

Липатов Г.Я.^{1,2}, Шмакова Е.Е.¹, Адриановский В.И.^{1,2}, Злыгостева Н.В.², Плотко Э.Г.²

Условия труда рабочих основных профессий при получении меди пирометаллургическим и гидрометаллургическим способом в России

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 620028, Екатеринбург, Россия;

²ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 620014, Екатеринбург, Россия

Введение. Основным сырьём для получения меди служат сульфидные медно-никелевые и окисленные руды, содержащие 1,5–4% меди, традиционно перерабатываемые пирометаллургическим способом. Для переработки бедного медьсодержащего сырья (менее 1%) пирометаллургический способ, как правило, не пригоден. В последние годы внедряется гидрометаллургический метод, уникальность которого заключается в том, что в одном производственном комплексе объединяются подземное выщелачивание руды и экстракция меди из раствора с последующим электролизом. Вместе с тем с гигиенических позиций гидрометаллургическому способу переработки бедного медного сырья в нашей стране уделяется недостаточно внимания.

Материалы и методы. На основании результатов собственных исследований, выполненных на медеплавильных производствах, использующих пирометаллургический способ переработки рудного сырья, проведён сравнительный анализ таких показателей, как содержание загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны на разных этапах производств, прогнозные значения профессиональных канцерогенных рисков, показатели токсичности, а также состояния здоровья и основных физиологических функций рабочих.

Результаты. Показано, что работа в условиях повышенной теплонапряжённости горячих цехов, воздействия серосодержащих газов и промышленных аэрозолей приводит к значительным изменениям гемодинамики и напряжению терморегуляции у рабочих. В гидрометаллургическом производстве меди единственной профессиональной вредностью, превышающей гигиенические нормативы, являются пары серной кислоты, а изменения со стороны физиологических показателей и терморегуляции незначительны. Прогнозные значения профессиональных канцерогенных рисков аппаратчиков-гидрометаллургов превышают приемлемый уровень через 9–10 лет стажа, тогда как для плавильщиков неприемлемый уровень риска достигается уже при стаже до 5 лет работы. Показатели токсичности при пирометаллургическом производстве меди в десятки раз превышают аналогичные данные для гидрометаллургического производства металла.

Заключение. Впервые в стране дана гигиеническая оценка гидрометаллургического способа переработки обеднённого медного сырья как единственного радикального метода оздоровления условий труда в производстве меди.

Ключевые слова: пирометаллургия меди; гидрометаллургия меди; профессиональный канцерогенный риск; показатель токсичности; профессиональная патология

Для цитирования: Липатов Г.Я., Шмакова Е.Е., Адриановский В.И., Злыгостева Н.В., Плотко Э.Г. Условия труда рабочих основных профессий при получении меди пирометаллургическим и гидрометаллургическим способом в России. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(12): 1443–1448. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1443-1448>

Для корреспонденции: Шмакова Екатерина Евгеньевна, ассистент кафедры гигиены и профессиональных болезней ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург. E-mail: ekaterina-cypush@mail.ru

Участие авторов: Липатов Г.Я. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, редактирование; Шмакова Е.Е. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, редактирование; Адриановский В.И. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста, редактирование; Злыгостева Н.В. – написание текста, редактирование; Плотко Э.Г. – редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа не имела финансовой поддержки.

Поступила: 25.10.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликована: 30.12.2021

Georgiy Ya. Lipatov^{1,2}, Ekaterina E. Shmakova¹, Vadim I. Adrianovskiy^{1,2}, Natalia V. Zlygosteva², Eduard G. Plotko²

Comparative analysis of the main occupations working conditions in the copper production by pyrometallurgical and hydrometallurgical methods in Russia

¹Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation;

²Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Introduction. The primary materials for copper production are sulfide copper-nickel and oxidized ores with a copper percentage of 1.5–4%, traditionally processed by the pyrometallurgical method. For processing depleted copper-containing raw materials (less than 1%), the pyrometallurgical approach is not commonly suitable. The introduced hydrometallurgical way differs by including in one production process, combined underground leaching of ore, extraction of copper from solution, and the following electrolysis. At the same time, insufficient attention is paid to the hydrometallurgical method of processing depleted copper raw materials from a hygienic standpoint in our country.

Materials and methods. Based on the results of our research carried out at copper-smelting plants using pyro- and hydrometallurgical methods of processing raw materials, a comparative analysis was carried out for such indicators as the pollutants content in the workplaces' air at different stages of production, predicted values of occupational cancer risks, toxicity indicators, and the health and essential physiological functions of workers.

Results. Working under increased heat intensity in hot shops, exposure to sulfur-containing gases and industrial aerosols leads to significant changes in hemodynamics and thermoregulation stress in workers. In the hydrometallurgical production of copper, the only occupational hazard exceeding hygienic standards is sulfuric acid vapours, and changes in physiological parameters and thermoregulation are insignificant. The predicted values of occupational cancer risk for hydrometallurgical machines operators exceed the acceptable level after 9–10 years of working experience. For smelters, an unacceptable level of risk is achieved with up to 5 years of working experience.

Conclusion. For the first time in the country, a hygienic assessment of the hydrometallurgical method of processing depleted copper raw materials was proved to be the only appropriate method of improving working conditions in copper production.

Keywords: copper pyrometallurgy; copper hydrometallurgy; occupational cancer risk; toxicity index; occupational pathology

For citation: Lipatov G.Ya., Shmakova E.E., Adrianovskiy V.I., Zlygosteva N.V., Plotko E.G. Comparative analysis of the main occupations working conditions in the copper production by pyrometallurgical and hydrometallurgical methods in Russia. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(12): 1443–1448. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1443-1448> (In Russ.)

For correspondence: Ekaterina E. Shmakova, teaching assistant of the Department of Hygiene and Occupational Diseases of the Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: ekaterina-cypush@mail.ru

Information about the authors:

Lipatov G.Ya., <https://orcid.org/0000-0002-6982-7933> Shmakova E.E., <https://orcid.org/0000-0002-8187-7108> Plotko E.G., <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625> Adrianovskiy V.I., <https://orcid.org/0000-0001-7754-8910> Zlygosteva N.V., <https://orcid.org/0000-0002-8954-8632>

Contribution: Lipatov G.Ya. – concept and study design, literature review, text writing, editing; Shmakova E.E. – concept and study design, literature review, material collection and processing, text writing; Adrianovskiy V.I. – literature review, text writing, editing; Zlygosteva N.V. – text writing, editing; Plotko E.G. – editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: October 25, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: December 30, 2021

Введение

Металлургия меди в России берёт своё начало с кустарного производства в XVII веке, когда в 1640 г. был основан первый медеплавильный завод при Пыскорском монастыре в Пермском крае. Масштабное производство меди началось в эпоху Петра I на Среднем Урале, где в начале XX века производилось до 80% меди в России [1]. В 30–40-х гг. прошлого столетия выпуск меди в России резко увеличился за счёт пуска в эксплуатацию Красноуральского, Среднеуральского, Карабашского, Медногорского медеплавильных заводов. Однако наибольшего развития металлургия меди получила с освоением залежей сульфидных, медно-никелевых руд на Таймыре и Кольском полуострове, с пуском в эксплуатацию Норильского горно-металлургического комбината, комбинатов Печенганикель и Североникель, давших первую медь одновременно в 1939 г.

На протяжении десятилетий пирометаллургическая технология производства меди существенно не менялась. «Классическая» переработка медьсодержащего сырья включала плавку в шахтных, отражательных, руднотермических печах, конвертирование, огневое и электролитическое рафинирование меди. И только в 1980-х гг. заводы постепенно начали переходить на автогенные процессы плавки, которые, однако, не внесли радикальных изменений в условия труда [2–9].

История гидрометаллургических технологий производства меди также уходит в далёкое прошлое, однако этот метод не находил до настоящего времени применения в промышленном масштабе. Обеднение рудных запасов и переход на разработку низкосортных, забалансовых медьсодержащих руд и конвертерных шлаков, содержащих менее 0,5% металла, привело к снижению рентабельности производства меди пирометаллургическим методом. Альтернативным способом получения меди закономерно становится гидрометаллургия. Вместе с тем с гигиенической точки зрения гидрометаллургическому способу переработки обеднённого медного сырья в нашей стране уделяется недостаточно внимания.

Материалы и методы

На основании большого объёма собственных исследований, выполненных на ведущих медеплавильных производствах страны, использующих как пирометаллургический, так и гидрометаллургический способы переработки рудного сырья, проведён сравнительный анализ условий труда рабочих основных профессий по содержанию загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны на разных этапах производства, пара-

метрам микроклимата, прогнозным значениям профессиональных канцерогенных рисков, показателям токсичности, а также по результатам периодических медицинских осмотров и исследований физиологических показателей (ЧСС, кожно-лёгочные влаготеплотерии).

Измерение массовых концентраций загрязняющих компонентов в воздухе рабочей зоны проведено методом атомно-эмиссионной спектроскопии, согласно ГОСТ 12.1.005-88*. В основу расчёта ингаляционного профессионального канцерогенного риска (далее – КР) взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [10] и исследованиях П.В. Серебрякова [11] и А.В. Мельцера [12]. Прогнозные значения КР рассчитывались для профессий, занятых в основных подразделениях гидрометаллургического комплекса (далее – ГМК) с учётом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, никеля и свинца, экспозиции (250 рабочих смен в год по 8 ч) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении (SFi , мг/(кг · день)⁻¹). КР оценивали от каждого из веществ и суммарно от их комбинации на 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считали $KP \geq 1 \cdot 10^{-3}$. При неприемлемом КР рассчитывали продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

Для сравнения степени влияния на организм работающих вредных веществ при пиро- и гидрометаллургических способах получения меди проведена оценка показателя токсичности (в кг свинцового эквивалента). Показатель токсичности определяли как отношение массы выделившегося в воздух рабочей зоны свинца к его фактору токсичности [13–15].

Результаты

В пирометаллургии меди ведущая роль в формировании производственной среды принадлежит промышленным аэрозолям, обладающим фиброгенным, токсическим, аллергенным и канцерогенным действием. Последнее обусловлено содержанием в составе пыли неорганических соединений мышьяка, никеля, свинца, кадмия, бенз(а)пирена (табл. 1).

На большинстве этапов пирометаллургического производства меди содержание пыли в воздухе рабочей зоны в несколько раз превышает предельно допустимые концентрации, создавая канцерогенные риски, превышающие

* ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 1 / Table 1

Загрязнение воздуха рабочей зоны на разных этапах пирометаллургического получения меди, мг/м³
Air pollution of the working area at different stages of pyrometallurgical copper production, mg/m³

Этапы технологического процесса Technological process stages		Пыль Dust	As	SiO ₂	Бенз(а)пирен Benzo[a]pyrene
Подготовка рудного сырья	Preparation of ore raw materials	16.7 ± 1.2	0.07 ± 0.03	19.5 ± 2.3	≤ 0.0001
Плавка рудного сырья	Smelting of ore raw materials	12.0 ± 0.8	0.20 ± 0.02	49.3 ± 3.4	≤ 0.0001
Конвертирование	Converting	7.8 ± 0.5	0.11 ± 0.01	31.4 ± 2.8	≤ 0.0001
Рафинирование	Refining	2.3 ± 0.1	0.08 ± 0.01	7.5 ± 0.5	≤ 0.0001

приемлемый уровень ($1 \cdot 10^{-3}$) уже в первые 5 лет стажа работы. Наибольшие значения канцерогенных рисков отмечены на рабочих местах, характеризующихся повышенным выделением пыли (шихтовщик, загрузчик шихты, транспортёрщик, оператор пылегазоулавливающих установок) и ряде ремонтных профессий (электромонтёр, слесарь-ремонтник, слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике). На всех рабочих местах максимальный вклад в значения канцерогенного риска обусловлен экспозицией [к неорганическим соединениям мышьяка (от 84 до 99%) [16].

В пирометаллургии меди до сих пор отсутствуют эффективные способы борьбы с загрязнением воздуха рабочей зоны сернистым газом, так как существующее вентиляционное оборудование не обеспечивает полного удаления диоксида серы. Не смогли обеспечить полного оздоровления воздушной среды металлургических цехов автогенные процессы: плавка в «жидкой ванне», в вертикальных конвертерах, кислородно-факельная плавка, взвешенная плавка (табл. 2).

Теплонапряжённость горячих цехов в производстве меди достигает 30–109 Вт/м³, что обусловлено нагретым оборудованием, а также большим объёмом выпускаемого расплавленного металла и полупродуктов плавки (штейна, черновой и рафинированной меди), что в свою очередь обуславливает микроклимат металлургических цехов — от нагревающего до охлаждающего в холодный период года [17].

Исследования функциональных систем организма рабочих в пирометаллургическом производстве меди показали, что адаптивные процессы и утомление рабочих зависят от степени тяжести труда и нагревающего микроклимата. Значительные изменения гемодинамики (ЧСС до 135 уд./мин за рабочую смену) и напряжение терморегуляции (до 8,6 г/час на 1 кг влагопотерь) отмечались у плавильщиков и конвертерщиков [18].

При анализе результатов медицинских осмотров в пирометаллургическом производстве меди у рабочих с выраженным воздействием пыли и токсических газов наиболее часто встречались заболевания органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, гепатобилиарной системы. В структуре про-

фессиональной заболеваемости ведущее место занимали пылевые и токсико-пылевые бронхиты [19–21].

В пирометаллургическом производстве меди регистрируется избыточная смертность от злокачественных заболеваний (рак органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы), характерная для рабочих на медных заводах во всех регионах России (Урал, Кольский полуостров, Таймыр) [22–25].

В гидрометаллургическом производстве меди практически единственной профессиональной вредностью, превышающей допустимые уровни, являются пары серной кислоты на завершающих этапах получения металла (табл. 3). Технологический процесс упрощён, весь сырьевой материал обрабатывается в закрытых системах, контакт вредных веществ с рабочими сведён к минимуму. Нагревающий микроклимат в цехах встречается на последних этапах гидрометаллургического производства: экстракции и электролиза, но на рабочего в целом действие его ограничено, так как операции выполняются с перерывами, а не на постоянной основе [26, 27].

В гидрометаллургическом производстве изменения со стороны физиологических показателей и терморегуляции незначительны.

Результаты медицинских осмотров в гидрометаллургическом производстве показывают незначительное увеличение частоты заболеваний органов зрения, эндокринной системы, желудочно-кишечного тракта. Профессиональной патологии на протяжении многих лет не выявлено.

Рассчитанные прогнозные значения КР для аппарата-гидрометаллурга отделения экстракции превышали приемлемый уровень со стажем работы 10 лет ($1,2 \cdot 10^{-3}$), достигая максимума к 25-летнему стажу ($3,1 \cdot 10^{-3}$). КР формировался в основном за счёт экспозиции к кадмию (97,7%), тогда как соединения свинца, поступающие в раствор из катодов, вносят незначительный вклад в КР. Продолжительность стажа работы аппарата-гидрометаллурга отделения экстракции, при котором достигался верхний предел допустимого канцерогенного риска, составила 9 лет ($1,1 \cdot 10^{-3}$) [28, 29].

Таблица 2 / Table 2

Концентрации диоксида серы в воздухе рабочей зоны при автогенных процессах плавки медного сырья, мг/м³
Sulfur dioxide concentration in the air of the working area during autogenous processes of copper raw material smelting, mg/m³

Технологическая операция Technological operations		Плавка в «жидкой ванне» Melting in a "liquid bath"		Кислородно-факельная плавка Oxygen-flare smelting		Взвешенная плавка Weighted smelting	
		X ± S _x	Макс. Maximum	X ± S _x	Макс. Maximum	X ± S _x	Макс. Maximum
Загрузка шихты	Loading the charge	10.6 ± 0.6	19.8	5.0 ± 1.9	39.0	16.2 ± 4.2	149.5
Выпуск шлака	Slag tapping	4.5 ± 0.4	10.0	3.1 ± 1.3	8.4	5.4 ± 1.1	16.0
Без выпуска шлака	No slag tapping	8.8 ± 0.9	20.7	3.2 ± 0.4	5.5	2.2 ± 0.3	6.4
Выпуск штейна	Matte release	7.2 ± 0.8	17.5	15.5 ± 5.0	32.5	9.7 ± 2.0	30.0
Без выпуска штейна	Without matte release	3.8 ± 0.5	12.5	2.2 ± 0.4	5.0	7.2 ± 1.3	20.4

Таблица 3 / Table 3

Концентрации (мг/м³) промышленных аэрозолей в воздухе рабочей зоны основных профессий в гидromеталлургическом производстве меди, $X \pm S_x$

Concentration (mg/m³) of industrial aerosols in the air of the working area of the main professions in hydrometallurgical copper production, $X \pm S_x$

Технологический процесс, рабочее место Technological process, workplace	Медь (ПДК м.р. 1,0) Copper Threshold limit value-short term exposure (TLV-STEL –1.0)	Серная кислота (ПДК м.р. 1,0) Sulphuric acid (TLV-STEL –1.0)	Диоксид кремния кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (ПДК с.с. 4,0) Crystalline silicon dioxide with a dust content of 2 to 10% Threshold limit value-Time-weighted average (TLV-TWA – 4.0)	Свинец и его неорганические соединения (по свинцу) (ПДК с.с. 0,05) Lead and its inorganic compounds (for lead) (TLV-TWA – 0.05)	Мышьяк, неорганические соединения (мышьяк до 40%) (ПДК м.р. 0,04) Arsenic, inorganic compounds (arsenic up to 40%) (TLV-STEL – 0.04)
Операторская Operator's area	0.2 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.2	≤ 0.007	≤ 0.03
Буровой участок (полигон) Drilling area (landfill)	≤ 0.02	2.7 ± 0.6	2.4 ± 0.4	≤ .007	≤ 0.03
Склад жидких реагентов Liquid reagent warehouse	≤ 0.02	1.7 ± 0.5	0.9 ± 0.2	≤ 0.007	≤ 0.03
Экстракция Extraction	≤ 0.02	3.5 ± 1.0	0.5 ± 0.3	≤ 0.007	≤ 0.03
Электролиз Electrolysis	≤ 0.02	6.8 ± 0.7	0.4 ± 0.1	≤ 0.007	≤ 0.03
Сдирка Scraping	≤ 0.02	4.1 ± 1.1	0.6 ± 0.2	≤ 0.007	≤ 0.03

Таблица 4 / Table 4

Прогнозные значения профессиональных канцерогенных рисков для рабочих в гидromеталлургическом производстве меди
Predicted values of occupational carcinogenic risks for workers in the hydrometallurgical copper production

Профессия Occupation	Технологический процесс, рабочее место Technological process, workplace	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk				
		стаж работы, лет / work experience, years				
		5	10	15	20	25
Оператор Operator	Операторская Operator's area	3.3 · 10 ⁻⁴	6.7 · 10 ⁻⁴	1.0 · 10 ⁻³	1.3 · 10 ⁻³	1.7 · 10 ⁻³
Аппаратчик-гидрометаллург Hydrometallurgist	Отделение экстракции Extraction department	6.1 · 10 ⁻⁴	1.2 · 10 ⁻³	1.8 · 10 ⁻³	2.4 · 10 ⁻³	3.1 · 10 ⁻³
	Отделение электролиза Electrolysis department	6.7 · 10 ⁻⁴	1.3 · 10 ⁻³	2.0 · 10 ⁻³	2.7 · 10 ⁻³	3.3 · 10 ⁻³
	Отделение сдирки Stripping department	6.3 · 10 ⁻⁴	1.3 · 10 ⁻³	1.9 · 10 ⁻³	2.5 · 10 ⁻³	3.1 · 10 ⁻³

Таблица 5 / Table 5

Показатели токсичности для работающих гидromеталлургического и пирометаллургического производств меди

Toxicity indicators for operating hydrometallurgical and pyrometallurgical copper productions

Вещество Substance	Производство, этап Production, stage		
	гидromеталлургическое hydrometallurgical		пирометаллургическое pyrometallurgical
	экстракция extraction	электролиз electrolysis	плавка черновой меди blister copper smelting
Свинец Lead	193.2	94.2	9,766.8
Мышьяк Arsenic	196.4	95.7	2,128.6
Кадмий Cadmium	1,478.4	720.7	8,347.7

В отделении электролиза и сдирки прогнозные значения суммарного КР для аппаратчика-гидрометаллурга превышали приемлемый уровень к 10-летнему стажу и находились на уровне $1,3 \cdot 10^{-3}$ и $1,2 \cdot 10^{-3}$ соответственно. Продолжительность приемлемого в контакте с канцерогенными веществами стажа работы аппаратчика-гидрометаллурга составила 8 лет для отделения электролиза и сдирки. Формирование неприемлемого уровня КР к 10-летнему стажу работы аппаратчика-гидрометаллурга отделения экстракции обусловлено присутствием неорганических соединений кадмия в растворе, поступающем на экстракцию. В то же время раствор, поступающий на электролиз, очищен от примесей и соединений кадмия не содержит (табл. 4).

Для комплексной оценки воздействия технологического процесса на здоровье рабочих основных профессий гидromеталлургического производства проведено сравнение некоторых показателей токсичности гидromеталлургического и пирометаллургического производств (табл. 5).

Из табл. 5 видно, что показатели токсичности при пирометаллургическом производстве в десятки раз превышали показатели гидromеталлургического производства.

Обсуждение

В пирометаллургическом производстве меди способы борьбы с загрязнением воздуха рабочей зоны пылью, сернистым газом, вредными веществами, обладающими в том числе канцерогенными и токсическими свойствами, теплонапряжённостью, неэффективны.

Материалы и анализ исследований позволили подробно рассмотреть и научно обосновать, что гидрометаллургическое производство меди обладает рядом преимуществ по сравнению с пирометаллургическим способом, о чём свидетельствует улучшение условий труда (снижение канцерогенной нагрузки и показателя токсичности на рабочих местах).

Гидрометаллургический способ переработки бедного медьсодержащего рудного сырья как перспективный и более

безопасный для рабочих основных профессий метод может быть рекомендован в системе оздоровительных мероприятий в медной промышленности.

Заключение

Несмотря на то что пирометаллургический способ остаётся единственным для переработки богатых медных руд в связи с нарастающими объёмами бедного медьсодержащего сырья, гидрометаллургическое производство является наиболее перспективной технологией не только в техническом перевооружении медеплавильных заводов, но может быть рекомендовано в качестве одной из радикальных мер по оздоровлению производственной среды в медной промышленности.

Литература

(п. п. 7, 9, 25 см. References)

- Максимов М.М., Горнунг М.Б. *Очерк о первой меди*. М.: Недра; 1976.
- Липатов Г.Я., Домнин С.Г. Проблемы гигиены в современной пирометаллургии меди и никеля. В кн.: *Материалы VII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей*. М.; 1991: 200–1.
- Липатов Г.Я., Домнин С.Г., Киселева А.А., Зыкова В.А., Аликин П.Ф. Гигиеническая оценка условий труда при автогенных процессах плавки медных и никелевых руд и концентратов. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1988; (2): 31–3.
- Уткин Н.И. *Производство цветных металлов*. М.: Интермет Инжиниринг; 2004.
- Липатов Г.Я., Киселева А.А., Зыкова В.А., Шарипова Н.П. Гигиеническая оценка условий труда при переработке медных концентратов в печах взвешенной плавки. В кн.: *Гигиена труда и профессиональная патология рабочих металлургической промышленности*. М.; 1984: 13–5.
- Липатов Г.Я., Домнин С.Г., Аликин П.Ф., Ястребов А.П. Условия оздоровления труда в производстве никеля и меди. *Цветная металлургия*. 1988; (10): 57–8.
- Адриановский В.И., Гилева Ю.М., Липатов Г.Я., Поплавских С.Ю. К вопросу оценки условий труда рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2010; (12): 30–1.
- Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.
- Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(5): 95–8.
- Мельцер А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; (4): 1–5.
- Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям: ИТС 23-2017. Добыча и обогащение руд цветных металлов. М.; 2017.
- Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям: ИТС 3-2015. Производство меди. М.; 2015.
- Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям; 2003. Доступно: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/fd7/monitoring_1303.pdf
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Русских К.Ю., Шарипова Н.П. и др. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди. *Анализ риска здоровью*. 2017; (1): 98–105. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.11>
- Липатов Г.Я. Гигиена труда в пирометаллургии производства меди. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2004; (3): 32–7.
- Байдук О.Н., Гилёва Ю.М., Наричина Ю.Н., Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Стяжкина Е.С. Физиологические сдвиги в сердечно-сосудистой системе у женщин-работниц, занятых в медном производстве. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2010; (1): 4–6.
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Новикова Г.Ю. Профессиональная заболеваемость рабочих на предприятии, использующем шахтную плавку медьсодержащих руд. В кн.: *Aktuální vymoženosti vědy – 2012*. Прага; 2012: 70–3.
- Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Лестев М.П. Региональные особенности хронической патологии органов дыхания среди рабочих в производстве меди. *Уральский медицинский журнал*. 2012; (10): 53–5.
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я. К вопросу изучения канцерогенной опасности и профилактики злокачественных новообразований в современном производстве меди. *Экология человека*. 2006; (4 Прил. 2): 269–71.
- Плотко Э.Г., Адриановский В.И., Кузьмина Е.А., Липатов Г.Я. К вопросу оценки профессиональных канцерогенных рисков для рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд. В кн.: *Материалы XII Всероссийского Конгресса «Профессия и здоровье» и V Всероссийского съезда врачей-профпатологов*. М.; 2013: 391–3.
- Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Шарипова Н.П., Самылкин А.А. К вопросу изучения канцерогенноопасных условий труда рабочих, занятых в процессе автогенной плавки медьсодержащих руд. В кн.: *Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk – 2013». Volume 25. Przemysł*; 2013: 82–3.
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Константинов В.Г., Гилева Ю.М. Влияние условий труда на смертность от злокачественных новообразований рабочих, занятых в обогащении медьсодержащего сырья. *Санитарный врач*. 2013; (7): 64–6.
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Поплавских С.Ю. К вопросу гигиенической оценки технологических процессов в гидрометаллургии меди. В кн.: *Актуальные проблемы общей и военной гигиены*. СПб.; 2011.
- Липатов Г.Я., Шмакова Е.Е., Адриановский В.И. К вопросу о состоянии воздушной среды рабочих основных профессий, занятых в подземном выщелачивании при гидрометаллургическом производстве меди. *Nauka i studia*. 2017; 3(5): 31–4.
- Гусельников С.Р., Адриановский В.И., Гоголева О.И., Могиленских С.А. К вопросу о распространенности профессиональных новообразований на предприятиях металлургии меди в Свердловской области. В кн.: *Опасность, оценка и управление канцерогенными рисками*. Екатеринбург; 2018: 18–20.
- Шмакова Е.Е., Адриановский В.И., Самылкин А.А., Гусельников С.Р., Гоголева О.И. Гигиенические факторы воздушной среды и их роль в формировании онкологической опасности в гидрометаллургическом производстве меди. *Здоровье населения и среда обитания*. 2018; (12): 15–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-309-12-15-18>

References

- Maksimov M.M., Gornung M.B. *Essay on the First Copper [Oчерк о первой меди]*. Moscow: Nedra; 1976. (in Russian)
- Lipatov G.Ya., Domnin S.G. Hygiene problems in modern pyrometallurgy of copper and nickel. In: *Materials VII All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Doctors [Материалы VII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей]*. Moscow; 1991: 200–1. (in Russian)
- Lipatov G.Ya., Domnin S.G., Kiseleva A.A., Zykova V.A., Alikin P.F. Hygienic assessment of working conditions during autogenous processes of copper and nickel ores and concentrates smelting. *Gigiena truda i professional'nye zabolovaniya*. 1988; (2): 31–3. (in Russian)
- Utkin N.I. *Non-Ferrous Metal Production [Производство цветных металлов]*. Moscow; 2004. (in Russian)
- Lipatov G.Ya., Kiseleva A.A., Zykova V.A., Sharipova N.P. Hygienic assessment of working conditions during the processing of copper concentrates in suspended smelting furnaces. In: *Occupational Hygiene and Occupational Pathology of Workers in the Metallurgical Industry [Гигиена труда и профессиональная патология рабочих металлургической промышленности]*. Moscow; 1984: 13–5. (in Russian)
- Lipatov G.Ya., Domnin S.G., Alikin P.F., Yastrebov A.P. Conditions for the improvement of labor in the nickel and copper production. *Tsvetnaya metallurgiya*. 1988; (10): 57–8. (in Russian)
- Lightfoot N.E., Pacey M.A., Darling S. Gold, nickel and copper mining and processing. *Chronic Dis. Can.* 2010; 29(Suppl. 2): 101–24.

8. Adrianovskiy V.I., Gileva Yu.M., Lipatov G.Ya., Poplavskikh S.Yu. On the issue of assessing the working conditions of workers employed in the copper-bearing ores refining. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2010; (12): 30–1. (in Russian)
9. Ermolin M.S., Fedotov P.S., Ivaneev A.I., Karandashev V.K., Burmistrov A.A., Tatsy Y.G. Assessment of elemental composition and properties of copper smelter-affected dust and its nano- and micron size fractions. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2019; 26(26): 5315. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3180-y>
10. R 2.1.10.1920–04. Human health risk assessment from environmental chemicals. Moscow; 2004. (in Russian)
11. Serebryakov P.V. Using the evaluation of carcinogenic risk in the mining and metallurgical enterprises of the Arctic. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2012; 91(5): 95–8. (in Russian)
12. Meltser A.V., Kiselev A.V. Hygienic basis for combined models assessing occupational risks. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; (4): 1–5. (in Russian)
13. Information and technical handbook of the best available technologies: ITS 3-2015. Extraction and refining of non-ferrous metals. Moscow; 2017. (in Russian)
14. Information and technical handbook of the best available technologies: ITS 3-2015. Copper production. Moscow; 2015. (in Russian)
15. Integrated prevention and control of environmental pollution. Best available technology reference document; 2003. Available at: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/fd7/monitoring_1303.pdf (in Russian)
16. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuzmina E.A., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Yu., Sharipova N.P., et al. Assessing occupational carcinogenic risks for health of workers employed at blister copper production enterprise. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; (1): 94–101. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.11.eng>
17. Lipatov G.Ya. Occupational health in pyrometallurgy of copper production. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2004; (3): 32–7. (in Russian)
18. Baydyuk O.N., Gileva Yu.M., Naritsyna Yu.N., Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Styazhkina E.S. Physiological shifts in cardiovascular system at the women working in copper production. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2010; (1): 4–6. (in Russian)
19. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Novikova G.Yu. Occupational morbidity of workers at an enterprise using mine smelting of copper-bearing ores. In: *Aktuální vymoženosti vědy – 2012*. Prague; 2012: 70–3. (in Russian)
20. Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I., Lestev M.P. Regional features of the chronic respiratory diseases in workers employed in the copper production. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal*. 2012; (10): 53–5. (in Russian)
21. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya. On the study of carcinogenic danger and prevention of malignant neoplasms in modern copper production. *Ekologiya cheloveka*. 2006; (4 Suppl. 2): 269–71. (in Russian)
22. Plotko E.G., Adrianovskiy V.I., Kuz'mina E.A., Lipatov G.Ya. On the issue of assessing occupational carcinogenic risks for workers engaged in the beneficiation of copper-bearing ores. In: *Materials of the XII All-Russian Congress "Profession and Health" and the V All-Russian Congress of Occupational Pathologists [Materialy XII Vserossiyskogo Kongressa «Professiya i zdorov'e» i V Vserossiyskogo s"ezda vrachey-proffpatologov]*. Moscow; 2013: 91–3. (in Russian)
23. Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I., Sharipova N.P., Samylkin A.A. On the study of carcinogenic working conditions of workers employed in the process of autogenous smelting of copper-bearing ores. In: *Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk – 2013»*. Volume 25. Przemysł; 2013: 82–3. (in Russian)
24. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Konstantinov V.G., Gileva Yu.M. Influence of working conditions on mortality rate from malignant new growths of the workers occupied in copper-ore enrichment. *Sanitarnyy vrach*. 2013; (7): 64–6. (in Russian)
25. Seidler A., Brüning T., Taeger D., Möhner M., Gawrych K., Bergmann A., et al. Cancer incidence among workers occupationally exposed to dinitrotoluene in the copper mining industry. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2014; 87(2): 117–24. <https://doi.org/10.1007/s00420-012-0842-9>
26. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Poplavskikh S.Yu. On the issue of hygienic assessment of technological processes in copper hydrometallurgy. In: *Actual Problems of General and Military Hygiene [Aktualnye problemy obshchey i voennoy gigieny]*. St. Petersburg; 2011. (in Russian)
27. Lipatov G.Ya., Shmakova E.E., Adrianovskiy V.I. On the issue of the state of the air environment of workers of the main professions engaged in underground leaching in the hydrometallurgical production of copper. *Nauka i studia*. 2017; 3(5): 31–4. (in Russian)
28. Guselnikov S.R., Adrianovskiy V.I., Gogoleva O.I., Mogilenskikh S.A. On the issue of the prevalence of professional neoplasms at copper metallurgy enterprises in the Sverdlovsk region. In: *Danger, Assessment and Management of Carcinogenic Risks [Opasnost', otsenka i upravlenie kantserogennymi riskami]*. Ekaterinburg; 2018: 18–20. (in Russian)
29. Shmakova E.E., Adrianovskiy V.I., Samylkin A.A., Guselnikov S.R., Gogoleva O.I. Hygiene factors of the air environment and their role in the formation of cancer risk in hydrometallurgical copper production. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2018; (12): 15–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-309-12-15-18> (in Russian)