

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ ПРИ ШАХТНОЙ ПЛАВКЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ РУД

<sup>1</sup>Адриановский В. И., к.м.н., доцент, adrianovsky@k66.ru,

<sup>1</sup>Липатов Г. Я., д.м.н., профессор, isaeva20a@yandex.ru,

<sup>2</sup>Кузьмина Е. А., к.м.н. risk@ymrc.ru,

<sup>2</sup>Злыгостева Н. В., kirakirazn@gmail.com

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Начавшееся в конце XX в. техническое перевооружение металлургического производства меди охватило все основные переделы, начиная с обогащения медьсодержащих руд и кончая получением готовой продукции. Наиболее радикальное изменение претерпела плавка, где на смену устаревшим способам переработки руд в шахтных, отражательных и руднотермических печах приходят автогенные процессы, характеризующиеся возможностью полной автоматизации производства и утилизации отходящих газов, исключением отдельных тяжелых профессий, снижением доли ручного труда. Вместе с тем в России еще достаточно велик объем производства со старой технологией, морально устаревшим оборудованием, служащим источником загрязнения производственной среды пылью и вредными веществами, ряд из которых обладает канцерогенным действием. Так, плавка, конвертирование и огневое рафинирование меди характеризуются воздействием на работающих таких канцерогенных веществ, как бенз(а)пирен, мышьяк, никель, свинец, кадмий [1]. Результаты многочисленных исследований позволили включить медеплавильное производство (плавильный передел, конвертерный передел, огневое и электролитическое рафинирование, переработка анодных шламов) в официальный перечень производственных процессов, представляющих канцерогенную опасность для работающих [4]. Между тем, величина экспозиции к канцерогенным факторам рабочих, занятых в металлургических цехах (далее — МЦ), использующих разные технологии, может существенно различаться [1].

В настоящее время в медицине труда широко внедряются технологии оценки рисков. Однако применение их для оценки канцерогенных рисков (далее — КР) носит пока лишь фрагментарный характер. Между тем, одним из способов гигиенической оценки результатов технического перевооружения промышленных объектов может стать методика расчета прогнозных значений канцерогенных рисков [5].

В связи с этим целью нашего исследования было дать оценку профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в цехе с шахтной плавкой медьсодержащих руд, в сравнении с современным способом получения черновой меди.

Для реализации указанной цели нами оценены КР для работающих, занятых в плавильных цехах двух крупных предприятий, одно из которых специализируется на получении черновой меди с использованием шахтной плавки, на втором же используется плавка в «жидкой ванне» (далее — ПЖВ), относящаяся к более передовым автогенным процессам.

Вследствие преимущественной аэрогенной нагрузки канцерогенными веществами был проведен расчет ингаляционного КР, в основу которого взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920–04) [3] и исследований А.В. Мельцера [2] и П.В. Серебрякова [5]. КР рассчитывался для 5 идентичных профессий (загрузчик шихты, плавильщик, конвертерщик, разлищик цветных металлов, оператор пылегазоулавливающих установок) в металлургическом (шахтная плавка) и медеплавильном цехе (плавка в печах ПЖВ) с учетом фактической экспозиции к мышьяку, никелю, кадмию, свинцу, бериллию и бенз(а)пирену.

Индивидуальный КР рассчитывался по уровням фактических среднесменных концентраций веществ в воздухе рабочей зоны (далее — ВРЗ) с учетом типичной экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 ч) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении ( $SFi$ ,  $mg/(kg \times \text{день})^{-1}$ ) в два этапа.

Рассчитывалась средняя суточная доза канцерогена (далее — LADD), усредненная с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (70 лет):

$$LADD = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365], \quad (1)$$

где LADD — средняя суточная доза или поступление (I),  $mg/(kg \times \text{день})$ ;

C — среднесменная концентрация вещества в ВРЗ,  $mg/m^3$ ;

CR — скорость поступления воздействующей среды (воздуха),  $m^3/\text{день}$ ;

ED — продолжительность воздействия, годы;

EF — частота воздействия, дней/год;

BW — масса тела человека, кг;

AT — период усреднения экспозиции (для канцерогенов AT = 70 лет);

365 — число дней в году.

Затем рассчитывался индивидуальный КР с использованием данных о величине экспозиции и значениях факторов канцерогенного потенциала (фактор наклона):

$$KP = LADD \times SFi, \quad (2)$$

где SFi — фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии, (мг/(кг×день)<sup>-1</sup>).

KP оценивался от каждого из веществ и суммарный от их комбинации на 1; 5; 10; 15; 20 и 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов приемлемым считался  $KP \leq 1,0 \times 10^{-3}$  [3]. Для случаев, когда прогнозная величина KP была больше  $1,0 \times 10^{-3}$ , рассчитывалась продолжительность приемлемого стажа работы, при которой достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

Технологическая схема получения черновой меди в МЦ включает загрузку брикетов в шахтную печь, плавку на штейн, конвертирование штейна в горизонтальных конвертерах с последующим розливом черновой меди в слитки. В отличие от шахтной плавки при использовании печей ПЖВ шихта может содержать как концентрат, так и руду любой крупности, поэтому процесс брикетирования шихты не требуется. Плавка и выпуск шлака и штейна ведутся при непрерывной подаче воздуха, обогащенного кислородом, что облегчает обслуживание агрегата, создает возможность полного автоматического управления и контроля параметров режима плавки в «жидкой ванне».

В состав медных концентратов обоих изучаемых предприятий входят такие канцерогенные вещества, как мышьяк, никель, свинец, кадмий, бериллий и кремния диоксид кристаллический. Плавка на штейн сопровождается выделением в воздух рабочей зоны бенз(а)пирена и сажи черной.

Результаты лабораторных исследований ВРЗ в МЦ завода, где осуществляется получение черновой меди методом шахтной плавки, показали, что среднесменные концентрации мышьяка на рабочих местах всех пяти оцененных профессий превышали предельно допустимую концентрацию (далее — ПДК) в 4,4 раза. Среднесменные концентрации свинца были ниже ПДК (0,05 мг/м<sup>3</sup>) на рабочих местах конвертерщика, разлищика и оператора пылегазоулавливающих установок, в то время как у плавильщика и загрузчика шихты содержание свинца составило 0,055 и 0,06 мг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК соответственно в 1,1 и 1,2 раза. Среднесменные и максимальные разовые концентрации кадмия, бенз(а)пирена и никеля в ВРЗ были ниже ПДК, а бериллия — ниже чувствительности метода измерения для всех изучаемых профессий. В результате по химическому фактору (канцерогенные вещества) для всех пяти профессий условия труда соответствовали классу 3.3 (вредный 3-й степени), который определялся неорганическими соединениями мышьяка.

В ВРЗ большинства профессий медеплавильном цехе (далее — МПЦ), где осуществляется плавка в печах ПЖВ, среднесменные концентрации мышьяка не превышали ПДК (0,01 мг/м<sup>3</sup>), составив от 0,005 до 0,09 мг/м<sup>3</sup>, с максимальным значением на рабочем месте загрузчика шихты. Среднесменные концентрации свинца, кадмия, бериллия и бенз(а)пирена в ВРЗ всех рабочих мест находились ниже ПДК, а никеля — ниже чувствительности метода измерения. Таким образом, по химическому фактору (канцерогенные вещества) класс условий труда для всех профессий соответствовал классу 2 (допустимый).

Расчет прогнозных значений индивидуальных KP при 25-летнем стаже работы показал, что во всех оцениваемых профессиях МЦ суммарный риск находился в неприемлемом для профессиональных групп диапазоне (более  $1,0 \times 10^{-3}$ ), составив в среднем по цеху  $1,8 \times 10^{-2}$ , без видимых различий между, плавкой и конвертированием меди (таблица 1).

Таблица 1. — Прогнозные значения канцерогенных рисков для работающих, занятых в металлургическом цехе (шахтная плавка) на 25 лет стажа

Отделение	Канцерогенные вещества (SF, (мг/кг/день) <sup>-1</sup> )					Суммарный риск
	Мышьяк (15,0)	Никель (0,84)	Кадмий (6,3)	Свинец (0,042)	Бенз(а)пирен (3,9)	
Плавильное отделение	$1,6 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-7}$	$1,8 \times 10^{-2}$
Конвертерное отделение	$1,6 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-5}$	—	$1,85 \times 10^{-2}$
В среднем по цеху	$1,6 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-3}$	$6,55 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-2}$

Максимальный вклад в риски вносят неорганические соединения мышьяка (88,9%).

Расчет значений годового канцерогенного риска показал, что у плавильщика, загрузчика шихты, конвертерщика и разлищика цветных металлов KP составил  $7,3 \times 10^{-4}$ , а у оператора пылегазоулавливающих установок —  $6,9 \times 10^{-4}$ .

С учетом значений годового канцерогенного KP рассчитана продолжительность приемлемого стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска ( $10^{-3}$ ). Среди профессий цеха, использующего шахтную плавку, значение предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами находилось в пределах от 1,37 до 1,45 года.

В цехе, использующем плавку в печах ПЖВ, прогнозные значения KP, рассчитанных на 25 лет стажа, хоть и лежат в неприемлемом диапазоне ( $3,95 \times 10^{-3}$ ), но оказались в 4,6 раза ниже, чем при шахтной плавке, без существенных различий между отделениями (таблица 2).

Таблица 2. — Прогнозные значения канцерогенных рисков для работающих, занятых в медеплавильном цехе (плавка в печах ПЖВ) на 25 лет стажа

Отделение	Канцерогенные вещества (SF, (мг/кг/день) <sup>-1</sup> )					Суммарный риск
	Мышьяк (15,0)	Кадмий (6,3)	Свинец (0,042)	Бериллий (8,4)	Бенз(а)пирен (3,9)	
Плавильное отделение	$4,3 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$7,7 \times 10^{-5}$	—	$6,1 \times 10^{-7}$	$4,4 \times 10^{-3}$
Конвертерное отделение	$3,35 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-5}$	$3,75 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$3,5 \times 10^{-3}$
В среднем по цеху	$3,8 \times 10^{-3}$	$3,1 \times 10^{-5}$	$7,15 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-7}$	$3,95 \times 10^{-3}$

Как и в МЦ, оборудованном шахтными печами, в МПЦ максимальный вклад в риски вносят неорганические соединения мышьяка (96,2%).

В МПЦ одногодичные канцерогенные риски у плавильщика и оператора по обслуживанию пылегазоулавливающих установок плавильного отделения составили от  $1,6 \times 10^{-4}$  до  $3,25 \times 10^{-4}$ , а величина приемлемого стажа работы варьировала от 3,08 до 6,25 года.

Разница в приемлемом стаже между плавильными отделениями с шахтной плавкой ( $1,40 \pm 0,03$ ) и плавкой в «жидкой» ванне ( $4,21 \pm 0,58$ ) оказалась существенной ( $p < 0,05$ ) и составила 3,0, что убедительно свидетельствует о гигиеническом преимуществе автогенных процессов в металлургии меди. Аналогичная картина прослеживается и в целом по изучаемым цехам.

Гигиенические преимущества автогенных плавильных агрегатов обусловлены герметизацией «ванны», а также большими объемами удаляемых технологических газов и пыли из подсводного пространства.

При отсутствии различий в технологии конвертирования в обоих плавильных цехах четко прослеживается зависимость величин рисков от используемых видов плавки. Очевидно, что отсутствие изоляции между плавильными и конвертерными отделениями способствует перетеканию воздушных масс и оказывает существенное влияние на запыленность и загазованность в конвертерных отделениях.

Таким образом, показано, что использование в пирометаллургии меди устаревших шахтных печей формирует высокие канцерогенные риски, в 18,0 раз превышающие приемлемый уровень для профессиональных групп, с величиной предельного стажа работы менее 1,5 года. Основным мероприятием по снижению канцерогенной опасности при получении черновой меди должно стать техническое перевооружение плавильных цехов с внедрением автогенных процессов.

**Выводы:**

1. В современном пирометаллургическом производстве меди канцерогенный риск формируют неорганические соединения мышьяка, кадмия, свинца, а также бенз(а)пирен.

2. Для профессий, занятых в плавильных цехах, использующих как шахтную плавку, так плавку в печах в «жидкой ванне» прогнозные значения канцерогенных рисков при 25-летнем стаже находятся в неприемлемом диапазоне.

3. Наибольший вклад в показатели профессионального канцерогенного риска в обоих производствах вносят неорганические соединения мышьяка.

4. Наибольшие значения канцерогенных рисков отмечаются у профессий, рабочие места которых характеризуются наибольшим воздействием пыли (загрузчик шихты и плавильщик).

5. На предприятии, где для получения черновой меди применяется шахтная плавка, неприемлемые значения ингаляционных канцерогенных рисков начинаются со стажа до 2 лет работы, тогда как при использовании в металлургических цехах печей ПЖВ — с 3–6 лет.

6. Полученные результаты позволяют обосновать комплекс мероприятий по управлению канцерогенными рисками, среди которых важное значение может иметь замена шахтных печей на печи ПЖВ.

**Литература**

1. Липатов, Г. Я. Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии меди и никеля : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.07 / Г. Я. Липатов ; Моск. НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. — М., 1992. — 33 с.

2. Мельцер, А. В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска / А. В. Мельцер, А. В. Иселев // Медицина труда и промышленная экология. — 2009. — № 4. — С. 1–5.

3. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М. : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2004. — 129 с.

4. СанПиН 1.2.2323-08. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности. — М., 2014. — 34 с.

5. Серебряков, П. В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья / П. В. Серебряков // Гигиена и санитария. — 2012. — № 5. — С. 95–98.

Поступила 07.08.2017

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Артишевский С. Н., доцент, [serg\\_artik@tut.by](mailto:serg_artik@tut.by)

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Производственный шум выступает самым распространенным вредным профессиональным фактором в Республике Беларусь. Наиболее опасными в этом плане являются отрасли, связанные с машино-, станкостроением, строительством, горнодобывающей промышленностью, ткацким производством, транспортом и сельским хозяйством [1, 3].

Среди профессий высокий риск развития профессиональной нейросенсорной тугоухости отмечается у горнорабочих, шахтеров, проходчиков, слесарей, заточников, шлифовщиков, полировщиков, швей, машинистов поездов, пилотов самолетов и механизаторов. Кроме того, шум является трудностранним производственным фактором, поэтому рост шумовой патологии отмечается во всем мире, включая развитые страны Европы и Америки.

Так, по данным аттестации рабочих мест по условиям труда в Республике Беларусь у 40% отмечается превышение предельно допустимых уровней по шуму, для сравнения по пыли только у 14%. В таблице 1 представлены данные по количеству обследованных лиц при периодических медицинских осмотрах в 2015 г.

Количество обследованных работающих при периодических медицинских осмотрах в 2016 г. представлено в таблице 2.