

Адриановский В.И.^{1,2}, Липатов Г.Я.^{1,2}, Кузьмина Е.А.¹, Злыгостева Н.В.¹

Смертность от злокачественных новообразований работающих, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург

Введение. Комплексная переработка отходов металлургии меди характеризуется контактом работающих с неорганическими соединениями мышьяка, никеля, кадмия, свинца и шестивалентного хрома.

Цель исследования – оценить степень канцерогенного риска для работающих, занятых в переработке отходов металлургии меди.

Материал и методы. Проведено изучение смертности от злокачественных новообразований работающих, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди (производство серной кислоты, медного и никелевого купороса и переработка анодных шламов), ретроспективным методом. Интенсивные показатели смертности работающих (общие и по возрасту для мужчин и женщин) сопоставлялись с аналогичными показателями контрольного населения и ожидаемыми показателями смертности. Определён относительный канцерогенный риск для работающих.

Результаты. Наибольшие уровни смертности от рака выявлены в возрастной группе 50–59 лет. Отмечено превышение наблюдаемой смертности от злокачественных опухолей над ожидаемой как среди мужчин, так и у женщин по большинству локализаций. Для мужчин, занятых в получении серной кислоты, выявлен повышенный риск развития злокачественных новообразований мочевыделительных органов, а для женщин – печени. При получении медного купороса у мужчин чаще развиваются злокачественные опухоли мочевыделительных органов, а у женщин – опухоли лимфатической и кровеносной ткани. Технологические процессы переработки анодных шламов создают высокий риск развития рака лёгких для мужчин, а для женщин – опухолей лимфатической и кровеносной ткани.

Заключение. Результаты эпидемиологических исследований свидетельствуют о наличии канцерогенной опасности для работающих, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди.

К л ю ч е в ы е с л о в а : металлургия меди; злокачественные новообразования; относительный канцерогенный риск; производство серной кислоты; получение медного и никелевого купороса; переработка анодных шламов.

Для цитирования: Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В. Смертность от злокачественных новообразований работающих, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди. *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (1): 32-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-32-36>

Для корреспонденции: Адриановский Вадим Иванович, кандидат мед. наук, с.н.с. лаборатории эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, 620014, Екатеринбург. E-mail: adrianovsky@k66.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А.; сбор и обработка материала – Адриановский В.И., Злыгостева Н.В.; статистическая обработка – Адриановский В.И.; написание текста – Адриановский В.И.; редактирование – Злыгостева Н.В.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила: 09.10.19

Принята к печати: 12.12.19

Опубликована: 27.02.2020

Adrianovsky V.I.^{1,2}, Lipatov G.Ya.^{1,2}, Kuzmina E.A.¹, Zlygosteva N.V.¹

Mortality due to malignant tumors in workers employed in the complex processing of copper metallurgical waste

¹Ekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Ekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ural State Medical University, Ekaterinburg, 620028, Russian Federation

Introduction. Workers engaged in the complex processing of copper metallurgy waste are in contact with inorganic compounds of arsenic, nickel, lead, cadmium, and hexavalent chromium.

The purpose of the study is to estimate the degree of carcinogenic risk for workers employed in the processing of copper metallurgy waste.

Material and methods. The results of a retrospective study of deaths from cancer of workers in the recycling of copper metallurgy (sulfuric acid, bluestone and nickel vitriol production and processing of anode slimes) of a metallurgical plant to produce

blister and refined copper are presented. The intensity of mortality and relative carcinogenic risk for workers were calculated (common as well as age-specific for men and women). A comparison of the observed and "expected" indices of the cancer mortality rate was carried out and the relative carcinogenic risk for workers was determined.

Results. The highest levels of cancer mortality were found in the age range of 50-59 years. It's noted excess observed mortality from malignant tumors over "expected" both men and women in most cancer locations. For men involved in the production of sulfuric acid, a high carcinogenic risk of developing malignant neoplasms of urinary organs. For women involved in the production of sulfuric acid, a high carcinogenic risk of developing malignant neoplasms of the liver. When receiving copper sulfate, men have the greatest carcinogenic risk for urinary organs for tumors, and women for lymphatic and hematopoietic tissue tumors. The processing of anodic sludges is associated with a carcinogenic risk for men on lung cancer, and for a woman - on tumors of lymphatic and hematopoietic tissue. **Conclusion.** Obtained epidemiological data indicate carcinogenic risk to workers involved in the complex recycling of copper metallurgy.

Keywords: copper metallurgy; malignant tumors; the relative carcinogenic risk; sulfuric acid; bluestone; nickel vitriol production; anode slimes processing.

For citation: Adrianovsky V.I., Lipatov G.Ya., Kuzmina E.A., Zlygosteva N.V. Mortality due to malignant tumors in workers employed in the complex processing of copper metallurgical waste. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(1): 32-36. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-32-36>

For correspondence: Vadim I. Adrianovsky, MD, Ph.D., senior researcher of the Laboratory of epidemiology and cancer prevention of department of complex problems of hygiene and disease prevention of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; Associate professor of the Department of hygiene and occupational diseases of the Ural State Medical University, Ekaterinburg, 620028, Russian Federation. E-mail: adrianovsky@k66.ru

Information about authors:

Adrianovsky V.I., <http://orcid.org/0000-0001-7754-8910>; Lipatov G.Y., <http://orcid.org/0000-0002-6982-7933>
Kuzmina E.A., <http://orcid.org/0000-0002-0723-8674>; Zlygosteva N.V., <http://orcid.org/0000-0002-8954-8632>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: The concept and design of the study - Adrianovsky V.I., Lipatov G.Ya., Kuzmina E.A. Collection and processing of material - Adrianovsky V.I., Zlygosteva N.V. Statistical processing - Adrianovsky V.I. Writing a text - Adrianovsky V.I. Editing - Zlygosteva N.V. Approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript - all co-authors.

Received: October 09, 2019

Accepted: December 12, 2019

Published: February 27, 2020

Введение

В современной металлургии меди внедрение экологически чистых и малоотходных технологий тесно связано с переработкой отходов производства, сопровождающейся извлечением из них ряда ценных компонентов. При получении черновой меди проблема утилизации диоксида серы, в больших количествах образующегося при обжиге медного концентрата, плавке и конвертировании штейна, решается путём получения серной кислоты [1]. В свою очередь значительная доля отработанных растворов серной кислоты, которые образуются в ходе электролитического рафинирования меди, перерабатываются в медный и никелевый купорос [1–4]. Помимо растворов серной кислоты в результате электролитического рафинирования меди образуются анодные шламы, которые подвергаются утилизации путём извлечения из них ряда ценных компонентов, таких как золото, серебро, селен, теллур и др. [5–7].

В рамках реализации системного подхода по оценке и управлению канцерогенным риском для здоровья населения в Свердловской области проводятся исследования по установлению дополнительного риска смертности от злокачественных новообразований (ЗН) у работающих, занятых на канцерогеноопасных субъектах хозяйственной деятельности на примере предприятий металлургии меди [8]. За последние 30 лет опубликовано значительное число работ, в которых приводятся научно обоснованные доказательства канцерогенной опасности процессов добычи и обогащения медьсодержащих руд, получения черновой меди (плавка на штейн и конвертирование штейна), огневого (анодный передел) и электролитического рафинирования меди [9–26]. Однако вопрос о частоте рака среди контингентов работающих, занятых в получении серной кислоты, медного и никелевого купороса и переработке анодных шламов, освещён явно недостаточно.

Цель исследования – оценить степень канцерогенного риска для работающих, занятых в технологических процессах получения серной кислоты, медного и никелевого купороса и переработки анодных шламов.

Материал и методы

Проведено эпидемиологическое исследование ретроспективным методом смертности от ЗН работающих (мужчин и женщин) сернокислотного цеха (СКЦ) металлургического предприятия, специализирующегося на получении черновой меди, а также цехов медного купороса (КЦ) и химико-металлургического (ХМЦ), входящих в состав предприятия, где осуществляется производство рафинированной меди. Определялась смертность от ЗН в расчёте на 100 000 человек в год в группах работающих, подверженных воздействию вредных факторов из учаемых производств. Полученные показатели (общие и по возрасту для мужчин и женщин) сравнивались с аналогичными данными, характеризующими контрольное («прочее») население городов, к которым прилегал изучаемое предприятие. Помимо наблюдаемой в контингентах работающих вычислялась и так называемая ожидаемая смертность, представляющая собой стандартизованную по возрасту смертность «прочего» населения (за стандарт принималось возрастное распределение рабочих СКЦ, КЦ и ХМЦ). Суждение о степени канцерогенного риска, связанного с работой в изучаемых производствах, складывалось по кратности превышения наблюдаемых показателей смертности от ЗН над ожидаемыми*. Принимая во внимание небольшую величину изучаемых когорт (среднегодовая численность работающих в цехе 130–150 человек), зачастую не позволявшую выявить статистическую значимость для отдельных величин на 100 000 человек, дополнительно для оценки канцерогенного риска в каждом из производств вычислялись показатели разности рисков (РР), относительного канцерогенного риска (ОР) и 95% доверительный интервал для уровня статистической значимости $p < 0,05$ [27].

* Методические указания по ретроспективному изучению смертности от злокачественных новообразований в связи с возможным действием производственных факторов. Свердловск: НИИ Гигиены труда и профзаболеваний; 1980.

Результаты

Технологическая схема получения серной кислоты в СКЦ складывается из окисления диоксида серы в триоксид на ванадиевом катализаторе, сушки технологического газа в сушильной башне с последующей отдувкой диоксида серы из продукционной серной кислоты в отдувочной башне и извлечения серного ангидрида из газовой смеси с последующим превращением его в серную кислоту в абсорбционном отделении.

Из канцерогенных факторов работники СКЦ контактируют с неорганическими соединениями мышьяка, среднесменные концентрации которых превышали ПДК_{с.с.} (0,01 мг/м³) в 2,1 раза в контактно-компрессорном отделении и в 1,7 раза в сушильно-абсорбционном отделении.

Технологическая схема получения медного и никелевого купороса состоит из этапов нейтрализации электролита с использованием гранулированной меди, центрифугирования, выпаривания для получения кристаллов медного купороса и сушки. Обезмеженный раствор поступает в никелевое отделение, где подвергается вакуум-кристаллизации, растворению, агитации, фильтрации, вторичному выпариванию, после чего образовавшиеся кристаллы никелевого купороса сушатся и затариваются.

Работающие в КЦ контактируют с неорганическими соединениями мышьяка на участках подготовки растворов и выпарки конечных растворов в концентрациях менее 0,03 мг/м³. Экспозиция к свинцу работающих составляла от 0,05 до 0,06 мг/м³ в медном и никелевом отделениях соответственно (ПДК_{с.с.} 0,05 мг/м³) и 0,012 мг/м³ на участке подготовки растворов. В то же время превышение ПДК_{м.р.} гидроаэрозоля никеля колебалось от 1,2 до 3 раз с наибольшим значением на участке подготовки растворов. Среднесменная концентрация хрома шестивалентного превышала ПДК_{с.с.} в 3,1 раза на участке выпарки конечных растворов. Хром не является компонентом отходов, образующихся при рафинировании меди, однако входит в состав сырья для получения антисептика, который производится на участке выпарки конечных растворов купоросного цеха.

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 огарка и его плавку, конечным продуктом которой становится серебрино-золотой сплав.

В ХМЦ при обжиге шлама и плавке огарка среднесменные концентрации мышьяка не превышали ПДК_{с.с.}, составляя 0,005 и 0,008 мг/м³ соответственно, а в гидрометаллургическом отделении – 0,004 мг/м³. Содержание свинца в воздухе рабочей зоны обжигового и плавильного отделений превышало ПДК_{с.с.} в 1,2–1,5 раза соответственно, но без превышения норматива в отделении обезмеживания (0,043 мг/м³). Экспозиция к нерастворимым соединениям никеля в ХМЦ была отмечена в плавильном отделении в концентрации 0,003 мг/м³ (ПДК_{м.р.} 0,05 мг/м³), а к растворимым – в отделении обезмеживания – 0,0022 мг/м³ (ПДК_{м.р.} 0,005 мг/м³). Кадмий выявлялся в воздухе рабочей зоны только в плавильном отделении в концентрации 0,0013 мг/м³ (ПДК_{с.с.} 0,01 мг/м³).

Как показали расчёты, среди мужчин СКЦ показатель смертности был выше, чем у прочего мужского населения, по ЗН органов пищеварения и брюшины (58,63 ± 41,45 в СКЦ и 41,7 ± 5,3 в контроле на 100 тыс. населения), в том числе желудка и кишечника; опухолям мочеполовой системы (29,32 ± 29,31 и 6,73 ± 2,13 на 100 тыс. населения); лимфатической и кроветворной тканей (29,32 ± 29,31 и 8,08 ± 2,33 на 100 тыс. населения), а также по всем локализациям опухолей, вместе взятым (146,58 ± 65,51 и 114,43 ± 8,7 на 100 тыс. населения).

У женщин СКЦ интенсивные показатели смертности от рака превышали контрольные показатели по ЗН органов желудочно-кишечного тракта (117,51 ± 83,04 и 24,7 ± 3,86 на 100 тыс. населения), в том числе печени и прочих локализациях; опухолям мочеполовой системы (58,75 ± 58,73 и 16,87 ± 3,19 на 100 тыс. населения); лимфатической и кроветворной тканей (58,75 ± 58,73 и 5,42 ± 1,8 на 100 тыс. населения), а также по всем локализациям опухолей, вместе взятым (235,02 ± 117,37 и 83,75 ± 7,1 на 100 тыс. населения).

Расчёт ОР не продемонстрировал статистически достоверной связи между влиянием условий труда на развитие ЗН у мужчин, занятых в СКЦ. Однако среди женщин изучаемого цеха величина

ОР развития новообразований суммарно по всем локализациям составила 2,81 ± 0,51, РР – 0,002, $p < 0,05$, что указывает на достоверную связь развития ЗН с экспозицией работниц к канцерогенным факторам рабочей среды в СКЦ.

В изучаемом цехе среди мужчин превышение наблюдаемой смертности над ожидаемой (стандартизованный показатель смертности от рака) выявлено по всем локализациям новообразований, вместе взятым (1,5 раза), а также раку органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) (1,6 раза), в том числе желудка (1,9 раза); мочеполовых органов (4,9 раза), в том числе мочевыделительных (почки и мочевой пузырь) (5,5 раза), а также по гемобластомам (4,3 раза).

У женщин изучаемого цеха стандартизованный показатель смертности от рака составил по ЗН органов ЖКТ – 4,6 (в том числе печени – 43,2 и прочим локализациям среди органов пищеварения и брюшины – 8,5); раку органов мочеполовой системы – 3,2 (в том числе половых органов (яичники, матка) – 3,2); а также гемобластомам – 7,8. Наблюдаемые показатели смертности женщин от злокачественных опухолей превышали ожидаемые и по всем локализациям ЗН, вместе взятым, но, так же как и у мужчин, без статистической достоверности (2,7 раза).

Большинство умерших от рака мужчин работали в профессии слесаря-ремонтника (60%), проводившего ремонтные работы во всех отделениях цеха. 30% работающих относились к профессии аппаратчика очистки газа, а 10% – аппаратчика абсорбции. Из женщин все умершие работали в профессиях аппаратчиков очистки газов и окисления. Все аппаратчики контактировали на рабочих местах с мышьяком.

В КЦ у мужчин интенсивные показатели смертности от рака превысили показатели прочего населения того же пола по ЗН органов системы дыхания (69,93 ± 49,43 в КЦ и 47,13 ± 3,5 в контроле на 100 тыс. населения), в том числе трахеи, бронхов и лёгких (69,93 ± 49,43 и 41,14 ± 3,27 на 100 тыс. населения); органов пищеварения и брюшины (104,89 ± 60,53 и 39,58 ± 3,21 на 100 тыс. населения), в том числе желудка (34,96 ± 34,96 и 19,53 ± 2,25 на 100 тыс. населения), кишечника (69,93 ± 49,43 и 9,37 ± 1,56 на 100 тыс. населения); мочеполовой системы (69,93 ± 49,43 и 7,81 ± 1,43 на 100 тыс. населения), в том числе мочевыделительных органов (69,93 ± 49,43 и 5,99 ± 1,25 на 100 тыс. населения). Суммарно по всем локализациям ЗН уровень смертности от злокачественных опухолей мужчин, работающих в КЦ, составил 279,72 ± 98,75, а контрольного населения – 115,88 ± 5,49 на 100 тыс. населения.

Относительный канцерогенный риск для рабочих КЦ определён как 2,41 при РР – 0,002 ($p < 0,05$), что свидетельствует о существенном влиянии условий труда на онкологическую смертность работников цеха. Статистически значимое ($p < 0,05$) превышение РР для рабочих и прочего населения отмечено по ЗН кишечника (ОР – 7,46) и мочеполовых органов (за счёт рака почек и мочевого пузыря, ОР – 11,68).

Сопоставление уровней смертности от ЗН работающих в КЦ и мужского населения прилегающего города по возрастным группам показало, что наибольшая смертность в обоих контингентах соответствует возрастной группе 50–59 лет (1955,31 ± 731,77 в КЦ и 433,76 ± 25,37 в контроле). Причём разница смертности рабочих и населения оказалась весьма существенной – 4,5 раза ($p < 0,05$). Величина ОР в этой возрастной группе составила 4,51 при разности рисков 0,015 ($p < 0,05$).

У женщин КЦ частота смертей от ЗН превысила аналогичный показатель для жителей контрольного населённого пункта по ЗН ЖКТ (128,04 ± 73,87 в изучаемом цехе и 27,70 ± 2,53 в контроле соответственно на 100 тыс. населения), в том числе желудка (85,36 ± 60,33 и 10,85 ± 1,58 на 100 тыс. населения), кишечника (42,68 ± 42,67 и 10,16 ± 1,53 на 100 тыс. населения), лимфатической и кроветворной тканей (42,68 ± 42,67 и 3,46 ± 0,89 на 100 тыс. населения). Смертность от злокачественных опухолей женщин – работниц КЦ суммарно по всем локализациям ЗН составила 170,72 ± 85,29, а женщин, отнесённых к «прочему» населению, – 78,25 ± 4,25 на 100 тыс. населения.

Разность рисков для женщин КЦ статистически значимо ($p < 0,05$) превысила показатель прочего населения по раку органов пищеварения и брюшины (ОР – 4,62), особенно по ЗН желудка (ОР – 7,87), а также гемобластомам (ОР – 12,33).

Как и среди мужчин, наибольшая частота случаев смертей от ЗН для женщин была в возрастной группе 50–59 лет (526,32 ± 303,07 в КЦ и 202,05 ± 14,96 в контроле).

Среди мужчин КЦ наблюдаемая смертность от новообразований всех локализаций, вместе взятых, превышала ожидаемую у

2,5 раза, а среди женщин КЦ – в 1,6 раза. У мужчин изучаемого цеха стандартизованный показатель смертности от рака составил по раку органов дыхания – 1,6 (в том числе трахеи, бронхов и лёгких – 1,8); пищеварительной системы – 2,6 (в том числе желудка – 1,8 и кишечника – 7,9); мочеполовых органов – 8,6 (в том числе почек – 4 и мочевого пузыря 8).

Наиболее значимые различия с ожидаемыми показателями смертности от ЗН у женщин – работниц КЦ отмечены по злокачественным опухолям органов пищеварения и брюшины (3,3 раза), в том числе желудка (5,4 раза), кишечника (3,3 раза). Наибольшее значение стандартизованного показателя смертности от рака выявлено по ЗН лимфатической и кроветворной ткани (9,7).

Отмеченная нами большая кратность превышения наблюдаемых показателей смертности над ожидаемыми от опухоли мочевыделительной системы у мужчин, вероятно, обусловлена экспозицией работающих к мышьяку, гидроаэрозолю никеля, хрому шестивалентному в сочетании с серной кислотой. Свыше половины умерших мужчин КЦ представлены профессиями аппаратчика-гидрометаллурга медного и никелевого отделений, где отмечены наиболее высокие концентрации гидроаэрозоля никеля. Остальные профессии представлены электрогазосварщиками (30%) и слесарями-ремонтниками (20%), осуществлявшими ремонтные работы во всех отделениях цеха.

В ХМЦ уровень смертности мужчин от ЗН суммарно по всем локализациям составил 155,24, а контрольного контингента – 115,88 на 100 тыс. населения. Эти различия особенно выражены по новообразованиям органов дыхания, прежде всего раку лёгких (51,75 ± 36,58 в ХМЦ и 41,14 ± 3,27 в контроле на 100 тыс. населения), а также ЗН органов желудочно-кишечного тракта (103,49 ± 51,72 в ХМЦ и 39,58 ± 3,21 на 100 тыс. населения), в том числе по раку желудка соответственно 77,62 ± 44,80 и 19,53 ± 2,25 на 100 тыс. населения.

ОР развития ЗН у работающих в ХМЦ мужчин определён как 1,34 при РР – 0,0004, что указывает на влияние условий труда на онкологическую смертность рабочих. Наибольший риск развития новообразований у рабочих-мужчин отмечен в возрастной группе 50–59 лет (ОР – 4,45 при РР – 0,015, $p < 0,05$). Средний стаж работы в ХМЦ умерших от ЗН мужчин был 27 ± 1,9 года, а женщин – 23,25 ± 5,8. Как и в КЦ, степень канцерогенного риска возрастает с увеличением длительности контакта с канцерогенными веществами в воздухе рабочей зоны в ХМЦ. Данное положение прослеживается для ЗН органов дыхания (ОР – 3,21, РР – 0,0045) и особенно ЖКТ (ОР – 9,77, РР – 0,012, $p < 0,05$). Органы дыхания являются основной мишенью вдыхаемых канцерогенов [28], а органы пищеварения – малорастворимых канцерогенов, так как почти 80% продуктов самоочищения лёгких заглатывается со слизью и, в конечном итоге, оказывается в желудочно-кишечном тракте [29].

Суммарная смертность от злокачественных опухолей всех локализаций женщин – работниц ХМЦ составила 273,6 ± 96,6, а жительниц прилегающего города – 78,25 ± 4,25 на 100 тыс. населения. Превышение интенсивных показателей онкологической смертности выявлено по ЗН пищеварительных органов (68,4 ± 48,35 в изучаемом цехе и 27,70 ± 2,53 в контроле соответственно на 100 тыс. населения), в том числе кишечника (34,2 ± 34,19 и 10,16 ± 1,53 на 100 тыс. населения); молочной железы (34,2 ± 34,19 и 15,93 ± 1,92 на 100 тыс. населения); женских половых органов (68,4 ± 48,35 и 12,93 ± 1,73 на 100 тыс. населения); лимфатической и кроветворной тканей (68,40 ± 48,35 и 3,46 ± 0,89 на 100 тыс. населения); прочим локализациям (34,2 ± 34,19 и 6,7 ± 1,24 на 100 тыс. населения).

ОР работниц ХМЦ достигал 3,5 при разности рисков 0,002 ($p < 0,05$), продемонстрировав, таким образом, выраженную причинно-следственную связь между канцерогенным действием факторов рабочей среды цеха и возникновением ЗН.

Все умершие работницы относились к возрастной группе 50–59 лет, в которой ОР составил 17,21, РР – 0,033 ($p < 0,05$). Существенное ($p < 0,05$) превышение РР для женщин ХМЦ и прочего населения того же пола отмечено по ЗН органов ЖКТ (ОР – 12,05, РР – 0,008), мочеполовой системы (ОР – 19,58, РР – 0,008), а также гемобластозам (ОР – 130,54, РР – 0,009).

В ХМЦ наблюдаемая мужская смертность от суммы всех локализаций ЗН превышала ожидаемую в 1,8 раза. Среди мужчин цеха различия стандартизованный показатель смертности от рака составил 1,6 для новообразований органов дыхания (в том числе

лёгких – 12,15), 3,3 – опухолей ЖКТ (в том числе желудка – 53,2) и 3,7 – кишечника.

Среди женщин того же цеха наблюдаемые показатели смертности от ЗН от всех локализаций рака, вместе взятых, превысили ожидаемые в 3,6 раза ($p < 0,05$). Различия с ожидаемыми показателями отмечены по ЗН органов ЖКТ (2,5 раза), в том числе желудка (2,8 раза), кишечника (4,4 раза). Также стандартизованный показатель смертности от рака составил 2 для ЗН молочной железы, 6,3 – половых органов, 18,7 – лимфатической и кроветворной тканей, 5,5 – ЗН прочих локализаций.

Более высокое превышение наблюдаемых показателей над ожидаемыми среди женщин по сравнению с мужчинами, вероятно, связано с тем, что большинство работниц заняты в профессиях аппаратчиков, обслуживающих баковую аппаратуру, фильтр-прессы, нутч-фильтры и др., зачастую не имеющие герметичных укрытий и эффективной аспирации образующихся пылегазовоздушных смесей. Ранее было показано, что канцерогенный риск, обусловленный в основном экспозицией к мышьяку и кадмию, у большинства профессий ХМЦ находился в неприемлемом диапазоне ($> 10^{-3}$), а величина приемлемого стажа работы в цехе составила в среднем 19,65 ± 6,78 года, существенно не отличаясь от средней продолжительности работы в ХМЦ умерших от ЗН в нашем исследовании (14,06 ± 1,19 года) [30].

Обсуждение

Таким образом, результаты ретроспективного изучения онкологической смертности свидетельствуют о канцерогенном риске для работающих (как мужчин, так и женщин), занятых в процессах получения серной кислоты, медного и никелевого купороса и переработки анодных шламов, обусловленном экспозицией работающих к неорганическим соединениями мышьяка, никеля, свинца, кадмия и хрома (VI). Эпидемиологические данные согласуются с результатами изучения содержания канцерогенных веществ в воздухе рабочей зоны представителей основных профессий, занятых в комплексной переработке отходов металлургии меди, и данными расчётов канцерогенных рисков. В то же время использованный нами ретроспективный метод имеет ряд ограничений. По авторитетному мнению В.Б. Смулевича, возможности онкоэпидемиолога, использующего ретроспективный метод исследования, ограничены той информацией, которая отложилась в различных её носителях (истории болезни, результаты производственного лабораторного контроля и др.) [28]. В свидетельствах о смерти целого ряда лиц мы наблюдали отсутствие записи о месте работы и профессии. Число таких лиц увеличивалось с возрастом, достигая максимума в возрастной группе 50–59 лет. Подобные трудности отмечены как отечественными, так и зарубежными авторами. В.Б. Смулевич и соавт. указывали на то, что в 1970-х гг. в Москве в актах записи о смерти профессия умершего указывалась лишь в 29% случаев [28]. К. Malin и соавт. сообщали, что при изучении смертности от ЗН в штате Иллинойс данные в свидетельствах о смерти афроамериканцев были малополезными из-за неточности при регистрации профессии [31]. В ходе верификации историй болезни нам не раз приходилось сталкиваться с диагнозом «метастазы опухоли из невыясненного очага», из-за чего такие случаи ЗН были отнесены к прочим локализациям, что не могло не отразиться на полученных результатах.

Заключение

1. Работаящие, занятые в комплексной переработке отходов металлургии меди, контактируют с неорганическими соединениями мышьяка, никеля, свинца, кадмия и хрома (VI).
2. Результаты ретроспективного изучения смертности от ЗН работающих, занятых в получении серной кислоты, никелевого и медного купороса и переработке анодных шламов, убедительно свидетельствуют о наличии канцерогенного риска как для мужчин, так и для женщин.
3. Данные эпидемиологических исследований могут быть использованы при реализации системного подхода по оценке и управлению профессиональным канцерогенным риском для формирования групп риска с последующей разработкой комплекса мероприятий по снижению канцерогенной опасности на предприятиях металлургии меди.

Литература (пп. 9–22, 24, 25, 31 см. References)

1. Вольхин А.И. *Черновая медь и серная кислота: физико-химические и технологические основы производства*. т. II. Челябинск: Книга; 2004. 377 с.
2. Позин М.Е. *Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот)*. Ч. 1. Л.: Химия; 1970. 791 с.
3. Ахметов Т.Г., Ахметова Л.Т., Порфирьева Р.Т. *Химическая технология неорганических веществ*. Кн. 2. М.: Высшая школа; 2002. 533 с.
4. Уткин Н.И. *Производство цветных металлов*. М.: Интермет Инжиниринг; 2004. 442 с.
5. Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Карелов С.В., Мамыachenков С.В., Сергеев В.В. *Процессы и аппараты цветной металлургии*. Под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета; 2013. 564 с.
6. *Производство меди. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям: ИТС 3-2015*. М.: Бюро НТД; 2015. 344 с.
7. Лебедь А.Б., Набойченко С.С., Шунин В.А. *Производство селена и теллура на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие*. Под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета; 2015. 112 с.
8. Адриановский В.И., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Боярский А.П., Липатов Г.Я. О реализации системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками для рабочих, занятых в металлургических цехах. *Гигиена и санитария*. 2017; 12 (96): 1161–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1161-1166>.
23. Липатов Г.Я., Константинов В.Г., Адриановский В.И. Сравнительная оценка смертности от злокачественных новообразований рабочих, занятых на разных этапах пирометаллургического производства меди. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; (4): 29–31.
26. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Устюгова Т.С., Адамцева И.И. и соавт. Сравнительная оценка смертности от злокачественных новообразований рабочих, занятых на разных этапах пирометаллургического производства меди. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (11): 24–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-24-30>.
27. Двойрин В.В. *Методы эпидемиологических исследований при злокачественных опухолях*. М.: Медицина; 1975. 100 с.
28. Смудевич В.Б. *Профессия и рак*. М.: Медицина; 2000. 384 с.
29. Жуматов Ж.К. Комплексное обследование бронхолегочного аппарата у рабочих – плавильщиков меди. *Здравоохранение Казахстана*. 1987; (4): 12–4.
30. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В. Результаты оценки профессиональных канцерогенных рисков для рабочих, занятых в переработке шламов электролитического рафинирования меди. *Санитарный врач*. 2018; (1): 65–70.

References

1. Vol'khin A.I. *Blister Copper and Sulfuric Acid: Physicochemical and Technological Fundamentals of Production [Chernovaya med' i sernaya kislota: fiziko-khimicheskie i tekhnologicheskie osnovy proizvodstva]: Vol. II*. Chelyabinsk; 2004. 377 p. (in Russian)
2. Pozin M.E. *Technology of Mineral Salts (Fertilizers, Pesticides, Industrial Salts, Oxides and Acids) [Tekhnologiya mineral'nykh soley (udobreniy, pestitsidov, promyshlennykh soley, okislov i kislot)]. Part 1*. Leningrad; 1970. 791 p. (in Russian)
3. Akhmetov T.G., Akhmetova L.T., Porfir'eva R.T. *Chemical Technology of Inorganic Substances [Khimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv: Uchebnoe posobie]*. Book 2. Moscow; 2002. 533 p. (in Russian)
4. Utkin N.I. *Non-ferrous Metal Production [Proizvodstvo tsvetnykh metallov]*. Moscow; 2004. 442 p. (in Russian)
5. Naboychenko S.S., Ageev N.G., Karelov S.V., Mamyachenkov S.V., Sergeev V.V. *Processes and Apparatuses of Non-ferrous Metallurgy [Protessy i apparaty tsvetnoy metallurgii: Uchebnoe posobie]*. Ekaterinburg; 2013. 564 p. (in Russian)
6. *Copper production. Information and technical handbook of the best available technologies: ITS 3-2015 [Proizvodstvo medi. Informatsionno-tekhnicheskii spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam: ITS 3-2015]*. Moscow; 2015. 344 p. (in Russian)
7. Lebed' A.B., Naboychenko S.S., Shunin V.A. *Production of Selenium and Tellurium at Uralelectromed OJSC: Tutorial [Proizvodstvo selena i tellura na OAO "Uralelektromed": Uchebnoe posobie]*. Ekaterinburg; 2015. 112 p. (in Russian)
8. Adrianovskiy V.I., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Boyarskiy A.P., Lipatov G.Ya. A system approach to carcinogenic risk assessment and management for metallurgical workers employed in various blister copper production processes. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian Journal]*. 2017; 12 (96): 1161–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1161-1166>. (in Russian)
9. Leffler P., Gerhardsson L., Brune D., Nordberg G.F. Lung retention of antimony and arsenic in hamsters after the intratracheal instillation of industrial dust. *Scand J Work Environ Health*. 1984; 10 (4): 245–51.
10. Enterline P.E., Henderson V.L., Marsh G.M. Exposure to arsenic and respiratory cancer. A reanalysis. *Am J Epidemiol*. 1987; 125 (6): 929–38.
11. Chen R., Wei L., Huang H. Mortality from lung cancer among copper miners. *Br J Ind Med*. 1993; 50: 505–9.
12. Viren J.R., Silvers A. Unit risk estimates for airborne arsenic exposure: an updated view based on recent data from two copper smelter cohorts. *Regul Toxicol Pharmacol*. 1994; 20 (2): 125–38.
13. Enterline P.E., Day R.R., Marsh G.M. Cancers related to exposure to arsenic at a copper smelter. *Occup Environ Med*. 1995; 52: 28–32.
14. Chen R. An analysis program for occupational cohort mortality and update of cancer risk in copper miners. *Int J Occup Environ Health*. 1996; 9 (4): 301–8.
15. Lightfoot N.E., Fehringer G.M., Bissett R.J., McChesney D.C., White J.J. Cancer incidence and mortality trends in Northeastern Ontario. *Can J Public Health*. 1996; 87 (1): 17–24.
16. Lubin J.H., Pottern L.M., Stone B.J., Fraumeni J.F.Jr., Cantor K.P. Respiratory cancer in a cohort copper smelters workers: results from more than 50 years of follow-up. *Am J Epidemiol*. 2000; 151: 554–65.
17. Lightfoot N.E., Dumont J., Conlon M., Arbour-Gagnon R., Rico T., Duhamel S. et al. Collection and retention of demographic, medical, and occupational information in northeastern Ontario workplaces. *Chronic Dis Can*. 2003; 24 (1): 17–26.
18. Lundström N.-G., Englyst V., Gerhardsson L., Jin T. Lung cancer development in primary smelter workers: a nested case-referent study. *J Occup Environ Med*. 2006; 48 (4): 376–80.
19. Lubin J.H., Moore L.E., Fraumeni J.F.Jr., Cantor K.P. Respiratory cancer and inhaled inorganic arsenic in copper smelters workers: a linear relationship with cumulative exposure that increases with concentration. *Environ Health Perspect*. 2008; 116: 1661–5.
20. Lightfoot N.E., Pacey M.A., Darling S. Gold, nickel and copper mining and processing. *Chron Dis Can*. 2010; (29): 2.
21. Lightfoot N.E., Berriault C.J. Mortality and cancer incidence in a copper-zinc cohort. *Workplace Health Saf*. 2012; (60): 223–33.
22. 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.
23. Lipatov G.Ya., Konstantinov V.G., Adrianovskiy V.I. Comparison of the level of mortality induced by the malignant tumors among workers engaged in various stages of the pyrometallurgical copper production. *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya [Public Health and Life Environment]*. 2013; (4): 29–31. (in Russian)
24. Ermolin M.S., Fedotov P.S., Ivaneev A.I., Karandashev V.K., Burmistrov A.A., Taty Y.G. Assessment of elemental composition and properties of copper smelter-affected dust and its nano- and micron size fractions. *Environ Sci Pollut Res*. 2016; 23 (23): 23781–90.
25. Berriault C.J., Lightfoot N.E., Seilkop S.K., Conard B.R. Injury mortality in a cohort of mining, smelting, and refining workers in Ontario. *Arch Environ Occup Health*. 2017; 72 (4): 220–30.
26. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Ustyugova T.S., Adamtseva I.I. et al. A comparative assessment of cancer-related mortality among workers employed at the various stages of pyrometallurgical production of copper. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2018; (11): 24–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-24-30>. (in Russian)
27. Dvoyrin V.V. *Methods of Epidemiological Studies for Malignant Tumors [Metody epidemiologicheskikh issledovaniy pri zlokachestvennykh opukholyakh]*. Moscow; 1975. 100 p. (in Russian)
28. Smulevich V.B. *Profession and Cancer [Professiya i rak]*. Moscow; 2000. 384 p. (in Russian)
29. Zhumатов Zh.K. Comprehensive examination of the bronchopulmonary apparatus in workers – copper smelters. *Zdravookhranenie Kazakhstana*. 1987; (4): 12–4. (in Russian)
30. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V. The results of the assessment of occupational carcinogenic risks for workers engaged in processing of electrolytic copper refining slurries. *Sanitarnyy vrach*. 2018; (1): 65–70. (in Russian)
31. Mallin K., Rubin M., Joo E. Occupational cancer mortality in Illinois white and black males, 1979–1984, for seven cancer sites. *Amer J Industry Med*. 1989; 15: 699–717.