

3. Коленчукова О.А., Савченко А.А. Особенности иммунометаболического статуса у лиц, подверженных воздействию техногенных факторов промышленного производства. *Гигиена и сан.* 2011; 2: 19–22.

4. Долгих О.В., Отавина Е.А., Казакова О.А., Гусельников М.А. Особенности иммунной регуляции у работающих в условиях комбинированного воздействия вредных физических и химических факторов. *Здравоохранение Российской Федерации.* 2017; 61(6): 330–3.

10. Засорин Б.В., Курмангалиев О.М., Ермуханова А.С. Особенности иммунного статуса у населения урбанизированных территорий с повышенным содержанием тяжелых металлов. *Гигиена и сан.* 2012; 3: 17–9.

REFERENCES

1. Zajceva N.V., Ustinova O.Ju., Zemljanova M.A. On the determination and proof of damage to human health due to an unacceptable health risk caused by environmental factors. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija.* 2013; 11: 14–8 (in Russian).

2. Izmerov N.F., Boukhtiarov I.V., Prokopenko L.V., Kouzmina L.P. Protecting health of workers and predictive preventive personified medicine. *Med. truda i prom. ekol.* 2013; 6: 7–12 (in Russian).

3. Kolenchukova O.A., Savchenko A.A. The immunometabolic status in persons exposed to technogenous factors of industrial production. *Gigiena i sanitarija.* 2011; 2: 19–22 (in Russian).

4. Dolgikh O.V., Otavina E.A., Kazakova O.A., Gusel'nikov M.A. The characteristics of immune regulations in individuals working in conditions of combined impact of harmful physical and chemical factors. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii.* 2017; 61(6): 330–3 (in Russian).

5. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2011; 8(5): 1388–401.

6. Lehmann I., Sack U., Lehmann J. Metal ions affecting the immune system. *Met. Ions Life Sci.* 2011; 8: 157–85.

7. McKee A.S., Fontenot A.P. Interplay of innate and adaptive immunity in metal-induced hypersensitivity. *Curr. Opin. Immunol.* 2016; 42: 25–30.

8. Shrivastava R., Upreti R.K., Seth P.K., Chaturvedi U.C. Effects of chromium on the immune system. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* 2002; 34(1): 1–7.

9. Beaver L.M., Stemmy E.J., Constant S.L., Schwartz A., Little L.G., Gigley J.P., et al. Lung injury, inflammation and Akt signaling following inhalation of particulate hexavalent chromium. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2009; 235(1): 47–56.

10. Zasorin B.V., Kurmangaliev O.M., Ermukhanova L.S. Features of the immune status in the population of urban areas with a high content of heavy metals. *Gigiena i san.* 2012; 3: 17–9 (in Russian).

11. Shigematsu H., Kumagai K., Kobayashi H., Eguchi T., Kitaura K., Suzuki S. et al. Accumulation of metal-specific T cells in inflamed skin in a novel murine model of chromium-induced allergic contact dermatitis. *PLoS One.* 2014; 9(1): e85983.

12. Adam C., Wohlfarth J., Haußmann M., Sennefelder H., Rodin A., Maler M. et al. Allergy-Inducing chromium compounds trigger potent innate immune stimulation via ROS-dependent inflammasome activation. *J. Invest. Dermatol.* 2017; 137(2): 367–76.

Поступила 25.09.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгих Олег Владимирович (Oleg V. Dolgikh),
зав. отд. иммунобиолог. методов диагностики ФБУН «ФНЦ
медико-профилактич. технологий управления рисками здоро-
вья населения», д-р мед. наук, проф. E-mail: oleg@fcrisk.ru.
<http://orcid.org/0000-0003-4860-3145>

Старкова Ксения Геннадьевна (Ksenia G. Starkova),
зав. лаб. иммунологии и аллергологии ФБУН «ФНЦ
медико-профилактич. технологий управления рисками здо-
ровья населения», канд. биол. наук. E-mail: oleg@fcrisk.ru.
<http://orcid.org/0000-0002-5162-9234>

УДК 613.6:616-057

Адриановский В.И.^{1,2}, Липатов Г.Я.^{1,2}, Кузьмина Е.А.¹, Злыгостева Н.В.¹, Устюгова Т.С.¹, Адамцева И.И.¹, Самылкин А.А.², Шмакова Е.Е.²

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СМЕРТНОСТИ ОТ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ РАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 30, ул. Попова, Екатеринбург, Россия, 620014;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 3, ул. Репина, Екатеринбург, Россия, 620028

Дана сравнительная оценка степени влияния комплекса канцерогеноопасных условий труда основных этапов пирометаллургического производства меди на показатели смертности рабочих от злокачественных новообразований (ЗН). Установлено, что обогащение медьсодержащего сырья, получение черновой меди способом отражательной плавки и огневое рафинирование меди представляют канцерогенную опасность для работающих. Выявлена прямая зависимость частоты ЗН у рабочих от профессиональной экспозиции к мышьяку. Результаты изучения смертности работающих от ЗН согласуются с данными оценки канцерогенных рисков (КР) на всех этапах металлургического производства меди. Исходя из результатов исследования, представляется обоснованным включение обогащения медьсодержащих руд в официальный перечень канцерогеноопасных производственных процессов.

Ключевые слова: смертность от злокачественных новообразований; канцерогенный риск; металлургическое производство меди; обогащение медьсодержащего сырья; отражательная плавка; огневое рафинирование меди; мышьяк

Для цитирования: Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Устюгова Т.С., Адамцева И.И., Самылкин А.А., Шмакова Е.Е. Сравнительная оценка смертности от злокачественных новообразований рабочих, за-

нятых на разных этапах пирометаллургического производства меди. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 11: 24–30. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-24-30>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vadim I. Adrianovskiy^{1,2}, Georgiy Ya. Lipatov^{1,2}, Yelena A. Kuz'mina¹, Natalya V. Zlygosteva¹, Tatyana S. Ustyugova¹, Irina I. Adamtseva¹, Aleksey A. Samylkin², Yekaterina Ye. Shmakova²

A COMPARATIVE ASSESSMENT OF CANCER-RELATED MORTALITY AMONG WORKERS EMPLOYED AT THE VARIOUS STAGES OF PYROMETALLURGICAL PRODUCTION OF COPPER

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Russian Federation, 30, Popova St., Yekaterinburg, Russian Federation, 620014;

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation, 3, Repina St., Yekaterinburg, Russian Federation, 620028

The authors present comparative evaluation of influence caused by complex of carcinogenic work conditions of main stages of copper pyrometallic production on cancer-related mortality of the workers. Findings are that raw copper enrichment, blister copper recovery through reverberative furnace melting and fire refining of blister copper are carcinogenic danger for the workers. Malignancies frequency in the workers appeared to directly depend on occupational exposure to arsenic. The results of the workers' cancer-related mortality correspond to data of carcinogenic risks evaluation at all stages of metallurgic production of copper. Given the study results, reasonable suggestion is to include raw copper enrichment into official list of occupational processes with carcinogenic danger.

Key words: cancer-related mortality; carcinogenic risk; metallurgic copper production; copper ore enrichment; reverberative furnace melting; copper fire refining; arsenic

For citation: Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina Y.A., Zlygosteva N.V., Ustyugova T.S., Adamtseva I.I., Samylkin A.A., Shmakova Y.Ye. A comparative assessment of cancer-related mortality among workers employed at the various stages of pyrometallurgical production of copper. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 11: 24–30. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-24-30>

Sponsorship: The study had no sponsorship.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Введение. На всех этапах пирометаллургического производства меди, от обогащения медьсодержащих руд до выпуска товарной продукции, работники отрасли подвергаются воздействию вредных производственных факторов, ряд которых обладает канцерогенным действием. В частности, плавка, конвертирование и огневое рафинирование меди характеризуются воздействием на работающих таких канцерогенных веществ, как бенз(а)пирен, мышьяк, никель, свинец, кадмий [1,2]. Результаты многочисленных исследований позволили включить медеплавильное производство (плавильный передел, конверторный передел, огневое и электролитическое рафинирование, переработка анодных шламов) в официальный перечень производственных процессов, представляющих канцерогенную опасность [3]. Однако как набор канцерогенов, так и величина экспозиции к канцерогенным факторам работающих на разных стадиях пирометаллургического производства меди существенно различаются [4–6].

Цель исследования — провести сравнительную оценку степени влияния комплекса канцерогеноопасных условий труда при обогащении медьсодержащего сырья, получении черновой меди способом отражательной плавки, а также огневом рафинировании меди на показатели смертности рабочих от ЗН.

Материал и методы. Проведен ряд исследований по эпидемиологическому изучению ретроспективным методом онкологической смертности рабочих обогатительной фабрики (ОФ) и металлургических цехов (МЦ) двух предприятий, одно из которых специализируется на получении черновой меди способом отражательной плавки, а на второе — на огневом рафинировании металла. Контролем служило население, проживающее в районах размещения изучаемых заводов. Для ОФ и МЦ, где осуществляется огневое рафинирование меди, период исследования составлял 30 лет (1976–2005 гг.), а на предприятии, использующем отражательную плавку, — 20 лет (1995–2014 гг.). Вычис-

лялись интенсивные показатели смертности на 100 тыс. чел. населения и работающих (повозрастные и общие, для мужчин и женщин). В изучаемых контингентах вычислялась так называемая «ожидаемая» смертность, представляющая собой смертность населения, стандартизованную по возрасту, причем за стандарт принималось возрастное распределение в изучаемом производстве. Кратность превышения наблюдаемых показателей смертности от ЗН над «ожидаемыми» определяла степень дополнительного риска, связанного с работой в изучаемых производствах, и позволяла ориентировочно оценить интенсивность влияния производственных канцерогенных факторов [7].

Полученные данные сопоставлялись с результатами расчета прогнозных значений профессиональных ингаляционных КР на изучаемых предприятиях. Вследствие преимущественной аэрогенной нагрузки канцерогенными веществами был проведен расчет ингаляционного КР, в основу которого взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду» (Р 2.1.10.1920–04) [9] и исследованиях А.В. Мельцера [10] и П.В. Серебрякова [11]. КР рассчитывался по уровням фактических среднесменных концентраций в воздухе рабочей зоны (ВРЗ) мышьяка, никеля, кадмия, свинца, хрома (VI) и бенз(а)пирена с учетом типичной экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 часов) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении (SFi, мг/(кг × день)⁻¹). КР оценивался от каждого из веществ и суммарный от их комбинации на 5, 10, 15, 20 и 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов приемлемым считался КР ≤ 1,0 × 10⁻³ (3-й диапазон).

Результаты исследований и их обсуждение. На ОФ процесс обогащения складывался из дробления и измельчения медьсодержащего сырья, флотации, сгущения, фильтрации и сушки медных концентратов. Основным вредным

фактором являлся аэрозоль дезинтеграции, наибольшее содержание которого в воздухе рабочей зоны отмечалось на этапах дробления и измельчения, составляя соответственно $3,9 \text{ мг/м}^3$ и $2,7 \text{ мг/м}^3$, и наименьшее — при сгущении и фильтрации ($0,5 \text{ мг/м}^3$ и $1,0 \text{ мг/м}^3$). Выделяющаяся в воздух дробильного отделения пыль имела в своем составе следующие канцерогенные вещества: мышьяк — $0,14\%$, свинец — $0,11\%$, никель — $0,001\%$, кадмий — $0,005\%$. По ходу процесса обогащения увеличивалось и процентное содержание в аэрозоле большинства канцерогенных веществ. Образующаяся при сушке пыль содержала: мышьяк — $0,18\%$, свинец — $1,1\%$, никель — $0,025\%$, кадмий — $0,013\%$. Напротив, удельный вес кремний диоксида кристаллического в пыли снижался с $23,4\%$ при дроблении до $15,9\%$ при сушке. Занятые в процессе сушки рабочие подвергались воздействию топочных газов, в составе которых присутствовал бенз(а)пирен. Из перечисленных веществ содержание в воздухе рабочей зоны мышьяка превышало ПДК_{сс} в 1,1–2,4 раза во всех отделениях ОФ, включая фильтровальное.

В технологических процессах обогащения были заняты рабочие следующих специальностей: дробильщик, грохотовщик, машинист мельниц, фильтровальщик, машинист насосных установок, сушильщик, транспортерщик и др. В этих специальностях и в целом по ОФ заняты свыше 60% мужчин и до 40% женщин. Кроме основного производства (получение медного концентрата) обслуживанием технологического оборудования на ОФ заняты рабочие ремонтных и вспомогательных профессий (слесарь-ремонтник, электрогазосварщик, электромонтер и др.).

Интенсивные показатели смертности рабочих-мужчин, занятых на ОФ, по всем локализациям, вместе взятым, составили $519,64 \pm 80,94$, а у мужчин, относящихся к населению, — $127,25 \pm 5,19$ на 100 тыс. Таким образом, смертность среди рабочих превысила смертность мужского населения в 4,08 раза ($p < 0,05$). Особенно эти различия очевидны по ЗН органов дыхания, прежде всего раку легких, где они составили соответственно $177,44 \pm 47,38$ и $43,48 \pm 3,04$ на 100 тыс. ($p < 0,05$). Эта закономерность прослеживается и в отношении ЗН органов пищеварения, где интенсивные показатели смертности среди рабочих составили $202,79 \pm 50,64$, а среди мужского населения $48,99 \pm 3,22$, в т. ч. по раку желудка $126,74 \pm 40,05$ и $27,57 \pm 2,42$ и поджелудочной железы $63,37 \pm 28,33$ и $6,57 \pm 1,18$ на 100 тыс. соответственно ($p < 0,05$).

Умершие от рака легких работали во всех отделениях ОФ, с преобладанием дробильного (дробильщик, грохотовщик и бункеровщик) — 54% , остальные относились к профессии слесарь-ремонтник (46%).

Высокие уровни смертности от ЗН органов пищеварения, особенно желудка, подтверждают предположение о том, что, наряду с органами дыхания, желудок является органом-мишенью при воздействии производственной пыли, содержащей канцерогенные вещества [8].

Заслуживает внимания тот факт, что среди умерших от рака желудка большинство были заняты во вспомогательных профессиях (слесарь и электрогазосварщик сушильного отделения) — $81,8\%$. Лишь $9,2\%$ рабочих с диагнозом рака желудка работали машинистом мельниц в отделении измельчения и флотации. Среди умерших от рака поджелудочной железы $50,0\%$ также были представлены слесарями, занятыми в разных отделениях ОФ. Остальные умершие работали в отделении измельчения и флотации в профессиях машиниста питателя и растворщика реагентов.

Превышение интенсивных показателей смертности от рака по сравнению с контрольным населением отмечено и среди работающих женщин. В частности, смертность

от ЗН всех локализаций, вместе взятых, среди работниц превысила смертность женского населения в 3,06 раза: $260,00 \pm 72,02$ и $84,90 \pm 4,02$ на 100 тыс. соответственно ($p < 0,05$), а различия интенсивных показателей смертности от ЗН работниц ОФ и женского населения отмечены по большинству локализаций. Среди умерших от рака желудка $50,0\%$ женщин занято в профессии машиниста конвейера, а оставшиеся — дозировщика реагентов отделения измельчения и флотации. Умершие от ЗН толстого кишечника (рак ободочного кишечника, сигмовидной и прямой кишки) работали в профессиях транспортерщика, флотатора, газорезчика и электромонтера.

На ОФ у мужчин превышение наблюдаемых показателей смертности над «ожидаемыми» отмечено как по всем локализациям, вместе взятым (3,43 раза), так и по отдельным нозологическим группам ЗН (табл. 1). В частности, по раку органов дыхания это превышение составило 3,76 раза (в т. ч. ЗН трахеи, бронхов, легких — 3,39 раза), пищеварения — 3,47 раза (в т. ч. желудка — 3,84 раза, поджелудочной железы — 8,04 раза) ($p < 0,05$). Среди женщин превышение наблюдаемых показателей смертности над «ожидаемыми» по всем локализациям, вместе взятым, составило 2,76 раза ($p < 0,05$).

Прогнозные значения профессиональных ингаляционных КР, рассчитанные на 25-летний стаж работы, для большинства профессий ОФ находились в пределах от $2,0 \times 10^{-2}$ до $4,4 \times 10^{-2}$, т. е. превышали верхнюю границу приемлемого уровня КР ($1,0 \times 10^{-3}$). Значительный КР выявлен в дробильном отделении на рабочем месте бункеровщика ($1,3 \times 10^{-1}$). Ведущий вклад в показатели риска вносили неорганические соединения мышьяка (до $75,0\%$).

Технологическая схема получения черновой меди в МЦ, использующем отражательную плавку, включает операции по подготовке шихты, ее обжигу в механических многопоровых печах, плавку огарка в отражательных печах, конвертирование штейна в горизонтальных конвертерах с последующим розливом черновой меди в слитки.

На этапе получения черновой меди наиболее характерными вредными факторами являлись пыль и диоксид серы. Основными источниками пыли в МЦ служили тракт шихтоподачи, транспортеры, места пересыпки или загрузки шихты, огарка, штейновые и шлаковые желоба. При отражательной плавке средние концентрации пыли в воздухе плавильного и конвертерного переделов составляли $6,8$ и $14,4 \text{ мг/м}^3$ соответственно. В кабинах мостовых кранов они достигали $24,2 \text{ мг/м}^3$. Пыль шихты плавильного отделения содержала $0,4\text{--}0,7\%$ мышьяка, $1,5\text{--}2,5\%$ свинца, $0,03\text{--}0,04\%$ никеля и до $0,01\%$ кадмия. В составе пыли конвертерного отделения присутствовали $0,3\text{--}0,9\%$ мышьяка, $0,7\text{--}0,9\%$ свинца, $0,05\text{--}0,10\%$ никеля, до $0,01\%$ кадмия.

Из всех канцерогенных веществ существенные концентрации мышьяка, превышающие ПДК_{сс} в 3,5 раза, обнаруживались в воздухе рабочей зоны плавильного отделения. Снижение в медном штейне количества мышьяка привело к тому, что при конвертировании его содержание в воздухе не превышало ПДК_{сс}.

Диоксид серы выделялся в рабочую зону вместе с печными газами через неплотности в сводах печей, с поверхностей выпускаемого, а также находящегося в ковшах штейна и шлака. В конвертерном отделении загрязнение воздуха диоксидом серы сопровождало весь цикл конвертирования, достигая максимума в период вывода конвертера из-под напыльников. В плавильном и конвертерном отделениях концентрации диоксида серы составляли $27,8\text{--}178,1 \text{ мг/м}^3$ (ПДК_{м.р.} $10,0 \text{ мг/м}^3$).

Таблица 1
 Отношение наблюдаемых показателей смертности от ЗН к ожидаемым мужчин и женщин, занятых в обогащении медьсодержащего сырья (на 100 тыс.)
 Ratio of observed cancer-related mortality parameters to expected for males and females, engaged into raw copper enrichment (per 100,000)

Локализация новообразований	Мужчины			Женщины		
	Наблюдаемые	Ожидаемые	Кратность отношения наблюдаемых показателей к ожидаемым	Наблюдаемые	Ожидаемые	Кратность отношения наблюдаемых показателей к ожидаемым
Полость рта и глотки	–	4,81±1,01	–	–	0,48±0,48	–
Органы дыхания, в т.ч.:	215,46±50,64	57,25±3,48	3,76 *	20,00±20,00	4,93±0,97	4,06
– полость носа и гортань	38,02±21,95	3,90±0,91	9,75	–	–	–
– трахея, бронхи, легкие	177,44±47,38	52,28±3,33	3,39 *	20,00±20,00	4,76±0,95	4,20
– плевра и средостение	–	1,08±0,49	–	–	0,17±0,17	–
Органы пищеварения и брюшины, в т.ч.:	202,79±50,64	58,48±3,52	3,47 *	120,00±48,96	32,06±2,47	3,74
– пищевода	–	2,80±0,77	–	–	0,35±0,35	–
– желудок	126,74±40,05	32,98±2,64	3,84 *	40,00±28,28	14,97±1,69	2,67
– кишечник	–	7,91±1,29	–	80,00±39,98	9,93±1,37	8,06
– печень	12,68±12,67	4,86±1,01	2,61	–	2,07±0,63	–
– поджелудочная железа	63,37±28,33	7,88±1,29	8,04 *	–	3,17±0,78	–
– прочие	–	2,05±0,66	–	–	1,57±0,55	–
Ко стно–мышечная система, соединительная ткань, молочная железа, в т.ч.:	12,68±12,67	5,18±1,05	2,44	60,00±34,63	20,94±2,00	2,86
– молочная железа	–	–	–	60,00±34,63	17,96±1,85	3,34
– кожа	12,68±12,67	1,23±0,51	10,31	–	1,27±0,49	–
– кости и соединительная ткань	–	3,95±0,91	–	–	1,71±0,57	–
Мочеполовые органы, в т.ч.:	38,02±21,95	11,74±1,58	3,24	40,00±28,28	22,58±2,07	1,77
– половые органы	–	2,84±0,77	–	40,00±28,28	21,05±2,00	1,90
– мочевыделительные органы	38,02±21,95	8,90±1,37	4,27	–	1,53±0,54	–
Лимфатическая и кровеносная система	38,02±21,95	6,62±1,18	5,74	–	6,23±1,09	–
Прочие	12,67±12,67	7,29±1,24	1,74	20,00±20,00	6,95±1,15	2,88
Всего	519,64±80,94	151,37±5,66	3,43 *	260,00±72,02	94,17±4,23	2,76 *

Примечание: * — разность наблюдаемых показателей с ожидаемыми статистически значима ($p < 0,05$).

Таблица 2

Отношение наблюдаемых показателей смертности от ЗН к ожидаемым мужчинам и женщин, занятых в получении черновой меди (на 100 тыс.)
Ratio of observed cancer-related mortality parameters to expected for males and females, engaged into blister copper recovery (per 100,000)

Локализация новообразований	Мужчины			Женщины		
	Наблюдаемые	Ожидаемые	Кратность отношений наблюдаемых показателей к «ожидаемым»	Наблюдаемые	Ожидаемые	Кратность отношений наблюдаемых показателей к ожидаемым
Полость рта и глотки	9,81±4,39	7,99±2,32	1,23	–	0,48±0,30	–
Органы дыхания, в т.ч.:	90,27±13,3	37,33±5,01	2,42 *	–	5,02±0,98	–
– полость носа и гортань	9,81±4,39	3,69±1,58	2,56	–	–	–
– трахея, бронхи, легкие	78,49±12,41	32,42±4,67	2,42	–	4,84±0,96	–
– плевра и средостение	1,96±1,96	1,22±0,91	1,61	–	0,18±0,18	–
Органы пищеварения и брюшины, в т.ч.:	56,91±10,56	39,6±5,16	1,43	92,17±46,80	32,63±2,49	2,32
– пищевода	3,92±2,77	1,22±0,91	3,21	23,05±23,04	0,36±0,26	64,03
– желудка	13,74±5,19	16,88±3,37	0,31	–	15,23±1,70	–
– кишечник	7,85±3,92	8,77±2,43	0,89	23,04±23,04	10,09±1,39	22,83
– поджелудочная железа	9,81±4,39	3,69±1,58	2,56	46,08±32,58	3,25±0,79	14,18
– печень	7,85±3,92	4,29±1,7	1,33	–	2,12±0,63	–
– прочие	13,74±5,19	4,79±1,8	2,37	–	1,58±0,55	–
Костно-мышечная система, соединительная ткань, молочная железа, в т.ч.:	3,92±2,77	2,15±1,2	1,32	69,12±39,89	21,27±2,01	3,25
– молочная железа	–	–	–	69,12±39,89	18,29±1,86	3,78
– кожа	–	1,54±1,02	–	–	1,27±0,49	–
– кости и соединительная ткань	3,92±2,77	0,61±0,64	6,43	–	1,71±0,57	–
Мочеполовые органы, в т.ч.:	17,66±5,89	6,38±2,07	2,77	115,21±51,49	23,03±2,09	5,00
– половые органы	1,96±1,96	0,55±0,61	3,56	115,21±51,49	21,46±2,02	5,37
– мочевыделительные органы	15,7±5,55	5,83±1,98	2,59	–	1,57±0,55	–
Лимфатическая и кровеносная система	9,81±4,39	7,29±2,22	1,35	–	6,27±1,09	–
Прочие	5,89±3,4	6,87±2,15	0,36	23,04±23,04	7,02±1,16	3,28
Всего	194,27±19,51	107,62±8,51	1,80 *	299,54±82,95	95,72±4,27	3,13 *

Примечание: * — разность наблюдаемых показателей с ожидаемыми статистически значима ($p < 0,05$).

Таблица 3

Отношение наблюдаемых показателей смертности от ЗН к ожидаемым мужчин и женщин, занятых в огневом рафинировании меди (на 100 тыс.)
Ratio of observed cancer-related mortality parameters to expected for males and females, engaged into fire refining of blister copper (per 100,000)

Локализация новообразований	Мужчины			Женщины		
	Наблюдае- мые	Ожидаете- мые	Кратность отношений наблюдае- мых показателей к ожидаемым	Наблюдаемые	Ожидаете- мые	Кратность отношений наблюдае- мых показателей к ожидаемым
Полость рта и глотки	13,47±13,47	3,11±0,90	4,33	–	0,63±0,37	–
Органы дыхания, в т.ч.:	202,10±52,13	41,98±3,30	4,31 *	–	7,41±1,31	–
– полость носа и гортань	13,47±13,47	5,47 ±1,19	2,46	–	1,10±0,50	–
– трахея, бронхи, легкие	188,63±50,36	36,33±3,07	5,19 *	–	5,63±1,14	–
– плевра и средостение	–	0,18±0,18	–	–	0,68±0,40	–
Органы пищеварения и брюшины, в т.ч.:	94,31±35,63	39,45±3,20	2,39	90,58±64,02	34,16±2,81	2,65
– пищевода	–	2,55±0,82	–	–	1,23±0,53	–
– желудка	53,89±26,94	19,34±2,24	2,79	45,29±45,28	14,03±1,80	3,23
– кишечник	40,42±23,33	8,69±1,50	4,55	45,29±45,28	11,49±1,63	3,94
– поджелудочная железа	–	4,99±1,14	–	–	3,75±0,93	–
– печень	–	2,81±0,85	–	–	2,76±0,80	–
– прочие	–	1,07±0,53	–	–	0,90±0,45	–
Костно-мышечная система, соединительная ткань, молочная железа, в т.ч.:	–	3,81±1,0	–	90,58±64,02	24,79±2,39	3,65
– молочная железа	–	–	–	90,58±64,02	19,87±2,14	4,56
– кожа	–	0,74±0,44	–	–	2,27±0,72	–
– кости и соединительная ткань	–	3,07±0,89	–	–	2,65±0,78	–
Мочеполовые органы, в т.ч.:	26,95±19,05	7,92±1,44	3,40	90,58±64,02	16,52±1,95	5,48
– половые органы	–	2,25±0,76	–	90,58±64,02	15,28±1,88	5,93
– мочевыделительные органы	26,95±19,05	5,67±1,22	4,75	–	1,24±0,53	–
Лимфатическая и кровеносная система	26,95±19,05	7,02±1,35	3,84	–	4,12±0,97	–
Прочие	53,90±26,94	6,23±1,27	8,55	–	7,68±1,33	–
Всего	417,68±74,86	109,52±5,34	3,81 *	271,74 ±110,78	95,31±4,69	2,85

Примечание: * — разность наблюдаемых показателей с ожидаемыми статистически значима ($p<0,05$).

В технологических процессах получения черновой меди заняты в основном мужчины: обжигальщики, загрузчики шихты, плавильщики, конвертерщики, разливыщики и др. В профессиях шихтовщика, машинистов крана, котлов, газодувных машин, насосных установок работали преимущественно женщины. Кроме основного производства (подготовительные операции, обжиг шихты, плавка и конвертирование), обслуживанием технологического оборудования в МЦ заняты слесари-ремонтники, электрогазосварщики, электромонтеры и др.

Интенсивный показатель смертности от ЗН мужчин МЦ по раку органов дыхания составил $110,26 \pm 33,29$ против $40,39 \pm 5,21$ на 100 тыс. среди мужского населения ($p < 0,05$). Аналогичная картина наблюдалась и по раку легких: $80,19 \pm 28,34$ и $35,68 \pm 4,9$ на 100 тыс. соответственно, что в 2,2 раза выше чем в контроле ($p < 0,05$).

Среди женщин-работниц МЦ смертность от ЗН всех локализаций, вместе взятых, превысила показатель для женского населения в 3,5 раза, составив соответственно $299,54 \pm 82,95$ и $84,90 \pm 4,02$ на 100 тыс. ($p < 0,05$). Помимо этого у работниц МЦ выявлена повышенная смертность от ЗН желудочно-кишечного тракта, молочной железы, мочеполовой системы.

Расчет «ожидаемых» показателей смертности от ЗН и сравнение их с наблюдаемыми, подтвердили выводы о повышенной смертности мужчин от рака органов дыхания ($p < 0,05$), в т. ч. легких, а женщин — от большинства опухолей органов пищеварения под воздействием канцерогенных факторов производства (табл. 2).

Расчет профессиональных ингаляционных КР показал, что в МЦ при 25-летнем стаже работы для всех профессий суммарный КР относился к неприемлемому диапазону ($> 1,0 \times 10^{-3}$), при этом для большинства оцененных профессий неприемлемые КР формировались уже при 5-летнем стаже работы. Вклад в показатели КР вносили мышьяк ($40,5-77,3\%$), хром (VI) ($15,2-56,0\%$) и кадмий ($2,6-6,4\%$).

Осуществляемое в медеплавильном цехе (МПЦ) огневое рафинирование меди характеризовалось значительно меньшим загрязнением воздуха рабочей зоны аэрозолями. Концентрации пыли на рабочих местах плавильщика и разливыщика составляли 5,1 и 3,3 мг/м³ соответственно. В составе пыли присутствовали 0,87–1,0% свинца, 0,11–0,25% кадмия, 0,05–0,1% никеля и 0,02–0,07% мышьяка. Высокий удельный вес свинца в пыли обусловил превышение ПДК_{св} свинца в 1,3 раза. Содержание диоксида серы в воздухе рабочей зоны плавильщика и разливыщика не превышало ПДК_{м.р.л} достигая 8,6 мг/м³.

Мужчины МПЦ были заняты в профессиях шихтовщика, прессовщика лома и цветных металлов, загрузчика шихты, плавильщика, разливыщика, оператора пылегазоулавливающих установок и др. Большинство женщин МПЦ работали в профессии крановщика.

Среди рабочих огневого рафинирования меди статистически значимое превышение интенсивных показателей смертности от ЗН над населением отмечено по опухолям органов дыхания ($202,10 \pm 52,13$ и $47,13 \pm 3,50$ на 100 тыс. соответственно), в т. ч. по раку легких ($188,63 \pm 50,36$ и $41,14 \pm 3,27$ на 100 тыс. соответственно). Наибольшая разница с контролем наблюдалась в возрастной группе 50–59 лет: $1520,09 \pm 403,16$ и $204,21 \pm 17,43$ на 100 тыс. соответственно. Смертность от ЗН всех локализаций, вместе взятых, среди рабочих МПЦ превысила смертность мужского населения в 3,5 раза: $417,68 \pm 74,86$ и $115,88 \pm 5,49$ на 100 тыс. соответственно ($p < 0,05$).

Среди женщин-работниц, занятых в огневом рафинировании меди, интенсивный показатель смертности от ЗН всех локализаций, вместе взятых, был $271,74 \pm 110,78$ на 100 тыс. и не имел статистической значимости разницы с контролем ($78,25 \pm 4,25$ на 100 тыс.). Следует отметить, что когорта женщин МПЦ предприятия по производству рафинированной меди была почти в 2 раза меньше, чем в МЦ завода, производящего черновую медь.

Из таблицы 3 видно, что наибольшая кратность превышения наблюдаемой смертности над «ожидаемой» отмечена среди мужчин МПЦ комбината по производству рафинированной меди: 3,81 раза по всем локализациям, вместе взятым, в т. ч. 5,19 раза по раку легких ($p < 0,05$). Среди женщин МПЦ превышение наблюдаемых показателей смертности над «ожидаемыми» выявлено по большинству локализаций, но без статистической значимости.

По сравнению с начальными этапами получения черновой меди, при огневом рафинировании металла концентрации пыли в воздухе рабочей зоны снижались, а содержание в ней свинца, и особенно кадмия и никеля, возрастало. Вклад в КР неорганических соединений мышьяка составил 56,5%, кадмия — 21,7%, никеля — 11,7%, бенз(а)пирена — 0,002%. Несколько выше среднего по цеху ($4,6 \times 10^{-3}$) был КР машиниста посадочного крана ($1,05 \times 10^{-2}$) и электрогазосварщика ($1,1 \times 10^{-2}$). Помимо мышьяка, кадмия, свинца и никеля, КР у электрогазосварщика формируется также за счет экспозиции к хрому (VI), вклад которого в КР достигал 55,8%.

На всех этапах пирометаллургического получения меди, включая сушку концентрата, плавку на штейн, конвертирование, огневое рафинирование меди, вклад в КР бенз(а)пирена не превышал 0,002%.

Повозрастной анализ онкологической смертности выявил единую для всех предприятий динамику показателей — рост частоты случаев рака с увеличением возраста умерших. Возраст, в котором работающие умирали от ЗН, составляла в основном 50–59 лет ($80,5\%$ для мужчин и $69,2\%$ — для женщин), однако для ряда локализаций рака (желудок, кишечник, поджелудочная железа, молочная железа, мужские и женские половые органы) он был моложе ($40-49$ лет для мужчин и $30-39$ лет — женщин).

Обсуждение. Ретроспективный анализ онкологической смертности рабочих, занятых на разных этапах пирометаллургического производства меди, выявил достоверное увеличение ЗН с преимущественной локализацией в органах дыхания и пищеварения, взаимосвязанных с воздействием неорганических соединений мышьяка, кадмия, никеля и свинца, канцерогенное действие которых потенцируется диоксидом серы. Обнаружена достоверно выраженная зависимость между уровнями КР и показателями онкологической смертности работающих как мужчин, так и женщин, занятых на предприятиях металлургии меди. Существенной разницы между уровнями смертности от рака женщин-работниц, занятых в обогащении медьсодержащего сырья, получении черновой меди и огневом рафинировании металла, не выявлено. Данные, представленные в исследовании, делают актуальными дальнейшие исследования эпидемиологии ЗН в медной промышленности.

Выводы:

1. Основные технологические процессы в пирометаллургии меди (обогащение медьсодержащего сырья, получение черновой меди и огневое рафинирование) представляют канцерогенную опасность для работающих.

2. Существует прямая зависимость частоты ЗН рабочих от профессиональной экспозиции к мышьяку и запыленности воздуха рабочей зоны.

3. Женщины-работницы МЦ испытывают канцерогенную нагрузку как при обогащении медьсодержащего сырья, так и получении черновой и рафинированной меди.

4. Представляется обоснованным включение обогащения медьсодержащих руд в официальный перечень канцерогенно-опасных производственных процессов.

5. Эпидемиологический метод исследований может быть использован для изучения распространенности ЗН среди работающего населения, выявления факторов, влияющих на их частоту, а также разработки на основе полученных данных путей профилактики опухолей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Нарицына Ю.Н. Некоторые результаты изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности рабочих, занятых в огневом рафинировании меди. *Фундаментальные исследования*. 2010; 2: 14–8.
2. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Лестев М.П. Гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны в современном производстве черновой меди. *Фундаментальные исследования*. 2012; 7: 16–20.
3. СанПиН 1.2.323–08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности». М.: Минздрав России; 2014.
4. Адриановский В.И., Гилева Ю.М., Липатов Г.Я., Поплавских С.Ю. К вопросу оценки условий труда рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд. *Международный ж-л прикладных и фундаментальных исследований*. 2010; 12: 30–1.
5. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля. *Гигиена и сан.* 2015; 2: 64–7.
6. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Зибзеева Н.В., Кузьмина Е.А. Результаты изучения пылевого фактора в пирометаллургии меди. *Гигиена и сан.* 2016; 4: 347–50.
7. Методические указания по ретроспективному изучению смертности от злокачественных новообразований в связи с возможным действием производственных факторов. Свердловск: НИИ Гигиены труда и профзаболеваний; 1980.
8. Жуматов Ж.К. Комплексное обследование бронхолегочного аппарата у рабочих — плавильщиков меди. *Здравоохранение Казахстана*. 1987; 4: 12–4.
9. 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.
10. Мельцер А.В., Киселев А.В. Hygienic substantiation of the combined model of occupational risk assessment. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; 4: 1–5.
11. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Запорожья. *Гигиена и сан.* 2012; 5: 95–8.

REFERENCES

1. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Naritsyna Yu. N. Some results of temporary disability morbidity's investigation of the workers involved in the copper fire refining. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2010; 2: 14–8 (in Russian).
2. Adrianovskiy V.I., Lipatov G. Ya., Lestev M.P. Hygienic characteristics of occupational air in the modern copper blister production. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; 7: 16–20 (in Russian).
3. SanPiN 1.2.323–08 «Carcinogenic factors and basic demands on cancer risk prevention». М.: Minzdrav Rossii; 2014 (in Russian).

4. Adrianovskiy V.I., Gilyova Yu. M., Lipatov G. Ya., Poplavskikh S. Yu. On assessment of working conditions for workers involved in copper-ore concentration. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*. 2010; 12: 30–1 (in Russian).

5. Lipatov G. Ya., Adrianovskiy V.I., Gogoleva O.I. Chemical air pollution as a factor for professional risk of basic profession workers in the copper and nickel metallurgy. *Gigiyena i san.* 2015; 2: 64–7 (in Russian).

6. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Zebzeeva N.V., Kuz'mina Ye.A. Results of a dust factor study in copper pyrometallurgy. *Gigiyena i san.* 2016; 4: 347–50 (in Russian).

7. Guidelines for a retrospective study of cancer-related mortality in association with potential impact of occupation factors. Sverdlovsk: NII Gigiyeny truda i profzabolevaniy; 1980. (in Russian).

8. Zhumatov Zh.K. Complex examination of bronchopulmonary apparatus in workers, the copper smelters. *Zdravookhranenie Kazakhstana*. 1987; 4: 12–4 (in Russian).

9. A guideline on public health risk assessment in exposure to chemical environmental pollutants: R 2.1.10.1920–04. М.: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ey i blagopoluchiya cheloveka; 2004 (in Russian).

10. Mel'tser A.V., Kiselyov A.V. Hygienic basis for combined models assessing occupational risks. *Med. truda i prom. ekol.* 2009; 4: 1–5 (in Russian).

11. Serebryakov P.V. Using the evaluation of carcinogenic risk in the mining and metallurgical enterprises of the Arctic. *Gigiyena i san.* 2012; 5: 95–8 (in Russian).

Поступила 28.09.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Адриановский Вадим Иннович (Vadim I. Adrianovskiy), ст. науч. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора, ФГБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России, канд. мед. наук, доц. E-mail: adrianovsky@k66.ru. <http://orcid.org/0000-0001-7754-8910>
- Липатов Георгий Яковлевич (Georgiy Ya. Lipatov), д-р мед. наук, проф., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора, ФГБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России. E-mail: Lipatovg@ymrc.ru. <http://orcid.org/0000-0002-6982-7933>
- Кузьмина Елена Анатольевна (Yelena A. Kuz'mina), вед. научн. сотр., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: risk@ymrc.ru. <http://orcid.org/0000-0002-0723-8674>
- Злыгостева Наталья Викторовна (Natalya V. Zlygosteva), мл. науч. сотр. ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора. E-mail: KirakiraZN@gmail.ru.
- Устюгова Татьяна Сергеевна (Tatyana S. Ustyugova), зауч. сотр., зав. отд. планирования и внедрения НИР ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора. E-mail: ustyugova@ymrc.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7342-6510>
- Адамцева Ирина Игоревна (Irina I. Adamtseva), науч. сотр. ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора. E-mail: Oranskaya@ymrc.ru. <http://orcid.org/0000-0002-6669-1874>
- Самылкин Алексей Анатольевич (Aleksey A. Samylkin), канд. мед. наук, доц., ФГБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России. E-mail: isaeva20a@yandex.ru.
- Шмакова Екатерина Евгеньевна (Yekaterina Ye. Shmakova), асс. каф. гиг. и профессиональных болезней ФГБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России. E-mail: isaeva20a@yandex.ru.