

УДК 61:613.632.4

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПОЛУЧЕНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ

Злыгостева Н.В.<sup>1</sup>, Адриановский В.И.<sup>1,2</sup>, Кузьмина Е.А.<sup>1</sup>, Липатов Г.Я.<sup>1,2</sup>

1-ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

2-ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, Россия

*Целью данной работы явилась оценка профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в цехах с шахтной и отражательной плавкой медьсодержащего сырья, в сравнении с автогенными процессами. В статье показано, что при плавке меди основным фактором, формирующим канцерогенный риск, являются неорганические соединения мышьяка. Наибольшие прогнозные значения канцерогенного риска для аналогичных профессий наблюдаются при отражательной и шахтной плавке, чем при плавке в «жидкой ванне», что обусловлено различием в используемом оборудовании. Основным мероприятием по снижению канцерогенной опасности при получении черновой меди должно стать техническое перевооружение плавильных цехов с внедрением автогенных процессов.*

**Ключевые слова:** канцерогенный риск, получение черновой меди, отражательная плавка, шахтные печи, плавка «в жидкой ванне»

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL CARCINOGENIC RISKS IN DIFFERENT METHODS OF BLISTER COPPER PRODUCTION

Zlygosteva N.V.<sup>1</sup>, Adrianovsky V.I.<sup>1,2</sup>, Kuz'mina E.A.<sup>1</sup>, Lipatov G.Ya.<sup>1,2</sup>

1-Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

2-Ural state medical university, Yekaterinburg, Russia

*The aim of the study was the assessment of occupational carcinogenic risks of workers engaged in reflective and mine smelting of copper-bearing raw materials in comparison with autogenous processes. It has been shown that when copper is smelted, inorganic compounds of arsenic are responsible for developing carcinogenic risks. The greatest predicted values of carcinogenic risk for similar occupations are observed in reflective and mine melting, rather than when melting occurs in a "liquid bath", which is due to the difference in the equipment used. The main measure to reduce the carcinogenic risk in obtaining blister copper should be the technical re-equipment of smelters with the introduction of autogenous processes.*

**Key words:** carcinogenic risk, blister copper producing, reflective fusion, shaft furnaces, melting in a "liquid bath"

В современной пирометаллургии меди работники отрасли подвергаются воздействию вредных производственных факторов, ряд из которых обладает канцерогенными свойствами. В частности, плавка и конвертирование меди характеризуются присутствием в воздухе рабочей зоны неорганических соединений мышьяка, кадмия, свинца, никеля, бенз(а)пирена и др. Между тем величина экспозиции к канцерогенам рабочих металлургических цехов, использующих разные технологии, может существенно различаться [4].

Одним из способов гигиенической оценки условий труда в медеплавильном производстве может стать методика расчета прогнозных значений канцерогенных рисков [1, 2, 3].

#### **Материалы и методы.**

Проведена оценка канцерогенных рисков (КР) для работающих, занятых в плавильных цехах трех предприятий, два из которых специализируются на получении черновой меди с использованием отражательной (ОП) и шахтной (ШП) плавки, на третьем же используется плавка в «жидкой ванне» (ПЖВ), относящаяся к более передовым автогенным процессам.

В основу расчета ингаляционного КР взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [6] и исследованиях П.В. Серебрякова [7] и А.В. Мельцера [5]. КР рассчитывался для 5 идентичных профессий (загрузчик шихты, плавильщик, конвертерщик, разлищик цветных металлов, оператор пылегазоулавливающих установок) в металлургических цехах с учетом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, свинца, хрома шестивалентного, бериллия и бенз(а)пирена, экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 часов) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении ( $SFi$ ,  $mg/(kg \times day)^{-1}$ ).

КР оценивался от каждого из веществ и суммарно от их комбинации на 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считался  $KP \geq 1,0 \times 10^{-3}$  (4-ый диапазон). При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

Математическую обработку результатов исследования проводили в программах BioStat 2009 для WINDOWS с расчетом показателей вариационной статистики: средней арифметической ( $M$ ) и ошибки средней ( $m$ ).

#### **Результаты и обсуждение.**

В металлургическом цехе (МЦ), использующем ОП, по химическому фактору (канцерогенные вещества) для всех 5 оцененных профессий условия труда соответствовали классу 3.2 (вредный 2-й степени), который определялся неорганическими соединениями мышьяка и хрома шестивалентного, в МЦ с ШП - классу 3.3 (вредный 3-й степени), который определялся неорганическими соединениями мышьяка, в то время как в МЦ с ПЖВ класс условий труда для всех профессий относился к допустимому.

Расчет прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для всех оцениваемых профессий как МЦ с ОП, так и МЦ с ШП, суммарный риск находился в 4-ом, т.е. неприемлемом для профессиональных групп, диапазоне (более или равный  $1,0 \times 10^{-3}$ ), составив в среднем среди оцененных профессий  $2,9 \times 10^{-2}$  и  $1,8 \times 10^{-2}$  соответственно. В МЦ с ПЖВ прогнозные значения КР также лежали в неприемлемом

диапазоне ( $5,2 \times 10^{-3}$ ), но оказались в 3,45 раза ниже, чем при шахтной плавке, и в 5,56 раз – чем при отражательной. Наибольшие значения КР достигнуты для загрузчика шихты, наименьшие – для разлищика цветных металлов и сплавов (Табл. 1).

Таблица 1

**Суммарный канцерогенный риск при 25-летнем стаже работы**

Профессии	МЦ с ОП	МЦ с ШП	МЦ с ПЖВ
Загрузчик шихты	$3,8 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-3}$
Плавильщик	$2,9 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-3}$
Конвертерщик	$2,8 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Разлищик	$2,3 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Оператор ПГУ	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-3}$
<b>М ± m</b>	0,0288 ± 0,0025	0,0176 ± 0,0004	0,0052 ± 0,0008

Во всех цехах максимальный вклад в КР вносят неорганические соединения мышьяка (67,8% в МЦ с ОП, 88,9% в МЦ с ШП и 96,2% в МЦ с ПЖВ).

Среди профессий МЦ, в котором используют отражательную плавку, значения предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами находились в пределах от 0,65 до 1,09 лет, шахтную плавку – от 1,38 до 1,56 лет. В МЦ с ПЖВ величина приемлемого стажа работы варьировалась от 3,13 до 6,41 лет (Табл. 2).

Таблица 2

**Величины предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами**

Профессии	МЦ с ОП	МЦ с ШП	МЦ с ПЖВ
Загрузчик шихты	0,65	1,38	3,13
Плавильщик	0,86	1,38	4,55
Конвертерщик	0,89	1,38	6,41
Разлищик	1,09	1,38	6,41
Оператор ПГУ	0,96	1,56	5,20
<b>М ± m</b>	0,89 ± 0,07	1,42 ± 0,036	5,14 ± 0,62

Разница в приемлемом стаже между плавильными отделениями с ПЖВ ( $5,14 \pm 0,62$ ) и отражательной плавкой ( $0,89 \pm 0,07$ ), а также ПЖВ и шахтной плавкой ( $1,41 \pm 0,03$ ) оказалась существенной ( $p < 0,05$ ) и составила 5,77 и 3,64 соответственно, что убедительно свидетельствует о гигиеническом преимуществе автогенных процессов в пирометаллургии меди.

**Выводы:**

1. При всех способах получения черновой меди максимальный вклад в канцерогенные риски здоровью работников вносят неорганические соединения мышьяка.

2. Для большинства профессий, занятых в плавильных цехах, использующих шахтную и отражательную плавку, ингаляционные канцерогенные риски при 25-летнем стаже работы в 18,0 и 29,0 раз соответственно превышают приемлемый уровень, тогда как при ПЖВ превышение составляет 5,2 раза.

3. На предприятиях, где для получения черновой меди применяется отражательная и шахтная плавка, неприемлемые значения ингаляционных канцерогенных рисков начинаются со стажа 0,89 и 1,41 года работы соответственно, тогда как при использовании в металлургических цехах печей ПЖВ – с 5,14 лет.

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать в целях снижения канцерогенных рисков для работающих и увеличения приемлемого стажа работы замену отражательных и шахтных печей на печи с плавкой «в жидкой ванне».

#### **Список литературы:**

1. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди / В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, Е.А. Кузьмина, Н.В. Злыгостева, К.Ю. Русских, Н.П. Шарипова, Т.В. Бушуева, В.О. Рузаков // Анализ риска здоровью. – 2017. - № 1. – С. 98-105.
2. Результаты сравнительной оценки прогнозных значений канцерогенных рисков у работающих в производстве черновой меди / В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, Е.А. Кузьмина, Н.В. Зебзеева // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 21.
3. Реализация системного подхода к оценке канцерогенной опасности на примере металлургии меди / Е.А. Кузьмина, Г.Я. Липатов, В.И. Адриановский, Н.В. Злыгостева, К.Ю. Русских, Н.И. Кочнева // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 10. – С. 13-17.
4. Липатов, Г.Я. Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии меди и никеля : автореф. . дис. ...д.м.н. / Г.Я. Липатов; НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. – М., 1992. – 33 с.
5. Мельцер, А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска / Г. Я. Липатов // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 4. – С. 1–5.
6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2004. – 129 с.
7. Серебряков, П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья / П. В. Серебряков // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 95–98.