

УДК 613.632.4

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ В ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАМОВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ

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

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

<sup>2</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский — научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора

**Резюме.** Проведена гигиеническая оценка вклада факторов рабочей среды в формирование канцерогенного риска рабочих, занятых в переработке шламов электролитического рафинирования меди. Показано, что при переработке анодных шламов прогнозные значения канцерогенного риска (КР), рассчитанные на 25 лет стажа, для основных и вспомогательных профессий находятся в неприемлемом диапазоне ( $КР \geq 1,0 \times 10^{-3}$ ). Наибольшие прогнозные значения канцерогенного риска наблюдаются у работающих при обжиге шлама, плавке огарка и осуществлении ремонтных работ. Труд в профессиях с высоким значением канцерогенного риска характеризуется высокой запыленностью воздуха рабочей зоны. Основным фактором, формирующим канцерогенный риск, являются неорганические соединения мышьяка.

**Ключевые слова:** канцерогенный риск, переработка анодных шламов, промышленные аэрозоли, мышьяк.

## THE RESULTS OF THE ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL CARCINOGENIC RISKS FOR WORKERS ENGAGED IN PROCESSING OF ELECTROLYTIC COPPER REFINING SLURRIES

*V. I. Adrianovsky, G. Ya. Lipatov, E. A. Kuz'mina, N. V. Zlygosteva*

**Summary.** A hygienic assessment was conducted of the contribution of the working environment to formation of a carcinogenic risk for workers engaged in processing of sludge of electrolytic copper refining. It was shown that when the anode sludge is processed, the predicted values of carcinogenic risk (CR), calculated for 25 years of experience, for the main and auxiliary professions are in an unacceptable range ( $CR \geq 1.0 \times 10^{-3}$ ). The highest predicted values of carcinogenic risk for occupations of metallurgical shops are observed with working at a roasting of slime, smelting of a cinder and carrying out repair work. Work in professions with high carcinogenic risk value is characterized by a high dust content in the working air. The main factor that forms a carcinogenic risk is inorganic compounds of arsenic.

**Keywords:** carcinogenic risk, processing of anode sludge, industrial aerosols, arsenic.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Отечественная цветная металлургия нуждается в расширении сырьевой базы и более полном извлечении ценных компонентов в процессе комплексной переработки отходов производства. Так, в металлургии меди проблема утилизации анодных шламов, образующихся в ходе электролитического рафинирования меди, решается путем извлечения из них таких ценных компонентов, как золото, серебро, селен и теллур. Результатами ряда эпидемиологических исследований показана повышенная смертность от злокачественных новообразований работающих, занятых в переработке анодных шламов [9, 4]. В то же время оценка канцерогенных рисков в указанном производстве не проводилась. Между тем результаты оценки профессиональных канцерогенных рисков могут служить, наряду с экспериментальными и эпидемиологическими данными, основанием для оценки канцерогенной опасности производственных процессов [3, 6, 7].

**Цель исследования** — оценка профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в переработке анодных шламов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведена оценка канцерогенных рисков (КР) для работающих, занятых в химико-металлургическом цехе (ХМЦ) крупного предприятия, специализирующегося на выпуске катодной меди.

Воснову расчета ингаляционного КР взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [11] и исследованиях П.В. Серебрякова [12] и А.В. Мельцера [10]. Прогнозные значения КР рассчитывались для основных и ряда вспомогательных профессий, занятых в основных подразделениях ХМЦ с учетом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, никеля и свинца, экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 часов) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении ( $SFi$ , мг/ (кг × день)<sup>-1</sup>).

КР оценивался от каждого из веществ и суммарно от их комбинации на 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считался  $KP \geq 1,0 \times 10^{-3}$  [11]. При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

Все результаты исследований прошли статистическую обработку в программном пакете BioStat 2009 для WINDOWS с расчетом показателей вариационной статистики: средней арифметической ( $M$ ) и ошибки средней ( $m$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Переработка анодных шламов представляет собой комбинацию последовательно осуществляемых гидро- и пирометаллургических процессов и включает обезмеживание (классификация, сгущение осадка, его фильтрация и сульфатизирующая разварка в серной кислоте с последующим выщелачиванием и получением селена и теллура), обжиг шлама и плавку огарка, конечным продуктом которых становится серебряно-золотой сплав. Основные профессии в ХМЦ представлены обезмеживателями, обжигальщиками, плавильщиками и аппаратчиками-гидрометаллургами.

Отделения ХМЦ характеризуются большой насыщенностью, плотностью и многоуровневым размещением основного и вспомогательного оборудования на рабочих площадках. Техническое оснащение составляет баковая аппаратура, электрические шахтные, отражательные печи и плавители, фильтр-пресса и нутч-фильтры, электролизные ванны и др.

Среднесменные концентрации в воздухе рабочей зоны мышьяка при обжиге шлама и плавке огарка не превышали ПДК (0,01 мг/м<sup>3</sup>), составив 0,005 мг/м<sup>3</sup> и 0,008 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Несколько ниже они были в гидрометаллургическом отделении — 0,004 мг/м<sup>3</sup>. Содержание никеля в воздухе плавильного отделения достигало 0,003 мг/м<sup>3</sup>, в отделении обезмеживания — 0,0022 мг/м<sup>3</sup>, а в отделении переработки шламов — ниже чувствительности метода анализа. Обжиг шлама и плав-

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ГИГИЕНА И ОХРАНА ТРУДА: МЕДИЦИНСКИЕ ОСМОТРЫ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ВРЕДНОСТИ

ка огарка сопровождалась выделением в воздух рабочей зоны свинца в концентрациях выше ПДК (0,05 мг/м<sup>3</sup>): 0,075 мг/м<sup>3</sup> и 0,058 мг/м<sup>3</sup> соответственно. В отделении обезмеживания содержание свинца находилось в пределах гигиенических нормативов, составив 0,043 мг/м<sup>3</sup>. Кадмий обнаруживался в воздухе рабочей зоны отделения плавки в среднесменной концентрации 0,0013 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 0,01 мг/м<sup>3</sup>).

В ХМЦ по химическому фактору (канцерогенные вещества), с учетом комбинированного действия мышьяка, свинца, никеля и кадмия, профессиям обжигальщика (отделение переработки шламов), машиниста крана (плавильное отделение), а также слесаря-ремонтника и электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования (ремонтная служба) присвоен

классу условий труда 3.1 (вредный 1-й степени), а плавильщика (плавильное отделение) — класс 3.2 (вредный 2-й степени). Условия труда остальных профессий ХМЦ относились к 2 (допустимому) классу.

Расчет прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для всех оцениваемых профессий ХМЦ суммарный риск находился в неприемлемом для профессиональных групп диапазоне (более  $1,0 \times 10^{-3}$ ), составив в среднем среди изучаемых профессий от  $1,2 \times 10^{-3}$  до  $6,5 \times 10^{-3}$ . В среднем по отделению наибольший КР выявлен в ремонтной службе —  $6,6 \times 10^{-3}$  и плавильном отделении —  $4,2 \times 10^{-3}$  (табл. 1).

КР формируется в основном неорганическими соединениями мышьяка (65,2 %) и кадмия (29,6 %).

Таблица 1

**Прогнозные значения канцерогенных рисков для работающих, занятых в переработке анодных шламов, на 25 лет стажа**

Отделение, участок	Канцерогенные вещества (SF, (мг/кг в день) <sup>-1</sup> )				Суммарный риск
	Мышьяк (15,0)	Кадмий (6,3)	Никель (0,84)	Свинец (0,042)	
Отделение переработки шламов	$1,6 \times 10^{-3}$	—	$8,8 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-3}$
Плавильное отделение	$3,4 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-4}$	$2,95 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-3}$
Отделение обезмеживания	$1,3 \times 10^{-3}$	—	$5,9 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-3}$
Отделение получения теллура	$1,0 \times 10^{-3}$	—	—	$7,6 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Отделение пылеулавливания и газоочистки	$1,6 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-4}$	—	$8,1 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-3}$
Гидрометаллургическое отделение	$1,6 \times 10^{-3}$	—	—	—	$1,6 \times 10^{-3}$
Участок обработки промышленных стоков	$1,6 \times 10^{-3}$	—	—	—	$1,6 \times 10^{-3}$
Ремонтная служба	$1,6 \times 10^{-3}$	$4,8 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-3}$
В среднем по цеху	$1,5 \times 10^{-3}$	$6,8 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-3}$

Высокие значения годовых КР выявлены на рабочих местах отделения переработки шламов у обжигальщика ( $1,1 \times 10^{-4}$ ), плавильщика и машиниста крана в плавильном отделении ( $2,1 \times 10^{-4}$  и  $1,3 \times 10^{-4}$  соответственно), оператора по обслуживанию пылегазоулавливающих установок в отделении пылеулавливания и газоочистки ( $9,3 \times 10^{-5}$ ), т. е. профессий, труд в которых сопровождается значительными выделениями пыли, содержащей мышьяк, свинец, кадмий и никель (см. табл. 2).

По нашим наблюдениям, переработка анодных шламов сопровождается интенсивным пылеобразованием на этапах обжига шлама в шахтных печах и плавки огарка на серебряно-золотой сплав. В частности, шуровка шлама и осадка огарка приводит к поступлению пыли в зону дыхания обжигальщика через открытую нижнюю часть печи. Источниками пылевыделения при плавке огарка служат погрузочные работы, а из оборудования — дробилки и сами отражательные печи, а именно от-

Таблица 2

**Расчетные значения индивидуальных канцерогенных одногодичных рисков и продолжительности  
максимально приемлемого стажа для рабочих, занятых в переработке анодных шламов**

Отделение, рабочее место	Одногодичный риск					Суммарный риск	Приемлемый стаж, лет по цеху, М ± m
	Канцерогенные вещества (SF, (мг/кг в день) <sup>-1</sup> )		свинец (0,042)	по рабочему месту	по отделению, М ± m		
	мышьяк (15,0)	кадмий (6,3)					
	Отделение переработки шламов						16,80 ± 3,88
Обжигальщик	1,0 × 10 <sup>-4</sup>	—	—	3,9 × 10 <sup>-6</sup>	1,1 × 10 <sup>-4</sup>	9,09	19,65 ± 6,78
Аппаратчик-гидрометаллург	4,0 × 10 <sup>-5</sup>	—	3,5 × 10 <sup>-6</sup>	3,0 × 10 <sup>-6</sup>	4,65 × 10 <sup>-5</sup>	21,50	
Машинист крана	4,4 × 10 <sup>-5</sup>	—	3,5 × 10 <sup>-6</sup>	3,0 × 10 <sup>-6</sup>	5,05 × 10 <sup>-5</sup>	19,80	
	Плавильное отделение						
Плавильщик	1,7 × 10 <sup>-4</sup>	3,5 × 10 <sup>-5</sup>	2,4 × 10 <sup>-6</sup>	6,0 × 10 <sup>-6</sup>	2,1 × 10 <sup>-4</sup>	4,76	6,23 ± 1,47
Машинист крана	1,0 × 10 <sup>-4</sup>	1,8 × 10 <sup>-5</sup>	4,0 × 10 <sup>-7</sup>	4,4 × 10 <sup>-6</sup>	1,3 × 10 <sup>-4</sup>	7,69	
	Отделение обезжелезивания						
Аппаратчик-гидрометаллург	5,2 × 10 <sup>-5</sup>	—	2,4 × 10 <sup>-6</sup>	3,2 × 10 <sup>-7</sup>	5,5 × 10 <sup>-5</sup>	18,18	18,18
	Отделение получения теллура						
Аппаратчик-гидрометаллург	4,0 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	3,0 × 10 <sup>-6</sup>	4,3 × 10 <sup>-5</sup>	23,26	23,26
	Отделение пылеулавливания и газоочистки						
Оператора по обслуживанию пылегазоулавливающих установок	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	2,6 × 10 <sup>-5</sup>	—	3,2 × 10 <sup>-6</sup>	9,3 × 10 <sup>-5</sup>	10,75	10,75
	Гидрометаллургическое отделение						
Аппаратчик-гидрометаллург	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	15,62	15,62
	Участок обработки промышленных стоков						
Аппаратчик-гидрометаллург	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	15,62	15,62
	Ремонтная служба						
Слесарь-ремонтник	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	1,9 × 10 <sup>-4</sup>	4,8 × 10 <sup>-6</sup>	4,4 × 10 <sup>-6</sup>	2,6 × 10 <sup>-4</sup>	3,85	3,85 ± 0,00
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	1,9 × 10 <sup>-4</sup>	4,8 × 10 <sup>-6</sup>	4,4 × 10 <sup>-6</sup>	2,6 × 10 <sup>-4</sup>	3,85	3,85

крытые загрузочная воронка, садочное окно и летка печи. Как и в плавке черновой меди, наибольшая запыленность воздуха присутствует при загрузке сырья в печь, сливе шлака, розливе металла, достигая  $18 \text{ мг/м}^3$  [2, 5].

Как и в других производствах металлургии меди, высокий КР отмечен на рабочих местах в ремонтной службе, проводящей работы во всех отделениях цеха [1, 8]. Производственные переделы ХМЦ характеризуются большой насыщенностью, плотностью и многоуровневым расположением основного и вспомогательного оборудования на рабочих площадках, благодаря чему в цехе не всегда удается организовать адекватный воздухообмен.

Приемлемый стаж работы в профессиях химико-металлургического цеха существенно различается по отделениям, составив в среднем  $19,65 \pm 6,78$  года, но ни на одном из изучаемых переделов не достигает 25 лет.

Таким образом, полученные результаты оценки КР рабочих ХМЦ свидетельствуют о канцерогенной опасности процессов переработки анодных шламов, что согласуется с данными эпидемиологических исследований. Ведущим фактором, формирующим КР при переработке анодных шламов, служит запыленность воздуха рабочей

зоны, обуславливающая экспозицию работающих к мышьяку и кадмию.

## ВЫВОДЫ

1. Во всех отделениях и участках химико-металлургического цеха КР, обусловленный в основном экспозицией к мышьяку и кадмию, находится в неприемлемом диапазоне, даже при соответствии условий труда по химическому фактору допустимому классу.

2. Ведущим фактором, определяющим КР при переработке анодных шламов, служит экспозиция к содержащим мышьяк аэрозолям.

3. Наибольшие значения КР отмечаются у профессий плавильного отделения (плавильщик и машинист крана), отделения переработки шламов (обжигальщик), отделения пылеулавливания и газоочистки (оператора по обслуживанию пылегазоулавливающих установок), а также у ремонтных профессий (слесарь-ремонтник, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования).

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать в целях уменьшения КР для работающих мероприятия по снижению содержания пыли в воздухе рабочей зоны путем внедрения эффективных вентиляционных установок.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адриановский В. И., Злыгостева Н. В., Кузьмина Е. А. [и др.]. Применение методики оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых на разных этапах современного пирометаллургического производства меди // Санитарный врач. — 2016. — № 7. — С. 27–31.
2. Адриановский В. И., Злыгостева Н. В., Кузьмина Е. А., Липатов Г. Я. Использование методики оценки профессиональных канцерогенных рисков для рабочих, занятых в металлургических цехах, при разных способах получения черновой меди // Санитарный врач. — 2017. — № 10. — С. 54–58.
3. Адриановский В. И., Липатов Г. Я., Кузьмина Е. А. [и др.]. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди // Анализ риска здоровью. — 2017. — № 1. — С. 98–105.
4. Адриановский В. И., Липатов Г. Я. Смертность от злокачественных новообразований рабочих, занятых в комплексной переработке отходов электролитического рафинирования меди // Санитарный врач. — 2012. — № 11. — С. 39–44.
5. 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.
6. Гурвич В. Б., Кузьмин С. В., Кузьмина Е. А. [и др.]. Системный подход к оценке и управлению канцерогенной опасностью субъектов хозяйственной деятельности на примере Свердловской области // Вестник уральской медицинской академической науки. — 2015. — № 2. — С. 40–43.
7. Гурвич В. Б., Кузьмина Е. А., Адриановский В. И. Методические подходы к оценке канцерогенной опас-

- ности развития злокачественных новообразований, связанных с производственной деятельностью, в рамках санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. — 2017. — № 9. — С. 57.
8. Злыгостева Н.В., Адриановский В.И., Кузьмина Е.А., Липатов Г.Я. Сравнительная оценка профессиональных канцерогенных рисков при различных способах получения черновой меди // Медицина труда и экология человека. — 2017. — № 2. — С. 5–8.
  9. Купренкова Н.В., Константинов В.Г., Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Онкологическая смертность рабочих, занятых в производстве по переработке медеэлектролитных шламов // Профессиональный и экологически обусловленный рак: мат-лы Всеросс. пленума комиссии по канцерогенным факторам при МЗ РФ. Екатеринбург, 28–29 марта 2000 г. — Екатеринбург: редакционно-издательский отдел УГМА, 2000. — С. 15–18.
  10. Мельцер А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. — 2009. — № 4. — С. 1–5.
  11. 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.
  12. 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** — канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: [adrianovsky@k66.ru](mailto:adrianovsky@k66.ru)

**Липатов Георгий Яковлевич** — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой гигиены и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: [isaeva20a@yandex.ru](mailto:isaeva20a@yandex.ru)

**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, Екатеринбург, e-mail: [risk@ymrc.ru](mailto:risk@ymrc.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 промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, e-mail: [epican.znv@gmail.com](mailto:epican.znv@gmail.com)

## ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК НЕВРОЛОГИИ, ПСИХИАТРИИ И НЕЙРОХИРУРГИИ»



Реклама

Журнал «Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии» включен в РИНЦ. Входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.

Уникальность журнала «Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии» — в широком спектре освещения медицинских проблем. Здесь публикуются статьи, посвященные новейшим диагностическим и лечебным технологиям для неврологов, нейрохирургов, психотерапевтов, судебных психиатров, медицинских психологов. Отдельные разделы посвящены обмену опытом и разбору уникальных клинических случаев, комплексной диагностике и лечению осложненных форм патологии.

В журнале «Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии» публикуют материалы известные ученые и специалисты: Е.И. Гусев, академик РАН, профессор; Ю.А. Александровский, член-корреспондент РАН, профессор, ряд других российских и зарубежных ученых и ведущих клиницистов.

Консультации по подписке можно получить по тел.: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)

Тел. редакции: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)  
[www.panor.ru](http://www.panor.ru)