

ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург. e-mail: Elena.Abumuslimova@szgmu.ru, тел. моб.: 8-905-221-98-50

Самсонова Татьяна Васильевна, ассистент кафедры общественного здоровья, экономики и управления здравоохранением ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург. e-mail: Tatyana.Samsonova@szgmu.ru, тел.моб.: 8-911-219-46-14

Самодова Инна Леонидовна, доцент, к.м.н., доцент кафедры общественного здоровья, экономики и управления здравоохранением ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург. e-mail: Inna.Samodova@szgmu.ru, тел.моб.: 8-911-022-37-10

Лысковец Валерия Денисовна, студент 4 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург. e-mail: annayourjevna@mail.ru, тел.моб.: 8-981-803-60-09.

УДК 61:613.632.4

**РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ
ПОЛУЧЕНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ**

**Адриановский В.И.^{1,2}, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; Злыгостева Н.В.², младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; Кузьмина Е.А.² зав. отделом комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения; Липатов Г.Я.^{1,2}, зав. кафедрой гигиены и профессиональных болезней, зав. лабораторией эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения
ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России¹, Екатеринбург
ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора², Екатеринбург**

***Реферат.** Представлены результаты оценки профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в плавильных цехах, использующих шахтную и отражательную плавки медьсодержащего сырья, в сравнении с автогенными процессами. Показано, что при плавке меди основным фактором, формирующим канцерогенный риск, являются неорганические соединения мышьяка. По сравнению с плавкой в печах с «жидкой ванной» наибольшие прогнозные значения канцерогенного риска для аналогичных профессий наблюдаются при отражательной и шахтной плавке, 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, шахтная плавка, плавка «в жидкой ванне», мышьяк.*

Актуальность. Начавшееся в конце прошлого века техническое перевооружение металлургического производства меди охватило все основные переделы, однако наиболее радикальное изменение претерпела плавка, где на

смену устаревшим способам переработки руд в шахтных, отражательных и руднотермических печах пришли новые автогенные процессы, характеризующиеся возможностью полной автоматизации производства и утилизации отходящих газов, исключением отдельных тяжелых профессий, снижением доли ручного труда [3]. Вместе с тем, в нашей стране еще достаточно велик объем производств со старой технологией, морально устаревшим оборудованием, служащим источником загрязнения производственной среды пылью, серосодержащими газами и канцерогенными веществами. 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 [1, 3].

В настоящее время в медицине труда широко внедряются технологии оценки рисков. Однако применение их для оценки канцерогенных рисков носит пока лишь фрагментарный характер. Одним из способов гигиенической оценки технического перевооружения промышленных объектов может стать методика расчета прогнозных значений канцерогенных рисков [2, 4, 5].

Цель — дать оценку профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в цехах с шахтной и отражательной плавкой медьсодержащих руд, в сравнении с современным способом получения черновой меди.

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, загрязняющую среду» (Р 2.1.10.1920–04) и исследований А.В. Мельцера, [4] и П.В. Серебрякова [5]. КР рассчитывался для 5 идентичных профессий (загрузчик шихты, плавильщик, конвертерщик, разлищик цветных металлов, оператор пылегазоулавливающих установок) в медеплавильных цехах с ШП, ОП и плавкой в печах ПЖВ с учетом фактической экспозиции к мышьяку, никелю, кадмию, свинцу, бериллию и бенз(а)пирену (250 рабочих смен продолжительностью 8 часов).

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

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

где LADD — средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг×день);
C — среднесменная концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³;
CR — скорость поступления воздействующей среды (воздуха), м³/день;
ED — продолжительность воздействия, лет; 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).

$$КР = LADC \times SFi,$$

где SFi — фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии, $(\text{мг}/(\text{кг} \times \text{день})^{-1})$.

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

Гигиеническая оценка концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводилась в сравнении их с ПДК на основании гигиенических нормативов 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Оценка условий труда с присвоением классов вредности и опасности проводилась согласно «Руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р. 2.2.2006–05».

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 их обсуждение. Технологическая схема получения черновой меди в медеплавильном цехе (МПЦ), оборудованном шахтными печами, включает загрузку брикетов в печь, плавку на штейн, конвертирование штейна в горизонтальных конвертерах с последующим розливом черновой меди в слитки.

Получение черновой меди в МПЦ с отражательными печами складывается из операций по подготовке шихты, ее обжига в механических многоподовых печах, плавки огарка в отражательных печах с последующим конвертированием штейна и розливом черновой меди.

В отличие от ШП и ОП, при использовании печей ПЖВ шихта может содержать как концентрат, так и руду любой крупности, поэтому процессы брикетирования шихты, а также ее обжига не требуются. Плавка и выпуск шлака и штейна ведутся при непрерывной подаче воздуха, обогащенного кислородом, что облегчает обслуживание агрегата, создает возможность полного автоматического управления и контроля над параметрами режима плавки в «жидкой ванне».

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

Результаты лабораторных исследований воздуха рабочей зоны (ВРЗ) в МПЦ завода, где осуществляется получение черновой меди методом ОП, показали, что среднесменные концентрации мышьяка на рабочих местах всех пяти оцененных профессий превышали предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 3,0–4,9 раза, с наибольшими значениями для загрузчика шихты.

Среднесменные концентрации хрома (VI), свинца, кадмия и бенз(а)пирена в ВРЗ были ниже ПДК. 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 ВРЗ МПЦ завода, где осуществляется получение черновой меди методом ШП среднесменные концентрации мышьяка на рабочих местах всех пяти оцененных профессий превышали ПДК в 4,4 раза. Среднесменные концентрации свинца были ниже ПДК (0,05 мг/м³) на рабочих местах конвертерщика, разлищика и оператора пылегазоулавливающих установок. У загрузчика и плавильщика содержание свинца составило 0,06 и 0,055 мг/м³ соответственно. Среднесменные концентрации кадмия и бенз(а)пирена и максимальная разовая концентрация никеля в ВРЗ были ниже ПДК для всех изучаемых профессий. В МПЦ с ШП условиям труда был присвоен класс 3.3 (вредный 3-й степени), который определялся неорганическими соединениями мышьяка.

В ВРЗ аналогичных профессий МПЦ, где осуществляется плавка в печах ПЖВ, среднесменные концентрации мышьяка не превышали ПДК (0,01 мг/м³), составив от 0,005 до 0,09 мг/м³, 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 (допустимому).

Расчет прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для всех оцениваемых профессий как МПЦ с ОП, так и с ШП, суммарный риск находился в неприемлемом для профессиональных групп, диапазоне ($\geq 1,0 \times 10^{-3}$), составив в среднем среди оцененных профессий $2,9 \times 10^{-2}$ и $1,8 \times 10^{-2}$ соответственно. В МПЦ 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 раза — 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	МПЦ с ОП	МПЦ с ШП	МПЦ 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	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-3}$
M±m	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 МПЦ с ОП, 88,9% в МПЦ с ШП и 96,2% в МПЦ с ПЖВ).

Среди профессий МПЦ, в котором применяется отражательная плавка, значения предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами

находились в пределах от 0,65 до 1,09 лет, шахтная плавка — от 1,38 до 1,56 лет. В плавильном цехе с ПЖВ величина приемлемого стажа работы варьировалась с 3,13 до 6,41 лет (табл. 2).

Таблица 2. Величины предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами, лет

Профессии	МПЦ с ОП	МПЦ с ШП	МПЦ с ПЖВ
Загрузчик шихты	0,65	1,38	3,13
Плавильщик	0,86	1,38	4,55
Конвертерщик	0,89	1,38	6,41
Разливщик	1,09	1,38	6,41
Оператор ПГУ	0,96	1,56	5,20
M±m	0,89±0,07	1,42±0,036	5,14±0,62

Разница в приемлемом стаже между плавильными отделениями с ПЖВ (5,14±0,62) и отражательной плавкой (0,89±0,07), а также ПЖВ и шахтной плавкой (1,41±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.

Гигиенические преимущества автогенных плавильных агрегатов обусловлены герметизацией «ванны», а также большими объемами удаляемых технологических газов и пыли из подсводного пространства [3].

Выводы:

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

2. Наибольшие значения канцерогенных рисков отмечаются у профессий, условия труда которых характеризуются значительным выделением пыли (загрузчик шихты).

3. 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 плавке в «жидкой ванне» превышение составляет 5,2 раза.

4. На предприятиях, где для получения черновой меди применяется отражательная и шахтная плавка, неприемлемые значения ингаляционных канцерогенных рисков начинаются со стажа 0,89 и 1,42 года работы соответственно, тогда как при использовании в металлургических цехах печей плавки в «жидкой ванне» — с 5,14 лет.

5. 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) Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Лестев М.П. Гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны в современном производстве черновой меди // *Фундаментальные исследования*. — 2012. — № 7. — С. 16–20.

2) Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Зебзеева Н.В. Результаты сравнительной оценки прогнозных значений канцерогенных рисков у работающих в производстве черновой меди // *Медицина труда и промышленная экология*. — 2015. — № 9. — С. 21.

3) Липатов Г.Я. Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии меди и никеля: автореф. дисс. ... д.м.н. — М., 1992. — 33 с.

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

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

Сведения об авторах:

Адриановский Вадим Иннович, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, доцент, к.м.н., 620149, г. Екатеринбург, ул. Онуфриева, д. 20-А, телефон рабочий: (343) 214–87–93, E-mail: adrianovsky@k66.ru

Злыгостева Наталья Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения ФБУН «Екатеринбургский медицинский–научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, 620014, г.Екатеринбург, телефон рабочий: (343) 253–14–56, E-mail: epican.znv@gmail.com

Кузьмина Елена Анатольевна, зав. отделом комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения ФБУН «Екатеринбургский медицинский–научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, телефон рабочий: (343) 371–81–29, E-mail: risk@ymrc.ru

Георгий Яковлевич Липатов, зав. кафедрой гигиены и профессиональных болезней ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, профессор, д.м.н., 620149, г. Екатеринбург, ул. Онуфриева, д. 20 — А, телефон рабочий: (343) 214–87–93, E-mail: isaeva20a@yandex.ru