

© Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., 2018

УДК 61:613.632.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ В ПИРОМЕТАЛЛУРГИИ МЕДИ

В.И. Адриановский^{1,2}, Г.Я. Липатов^{1,2}, Е.А. Кузьмина², Н.В. Злыгостева²

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Россия

²ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Россия

Проведена гигиеническая оценка вклада химических факторов производственной среды в формирование канцерогенного риска рабочих, занятых в отражательной и шахтной плавке медьсодержащих руд, по сравнению с автогенными процессами. Показано, что при плавке меди основным фактором, формирующим канцерогенный риск, являются неорганические соединения мышьяка. Наибольшие прогнозные значения канцерогенного риска для аналогичных профессий металлургических цехов наблюдаются при отражательной и шахтной плавке, в отличие от плавки в «жидкой ванне», что обусловлено различием в используемом оборудовании. Основным мероприятием по снижению канцерогенной опасности при получении черновой меди должно стать техническое перевооружение плавильных цехов с внедрением автогенных процессов.

Ключевые слова: канцерогенный риск, получение черновой меди, отражательная плавка, шахтная печь, плавка в «жидкой ванне», мышьяк, шестивалентный хром, кадмий, свинец, бенз(а)пирен.

Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V. **□ USING THE METHODOLOGY OF CARCINOGENIC RISKS ASSESSMENT IN COPPER PYROMETALLURGY □** Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Repina Str., Ekaterinburg, 620028, Russia; Ekaterinburg Medical Research Center for Prevention and Health Promotion of Industrial Workers of Rospotrebnadzor, 30 Popova Str., Ekaterinburg, 620014, Russia.

We conducted a hygienic assessment of the chemical factors contribution of the production environment to the formation of carcinogenic risk of workers employed in the reverberatory and blast smelting of copper-containing ores, compared with autogenous processes. Inorganic arsenic compounds have been shown to be a major factor forming a carcinogenic risk in copper smelting. The greatest prognostic values of carcinogenic risk for similar professions of metallurgical shops are observed during reverberatory and blast smelting, rather than during bath smelting due to the difference in the equipment used. The main measure to reduce the carcinogenic risk of blister copper production should be the technical reequipment of smelters with the introduction of autogenous processes.

Key words: carcinogenic risk; production of blister copper; reverberatory smelting; shaft furnace; bath smelting; arsenic; hexavalent chromium; cadmium; lead; benzo(a)pyrene.

В настоящее время в медицине труда внедряются технологии оценки профессиональных рисков. Однако существующие методологические проблемы, связанные с расчетом прогнозных значений канцерогенных рисков, критерии которых не утверждены в установленном порядке, препятствуют широкому внедрению технологий оценки профессиональных канцерогенных рисков [6]. Между тем, использование указанных технологий в медицине труда дает возможность формировать группы риска, обосновывать профилактические мероприятия по снижению канцерогенной опасности производств и оптимизировать экспертизу профессиональных злокачественных новообразований [6, 17, 18].

В рамках реализации системного подхода по оценке и управлению канцерогенным риском для здоровья населения в Свердловской области проводятся исследования по идентификации опасности и оценке канцерогенных рисков работающих, занятых на приоритетных канцерогеноопасных субъектах хозяйственной деятельности [1, 3, 6, 7, 9]. В частности, экспозиция неорганических соединений мышьяка, кадмия, свинца, никеля и бенз(а)пирена на работающих, занятых на предприятиях металлур-

гии меди, делает актуальной задачу оценки канцерогенной опасности в данной отрасли цветной металлургии [4, 8]. Результаты эпидемиологических исследований по установлению дополнительного риска смертности от злокачественных новообразований у работающих, занятых в основных производствах металлургии меди, свидетельствуют о канцерогенной опасности получения черновой меди (плавка на штейн и конвертирование) [10, 15]. Однако концентрации канцерогенных веществ в воздухе металлургических цехов, использующих разные технологии плавки, могут существенно различаться [2, 4, 11].

В последние десятилетия на предприятиях металлургии меди внедряются новые прогрессивные способы переработки рудного сырья. Так, в получении черновой меди внедрена «плавка А.В. Ванюкова» – принципиально новая технология, основанная на автогенном процессе, протекающем непосредственно в слое расплава («жидкой ванне») при перемешивании шлака с извлекающей фазой [5]. Техническое перевооружение медеплавильных заводов обусловило необходимость комплексной гигиенической оценки новых технологических реше-

ний и оборудования. Представляло интерес дать оценку канцерогенных рисков для рабочих, занятых в получении черновой меди в печах А.В. Ванюкова, в сравнении с традиционными способами получения металла.

Цель исследования – оценка профессиональных канцерогенных рисков для работающих, занятых в цехах с шахтной и отражательной плавкой медьсодержащих руд в сравнении с одним из современных способов получения черновой меди – автогенной плавкой.

Материалы и методы. На первом этапе исследования проведена идентификация канцерогенной опасности предприятий, в металлургических цехах которых используются три способа получения черновой меди: отражательная плавка (ОП), шахтная плавка (ШП) и плавка в «жидкой ванне» (ПЖВ), относящаяся к более передовым процессам – автогенным. Идентификация канцерогенных факторов осуществлялась на основе экспертизы исходных данных санитарно-гигиенических паспортов. Были определены приоритетные канцерогенные факторы в воздухе рабочей зоны и сформирован банк данных (концентраций) для дальнейшей оценки профессионального канцерогенного риска здоровью. Определение класса условий труда по показателям вредности и опасности факторов рабочей среды и трудового процесса проводилось согласно нормативному документу [13].

На втором этапе исследования проведена оценка канцерогенных рисков (КР) для работающих, занятых в плавильных цехах трех изучаемых предприятий. В основу расчета ингаляционного КР взяты подходы, изложенные в нормативном документе [14] и исследованиях отечественных [12, 16] и ряда зарубежных [19–21] авторов. Прогнозные значения КР рассчитывались для 5 идентичных профессий (загрузчик шихты, плавильщик, конвертерщик, разлищик цветных металлов, оператор пылегазоулавливающих установок) в металлургических цехах с учетом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, свинца, хрома шестивалентного, бериллия и бенз(а)пирена, типичной экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 часов) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении (SFi , $мг/(кг \times день)^{-1}$). Канцерогенный риск оценивался от каждого из веществ и суммарно от их комбинации при 25-летнем стаже работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считался $KP \geq 1,0 \times 10^{-3}$. При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска.

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

Результаты исследования. Результаты лабораторных исследований воздуха рабочей зоны в металлургическом цехе (МЦ) завода, где черновая медь получается методом ОП, показали, что среднесменные концентрации мышьяка

на рабочих местах загрузчика шихты, плавильщика, конвертерщика, разлищика цветных металлов и оператора пылегазоулавливающих установок превышали ПДК_{с.с.} ($0,01 \text{ мг/м}^3$) от 3 до 5 раз с наибольшими значениями для загрузчика шихты. Среднесменные концентрации хрома (VI), свинца, кадмия и бенз(а)пирена были ниже соответствующих ПДК_{с.с.}. В металлургическом цехе, использующем ОП, по химическому фактору (канцерогенные вещества) для всех 5 оцененных профессий условия труда соответствовали классу 3.2 (вредный 2-й степени).

В воздухе рабочей зоны МЦ завода, где осуществляется получение черновой меди методом ШП, среднесменные концентрации мышьяка на рабочих местах изучаемых профессий превышали ПДК_{с.с.} в 3,0 раза. У загрузчика шихты и плавильщика содержание свинца в воздухе превышало ПДК_{с.с.} ($0,05 \text{ мг/м}^3$) в 1,6 и 1,2 раза соответственно. Среднесменные концентрации кадмия и бенз(а)пирена были ниже ПДК_{с.с.} для всех изучаемых профессий. В металлургическом цехе с ШП условия труда всех оцениваемых профессий были отнесены к классу 3.3 (вредный 3-й степени).

В воздухе рабочей зоны аналогичных профессий МЦ, где осуществляется плавка в печах ПЖВ, среднесменные концентрации мышьяка, свинца, кадмия, бериллия и бенз(а)пирена на всех рабочих местах находились ниже ПДК. В металлургическом цехе с ПЖВ класс условий труда для всех профессий относился к 2-му (допустимому).

Расчет прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для всех оцениваемых профессий как МЦ с ОП, так и МЦ с ШП суммарный риск находился в неприемлемом для профессиональных групп диапазоне (более или равный $1,0 \times 10^{-3}$), составив в среднем среди оцененных профессий $2,9 \times 10^{-2}$ и $1,8 \times 10^{-2}$ соответственно. В металлургическом цехе с ПЖВ прогнозные значения КР также лежали в неприемлемом диапазоне ($5,2 \times 10^{-3}$), но оказались в 3,45 раза ниже, чем при ШП, и в 5,56 раза ниже чем при ОП. Примечательно, что прогнозные значения КР для плавильщика, занятого в получении черновой меди в МЦ с печами ПЖВ, практически совпадают с аналогичным показателем для плавильщика медеплавильного цеха, где осуществляется огневое рафинирование меди ($5,0 \times 10^{-3}$), характеризующееся значительно меньшей экспозицией канцерогеноопасных факторов производственной среды на работающих [11].

Во всех изучаемых цехах наибольшие значения КР достигнуты для загрузчика шихты, условия труда которого характеризуются воздействием высоких концентраций пыли в воздухе рабочей зоны, а наименьшие – для разлищика цветных металлов и сплавов (табл. 1).

Во всех исследуемых цехах максимальный вклад в КР вносили неорганические соединения мышьяка (67,8 % – в МЦ с ОП; 88,9 % – в МЦ с ШП и 96,2 % – в МЦ с ПЖВ).

Среди профессий МЦ, в котором используется отражательная плавка, значения предельного приемлемого стажа работы в контакте с

канцерогенными веществами находились в диапазоне от 0,65 до 1,09 лет. Несколько больше была продолжительность предельного стажа работы при шахтной плавке – от 1,38 до 1,56 лет. В металлургических цехах с ПЖВ величина предельного приемлемого стажа работы варьировала в пределах 3,13–6,41 лет (табл. 2).

Разница в предельно приемлемом стаже работы между плавильными отделениями с ПЖВ ($5,14 \pm 0,62$) лет) и ОП ($0,89 \pm 0,07$) лет), а также ПЖВ и ШП ($1,41 \pm 0,03$) лет) оказалась существенной ($p < 0,05$) и составила 5,77 и 3,64 соответственно, что доказательно свидетельствует о гигиеническом преимуществе автогенных процессов в пирометаллургии меди.

Выводы:

1. При всех существующих способах получения черновой меди КР, обусловленный экспозицией мышьяка, кадмия, свинца, хрома (VI),

бенз(а)пирена, находится в неприемлемом диапазоне даже при соответствии условий труда по химическому фактору допустимому классу.

2. В металлургических цехах наибольшие значения КР отмечались у профессий, условия труда которых характеризуются значительным воздействием пыли (загрузчик шихты).

3. Для большинства профессий, занятых в плавильных цехах, использующих шахтную и отражательную плавки, ингаляционные КР при 25-летнем стаже работы в 18,0 и 29,0 раз соответственно превышают приемлемый уровень, тогда как при плавке в «жидкой ванне» это превышение ниже и составляет 5,2 раза.

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать в целях снижения КР для работающих и увеличения приемлемого стажа работы замену отражательных и шахтных печей на печи с плавкой в «жидкой ванне».

Таблица 1. Прогнозные значения суммарного канцерогенного риска при 25-летнем стаже работы в металлургических цехах

Table 1. Predicted values of the total carcinogenic risk with 25 years of experience in metallurgical workshops

Профессия	Прогнозные значения суммарного канцерогенного риска		
	металлургический цех с ОП	металлургический цех с ШП	металлургический цех с ПЖВ
Загрузчик шихты	$3,8 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-3}$
Плавильщик	$2,9 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-3}$
Конвертерщик	$2,8 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Разливщик	$2,3 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Оператор пылегазоулавливающих установок	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-3}$
$M \pm m$	$0,0288 \pm 0,0025$	$0,0176 \pm 0,0004$	$0,0052 \pm 0,0008$

Таблица 2. Предельный приемлемый стаж работы в контакте с канцерогенными веществами для различных профессий в металлургических цехах

Table 2. Limit acceptable work experience in contact with carcinogenic substances for various professions in metallurgical shops

Профессия	Величины предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами, лет		
	металлургический цех с ОП	металлургический цех с ШП	металлургический цех с ПЖВ
Загрузчик шихты	0,65	1,38	3,13
Плавильщик	0,86	1,38	4,55
Конвертерщик	0,89	1,38	6,41
Разливщик	1,09	1,38	6,41
Оператор пылегазоулавливающих установок	0,96	1,56	5,20
$M \pm m$	$0,89 \pm 0,07$	$1,42 \pm 0,04$	$5,14 \pm 0,62$

ЛИТЕРАТУРА

(пп. 19–21 см. References)

1. 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). С. 1161–1166.
2. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Збзеева Н.В., Кузьмина Е.А. Результаты изучения пылевого фактора в пирометаллургии меди // Гигиена и санитария. 2016. № 4 (95). С. 347–350.
3. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Русских К.Ю., Шарипова Н.П., Бушуева Т.В., Рузаков В.О. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 98–105.
4. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Лестев М.П. Гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны в современном производстве черновой меди // Фундаментальные исследования. 2012. № 7. С. 16–20.
5. Ваников А.В., Мечев В.В. О расширении применения процесса плавки в жидкой ванне // Цветные металлы. 1987. № 3. С. 23–27.
6. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Кузьмина Е.А., Адриановский В.И., Кочнева Н.И. Системный подход к оценке и

- управлению канцерогенной опасностью субъектов хозяйственной деятельности на примере Свердловской области // Вестник уральской медицинской академической науки. 2015. № 2. С. 40–43.
7. Гурвич В.Б., Кузьмина Е.А., Адриановский В.И. Методические подходы к оценке канцерогенной опасности развития злокачественных новообразований, связанных с производственной деятельностью, в рамках санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 57.
8. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности: СанПиН 1.2.2353–08 (с изменениями на 22 декабря 2014 г.) (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21.04.2008 № 27). М.: Роспотребнадзор, 2016.
9. Кузьмина Е.А., Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Злыгостева Н.В., Русских К.Ю., Кочнева Н.И. Реализация системного подхода к оценке канцерогенной опасности на примере металлургии меди // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 10. С. 13–17.
10. Лестев М.П., Адриановский В.И. Результаты изучения онкологической смертности рабочих металлургических цехов в производстве меди // Санитарный врач. 2013. № 9. С. 64–66.
11. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих

- основных профессий в металлургии меди и никеля // Гигиена и санитария. 2015. № 2 (94). С. 64–67.
12. Мельнер А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 1–5.
 13. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Р 2.2.2006–05 (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 29.07.2005). М., 2005.
 14. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920–04 (утв. и введено в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 05.03.2004). М.: Роспотребнадзор, 2004.
 15. Русских К.Ю., Адриановский В.И., Кузьмина Е.А. Подходы к оценке канцерогенной опасности металлургического производства меди на основе изучения смертности и прогнозных значений риска // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 6. С. 9–12.
 16. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 95–98.
 17. Серебряков П.В. Подходы к оптимизации экспертизы профессиональных злокачественных новообразований // Вестник уральской медицинской академической науки. 2015. № 2. С. 80–83.
 18. Серебряков П.В., Рушкевич О.П. Вопросы экспертизы профессиональных злокачественных новообразований: материалы международного научного форума «Современные вопросы здоровья и безопасности на рабочем месте», Минск, Беларусь, 01–03 июня 2017 г. Минск: СООО Регистр, 2017. С. 238–247.

REFERENCES

1. Adrianovskiy V.I., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Boyarskii A.P., Lipatov G.Ya. O realizatsii sistemnogo podkhoda k otsenke i upravleniyu kantserogennymi riskami dlya rabochikh, zanyatykh v metallurgicheskikh tsekhakh [On the implementation of a systematic approach to the assessment and management of carcinogenic risks for workers employed in metallurgical shops]. *Gigiena i sanitariya*, 2017, no. 12 (96), pp. 1161–1166. (In Russ.)
2. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Zebzeeva N.V., Kuz'mina E.A. Rezul'taty izucheniya pylevogo faktora v pirometallurgii medi [Study results of the dust factor in copper pyrometallurgy]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, no. 4(95), pp. 347–350. (In Russ.)
3. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Yu., Sharipova N.P., Bushueva T.V., Ruzakov V.O. Otsenka professional'nogo kantserogennogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov predpriyatiya po polucheniyu chernovoi medi [Assessment of occupational carcinogenic risk to the employees health of the enterprise for obtaining blister copper]. *Analiz riska zdorov'ya*, 2017, no. 1, pp. 98–105. (In Russ.)
4. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Lestev M.P. Gigienicheskaya kharakteristika vozdukhа rabochei zony v sovremennom proizvodstve chernovoi medi [Hygienic characteristics of the air in the working area in the modern production of blister copper]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2012, no. 7, pp. 16–20. (In Russ.)
5. Vanyukov A.V., Mechev V.V. O rasshirenii primeneniya protsessа plavki v zhidkoi vanne [On the expansion of the melting process application in a liquid bath]. *Tsvetnye metally*, 1987, no. 3, pp. 23–27. (In Russ.)
6. Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Kuz'mina E.A., Adrianovskiy V.I., Kochneva N.I. Sistemnyi podkhod k otsenke i upravleniyu kantserogennoi opasnost'yu sub"ektiv khozyaistvennoi deyatel'nosti na primere Sverdlovskoi oblasti [Systematic approach to the assessment and management of carcinogenic hazard of business entities on the example of Sverdlovsk region]. *Vestnik ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2 (53), pp. 40–43. (In Russ.)
7. Gurvich V.B., Kuz'mina E.A., Adrianovskiy V.I. Metodicheskie podkhody k otsenke kantserogennoi opasnosti razvitiya zlokachestvennykh novoobrazovaniy, svyazannykh s proizvodstvennoi deyatel'nost'yu, v ramkakh sanitarno-gigienicheskoi passportizatsii kantserogenoопасnykh predpriyatii [Methodological approaches to the carcinogenic risk assessment of the malignant neoplasms development associated with industrial activity, in the framework of the sanitary and hygienic certification of carcinogenic enterprises]. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 9, p. 57. (In Russ.)
8. Kantserogennye faktory i osnovnye trebovaniya k profilaktike kantserogennoi opasnosti: SanPiN 1.2.2353–08 (s izmeneniyami na 22 dekabrya 2014 goda) [Carcinogenic factors and basic requirements for the prevention of carcinogenic hazards: SanPiN 1.2.2353–08 (as amended on December 22, 2014)]. Utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii ot 21.04.2008 no. 27). Moscow: Rosspotrebнадзор, 2016.
9. Kuz'mina E.A., Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Yu., Kochneva N.I. Realizatsiya sistemnogo podkhoda k otsenke kantserogennoi opasnosti na primere metallurgii medi [Implementation of a systematic approach to the assessment of carcinogenic risk on the example of copper metallurgy]. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no. 10, pp. 13–17. (In Russ.)
10. Lestev M.P., Adrianovskiy V.I. Rezul'taty izucheniya onkologicheskoi smertnosti rabochikh metallurgicheskikh tsekhov v proizvodstve medi [Study results of workers oncological mortality in metallurgical plants in the production of copper]. *Sanitarnyi vrach*, 2013, no. 9, pp. 64–66. (In Russ.)
11. Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I., Gogoleva O.I. Khimicheskie faktory professional'nogo riska u rabochikh osnovnykh professii v metallurgii medi i nikelya [Chemical occupational risk factors for workers in the main occupations in the metallurgy of copper and nickel]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, no. 2 (94), pp. 64–67. (In Russ.)
12. Mel'tser A.V., Kiselev A.V. Gigenicheskoe obosnovanie kombinirovannykh modelei otsenki professional'nogo riska [Hygienic justification of combined occupational risk assessment models]. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2009, no. 4, pp. 1–5. (In Russ.)
13. Rukovodstvo po gigenicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessа. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda: R 2.2.2006–05 [Manual on the factors hygienic assessment of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions: R 2.2.2006–05]. Utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii 29.07.2005). Moscow, 2005. (In Russ.)
14. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu: R 2.1.10.1920–04 [Manual for public health risk assessment when exposed to chemicals that pollute the environment: R 2.1.10.1920–04]. Utv. i vvedeno v deistvie Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii 05.03.2004). Moscow: Rosspotrebнадзор, 2004. (In Russ.)
15. Russkikh K.Yu., Adrianovskiy V.I., Kuz'mina E.A. Podkhody k otsenke kantserogennoi opasnosti metallurgicheskogo proizvodstva medi na osnove izucheniya smertnosti i prognoznnykh znachenii riska [Approaches to assessing the carcinogenic hazard of metallurgical copper production based on the study of mortality and projected risk values]. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2014, no. 6, pp. 9–12. (In Russ.)
16. Serebryakov P.V. Ispol'zovanie otsenki kantserogennogo riska na gornorudnykh i metallurgicheskikh predpriyatiyakh Zapolyar'ya [Use of carcinogenic risk assessment at the mining and metallurgical enterprises of the Arctic]. *Gigiena i sanitariya*, 2012, no. 5, pp. 95–98. (In Russ.)
17. Serebryakov P.V. Podkhody k optimizatsii ekspertizy professional'nykh zlokachestvennykh novoobrazovaniy [Approaches to optimize the examination of occupational malignant neoplasms]. *Vestnik ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2 (53), pp. 80–83. (In Russ.)
18. Serebryakov P.V., Rushkevich O.P. Voprosy ekspertizy professional'nykh zlokachestvennykh novoobrazovaniy [Examination issues of professional malignant neoplasms]. Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Sovremennye voprosy zdorov'ya i bezopasnosti na rabochem meste», Minsk, Belarus, 01–03 iyunya 2017 g. Minsk: SOOO Registr Publ., 2017, pp. 238–247. (In Russ.)
19. Durmusoglu E., Taspinarb F., Karademira A. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill. *Environmental Journal of Hazardous Materials*, 2010, no. 176, pp. 870–877.
20. Lee S.C., Guo H., Lam S.M.J., Lau S.L.A. Multipathway risk assessment on disinfection byproducts of drinking water in Hong Kong. *Environmental Research*, 2004, no. 94, pp. 47–56.
21. Yeh S.H., Lai C.H., Lin C.H., Chen M.J., Hsu H.T., Lin G.X., Lin T.T., Huang Y.W. Estimating cancer risk increment from air pollutant exposure for sewer workers working in an industrial city. *Aerosol and Air Quality Research*, 2011, no. 11, pp. 120–127.

Контактная информация:

Адриановский Вадим Иннович, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры гигиены и профессиональных болезней с курсом физиотерапии, ЛФК и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России
e-mail: adrianovsky@k66.ru

Contact information:

Adrianovsky Vadim Innovich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Hygiene and Occupational Diseases with a course of physiotherapy, physical therapy and sports medicine, Ural state medical University of the Russian Ministry of Health
e-mail: adrianovsky@k66.ru