

УДК 613.6.02

Базарова Е.А.^{1,2,3}, Рослый О.Ф.¹, Федорук А.А.¹, Рослая Н.А.³, Ошеров И.С.²

ОПЫТ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

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

²МУ «Медико-санитарная часть «Тирус», ул. Парковая, 1, г. Верхняя Салда, Россия, 624760;

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

Результаты прогнозной оценки индивидуального профессионального канцерогенного риска (КР) для рабочих металлургического предприятия, имеющих в ходе трудовой деятельности контакт с веществами канцерогенного действия, позволили отнести плавильщиков, кузнецов, станочников, операторов линий по обработке цветных металлов, слесарей-инструментальщиков, резчиков металла, газорезчиков, огнеупорщиков к группе повышенного риска по вероятности развития профессионального рака. При ретроспективном эпидемиологическом исследовании распространенности хронической патологии (РХП) и заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) установлено достоверное повышение риска заболеваемости новообразованиями при воздействии электромагнитных полей персональных компьютеров в 1,5 раза, постоянных магнитных полей — в 1,2 раза; свинца — в 1,9 раза; повышенной массы тела — в 1,6 раза; гиподинамии — в 1,2 раза; гиперхолестеринемии — в 1,3 раза; повышенного артериального давления (АД) — в 1,2 раза. Полученные данные могут являться основой профилактической стратегии минимизации КР на предприятии.

Ключевые слова: прогноз индивидуального профессионального канцерогенного риска; факторы канцерогенного риска

Для цитирования: Базарова Е.А., Рослый О.Ф., Федорук А.А., Рослая Н.А., Ошеров И.С. Опыт оценки индивидуального канцерогенного риска работников металлургического предприятия. *Мед. труда и пром. ecol.* 2018. 11: 4–10. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-4-10>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ekaterina L. Bazarova^{1,2,3}, Oleg F. Rosly¹, Anna A. Fedoruk¹, Natalya A. Roslaya³, Ilya S. Osherov²

EXPERIENCE OF INDIVIDUAL CARCINOGENIC RISK EVALUATION IN WORKERS OF METALLURGIC ENTERPRISE

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popova str., Yekaterinburg, Russia, 620014;

²Medical Sanitary Institution «Tirus», 1, Parkovaya str., Verkhnyaya Salda, Russia, 624760;

³Ural State Medical University of Russian Ministry for Health Care, 3 Repina str., Yekaterinburg, Russia, 620028

The predictive estimate of individual occupational carcinogenic risk for metallurgic enterprise workers with occupational exposure to chemical carcinogens helped to assign foundrymen, blacksmiths, machine operators, nonferrous metals processing line operators, tool-makers, metal cutters, burners, grog operators to an increased risk group by probability of occupational cancer development. The retrospective epidemiologic study of chronic diseases prevalence and transitory disablement morbidity proved reliable increase of neoplasms occurrence under exposure to electromagnetic fields of personal computers — 1.5-fold, that to constant magnetic field — 1.2-fold; that to lead — 1.9-fold; that for increased body weight — 1.6-fold; that for hypodynamia — 1.2-fold; that for hypercholesterolemia — 1.3-fold; that for high blood pressure — 1.2-fold. The data obtained can serve as a basis of preventive strategy of carcinogenic risk minimization at an enterprise.

Key words: prognosis of individual occupational carcinogenic risk; carcinogenic risk factors

For citation: Bazarova Ye.L., Roslyj O.F., Fedoruk A.A., Roslaya N.A., Osherov I.S. Experience of individual carcinogenic risk evaluation in workers of metallurgic enterprise. *Med. truda i prom. ecol.* 2018. 11: 4–10. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-4-10>

Sponsorship: The study had no sponsorship.

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

Использование и образование в ходе технологических процессов промышленных предприятий канцерогенных веществ обуславливает необходимость оценки КР как составной части анализа профессионального риска для разработки политики его минимизации. Горнопромышленные регионы страны, к которым относится Свердловская область, характеризуются высоким территориальным сосредоточением таких предприятий, вследствие чего вопрос оценки КР у работников стоит особенно остро. На учете в онкологической службе состоит 2,2% населения области. Наибольшая доля населения, подверженного воздействию факторов КР, занята в металлургической промышленности [1]. До настоящего времени не получено убедительных доказательств прямой связи риска профессиональных зло-

качественных новообразований (ЗН) с количественными характеристиками канцерогенов [2].

Цель исследования — дать прогнозную оценку индивидуального канцерогенного риска (ИКР) в ряде профессиональных групп модернизируемых участков металлургического предприятия, провести анализ фактической заболеваемости ЗН, идентифицировать факторы КР и предложить основные пути профилактики.

Материалы и методы. Исследование проводилось на крупном металлургическом предприятии Свердловской области, включающем 40 цехов: плавильных, прокатных, кузнечных, сварочных, цехов механической обработки и заводской инфраструктуры. Расчет ИКР как вероятности развития ЗН на протяжении всей жизни человека, обу-

словленной воздействием производственных канцерогенов, проводился для ингаляционного пути поступления и стажа 40 лет, исходя из характеристики типичной рабочей экспозиции. ИКР рассчитывался по 4 веществам (хрома (VI) соединениям, свинцу, бенз(а)пирену, никелю) для работников 14 профессий 20 участков с использованием 4 наиболее часто применяемым вариантов расчета: №1 — по С.М. Новикову и соавт., [3], №2 — по П.В. Серебрякову [4], №3 — по А.В. Мельцеру [5], №4 — по Е.А. Кузьминой, В.И. Адриановскому, Б.А. Кацнельсону [6] согласно методике, изложенной в Руководстве Р 2.1.10.1020–04 [7] с поправками для производственного воздействия. При наличии нескольких канцерогенных веществ ИКР оценивался вначале отдельно для каждого из вещества, а затем подсчитывался суммарный риск для их комбинации. За основу выводов и рекомендаций взяты результаты варианта расчета №4. Оценка приемлемости риска и необходимость принятия мер защиты осуществлялась по Руководству Р 2.1.10.1920–04, согласно которому верхняя граница приемлемого риска для профессиональных групп составляет 1×10^{-3} .

Необходимо отметить следующие неопределенности расчета ИКР, допущенные в исследовании: расчет проводился без учета транскутанного и перорального путей поступления канцерогенных веществ, имеющих меньшее значение в производственных условиях при применении спецодежды и защитных кремов; использовался перечень канцерогенов и их концентрации по данным производственного контроля и санитарно-гигиенического мониторинга за последние 5 лет; принималось допущение о переносе указанных концентраций как усредненных за период трудового стажа 40 лет.

Заболееваемость профессиональными ЗН оценивалась за период с 1966 г., непрофессиональными ЗН по профессиям у работников трудоспособного возраста — с 2003 по 2015 г. Показатели в профессиях, в которых заняты исключительно мужчины, сравнивались с заболеваемостью мужчин в целом по предприятию; заболеваемость ЗН в профессиях, в которых работают только женщины (контролеры, операторы ЭВМ), — с заболеваемостью ЗН женщин в целом по предприятию. В смешанных по полу профессиях (токарь, фрезеровщик) проводилась стандартизация заболеваемости по полу с применением прямого метода. За стандарт принимался половой состав работников в целом по предприятию. С 2003 по 2015 г. средняя численность работников предприятия составила 15 167 человек: 6794 мужчин и 8973 женщин.

РХП новообразованиями изучалась ретроспективно за 5-летний период на основании результатов периодических медицинских осмотров (ПМО) (суммарно 44336 человек), ЗВУТ новообразованиями — по данным обращаемости (проанализированы 58758 больничных листов). Сравнивалась заболеваемость новообразованиями работников, имеющих контакт с тем или иным фактором риска согласно утвержденных работодателем поименных списков лиц, подлежащих медицинскому осмотру, и остальных работников. Оценка степени причинно-следственной связи РХП и ЗВУТ новообразованиями с воздействием факторов риска проведена на основании расчета показателей риска с использованием подходов НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова [8] с помощью специально разработанных компьютерных программ, зарегистрированных в Роспатенте РФ. Различия между группами считались статистически значимыми при $\chi^2 > 3,84$. Изучено влияние 36 вредных производственных факторов и 7 поведенческих факторов риска.

Результаты и их обсуждение. Концентрации канцерогенов в воздухе рабочей зоны, взятые за основу расчета, составили: хром (VI) триоксида на рабочих местах плавильщиков электронно-лучевого переплава — $0,00086 \text{ мг/м}^3$, плавильщиков гарнисажного переплава участка с сухой чисткой свода печи — $0,0032 \text{ мг/м}^3$, участка с установкой мокрой очистки — $0,0024 \text{ мг/м}^3$, плавильщиков вакуумно-дугового переплава при работе в пылевых с проведением работ по осмотру и замене огарка, чистке и замене стекол, чистке фильтров — $0,0011 \text{ мг/м}^3$, при работе на участке загрузки печей с проведением «сухой профилактики» внутри объема печей — $0,0008 \text{ мг/м}^3$, на участке сборки и чистки литейного комплекта — $0,003 \text{ мг/м}^3$, операторов линии по обработке цветных металлов участка шлифования листов — $0,005 \text{ мг/м}^3$ при ПДК_{сс} $0,01 \text{ мг/м}^3$ (класс условий труда 2); никеля на рабочих местах огнеупорщиков — $0,069 \text{ мг/м}^3$ при ПДК_{мр} $0,05 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.1), термистов при обслуживании газовых печей — $0,0095 \text{ мг/м}^3$ (класс 2), резчиков на ленточно-пильных автоматах KASTO-Y-4 — $0,069 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.1), слесарей-инструментальщиков при зачистке поверхности штампов ручными шлифовальными машинами — $0,21 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.3); свинца на рабочих местах электромонтеров и инженеров-электриков участка электронно-лучевого переплава при проведении ремонтных работ с использованием свинецсодержащих припоев — $0,008 \text{ мг/м}^3$ при ПДК_{сс} $0,05 \text{ мг/м}^3$ (класс 2).

На ряде рабочих мест наблюдалось комбинированное воздействие на работников веществ, обладающих канцерогенным действием: у станочников (фрезеровщиков, токарей, токарей-карусельщиков и др.) при механической обработке штампов, хром- и никельсодержащих высоколегированных сплавов — хром (VI) триоксида в концентрации $0,0075 \text{ мг/м}^3$ и никеля $0,043 \text{ мг/м}^3$ (итоговый класс условий труда, с учетом одностороннего действия канцерогенов, — 3.1), у кузнецов автоматизированных кузнечных комплексов при обслуживании вертикальных гидравлических прессов усилием 30 тыс. т и 70 тыс. т — хром (VI) триоксида в концентрации $0,01384 \text{ мг/м}^3$ и никеля $0,019 \text{ мг/м}^3$, прессов усилием 1,5 тыс. т, 3 тыс. т, 6 тыс. т — хром (VI) триоксида — $0,0146 \text{ мг/м}^3$ и никеля $0,022 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.1), машинистов кранов кузнечно-прессового участка — никеля $0,0096 \text{ мг/м}^3$ и бенз(а)пирена $0,00019 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.1), контролеров кузнечно-прессовых работ — никеля $0,011 \text{ мг/м}^3$ и бенз(а)пирена — $0,0000279 \text{ мг/м}^3$ (класс 2), газорезчиков титановых отходов ручными керосинорезами РК02 — никеля $0,05 \text{ мг/м}^3$ и бенз(а)пирена — $0,0000279 \text{ мг/м}^3$ (класс 3.1).

Примеры расчета ИКР по 4-м вариантам для профессиональных групп плавильщиков и кузнецов приведены в табл. 1. Полученные величины ИКР при расчетах по вариантам №1 и №4 дают идентичные результаты и являются наибольшими, по варианту №2 — наименьшими из 4-х, по варианту №3 — средними. Расчетный риск в разных профессиональных группах колебался от нескольких случаев на 100 тыс. экспонированных работников до нескольких дополнительных к фоновому случаев ЗН на 100 работников. Наибольший ИКР отмечался у кузнецов участков прессов усилиями 1,5 тыс. т, 3 тыс. т, 6 тыс. т, — $3,39 \times 10^{-2}$, усилиями 30 тыс. т, 70 тыс. т — $3,21 \times 10^{-2}$, у станочников — $1,88 \times 10^{-2}$, операторов линии — $1,13 \times 10^{-2}$. Наибольший вклад в суммарный риск в данных профессиях вносит хром (VI) триоксид: от 89,9% у станочников до 94,1% у кузнецов прессов усилиями 30 тыс. т, 70 тыс. т, 97,1% — прессов усилиями 30 тыс. т, 70 тыс. т.

Таблица 1

Индивидуальные канцерогенные риски (ИКР) и диапазоны приемлемости риска у плавильщиков и кузнецов
Individual carcinogenic risks and risk acceptability ranges in founders and blacksmiths

Производственный канцероген	Средняя концентрация за стаж 40 лет, мг/м ³ / класс условий труда	Варианты расчета ИКР					
		Вариант №1		Вариант №2		Вариант №3	
		ИКР	Диапазон	ИКР	Диапазон	ИКР	Диапазон
Плавильщики электронно-лучевого переплава							
Хром (VI) триоксид	0,00086 / 2	1,94×10 ⁻³	4	6,43×10 ⁻⁴	3	1,42×10 ⁻³	4
Плавильщики гарнисажного переплава. Участок с сухой чисткой печей							
Хром (VI) триоксид	0,0032 / 2	7,22×10 ⁻³	4	2,40×10 ⁻³	4	5,28×10 ⁻³	4
Плавильщики гарнисажного переплава. Чистка свода печей и изложниц на установке мокрой очистки							
Хром (VI) триоксид	0,0024 / 2	5,41×10 ⁻³	4	1,80×10 ⁻³	4	3,95×10 ⁻³	4
Плавильщики вакуумно-дугового переплава. Рабочие места в пультных, осмотр и замена огарка, чистка и замена фильтров							
Хром (VI) триоксид	0,0011 / 2	2,48×10 ⁻³	4	8,23×10 ⁻⁴	3	1,81×10 ⁻³	4
Плавильщики вакуумно-дугового переплава. Рабочие места на загрузке печей. Сухая профилактика внутри объема печей							
Хром (VI) триоксид	0,0008 / 2	1,80×10 ⁻³	4	6,00×10 ⁻³	4	1,32×10 ⁻³	4
Плавильщики вакуумно-дугового переплава. Рабочие места на сборке и чистке литейного комплекта							
Хром (VI) триоксид	0,003 / 2	6,31×10 ⁻³	4	2,10×10 ⁻³	4	4,62×10 ⁻³	4
Кузнецы на молотах и прессах. Автоматизированные кузнечно-прессовые комплексы. Прессы усилием 30 тыс. т, 70 тыс. т							
Никель	0,019 / 2	8,57×10 ⁻⁴	3	2,86×10 ⁻⁴	3	6,28×10 ⁻⁴	3
Хром (VI) триоксид	0,01384 / 3.1	3,12×10 ⁻²	4	1,04×10 ⁻²	4	2,26×10 ⁻²	4
Суммарный КР по хрому и никелю	3.1	3,20×10 ⁻²	4	1,07×10 ⁻²	4	2,33×10 ⁻²	4
Кузнецы на молотах и прессах. Автоматизированные кузнечно-прессовые комплексы. Прессы усилием 1,5 тыс. т, 3 тыс. т, 6 тыс. т							
Никель	0,022 / 2	9,93×10 ⁻⁴	3	3,31×10 ⁻⁴	3	7,27×10 ⁻⁴	3
Хром (VI) триоксид, ПАК _с 0,01	0,0146 / 3.1	3,29×10 ⁻²	4	1,10×10 ⁻²	4	2,38×10 ⁻²	4
Суммарный КР по хрому и никелю	3.1	3,39×10 ⁻²	4	1,13×10 ⁻²	4	2,45×10 ⁻²	4

На порядок ниже ИКР у плавильщиков гарнисажной плавки — $7,21 \times 10^{-3}$ при сухой чистке свода печей и $5,41 \times 10^{-3}$ — при влажной, плавильщиков электронно-лучевого переплава — $1,94 \times 10^{-3}$, слесарей-инструментальщиков — $9,48 \times 10^{-3}$, резчиков металла на пилах — $3,11 \times 10^{-3}$, газорезчиков — $3,61 \times 10^{-3}$, огнеупорщиков — $3,11 \times 10^{-3}$. Полученные значения ИКР у плавильщиков новых видов переплава титановых сплавов (электронно-лучевого, гарнисажного) сопоставимы с таковыми у плавильщиков традиционной вакуумно-дуговой плавки, составившими $1,80 \times 10^{-3}$ у плавильщиков участка загрузки печей; $2,48 \times 10^{-3}$ — участка пультных; $6,31 \times 10^{-3}$ — участка сборки и чистки литейного комплекта. Прогноз ИКР у плавильщиков, кузнецов, станочников, операторов линий, резчиков на пилах, газорезчиков, слесарей-инструментальщиков и огнеупорщиков позволяет отнести работников данных профессий к группе высокого риска по развитию ЗН, так как полученные значения риска соответствуют 4-му диапазону (неприемлемый риск для профессиональных групп и населения или манифестный риск). Необходима разработка неотложных мер по минимизации риска.

ИКР у термистов составила $4,28 \times 10^{-4}$, у контролеров — $5,02 \times 10^{-4}$, машинистов кранов — $4,73 \times 10^{-4}$. Он обусловлен у машинистов кранов и контролеров комбинированным действием никеля и бенз(а)пирена с ведущим вкладом никеля, доля которого в суммарном риске составила у машинистов крана 91,5%, у контролеров — 98,8%. Прогнозные значения ИКР в профессиях термистов, машинистов кранов и контролеров относятся к 3 диапазону (риск приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом). Такой риск требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. Меньшие ИКР у контролеров и машинистов кранов в сравнении с кузнецами того же кузнечно-прессового отделения обусловлены большим удалением их рабочих мест от источников выделения вредных веществ и меньшими концентрациями их в воздухе. ИКР у электромонтеров и инженеров-электриков составил $1,8 \times 10^{-5}$. Он относится ко второму диапазону приемлемости риска (соответствует предельно допустимому риску для населения или

верхней границе приемлемого риска). Данные уровни подлежат постоянному контролю, в некоторых случаях могут проводиться дополнительные мероприятия по снижению риска.

Фактически, у лиц, экспонированных к производственным химическим канцерогенам, профессиональное ЗН было установлено в одной изучаемой профессии — газорезчика. Диагноз формулировался как: С34.3/У96. Профессиональный рак нижней доли правого легкого T1bN0Mx, низкодифференцированная аденокарцинома. Среднегодовая заболеваемость непрофессиональными ЗН по предприятию в целом за 2003–2015 гг. составила 210,76; мужчин — 203,17; женщин — 220,78 на 100 тыс. работающих. Среднегодовая заболеваемость ЗН и ее структура за этот же период у работников ряда изучаемых профессий трудоспособного возраста, без учета лиц, вышедших на пенсию, и заболеваемость операторов ЭВМ приведена в табл. 2. Заболеваемость ЗН была выше среднезаводской в профессии токаря в 1,1 раза, строгальщика — в 1,2 раза, оператора ПЭВМ — в 2,7 раза. Отмечалась оздоровительная эффективность внедрения новых технологий плавки в профессии плавильщика: в новоплавильном цехе заболеваемость ЗН была в 3,6 раза ниже, чем в староплавильном цехе.

Фактический (реализованный) КР заболеваемости ЗН в профессиональных группах плавильщиков составил $7,99 \times 10^{-4}$, смертности от ЗН — $3,46 \times 10^{-4}$; кузнецов — заболеваемости $1,09 \times 10^{-3}$, первичной инвалидности по причине ЗН — $1,41 \times 10^{-3}$; станочников — заболеваемости $5,53 \times 10^{-4}$ – $2,33 \times 10^{-3}$, инвалидности — $1,32 \times 10^{-3}$; контролеров — заболеваемости — $2,06 \times 10^{-3}$, инвалидности — $5,94 \times 10^{-4}$ – $9,09 \times 10^{-3}$, смертности — $4,45 \times 10^{-3}$; операторов линий — заболеваемости — $5,27 \times 10^{-4}$. В профессиях токаря и строгальщика среднегодовое количество случаев ЗН, дополнительных к фоновому (среднезаводскому) уровню, составило $2,2 \times 10^{-4}$.

Обращает на себя внимание повышенная заболеваемость ЗН одинаковой локализации в профессиях с аналогичными комплексами канцерогенных веществ. Заболеваемость ЗН легких в профессиональной группе станочников превышала среднезаводскую у токарей-карусельщиков — в 2,8 раза; фрезеровщиков — в 2,3; строгальщиков — в 6; токарей — в 1,6 раза; ЗН кожи: у фрезеровщиков — в 1,9 раза, строгальщиков — в 5 раз. Станочники имеют производственный контакт с веществами, обладающими способностью вызывать рак легких: хромом (VI), никелем, кремнием диоксидом, сталями, смесью кобальта и кар-

Таблица 2

Среднегодовая заболеваемость злокачественными новообразованиями в профессиональных группах за 2003–2015 гг. (на 100 тыс. работников)

Average annual occurrence of malignancies in occupational groups over 2003–2015 (per 100,000 workers)

Профессия	Заболеваемость	Структура	Заболеваемость по локализации
Плавильщики новоплавильного цеха	79,85	Органы пищеварения — 33,3%, мочевогоделения — 33,3%, прочие — 33,3%	Желудок — 26,62. Почки — 26,62
Плавильщики староплавильного цеха	288,46	Органы дыхания — 33,3%, репродукции — 33,3%, кожа — 33,3%	Легкие — 96,15. Кожа — 96,15. Яички — 96,15
Кузнецы на молотах и прессах (автоматизированные кузнечно-прессовые комплексы)	108,73	Органы дыхания — 25,0%, мочевогоделения — 25,0%, Кожа — 25,0%, органы репродукции — 25,0%	Гортань — 27,18. Базалиома кожи — 27,18. Мочевой пузырь — 27,18. Предстательная железа — 27,18
Операторы линии по обработке цветных металлов	52,69	—	Метастазы из неуточненного очага
Токари-карусельщики	55,34	Органы дыхания — 100,0%	Легкие — 55,34
Токари (фактическая / стандартизованная)	228,48 / 228,71	Органы пищеварения — 46,6%, дыхания — 20,0%, репродукции — 20,0, костей — 6,7%, мягких тканей — 6,7%	Поджелудочная железа — 30,46. Поперечно-ободочная кишка — 30,46. Нижняя губа — 15,23. Желудок — 15,23. Прямая кишка — 15,23. Верхняя доля правого легкого — 30,46. Правый бронх — 15,23. Молочная железа — 30,46. Пузырный занос — 15,23. Правая лопатка — 15,23. Мягкие ткани грудной клетки — 15,23
Фрезеровщики (фактическая / стандартизованная)	134,17 / 107,14	Органы дыхания — 33,3% Кожа — 33,3%, прочие — 33,3%	Легкие — 44,72. Кожа спины — 44,72
Строгальщики	233,1	Органы дыхания — 50,0% Кожа — 50,0%	Верхняя доля правого легкого — 116,55. Базалиома кожи века — 116,55
Контролеры (все профессиональные группы)	206,04	Органы репродукции — 46,7%, пищеварения — 26,7%, мочевогоделения — 13,3%, дыхания — 6,7%, эндокринной системы — 6,7%	Молочная железа — 54,95. Тело матки — 27,47. Шейка матки — 13,74. Прямая кишка — 13,74. Толстая кишка — 27,47. Легкие — 13,74. Мочевой пузырь — 13,74. Почки — 13,74. Щитовидная железа — 13,74
Операторы ЭВМ	598,29	Органы репродукции — 57,1%, пищеварения — 28,6%, лимфатической ткани и крови — 7,14%, прочие — 7,16%	Молочная железа — 170,94. Шейка матки — 128,21. Яичники — 42,74. Желудок — 42,74. Ободочная кишка — 42,74. Сигмовидная кишка — 42,74. Прямая кишка — 42,74. Лимфогранулематоз — 42,74

бида вольфрама (в составе твердосплавных резцов) [9], ЗН кожи и легких: маслами минеральными нефтяными, бенз(а)пиреном [9], комплексом канцерогенов при обработке металлов с применением смазочно-охлаждающих жидкостей [10]. У работников кузнечно-прессовых отделений выявлена повышенная заболеваемость ЗН мочевого пузыря, превышающая среднезаводскую, у кузнецов — в 5,1; контролеров — в 2,6 раза. Возможными агентами, обладающими тропностью к этой локализации рака, являются отработанные газы дизельных двигателей кузнечных автопогрузчиков [10], минеральные масла, каменноугольные и нефтяные пеки, смолы и их возгоны при термодеструкции графитсодержащих технологических смазок, гудрона — при маркировке горячих изделий [9].

Характерной для изучаемых профессий являлась повышенная заболеваемость незлокачественными воспалительными заболеваниями тех же локализаций, что и ЗН — как РХП, так и ЗВУТ. У кузнецов РХП мочеполювой системы превышала среднезаводской показатель в 2,0 раза, у контролеров — в 1,4 раза. У фрезеровщиков ЗВУТ кожи выше среднезаводской в 1,8 раза, у строгальщиков РХП кожи — в 1,7 раза. Во всех группах станочников ЗВУТ болезнями органов дыхания была выше среднезаводских значений в 1,2–2,3 раза.

Распространенность лиц с новообразованиями (доброкачественными и злокачественными в сумме) по результатам ПМО в целом по предприятию составила 4,1%, в профессиональной группе контролеров — 8,4%, операторов ЭВиВМ — 5,0%. Наблюдалась прямая корреляционная связь средней силы между ЗВУТ новообразованиями и стажем работы с канцерогенами в профессии кузнеца ($r=0,5$) и слабой силы — в профессии токаря-карусельщика ($r=0,23$).

ЗВУТ новообразованиями в целом по предприятию была выше у женщин в 1,3 раза в сравнении с мужчинами. Также у женщин наблюдалась более высокая ЗВУТ незлокачественными болезнями печени и желчевыводящих путей (в 1,3 раза), почек и мочевыводящих путей (в 1,7 раза), что позволяет предположить изменение характера метаболизма канцерогенных агентов, их инактивации и выведения; а также повышенная в 2,0 раза, в сравнении с мужчинами, ЗВУТ заболеваниями эндокринной системы, что создает предпосылки для формирования гормонозависимой онкопатологии органов репродукции.

Достоверное влияние на риск заболеваемости новообразованиями в целом по предприятию, как следует из таблицы 3, оказали следующие факторы производственной среды: электромагнитные поля персональных компьютеров (увеличение РХП в 1,6 раза, ЗВУТ — в 1,5 раза), постоянные магнитные поля (ЗВУТ — в 1,2 раза), свинец (ЗВУТ — в 1,9 раза); поведенческие и биологические факторы риска: повышенная масса тела (РХП — в 1,6 раза), гиподинамия (в 1,2 раза), гиперхолестеринемия (в 1,3 раза), повышенное АД (в 1,2 раза).

Методы экспозиционной защиты, разработанные с использованием концепции КР, заключаются в снижении времени контакта и уровней канцерогенов. Определена безопасная продолжительность производственного контакта, при которой достигается верхний предел приемлемого риска для профессиональных групп (0,001): для плавильщиков электронно-лучевого переплава — 20,6 года, гарнисажного переплава при сухой чистке печей — 5,5 года, при мокрой — 7,4 года, для плавильщиков вакуумно-дугового переплава при работе в пультовых — 16,1 года, при сборке и чистке литейного комплекта — 5,9 года, для станочников при существующих условиях труда без местной вытяжной вентиляции — 2,1 года, кузнецов — 1,2 года, слесарей-инструментальщиков — 4,2 года, газорезчиков — 11,1 года, операторов линии — 3,5 года, резчиков на пилах — 12,9 года, огнеупорщиков — 12,9 года. Приемлемый ИКР может быть достигнут при снижении концентраций хром (VI) триоксида на рабочих местах кузнецов в 31,5–33,2 раза, плавильщиков — в 1,8–7,3; операторов линий — в 11,4; резчиков на пилах KASTO — в 3,1; станочников — в 17; никеля на рабочих местах газорезчиков — в 3,6, слесарей-инструментальщиков — в 9,5; станочников — в 2,0–5,3; огнеупорщиков — в 3,1 раза.

Критерии установления диагноза профессионального рака были сформулированы академиком Л.М. Шабадом: «Для того, чтобы признать какую-либо форму рака профессиональным заболеванием, необходимо доказать статистически, а также соответствующими наблюдениями, что данная опухоль встречается достоверно чаще у лиц данной профессии, чем у остального населения... Вслед за этим должно идти возможно более точное установление этиологического агента» [11]. Достижение неприемлемого

Таблица 3

Показатели риска при оценке влияния факторов риска на заболеваемость новообразованиями
Risk values in assessment of risk factors influence on malignancies occurrence

Фактор риска (вид заболеваемости)	I _E	I _E	AR	RR	CI _{RR}	EF	CO	χ^2	OR	CI _{OR}	AR _p	AF _p
Гиподинамия (РХП)	4,5	3,8	0,7	1,2	1,1–1,4	15,3	м	7,3	1,2	1,1–1,3	0,4	8,3
Гиперхолестеринемия (РХП)	4,6	3,5	1,1	1,3	1,2–1,5	24,2	м	18,3	1,3	1,2–1,5	0,6	14,3
Повышенный индекс массы тела (РХП)	4,8	3,1	1,7	1,6	1,4–1,78	36,3	с	47,7	1,6	1,4–1,8	1,1	25,1
Повышенное АД (РХП)	4,7	4,0	1,7	1,2	1,1–1,4	16,0	м	7,5	1,2	1,1–1,4	0,5	11,4
ЭМП ПЭВМ (РХП)	6,2	3,9	2,3	1,6	1,2–2,1	36,7	с	9,4	1,6	1,2–2,2	<0,1	1,0
ЭМП ПЭВМ (ЗВУТ)	1,9	1,3	0,6	1,5	1,1–2,0	31,0	м	5,9	1,5	1,1–2,0	<0,1	2,0
ЭСП, ПМП (РХП)	4,6	3,9	0,7	1,2	1,0–1,4	13,8	м	3,2	1,2	1,0–1,4	<0,1	1,4
ЭСП, ПМП (ЗВУТ)	1,3	1,1	0,2	1,2	1,0–1,4	15,3	м	4,8	1,2	1,0–1,4	<0,1	4,0
Свинец (ЗВУТ)	2,1	1,1	1,0	1,9	1,1–3,2	46,0	с	5,0	1,9	1,1–3,2	<0,1	0,8

Примечания: I_E — распространенность нарушений здоровья среди лиц, подвергавшихся воздействию фактора риска; I_E — распространенность нарушений здоровья среди лиц, не подвергавшихся воздействию фактора риска; AR — добавочный риск (атрибутивный риск, разница рисков); RR — относительный риск; CI_{RR} — 95% доверительный интервал относительного риска; EF — этиологическая доля (этиологическая фракция); CO — степень обусловленности нарушений здоровья, вызванных фактором риска (м — малая, с — средняя); χ^2 — критерий соответствия хи-квадрат; OR — отношение шансов; CI_{OR} — 95% доверительный интервал отношения шансов; AR_p — популяционный добавочный (атрибутивный) риск; AF_p — добавочная доля популяционного риска.

КР может служить еще одним критерием профессионального характера ЗН.

Ожирение, гиподинамия, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия, оказавшие, по результатам данного исследования, достоверное влияние на развитие новообразований у работников предприятия, способствуют развитию гормоно-метаболических сдвигов, повышающих вероятность злокачественных трансформаций клеток [12]. Хронические воспалительные и травматические процессы в нормальных тканях способны запускать ключевые механизмы активации сигнальных путей, стимулирующих клетки к патологической пролиферации [13]. Эти условия формируют патогенетическую базу, на основе которой сильнее проявляется действие производственных канцерогенов.

Значения риска, относящиеся к неприемлемому диапазону, в профессиях плавильщиков, операторов линий получены при соответствии фактических концентраций хрома(VI) триоксида ПДК и оценке условий труда как допустимые по веществам канцерогенного действия.

Выводы:

1. Прогнозный расчет ИКР позволяет отнести работников в профессиях плавильщиков, кузнецов, станочников, операторов линии, слесарей-инструментальщиков, резчиков металла, газорезчиков, огнеупорщиков к группе риска по профессиональному раку, так как полученные значения риска относятся к диапазону неприемлемого профессионального риска.

2. Производственное воздействие электромагнитных полей компьютеров, постоянных магнитных полей, свинца, наличие избыточной массы тела, гиподинамии, гиперхолестеринемии, повышенное АД — все это достоверно повышало риск заболеваемости новообразованиями в изучаемом металлургическом производстве.

3. Установленные в работе зависимости свидетельствуют о возможности значительного снижения заболеваемости ЗН за счет исключения или снижения уровней управляемых факторов риска и могут являться основой профилактической стратегии.

4. Нормативная база, регламентирующая условия труда при работе с канцерогенами, нуждается в коррекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 9)

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2016 году: Государственный доклад. Екатеринбург, Управление Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области; 2017.
2. Березин И.И., Никифорова Г.А. Актуальные аспекты профилактики профессиональных онкологических заболеваний. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 12: 12–5.
3. Проблемы оценки канцерогенного риска воздействия химических загрязнений окружающей среды С.М. Новиков, Г.И. Румянцев, З.И. Жолдакова, Е.А. Шашина, О.В. Пономарева. *Гигиена и сан.* 1998; 1: 29–34.
4. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья. *Гигиена и сан.* 2012; 5: 95–8.
5. Мельцер, А.В. Оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работающих. А.В. Мельцер. Автореферат дисс. ... д.м.н. СПб; 2008: 40.
6. Адриановский В.И., Злыгостева Н.В., Кузьмина Е.А., Липатов Г.Я., Русских К.Ю. Применение методики оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых на разных этапах современного пирометаллургического производства меди. *Санитарный врач.* 2016; 7: 27–31.

7. Руководство Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.

8. Н.Ф. Измеров, Э.И. Денисов. Ред. *Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство)*. М.: Тривант; 2003.

10. Н.П. Головова, А.Г. Чеботарев, Л.М. Лескина, Е.П. Королева, Н.С. Михайлова, А.И. Бочкарева и др. Оценка профессионального риска нарушения здоровья работающих в отдельных отраслях экономики. В кн. Н.Ф. Измеров. Ред. *Актуальные проблемы медицины труда*. ГУ НИИ Медицины труда РАМН; 2006: 315–73.

11. Шабад Л.М. Основы разработки законоположений по профилактике профессиональных новообразований, вызываемых химическими канцерогенами. В кн. *Профессиональный рак. Сборник научных трудов, вып. 2*. М., НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. 1981: 5–10.

12. Дильман В.М. *Эндокринологическая онкология*. Л.: Медицина; 1983.

13. Ашрафян Л.А., Киселев В.И. *Опухоли репродуктивных органов (этиология и патогенез)*. М.: Изд-во Димитрейд График Групп; 2008.

REFERENCES

1. Concerning the condition of sanitary and epidemiological safety of the Sverdlovsk region population in 2016: a Public report. Yekaterinburg, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Sverdlovsk region. 2017. (in Russian).
2. Berezin I. I., Nikiforova G. A. The up-to-date concerns of occupational cancer prophylaxis. *Med. truda i prom. ekol.* 2017. 12: 12–5 (in Russian).
3. The challenges in assessing a carcinogenic risk related to the chemical pollution of the environment. Novikov S.M., Rumyantsev G.I., Zholdakova Z.I., Shashina Ye.A., Ponomaryova O.V. *Gigiyena i san.* 1998. 1: 29–34 (in Russian).
4. Serebryakov P.V. Implementing carcinogenic risk assessment at some mining and metallurgical companies of the Arctic region. *Gigiyena i san.* 2012; 5: 95–8.
5. Mel'tser A.V. Risk assessment in workers exposed to the occupational hazards. Mel'tser A.V. author's abstract of doctoral dissertation. SPb; 2008: 40 (in Russian).
6. Adrianovskiy V.I., Zlygosteva N.V., Kuz'mina Ye.A., Lipatov G.Ya., Russkich K.Yu. Using an assessment technique for an occupational carcinogenic risk in workers employed at different stages of pyrometallurgical copper production. *Sanitarnyy vrach.* 2016; 7: 27–31 (in Russian).
7. A Guideline 2.1.10.1920–04 on public health risk assessment in exposure to chemical environmental pollutants. M.: Federal hygienic and epidemiological center of Russian Ministry of health care; 2004 (in Russian).
8. Izmerov N.F., Denisov E.I. *An occupational risk for workers' health (a Guideline)*. M., Trovant; 2003 (in Russian).
9. List of Classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, Volumes 1 to 117. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Table4.pdf>. Accessed 24.10.2016.
10. Golovkova N.P., Chebotarev A.G., Leskina L.M., Korolyova Ye.P., Mikhajlova N.S., Bochkaryova A.I. et al. An occupational health impairment risk assessment in people employed in specific industries. *Aktual'nye problem meditsiny truda*. Izmerov Research Institute of Occupational Health of RAMS. 2006: 315–73. (in Russian)
11. Shabad L.M. The law regulations development principles for prophylaxis of occupational cancers caused by chemical car-

cinogens. *Professional'nyy rak. Issue 2 of the Research Digest*. M., NII gigiyeny im. F.F. Erismana. 1981: 5–10 (in Russian).

12. Dil'man V.M. *Endocrinological oncology*. L.: Meditsina; 1983 (in Russian).

13. Ashrafyan L.A., Kiselyov V.I. *Reproductive cancers: etiology and pathogenesis*. M. Dimitreid Grafik Grupp; 2008 (in Russian).

Поступила 12.10.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Базарова Екатерина Ливерьевна (Ekaterina L. Bazarova),
вр. по гиг. труда МУ МСЧ Тирус, асс. каф. гигиены и экологии ФБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России, канд. мед. наук.
E-mail: bazarova@vsmpo.ru.

Рослый Олег Федорович (Oleg F. Rosly),

д-р мед. наук, по 09.2017 г. рук. отд. мед. труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора.

Федорук Анна Алексеевна (Anna A. Fedoruk),

рук. отд. мед. труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: annaf@ymrc.ru.

Рослая Наталья Алексеевна (Natalya A. Roslaya),

доц. каф. обществ. здоровья и здравоохранения ФБОУ ВО УГМУ Минздрава России, гл. внештатный профпатолог Уральского ФО, д-р мед. наук. E-mail: naroslava@gmail.com.

Ошеров Илья Семенович (Ilya S. Osherov),

Гл. вр. МУ МСЧ Тирус, засл. вр. РФ. E-mail: osherov@vsmpo-avisma.ru.

УДК 615.9

Сутункова М.П.¹, Макеев О.Г.², Привалова Л.И.¹, Минигалиева И.А.¹, Гурвич В.Б.¹, Соловьева С.Н.¹, Клинова С.В.¹, Рузаков В.О.¹, Коротков А.В.², Шуман Е.А.², Кацнельсон Б.А.¹

ГЕНОТОКСИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТНЫХ ИЛИ ЭЛЕМЕНТНООКСИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ И ЕГО ОСЛАБЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ БИОПРОТЕКТОРОВ

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

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

В токсикологических экспериментах оценивался коэффициент фрагментации (K_{fr}) ДНК в ПАДФ-тесте (полиморфизм длин амплифицированных фрагментов ДНК) после воздействия наночастиц (НЧ) серебра, золота, оксидов меди, железа, алюминия, цинка, свинца, никеля, кремния при внутрибрюшинном или ингаляционном путях поступления. Внутрибрюшинное введение осуществлялось 3 раза в неделю в течение 6 недель, в эмпирически подобранных сублетальных дозировках, при действии которых наблюдается умеренное развитие интоксикации. Ингаляционные экспозиции проводились по 4 часа в день, 5 раз в неделю в течение 3, 6 или 10 месяцев.

Установлено, что при действии всех перечисленных НЧ происходит статистически значимое усиление фрагментации ядерной ДНК. На фоне воздействия на организм комплекса биопротекторов различной направленности действия генотоксичность НЧ серебра, оксида меди и оксида никеля оказалась существенно ослабленной.

Ключевые слова: наночастицы; металлы; генотоксичность

Для цитирования: Сутункова М.П., Макеев О.Г., Привалова Л.И., Минигалиева И.А., Гурвич В.Б., Соловьева С.Н., Клинова С.В., Рузаков В.О., Коротков А.В., Шуман Е.А., Кацнельсон Б.А. Генотоксический эффект воздействия некоторых элементных или элементнооксидных наночастиц и его ослабление комплексом биопротекторов. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 11: 10–16. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-11-10-16>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Marina P. Sutunkova¹, Oleg G. Makeyev², Larisa I. Privalova¹, Il'zira A. Minigaliyeva¹, Vladimir B. Gurvich¹, Svetlana N. Solov'yova¹, Svetlana V. Klinova¹, Vadim O. Ruzakov¹, Artyom V. Korotkov², Evgeniy A. Shuman², Boris A. Katsnelson¹
GENOTOXIC EFFECT OF SOME ELEMENTAL OR ELEMENT OXIDE NANOPARTICLES AND ITS DIMINUTION BY BIOPROTECTORS COMBINATION

¹Ekatereburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of Industrial Workers, 30, Popova Str., Ekaterinburg, Russia, 620014;

²Ural State Medical University, 3, Repina Str., Ekaterinburg, Russia, 620028

Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD) analysis was a part of toxicological studies to determine DNA fragmentation coefficient (K_{fr}) after the exposure to nanoparticles of silver, gold, copper oxides, iron, aluminum, zinc, lead, nickel, silicon administered intraperitoneally or by inhalation.

Intraperitoneal administration occurred 3 times a week for 6 weeks and covered empirically selected sublethal doses to provide moderate intoxication. Inhalational expositions continued 4 hours a day 5 times a week for 3, 6 or 10 months.

The statistically significant increase in nuclear DNA fragmentation was observed in all cases of exposure to nanoparticles. If subjected to a combination of bioprotectors varying in the action mode, genotoxicity of the silver, copper oxide and nickel oxide nanoparticles was significantly weaker.

Key words: nanoparticles; metals; genotoxicity