрация данных газообразных соединений в атмосферном воздухе; K_3 – коэффициент запаса (значение данного коэффициента принимается в зависимости от класса опасности: для веществ 2-го класса опасности – 6,0; 3-го класса – 4,5; 4-го класса – 3,0).

Риск хронической интоксикации определяется исходя из апостериорной зависимости – при хроническом воздействии токсичного вещества на уровне пороговой концентрации (дозы) риск проявления неспецифических токсических эффектов составляет 16 %. Приемлемое значение риска хронической интоксикации составляет 0,02 (в долях единицы) [5].

Данное исследование рассматривает оценку риска как статистического понятия, определяемого как ожидаемая частота или вероятность нежелательных

эффектов, возникающих от воздействия опасности, связанной с фактором производственной среды. Для этого выполнили оценку риска по среднесменным значениям таких производственных факторов, как шум, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны горнорудного производства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что среднесменный уровень шума на рабочих местах представителей основных производственно-профессиональных групп предприятия горнорудной промышленности (Таштагольский рудник, филиал ОАО Евразруда) составляет 87-113 дБ, превышая предельно допустимый уровень на 7-33 дБ. Риск профессионально обусловленной шумовой патологии у работников отмечается на уровне 0,05-0,56 (в долях единицы) при производственном стаже 5 лет; 0,1-0,68 – при стаже работы 15 лет; 0,12-0,74 – при стаже 25 лет. Наибольший уровень риска регистрируется в производственно профессиональных группах проходчиков и машинистов буровой установки – соответственно 0,69-0,74 и 0,59-0,61 при стаже 25 лет; наименьший риск регистрируется в производственно профессиональной группе электрослесарей по ремонту оборудования.

Среднесменные концентрации пыли в воздухе производственной зоны составляют 5,9-43,2 мг/м³; кратность превышения ПДК установлена в пределах от 1,47 до 10,8 раза. Риск профессионально обусловленной патологии у работников горнорудного производства, связанный с запыленностью воздуха рабочей зоны, регистрируется на уровне 0,04-0,18 (в долях единицы) при стаже работы 5 лет; 0,05-0,46 – при стаже 15 лет; 0,06-0,58 – при стаже 25 лет. Максимальные уровни риска отмечаются в профессионально производственных группах проходчиков и машинистов вибропогрузочной установки (0,56 и 0,58 соответственно). Минимальный риск регистрируется в производственно профессиональных группах электрослесарей по ремонту оборудования и подземных горнорабочих.

Анализ загазованности воздуха рабочей зоны горнорудного производства показал, что среднесменные концентрации оксидов азота (в пересчете на NO₂) и углерода в основном не превышают нормативные показатели. Кратность превышения ПДК воздуха рабочей зоны по оксидам азота составляет 0,06-0,41 раза; по оксиду углерода – 0,19-1,35 раза. Превышение гигиенического норматива содержания оксида углерода отмечается в производственно профессиональной группе машинистов вибропогрузочной установки. Риск

Сведения об авторах:

СТРАШНИКОВА Татьяна Николаевна, соискатель, ФГБНУ «НИИ КППЗ», г. Новокузнецк, Россия.

ОЛЕЩЕНКО Анатолий Михайлович, доктор мед. наук, начальник отдела экологии человека, ФГБНУ «НИИ КППЗ», г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

СУРЖИКОВ Дмитрий Вячеславович, доктор биол. наук, доцент, зав. лабораторией прикладных гигиенических исследований, ФГБНУ «НИИ КППЗ», г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

КИСЛИЦЫНА Вера Викторовна, канд. мед. наук, зав. лабораторией экологии и гигиены окружающей среды, ФГБНУ «НИИ КППЗ», г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

хронической интоксикации в производственно профессиональных группах горнорудного производства, связанный с содержанием токсичных газов в воздухе рабочей зоны, выявлен на уровне 0,029-0,185 (в долях единицы). Максимальные уровни риска регистрируются в производственно профессиональной группе машинистов вибропогрузочной установки (0,185); минимальные — в группах проходчиков и машинистов буровой установки (0,037-0,059 и 0,029 соответственно). Удельный вес оксидов азота в риске хронической интоксикации отмечается в пределах от 69,0 до 83,1 %.

На рисунке представлен дендрит производственно профессиональных групп горнорудного производства, построенный на основе значений факторов производственной среды.

Установлено, что дендрит распадается на два кластера. В 1-й кластер входят 6 профессий: проходчик участка горно-подготовительных работ (рис., 1), проходчик участка нарезных работ (рис., 2), машинист буровой установки (3), машинист погрузочной машины (4), подземный горнорабочий (6) и электрослесарь по ремонту оборудования (7). Условия труда данных профессиональных групп по рассматриваемым вредным факторам производственной среды обладают чертами подобия. Во второй кластер входит профессиональная группа машинистов вибропогрузочной установки (рис., 5). Евклидово расстояние между двумя кластерами составляет 3,59, что превышает критическое расстояние. Условия труда машиниста вибропогрузочной установки характеризуются

Рисунок

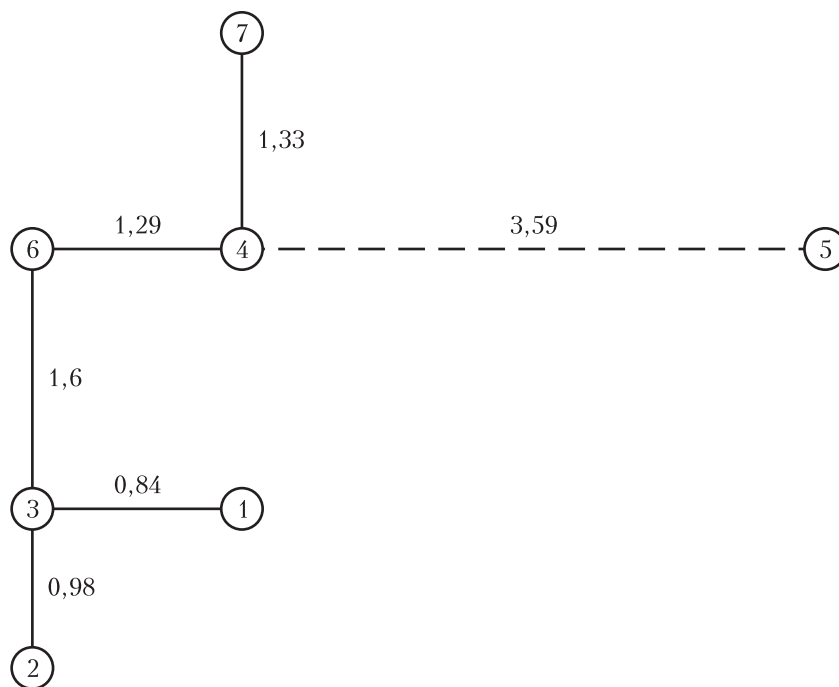
Дендрит профессий горнорудного производства, построенный по факторам условий труда: шум, концентрации пыли, оксидов азота и углерода (критическое евклидово расстояние 3,44)

Примечания: 1 - проходчик участка горно-подготовительных работ; 2 - проходчик участка нарезных работ; 3 - машинист буровой установки; 4 - машинист погрузочной машины; 5 - машинист вибропогрузочной установки; 6 - подземный горнорабочий, 7 - электрослесарь по ремонту оборудования.

Figure

Dendrite of mining professions built on the factors of labour conditions: noise, concentration of dust, nitrogen oxides and carbon (critical Euclidean distance 3.44)

Notes: 1 - drifter of the mining preparation area; 2 - drifter of threaded plot works; 3 - rig operator; 4 - operator of loading machine; 5 - operator of vibration loading machine; 6 - underground miner; 7 - electrician for repair of equipment.



Information about authors:

STRASHNIKOVA Tatyana Nikolaevna, applicant, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia.

OLESHCHENKO Anatoly Mikhailovich, MD, chief of the human ecology department, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

SURZHIKOV Dmitry Vyacheslavovich, Doctor of Biology, associate professor, head of the laboratory for applied hygienic researches, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

KISLITSYNA Vera Victorovna, Candidate of Medical Sciences, head of the laboratory of ecology and environmental health, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

более высокими значениями рассматриваемых вредных факторов.

Таксономический показатель, характеризующий совокупный уровень риска, связанного с вредными факторами производственной среды, имеет максимальное значение в профессиональных группах проходчиков (0,37-0,44) и машинистов вибропогрузочной установки (0,52-0,54). Минимальные значения таксономического показателя отмечаются в профессиональных группах подземных горнорабочих — 0,18 и электрослесарей по ремонту оборудования — 0,03.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Условия труда работников основных профессиональных групп горнорудного производства характе-

ризуются повышенными уровнями шума и запыленности воздуха рабочей зоны. Отмечаются высокие уровни риска профессионально обусловленной патологии, достигающие значений 0,12-0,74 при воздействии шума и 0,06-0,58 при воздействии взвешенных частиц воздуха рабочей зоны. Риск хронической интоксикации, связанный с загазованностью воздуха рабочей зоны токсичными соединениями, превышает приемлемый уровень в профессиональных группах горнорудного производства в 1,45-9,25 раза. Основной вклад в формирование риска хронической интоксикации вносят оксиды азота. Совокупный уровень риска, связанного с вредными факторами производственной среды, отмечается в производственно профессиональной группе машинистов вибропогрузочной установки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Zakharenkov VV, Strashnikova TN, Oleshchenko AM, Surzhikov DV, Kisliitsyna VV, Korsakova TG. Prevention of occupational diseases of the workers in the mining industry. *Herald of the Russian Academy of Natural Sciences. West-Siberian Branch*. 2015; (17): 151-153. Russian (Захаренков В.В., Страшникова Т.Н., Олещенко А.М., Суржилов Д.В., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г. Профилактика профессиональной заболеваемости работников горнорудной промышленности // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2015. № 17. С. 151-153.)
2. Strashnikova TN, Zakharenkov VV, Oleshchenko AM, Surzhikov DV, Kisliitsyna VV. Hygienic evaluation of work conditions and health risk for mining enterprise workers. *Occupational medicine and industrial ecology*. 2016; (5): 25-27. Russian (Страшникова Т.Н., Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржилов Д.В., Кислицына В.В. Гигиеническая оценка условий труда и риска для здоровья работников горнорудной промышленности // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 5. С. 25-27.)
3. Dubrov AM, Mkhitaryan VS, Troshin LI. Multidimensional statistical methods. M.: Finance and Statistics Publ., 1998. 352 p. Russian (Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 1998. 352 с.)
4. Plyuta V. Comparative multidimensional analysis in economic studies: methods of taxonomy and factor analysis. Translation from Polish. M.: Statistics Publ., 1980. 151 p. Russian (Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: методы таксономии и факторного анализа: пер. с польск. М.: Статистика, 1980. 151 с.)
5. Shcherbo AP, Kiselev AV, Negrienko KV, Mironenko OV, Filatov VN. Environment and health: approaches to risk assessment. St. Petersburg: SPbMAPO Publ., 2002. 376 p. Russian (Щербо А.П., Киселев А.В., Негриенко К.В., Мироненко О.В., Филатов В.Н. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. СПб.: СПбМАПО, 2002. 376 с.)

