

Медицина труда

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.62:616-006.4-084:669.3

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

О РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИЮ КАНЦЕРОГЕННЫМИ РИСКАМИ ДЛЯ РАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

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

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

Представлены результаты использования системного подхода к оценке и управлению канцерогенной опасностью, основанного на идентификации канцерогенных факторов, прогнозе вероятности развития канцерогенных эффектов и обосновании адресных медико-профилактических мероприятий. На примере металлургических цехов с разными способами получения черновой меди показано, что вне зависимости от существующих технологий плавки канцерогенный риск находится в неприемлемом диапазоне даже при соответствии условий труда по химическому фактору, допустимому 2-му классу. Наибольшие значения канцерогенных рисков отмечаются у профессий, условия труда которых характеризуются значительным выделением пыли, при этом основной вклад в риски вносит мышьяк. При шахтной и отражательной плавке канцерогенные риски при 25-летнем стаже работы в 17,6 и 28,8 раз соответственно превышают приемлемый уровень, а при плавке в «жидкой ванне» превышение составляет 5,1 раза. Величина предельного стажа работы в металлургическом цехе, оборудованном печами плавки в «жидкой ванне» составила 5,14 года, существенно превысив аналогичный показатель для металлургических цехов, оснащённых шахтными и отражательными печами (1,42 и 0,89 года соответственно). Наблюдаемые показатели смертности от злокачественных опухолей достоверно превышают «ожидаемые» показатели смертности по всем локализациям опухолей, вместе взятым, и раку органов дыхания. Наибольшее число умерших от злокачественных опухолей было занято в профессиях загрузчика шихты (60%) и плавильщика (40%), характеризующихся наибольшими прогнозными значениями канцерогенных рисков. У 73% рабочих из группы повышенного индивидуального канцерогенного риска выявлено превышение содержания онкомаркёров. Предложенный системный подход к оценке и управлению канцерогенной опасностью позволит обработать элементы риск-ориентированного подхода в надзорной деятельности за канцерогеноопасными производствами и установить приемлемые уровни риска в стажевых диапазонах с определением приоритетных факторов, даст возможность обосновать необходимость дополнительных исследований на предикторы профессионального онкогенеза в рамках профилактических медосмотров и разработать профилактические мероприятия, направленные на ключевые факторы риска.

Ключевые слова: канцерогенный риск; мышьяк; смертность от злокачественных новообразований; опухолевые маркёры; системный подход к оценке и управлению канцерогенной опасностью.

Для цитирования: 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; 96(12): 1161-1166. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1161-1166>

Для корреспонденции: Адриановский Вадим Иннович, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. эпидемиологии и профилактики рака отдела комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, доц. каф. гигиены и профессиональных болезней ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, 620028, Екатеринбург. E-mail: adrianovsky@k66.ru

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

A SYSTEM APPROACH TO CARCINOGENIC RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT FOR METALLURGICAL WORKERS EMPLOYED IN VARIOUS BLISTER COPPER PRODUCTION PROCESSES

¹Ekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 620014, Ekaterinburg, Russian Federation;

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

The paper presents results of the application of the system approach to carcinogenic risk assessment and management based on the identification carcinogens, prediction carcinogenic effects and rationale for targeted preventive and curative measures. Evidence from metallurgical shops where various blister copper production processes are used regardless of the existing smelting technologies shows the risk of cancer to be Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing acceptable even when the working conditions are classified as permissible (class 2) in terms of chemical factors. The highest carcinogenic risk values are observed for occupations with workplaces characterized by a significant release of dust, arsenic being the main risk contributor. In cases of the blast furnace and reverberatory furnace smelting, carcinogenic risks for workers with a 25-year length of employment exceed the permissible level by 17.6 and 28.8 times, respectively, and in the case of bath smelting, carcinogenic risks exceed the permissible level by 5.1 times. The maximum length of employment for bath smelting shop workers amounts to 5.14 years, being by 1.42 and 0.89 years higher than that for the blast furnace and reverberatory furnace smelting shop workers, respectively. The observed cancer mortality rates exceed significantly the expected mortality

rates for the tumor of all sites in cases of combined and respiratory cancers. The highest cancer mortality rates were recorded for batch loaders (60%) and smelter (40%) with the highest predicted carcinogenic risk values. Cancer-specific marker levels higher normal ones were detected in 73% of workers from the increased individual carcinogenic risk group. The proposed system approach to carcinogenic risk assessment and management will make it possible to try out components of the risk-based approach in the supervisory activities at industrial facilities with exposure to carcinogens, to establish the acceptable risk levels depending on the length of employment, identify the priority carcinogens; it will also allow indicating a rationale for additional testing for occupational carcinogenesis predictors as part of routine medical examination procedures and to develop preventive measures against key risk factors.

Key words: *carcinogenic risk; arsenic; cancer mortality, tumor markers; systems approach to carcinogenic risk assessment and management.*

For citation: Adrianovsky V.I., Kuzmina E.A., Zlygosteva N.V., Boyarsky A.P., Lipatov G.Ya. A systems 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; 96(12): 1161-1166. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1161-1166>

For correspondence: Vadim I. Adrianovsky, MD, PhD, Senior Researcher of the Epidemiology and Cancer Prevention Laboratory, the Hygiene and Population-Based Disease Prevention Department, Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers; Associate Professor, Hygiene and Occupational Diseases Department, Ural State Medical University. E-mail: adrianovsky@k66.ru

Information about authors:

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

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

Acknowledgment: The study had no sponsorship.

Received: 21 September 2017

Accepted: 25 December 2017

Введение

На протяжении многих лет в России заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований (ЗН) демонстрируют устойчивую тенденцию к росту. Так, прирост заболеваемости ЗН в 2015 г. по сравнению с 2014 г. составил 4%. В структуре смертности населения России ЗН занимают второе место (15,5%), уступая лишь болезням системы кровообращения (48,7%). [1]. Одной из причин развития ЗН среди населения служит воздействием производственных канцерогенных факторов. По данным литературы, удельный вес профессионально обусловленных ЗН в структуре общей онкологической заболеваемости составляет от 4 до 38% [2].

Эффективное решение проблемы снижения заболеваемости и смертности от ЗН профессионального генеза возможно на основе внедрения комплексного подхода, включающего идентификацию опасности, оценку канцерогенных рисков и разработку профилактических мероприятий, направленных на ключевые факторы риска.

Основы для реализации системного подхода к оценке канцерогенной опасности и профилактике рака в масштабах всей страны были заложены в 1957 г., когда по инициативе Л.М. Шабада была создана Комиссия по канцерогенным веществам и мерам профилактики при Государственной санитарной инспекции Минздрава СССР. Одним из основных направлений деятельности системы первичной профилактики профессиональных ЗН явилась санитарно-гигиеническая паспортизация канцерогеноопасных производств. Деятельность комиссии и её действующих основоположников – А.П. Ильницкого, Г.Б. Плисса, Л.Н. Пылева, Б.А. Кацнельсона, Г.Я. Липатова – продолжается уже 60 лет. Последние 15 лет результаты работы комиссии, научные достижения и основные перспективные направления представляются в рамках Всероссийского симпозиума «Канцерогенная опасность в различных отраслях промышленности и объектах окружающей среды», проводимого каждые 2 года в Свердловской области [3].

Ратификация в 2017 г. «Конвенции о борьбе с опасностью, вызываемой канцерогенными веществами и агентами в производственных условиях, и мерах профилактики» (Международная Организация Труда, 05.06.1974 г.)* налагает на нашу страну ряд обязательств по защите работающего населения от канцерогенных факторов, включая замену канцерогенных веществ на неканцерогенные: сокращение контакта с канцерогенными веществами до минимума; обеспечение системы регистрации канцерогенов; информирование работников о канцерогенной

опасности и мерах по её профилактике; проведение медицинских обследований и исследований, необходимых для оценки степени канцерогенного воздействия и контроля за состоянием здоровья работающих. Комплексное решение поставленных задач возможно лишь при реализации системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками в различных отраслях промышленности.

Цель исследования – обоснование системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками субъектов хозяйственной деятельности промышленно развитого региона (на примере предприятий, специализирующихся на получении черновой меди).

Материал и методы

С 2011 г. в соответствии с приказом Главного государственного санитарного врача по Свердловской области № 01–01–01–01/401 от 26.08.2010 г. «О гигиенической паспортизации канцерогеноопасных организаций (предприятий)» в Свердловской области органами и учреждениями Роспотребнадзора совместно с ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП отрабатывается идеология системного подхода к оценке канцерогенной опасности предприятия, получившая одобрение на IV Всероссийском симпозиуме «Канцерогенная опасность в различных отраслях промышленности и объектах окружающей среды» и Пленуме комиссии по канцерогенным факторам при Роспотребнадзоре (г. Екатеринбург, 24-25 апреля 2013 г.) [3].

Системный подход к оценке канцерогенной опасности построен по модульному принципу с поэтапной реализацией комплекса санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий. Комплекс мероприятий объединяет научно обоснованные технологии, ориентированные на оказание, прежде всего, специализированной и профилактической помощи специально формируемому контингенту профессионального онкологического риска. Общая схема оценки и профилактики канцерогенной опасности для работающих на канцерогеноопасных предприятиях включает взаимосвязанные подсистемы: популяционной и индивидуальной диагностики, популяционной и индивидуальной реабилитации и профилактики.

Популяционная гигиеническая диагностика профессиональной обусловленности онкологических заболеваний предполагает проведение:

- санитарно-эпидемиологической экспертизы исходных данных, на основании которых составлен санитарно-гигиенический паспорт канцерогеноопасного производства, в ходе которой производится идентификация канцерогенных факторов в компонентах производства и оценка их экспозиции;
- оптимизированного мониторинга для уточнения информации о канцерогенных факторах и экспозиции к ним работающих;

* Федеральный закон от 07.02.2017 № 1–ФЗ «О ратификации Конвенции о профилактике и контроле профессиональных рисков, вызываемых канцерогенными веществами и агентами (Конвенции № 139)».

– количественной оценки профессионального канцерогенного риска, включая прогнозирование вероятности развития онкологических заболеваний в стажевом диапазоне;

– ретроспективного изучения смертности рабочих от ЗН в связи с возможным действием производственных факторов, с расчётом интенсивных показателей и структуры смертности, а также кратности превышения наблюдаемых уровней смертности над «ожидаемой».

Популяционная и индивидуальная реабилитация и профилактика заключается в разработке мер по управлению профессиональными канцерогенными рисками через реализацию мероприятий, направленных на снижение (предотвращение) канцерогенной нагрузки на работающих с учётом ключевых факторов риска, включая технические, технологические, санитарно-гигиенические мероприятия и применение средств биопрофилактики, а также раннюю диагностику ЗН.

За 15 лет процедурой паспортизации охвачено 80% канцерогенноопасных производств Свердловской области, но лишь 2% паспортов были согласованы. Причиной этого послужили несоответствие разработанных паспортов требованиям нормативных документов, низкое качество исходных материалов паспорта, их состава и достоверности, полноты и достоверности. Это находит подтверждение в анализе ежегодного охвата канцерогенных факторов производственным лабораторным контролем, который в среднем составляет 26% от планируемого. Результаты экспертизы 91 крупного промышленного объекта показали отсутствие утверждения в установленном порядке большинства исходных документов паспорта. Ни одна из программ производственного контроля не включает в себя всех имеющихся на предприятии канцерогенных факторов в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе, сточных водах, промышленных отходах, сырье и продукции.

Неполная идентификация канцерогенных факторов предприятий, недостаток сведений о концентрациях канцерогенных веществ в первичных материалах паспортов, несовершенство структуры самого паспорта, в который не предусмотрено внесение данных об экспозиции к канцерогенам, а также отсутствие единых методических подходов к оценке прогнозных значений профессиональных канцерогенных рисков, данных о заболеваемости и смертности от ЗН, данных по формированию контингентов на профилактические медицинские осмотры (ПМО) по результатам расчёта прогнозных значений риска и соответствующих предикторов профессионального онкогенеза (маркеры экспозиции и эффекта) не позволяет осуществить оценку реальной канцерогенной опасности промышленного объекта и сформулировать эффективную стратегию по управлению канцерогенными рисками.

В качестве примера для демонстрации применяемых технологий и методов системного подхода оценки канцерогенной опасности выбрана металлургия меди. Занятые на предприятиях отрасли рабочие находятся под воздействием комплекса вредных производственных факторов, среди которых следует отметить загрязнение воздушной среды такими канцерогенными веществами, как неорганические соединения мышьяка, никеля, свинца, кадмия и полициклические ароматические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен. Содержание канцерогенных веществ в воздухе рабочей зоны возрастает последовательно стадиям обогащения сырья и полупродуктов производства, превышая предельно допустимые концентрации (ПДК) в 2 – 10 раз [4]. Как результат, на предприятиях металлургии меди выявляются повышенные уровни смертности от рака, в 2 – 4 раза превышающие аналогичные показатели среди населения [5, 6].

Исследования проведены на трёх крупных предприятиях пирометаллургии меди Свердловской области, в медеплавильных цехах которых осуществляется получение черновой меди с использованием разных технологий: отражательной (ОП) и шахтной (ШП) плавки, а также плавки в «жидкой ванне» (ПЖВ), относящейся к более передовым автогенным процессам. В отличие от ШП при использовании печей ПЖВ шихта может содержать как концентрат, так и руду любой крупности. Плавка и выпуск шлака и штейна ведутся при непрерывной подаче воздуха, обогащённого кислородом, что облегчает обслуживание агрегата, создаёт возможность полного автоматического управления и контроля над параметрами режима

плавки. Гигиенические преимущества автогенных плавильных агрегатов обусловлены герметизацией «ванн» и также большими объёмами удаляемых технологических газов и пыли из подвального пространства [7, 8].

Экспозиция работающих к канцерогенным факторам оценивалась по первичным данным санитарно-гигиенических паспортов предприятий, результатам производственного лабораторного контроля, данным, полученным в ходе оптимизированного мониторинга канцерогенных факторов. В основу расчёта ингаляционного КР взяты подходы, изложенные в «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [9] и исследованиях П.В. Серебрякова [10] и А.В. Мельцера [11]. прогнозные значения канцерогенных рисков (КР) рассчитывались для пяти идентичных профессий (загрузчик шихты, плавильщик, конвертерщик, разлищик цветных металлов, оператор пылегазоулавливающих установок) в металлургических цехах с учётом фактических среднесменных концентраций мышьяка, кадмия, свинца, хрома шестивалентного, бериллия и бенз(а)пирена, экспозиции (250 рабочих смен/год по 8 ч) и факторов канцерогенного потенциала веществ при ингаляционном поступлении (SF_i, мг/(кг × день)⁻¹). Оценивался КР от каждого из веществ и суммарно от их комбинации на 25 лет стажа работы. Для условий профессионального воздействия канцерогенов неприемлемым считался КР ≥ 1,0 × 10⁻³. При неприемлемом КР рассчитывалась продолжительность стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска. Изучение онкологической смертности рабочих проведено ретроспективным методом за 30 лет согласно «Методическим указаниям ретроспективного изучения смертности от злокачественных новообразований в связи с возможным действием производственных факторов» [12]. На основании данных актов регистрации смерти лиц, проживавших в контрольном населённом пункте, вычислялись интенсивные показатели смертности на 100 тыс. мужского населения и работающих мужчин (повозрастные и общие, стандартизованные по возрасту). Помимо наблюдаемой смертности в изучаемых контингентах вычислялась так называемая «ожидаемая» смертность, представляющая собой смертность «прочего» населения, стандартизованную по возрасту, причём за стандарт принималось возрастное распределение в изучаемом контингенте. Кратность превышения наблюдаемых показателей смертности от ЗН определялась степенью дополнительного риска, связанного с работой в изучаемом производстве, и появлялась возможность ориентировочно оценить интенсивность влияния производственных канцерогенных факторов. Опухолевые маркеры (CEA, Суфра 21.1, NSE) определялись в плазме методом иммуноферментного анализа. За нормальное содержание опухолевого маркера CEA было принято от 0 до 5,0 МЕ/мл, Суфра 21.1 – от 0 до 3,0 нг/мл, NSE – 1,0-13,0 мкг/л [13, 14].

Результаты и обсуждение

В период с 2011 по 2016 г. из 179 приоритетных объектов надзора была проведена экспертиза исходных данных санитарно-гигиенических паспортов 91 канцерогенноопасного предприятия, на которых занято свыше 100 тыс. человек, значительная часть которых работает на предприятиях металлургии меди, что и определило выбор объектов исследования.

В ходе составления санитарно-гигиенических паспортов на этапе идентификации канцерогенной опасности был определён перечень канцерогенных веществ, с которыми контактируют работающие изучаемых производств. Так, вне зависимости от используемой технологии плавки ведущей профессионально-гигиенической вредностью металлургических цехов служат промышленные аэрозоли, включающие в себя такие канцерогенные вещества, как мышьяк, никель, свинец и кадмий. Сушка и плавка концентрата сопровождается выделением в воздух рабочей зоны бенз(а)пирена.

В ходе экспертизы исходных данных санитарно-гигиенических паспортов была выявлена неполнота и недостоверность ряда сведений, характеризующих канцерогенную опасность изучаемых предприятий. Например, была отмечена недостаточ-

Таблица 1

Прогнозные значения индивидуальных канцерогенных рисков для работающих, занятых в металлургических цехах, на 5, 10, 15, 20, 25 лет стажа

Профессия	Стаж, лет	Виды плавки		
		ШП	ОТ	ПЖВ
Загрузчик шихты	5	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$7,65 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
	10	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
	15	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$
	20	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$
	25	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$
Плавильщик	5	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
	10	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
	15	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
	20	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
	25	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$5,45 \cdot 10^{-3}$
Конвертерщик	5	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$
	10	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
	15	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
	20	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
	25	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Разливщик цветных металлов	5	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$
	10	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
	15	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
	20	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
	25	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3,85 \cdot 10^{-3}$
Оператор ПГУ	5	$3,15 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$
	10	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
	15	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$
	20	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
	25	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$

ность данных о содержании канцерогенных веществ в сырье, промежуточных полупродуктах и конечной продукции, по ряду рабочих мест отсутствовали данные о концентрациях канцерогенных веществ в воздухе рабочей зоны и др. Это послужило основанием для проведения оптимизированного мониторинга по определению среднесменных концентраций канцерогенных веществ на рабочих местах и получения других недостающих сведений.

Первичные данные паспортов и результаты оптимизированного мониторинга позволили определить экспозицию работающих к канцерогенным факторам. В металлургическом цехе (МЦ), использующем ОП, по химическому фактору (канцерогенные вещества) для пяти идентичных профессий условия труда соответствовали классу 3.2 (вредный 2-й степени), который определялся экспозицией к неорганическим соединениям мышьяка и хрома шестивалентного. В МЦ с ШП условия труда были отнесены к классу 3.3 (вредный 3-й степени), который определялся неорганическими соединениями мышьяка. В МЦ с ПЖВ класс условий труда по экспозиции к канцерогенным веществам всех оцененных профессий относился к 2-му (допустимому) классу.

Полученные данные были использованы для расчёта прогнозных значений индивидуальных КР рабочих, занятых в изучаемых металлургических цехах.

Расчёт прогнозных значений КР при 25-летнем стаже работы показал, что для всех оцениваемых профессий как с

Таблица 2

Величины предельного стажа работы в контакте с канцерогенными веществами в МЦ, лет

Профессия	МЦ с ШП	МЦ с ОП	МЦ с ПЖВ
Загрузчик шихты	1,38	0,65	3,13
Плавильщик	1,38	0,86	4,55
Конвертерщик	1,38	0,89	6,41
Разливщик цветных металлов	1,38	1,09	6,41
Оператор ПГУ	1,56	0,96	5,20
$M \pm m$	$1,42 \pm 0,04$	$0,89 \pm 0,07$	$5,14 \pm 0,62$

ОП, так и 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 от $1,6 \times 10^{-2}$ у оператора пылегазоулавливающих установок (ПГУ) при ШП до $3,8 \times 10^{-2}$ у загрузчика шихты при ОП. При ШП среднее по цеху значение КР превышало приемлемый уровень в 17,6 раз, а при ОП – в 28,8 раза. В МЦ с ПЖВ прогнозные значения КР также лежали в неприемлемом диапазоне (от $2,3 \times 10^{-3}$ у разливщика цветных металлов до $8,0 \times 10^{-3}$ у загрузчика шихты), но оказались в среднем в 6,4 раза ниже, чем при шахтной плавке, и в 5,8 раз ниже, чем при отражательной. При этом КР при ПЖВ в среднем по цеху превышали приемлемый уровень в 5,1 раза (табл. 1).

Вне зависимости от способа плавки наибольшие значения КР достигнуты для загрузчика шихты, условия труда которого характеризуются воздействием высоких концентраций пыли в воздухе рабочей зоны, а наименьшие – для разливщика цветных металлов и сплавов.

Прогнозное значение КР, рассчитанное на 25 лет стажа работы в МЦ, находилось в неприемлемом диапазоне даже при соответствии условий труда по допустимому классу химического фактора, как это видно на примере ПЖВ.

Во всех исследуемых цехах максимальный вклад в КР вносился неорганическими соединениями мышьяка (67,8% в МЦ с ОП, 88,9% в МЦ с ШП и 96,2% в МЦ с ПЖВ). Присутствие в воздухе рабочей зоны свинца, обусловившее вредные условия труда у 58,8% рабочих мест при ШП, а также кадмия и бенз(а)пирена не оказало существенного влияния на значения суммарного КР. Это позволило идентифицировать экспозицию к неорганическим соединениям мышьяка как ключевой фактор риска при получении черновой меди.

Среди профессий МЦ, в котором используется ОП, значения предельного 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 МЦ с ПЖВ величина приемлемого стажа работы варьировала от 3,13 до 6,41 лет (табл. 2).

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

Для изучения распространенности ЗН среди работающего населения, факторов, влияющих на их частоту, и разработки на основе полученных данных путей профилактики опухолей широко применяется эпидемиологический метод исследования. В связи с этим для проведения популяционной гигиенической диагностики профессиональной обусловленности онкологических заболеваний большое значение имеет изучение смертности работающих от ЗН. Учитывая вышесказанное, проведено эпидемиологическое изучение ретроспективным методом онкологической смертности рабочих МЦ с ОП и населения, проживающего в районе его размещения.

Из 20 рабочих, умерших от ЗН с 1995 по 2014 г., 55% имели рак органов дыхания, в т.ч. 40% – рак лёгких, 10% – рак полости носа и гортани и 5% – рак плевры; 30% умерли от ЗН органов пи-

щеварения, в т.ч. 5% от рака желудка и 25% от прочих локализаций ЖКТ; по 5% смертей пришлось на злокачественные опухоли полости рта и глотки, соединительной ткани и на метастазы опухолей из неустановленного очага. Таким образом, большинство рабочих МЦ имели злокачественные опухоли органов дыхания, (трахея, бронхи, лёгкие), служащих основной мишенью при воздействии канцерогенов (и в первую очередь мышьяка), содержащихся в воздухе рабочей зоны [15].

Интенсивный показатель смертности от ЗН работников МЦ по всем локализациям опухолей органов дыхания составил 110,26 ± 33,29 против 40,39 ± 5,21 среди населения (разница 2,7, ($p < 0,05$)). Также достоверной оказалась разница по раку лёгкого: 495,87 ± 201,94 против 120,51 ± 19,04, что в 4,1 раза выше, чем в контроле. Ещё значительнее оказалась смертности в МЦ с ОП с контролем в возрастной группе 50–59 лет: 743,8 ± 247,01 и 135,57 ± 20,2 соответственно (разница 5,5, $p < 0,05$). Смертность от рака лёгких среди рабочих МЦ в возрасте от 40 до 49 лет составила 80,35 ± 56,79, превысив контрольного населения (32,88 ± 9,12) в 2,4 раза ($p > 0,05$). Повышенная смертность от ЗН у рабочих относительно молодого возраста обусловлена, как правило, высокой канцерогенной нагрузкой на рабочих местах. Интенсивные показатели смертности от ЗН у мужчин МЦ были достоверно выше в возрастной группе 50 – 59 лет по всем локализациям опухолей вместе взятым, составив 1239,67 ± 318,09 против 307,3 ± 30,38, что в 4,0 раза выше контроля ($p < 0,05$).

Наибольшее число умерших работников МЦ было занято в профессии плавильщика – 25%, 20% – грузчика шихты, по 15% пришлось на разливщика цветных металлов, оператора ПГУ и слесаря-ремонтника и 10% – на конвертерщика.

Средний возраст умерших от ЗН работников МЦ составил 52,21 ± 1,36 года. В возрасте от 50 до 59 лет скончались 75% рабочих, а в возрасте 40 – 49 лет – 25%. Рабочие МЦ, умершие в возрасте до 50 лет, были заняты в профессиях грузчика шихты (60%) и плавильщика (40%), характеризующихся наибольшими прогнозными значениями КР, которые находились в неприемлемом диапазоне уже к окончанию первого года работы в МЦ.

Средний период от начала работы в МЦ до наступления смерти от ЗН работающих составил 29,17 ± 1,63 лет с минимальным стажем 13 лет в профессии грузчика шихты.

Расчётом «ожидаемых» показателей смертности от ЗН и сопоставлением их с наблюдаемыми у мужчин МЦ установлены статистически значимые различия по всем локализациям опухолей, вместе взятым: 200,48 ± 10,02 и 86,43 ± 7,62 – в 2,3 раза, а также по органам дыхания 110,26 ± 38,23 и 27,12 ± 4,27 – в 4,0 раза, в т.ч. по ЗН трахеи, бронхов и лёгких 80,19 ± 28,34 – в 3,5 раза ($p < 0,05$) (табл. 3).

Проведенное эпидемиологическое исследование убедительно показало наличие причинно-следственной связи между смертностью от ЗН рабочих МЦ, занятых в получении черновой меди способом отражательной плавки и экспозицией их к канцерогенным факторам производственной среды. Полученные данные согласуются с результатами оценки профессиональных канцерогенных рисков и позволяют обосновать мероприятия по популяционной и индивидуальной реабилитации и профилактике онкологических заболеваний среди работников отрасли.

В частности, полученные результаты позволили сформировать группу риска рабочих с неприемлемым уровнем индивидуального КР, для которых в рамках ПМО дополнительно проведены исследования по раннему выявлению признаков новообразований (определение в сыворотке крови опухолевых маркёров). У 73% рабочих, занятых в профессиях с неприемле-

Отношение наблюдаемых показателей смертности от ЗН к «ожидаемым» рабочих мужчин МЦ с ОП (на 100 тыс. человек)

Локализация новообразований	Наблюдаемые	«Ожидаемые»	Кратность отношения наблюдаемых показателей к «ожидаемым»
Полость рта и глотки	10,02 ± 10,02	7,12 ± 2,19	1,4
Органы дыхания, в т.ч.:	110,26 ± 33,29	27,12 ± 4,27	4,0*
полость носа и гортань	20,05 ± 14,17	3,49 ± 1,53	5,7
трахея, бронхи, лёгкие	80,19 ± 28,34	22,89 ± 3,92	3,5*
плевра и средостение	10,02 ± 10,02	0,74 ± 0,71	13,5
Органы пищеварения и брюшины, в т.ч.:	60,14 ± 24,55	33,69 ± 4,76	1,8
пищевод	–	0,74 ± 0,71	–
желудок	20,05 ± 14,17	15,58 ± 3,24	1,2
кишечник	–	7,05 ± 2,18	–
печень	10,02 ± 10,02	3,36 ± 1,50	2,9
поджелудочная железа	–	3,26 ± 1,48	–
прочие	30,07 ± 17,36	3,75 ± 1,59	8,0
Костно-мышечная система, кожа и соединительная ткань, в т.ч.:	10,02 ± 10,02	1,94 ± 1,14	5,1
кожа	–	1,57 ± 1,03	–
кости и соединительная ткань	10,02 ± 10,02	0,37 ± 0,50	27,0
Мочеполовые органы, в т.ч.:	–	5,44 ± 1,91	–
половые органы	–	0,51 ± 0,59	–
мочевыделительные органы	–	4,93 ± 1,82	–
Лимфатическая и кровеносная ткани	–	5,60 ± 1,94	–
Прочие локализации	10,02 ± 10,02	5,57 ± 1,94	1,7
Все локализации, вместе взятые	200,48 ± 44,78	86,43 ± 7,62	2,3*

Примечание. * – различия в показателях статистически достоверны ($p < 0,05$).

мым КР, установлено превышение уровней опухолевых маркёров, из них у 19% работающих были превышены уровни сразу двух онкомаркёров. У 9% обследованных отмечено превышение онкомаркёра Суфа 21.1, у 14,5% рабочих выявлены высокие уровни опухолевого маркёра СЕА, а у 59% – NSE.

Все лица с неприемлемым индивидуальным канцерогенным риском и повышенным уровнем одного или нескольких онкомаркёров поставлены на диспансерное наблюдение с ежегодным повторным определением опухолевых маркёров и проведением диагностических процедур с целью раннего выявления ЗН (МРТ, УЗ-исследование и др.)

Таким образом, на современном этапе комплексное решение проблемы канцерогенной опасности производства возможно на основании внедрения системного подхода к оценке и управлению канцерогенными рисками, включая идентификацию опасности, определение экспозиции к канцерогенным факторам с последующим расчётом КР и приемлемого стажа работы, и установлением ключевого фактора риска. Полученные данные могут быть использованы для формирования групп индивидуального канцерогенного риска с целью раннего выявления и профилактики ЗН как в металлургии меди, так и в других канцерогеноопасных производствах. Системный подход к оценке и управлению КР может быть положен в основу планирования и реализации риск-ориентированных технологий в надзорной деятельности за канцерогеноопасными объектами.

Выводы

1. Предложенный научно-обоснованный комплекс санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий позволил установить приоритетные канцерогенноопасные субъекты хозяйственной деятельности, канцерогенные факторы производственной среды с учётом направленности и уровней воздействия, дал возможность оценить вероятность развития канцерогенных эффектов с подтверждением их эпидемиологическими данными и спланировать мероприятия по управлению канцерогенными рисками, включая индивидуальные медико-профилактические технологии.

2. Поэтапная реализация системного подхода на примере предприятий металлургии меди позволила оценить канцерогенную опасность технологий при разных способах получения черновой меди, установить приоритетные профессии с повышенным риском развития онкологической патологии органов дыхания, продолжительностью приемлемого стажа работы в канцерогенноопасных условиях труда, сформировать группы диспансерного наблюдения.

3. Практическая реализация мероприятий выявила ряд методологических проблем, связанных с несовершенством структуры информации санитарно-гигиенического паспорта, отсутствием утверждённых методических подходов к оценке профессиональных канцерогенных рисков, различием подходов к установлению канцерогенных факторов с международной практикой, отсутствием нормируемых значений маркеров экспозиции и эффекта канцерогенных факторов.

4. Полученные результаты могут быть положены в основу планирования и реализации риск-ориентированных технологий в надзорной деятельности за канцерогенноопасными объектами.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 13-15 см. References)

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., ред. *Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность)*. М.; 2017.
- Смулевич В.Б. *Профессия и рак*. М.: Медицина; 2000.
- 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): 40–3.
- Липатов Г.Я. *Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии меди и никеля*: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М.; 1992.
- Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Константинов В.Г., Шарипова Н.П., Чичерин Д.В., Безрукова Т.С. Эпидемиологическое изучение смертности от злокачественных новообразований рабочих, занятых в основных производствах рафинирования меди на Урале. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2008; (Прил. 2): 753–4.
- 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.
- Ванюков А.В., Мечев В.В. О расширении применения процесса плавки в жидкой ванне. *Цветные металлы*. 1987; (3): 23–7.
- Адриановский В.И., Злыгостева Н.В., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А. Результаты оценки профессиональных канцерогенных рисков для рабочих, занятых в шахтной плавке медьсодержащего сырья. *Санитарный врач*. 2016; (11): 11–6.

- Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.
- Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(5): 95–8.
- Мельцер А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; (4): 1–5.
- Методические указания по ретроспективному изучению смертности от злокачественных новообразований в связи с возможным действием производственных факторов. Свердловск; 1980.

References

- Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Petrova G.V., eds. *Malignant Neoplasms in Russia in 2015 (Morbidity and Mortality) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2015 godu (zabolevaemost' i smertnost')]*. Moscow; 2017. (in Russian)
- Smulevich V.B. *Profession and Cancer [Professiya i rak]*. Moscow: Meditsina; 2000. (in Russian)
- Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Kuz'mina E.A., Adrianovskiy V.I., Kochneva N.I. Systematic approach to the assessment and management of carcinogenic hazard of economic entities on an example of Sverdlovsk region. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2015; (2): 40–3. (in Russian)
- Lipatov G.Ya. *Hygiene of work and prevention of occupational cancer in pyrometallurgy of copper and nickel*: Diss. Moscow; 1992. (in Russian)
- Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Konstantinov V.G., Sharipova N.P., Chicherin D.V., Bezrukova T.S. Epidemiological study of mortality from malignant neoplasms of workers employed in the main copper refining industries in the Urals. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*. 2008; (Suppl. 2): 753–4. (in Russian)
- Lipatov G.Ya., Konstantinov V.G., Adrianovskiy V.I. Comparison of the levels of mortality induced by the malignant tumors among workers engaged in various stages of the pyrometallurgical copper production. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (4): 29–31. (in Russian)
- Vanyukov A.V., Mechev V.V. On the expansion of the application of the melting process in a molten bath. *Tsvetnye metally*. 1987; (3): 23–7. (in Russian)
- Adrianovskiy V.I., Zlygosteva N.V., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A. The results of evaluation of carcinogenic risk to professional workers in the mine smelting copper-bearing raw materials. *Sanitarnyy vrach*. 2016; (11): 11–6. (in Russian)
- R 2.1.10.1920–04. Human Health Risks Assessment from Environmental Chemicals. Moscow; 2004. (in Russian)
- Serebryakov P.V. Using the evaluation of carcinogenic risk in the mining and metallurgical enterprises of the Arctic. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91(5): 95–8. (in Russian)
- Mel'tser A.V., Kiselev A.V. Hygienic rationale for combined models of professional risk assessment. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; (4): 1–5. (in Russian)
- Methodical Instructions for a Retrospective Study of Mortality from Malignant Neoplasms in Connection with the Possible Effect of Production Factors [Metodicheskie ukazaniya po retrospektivnomu izucheniyu smertnosti ot zlokachestvennykh novoobrazovaniy v svyazi s vozmozhnym deystviem proizvodstvennykh faktorov]*. Sverdlovsk; 1980. (in Russian)
- Karnak D., Beder S., Kayacan O., Ibiş E., Ofllaz G. Neuron-specific enolase and Lung cancer. *Am. J. Clin. Oncol.* 2005; 28(6): 586–90.
- Schwartz M.K. *Tumor Markers in Diagnosis and Screening*. Amsterdam: Elsevier Science; 1988.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *A review of human carcinogens. Part C: Arsenic, metals, fibres, and dusts*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2012.