

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЯ, МАРГАНЦА И НИКЕЛЯ У РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Потапова И.А., Федотова И.В., Мельникова А.А., Калачева Е.С., Жаркова Е.М.,
Моисеева Е.В., Черникова Е.Ф.

*ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и
профпатологии» Роспотребнадзора, г. Нижний Новгород*

*e-mail: yes-ia@mail.ru, irinayfed@mail.ru, ania.me2016@yandex.ru,
kate.kalachova2013@yandex.ru, elenzharkovaa@yandex.ru, receipt@nniigp.ru,
chernikova_ef@mail.ru*

Аннотация. Производственная среда на металлургических предприятиях характеризуется присутствием в воздухе рабочей зоны комплекса вредных химических веществ, в том числе аэрозолей тяжелых металлов, таких как никель (Ni), алюминий (Al), марганец (Mn).

Цель работы - оценить величину индивидуальной токсической нагрузки алюминия, марганца и никеля на примере работников металлургического завода полного цикла и связь её с частотой хронических неинфекционных заболеваний.

Материалы и методы. Проведена гигиеническая оценка загрязненности воздуха рабочей зоны для 55 рабочих мест. В исследование были включены 309 работников металлургического завода (средний возраст $44,1 \pm 1,1$ лет; профессиональный стаж $17,5 \pm 1,1$ лет), для которых рассчитывались индивидуальные среднесменные дозы поступления (ССД) и токсические дозы (ТД) металлов. Данные о заболеваемости работников были получены по данным медицинских карт и паспортов здоровья по результатам прохождения ими периодического медицинского осмотра.

С целью оценки возможного влияния индивидуальных доз воздействия на распространенность хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) металлургов, группа исследования была разделена на подгруппы согласно квартилям распределения ССД и ТД.

Результаты и обсуждение. Среднесменные концентрации исследуемых поллютантов в ВРЗ соответствовали гигиеническим нормативам, превышения наблюдались только для максимальных разовых концентраций Ni - до 6,7 раз.

Установлено, что с увеличением ССД и ТД металлов у металлургов наблюдался рост

частоты ХНИЗ органов дыхания (ОД). Тенденция зависимости распространенности заболеваний ОД у металлургов от уровней среднесменных доз поступления марганца и алюминия имела линейный характер ($R^2=0,90$ и $R^2=0,76$ соответственно).

По результатам расчета ТД металлов, полученной работником за весь период профессиональной деятельности, также установлена линейная модель зависимости риска развития заболеваний ОД от поступившей дозы для никеля и марганца ($R^2=0,95$ и $R^2=0,80$ соответственно).

Ключевые слова: воздух рабочей зоны, алюминий, марганец, никель, металлы, токсическая доза, персональная экспозиция, хронические неинфекционные заболевания.

Одной из наиболее многочисленных профессиональных групп нашей страны являются работники металлургической промышленности [1]. Перечень контролируемых химических соединений у металлургов определяется профессией, технологическим регламентом конкретного производства и протоколами производственного контроля. По условиям труда производство стали относится к одному из самых тяжелых и вредных. Производственная среда в сталелитейных и металлообрабатывающих цехах характеризуется присутствием в воздухе рабочей зоны (ВРЗ) комплекса вредных химических веществ, пыли [2].

Интенсивное загрязнение воздушной среды аэрозолями тяжелых металлов алюминия, марганца, никеля связано с операциями обогащения и подготовки шихты, сопровождающимися активным пылеобразованием [2]. Работники литейных цехов имеют высокую степень воздействия микрочастиц этих металлов при изготовлении форм и стержней [3]. Помимо этого присутствие алюминия и марганца возможно в составе сварочного дыма [4,5]. Наличие в воздухе сталелитейных предприятий химических веществ может быть также обусловлено недоработками в конструкциях станков, машин, механизмов, отсутствием или низкой надежностью устройств безопасности, блокировок, неправильным размещением используемого оборудования и рабочих мест [2].

Профессиональное воздействие промышленных поллютантов на работников металлургических предприятий может привести к срыву адаптационных механизмов организма, вызвать нарушение функций различных органов и систем сердечно-сосудистой, эндокринной, респираторной и других [4,6]. Следует отметить, что важнейшим параметром, отражающим воздействие химического вещества, является доза поллютанта, поступившего в организм конкретного работника.

Цель работы - оценить величину индивидуальной токсической нагрузки алюминия, марганца и никеля на примере работников металлургического завода полного цикла и связь

её с частотой ХНИЗ.

Исследование персональной экспозиции токсичных веществ проводилось у работников металлургического завода, для рабочих мест (РМ) которых ранее устанавливался уровень концентраций этих поллютантов в ВРЗ. Всего в обследование было включено 309 металлургов (средний возраст $44,1 \pm 1,1$ лет; профессиональный стаж $17,5 \pm 1,1$ лет). Данные лица проходили периодический медицинский осмотр на базе ФБУН «Нижегородского НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора. При проведении углубленного клинико-лабораторного обследования у всех работников было получено добровольное информированное согласие. Сведения о заболеваемости были получены из медицинских карт и паспортов здоровья по результатам периодического медицинского осмотра.

Анализ условий труда проводился на основе гигиенического обследования 55 рабочих мест (11 цехов, 2 участка). Отбор проб ВРЗ осуществлялся в зоне дыхания металлургов с помощью аспиратора ПА-300М-2. Определение содержания в пробах воздуха Al, Mn и Ni выполнялось с помощью атомно-абсорбционных спектрометров с пламенной и электротермической атомизацией согласно действующей нормативно-методической документации.

Среднесменные концентрации веществ рассчитывались на основе результатов измерений на различных этапах технологического процесса и хронометражных данных в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Среднесменная доза поступления каждого поллютанта оценивалась согласно Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» по формуле:

$$ССД = \frac{C_{cc} \cdot V}{m}, \text{ где} \quad (1)$$

ССД - среднесменная доза поступления поллютанта в организм работника, мг/кг;

C_{cc} - среднесменная концентрация поллютанта, мг/м³;

V - объем легочной вентиляции за смену, м³;

m - масса тела, кг.

Объем легочной вентиляции устанавливался согласно категории работ по уровню энергозатрат в соответствии с тяжестью труда на рабочих местах, которая оценивалась нами в рамках гигиенического обследования предприятия.

Токсическая нагрузка рассчитывалась по следующей формуле (согласно Р 2.1.10.3968-23):

$$ТД = \frac{C_{cc} \cdot 250 \cdot \tau \cdot V}{m}, \text{ где} \quad (2)$$

ТД - токсическая доза поллютанта, полученная работником за период работы в профессии, мг/кг;

C_{cc} - среднесменная концентрация поллютанта, мг/м³;

250 - число рабочих смен, отработанных в календарном году;

τ - стаж в профессии, г.;

V - объем легочной вентиляции за смену, м³.

С целью изучения возможного влияния индивидуальных доз воздействия на распространенность ХНИЗ металлургов, группа исследования была разделена на подгруппы согласно квартилям распределения ССД и ТД. Для каждой подгруппы работников была оценена распространенность ХНИЗ.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием программы MS Excel.

Анализ результатов оценки загрязненности воздушной среды производственных помещений показал, что в целом превышения гигиенических нормативов исследуемых токсичных веществ в зоне дыхания работников наблюдались только для максимальных разовых концентраций Ni - в 6,7 раз на РМ токаря (кузнечно-прессовый цех) и в 1,8 раз на РМ обработчика поверхностных пороков металла (цех механической обработки поковок) соответственно.

Наиболее высокие среднесменные концентрации Ni фиксировались в зоне дыхания токаря – $0,025 \pm 0,010$ мг/м³ и обработчика поверхностных пороков – $0,028 \pm 0,002$ мг/м³ при ПДК_{cc} = 0,05 мг/м³; Mn - на рабочем месте сталевара – $0,052 \pm 0,001$ мг/м³, разлищика стали – $0,024 \pm 0,005$ мг/м³ и сварщика – $0,018 \pm 0,001$ мг/м³ при ПДК_{cc} = 0,1 мг/м³. Уровень Al был выше у обработчиков поверхностных пороков – $0,0109 \pm 0,0005$ мг/м³, сталевара – $0,0154 \pm 0,0007$ мг/м³ и разлищика стали – $0,0149 \pm 0,0049$ мг/м³ при ПДК_{cc} = 2,0 мг/м³. Следует отметить, что в каждом цехе представители одной и той же профессии, рабочие места которых располагались на разных производственных участках, часто имели достоверные различия в экспозиции исследуемых токсикантов вследствие особенностей технологического процесса.

Анализ связи уровней среднесменных концентраций вредных веществ в зоне дыхания работников с распространенностью ХНИЗ не выявил каких-либо зависимостей. Более точную оценку дает метод расчета индивидуальной дозы поступления вредных веществ с учетом объема вентиляции легких и массы тела работника. В исследуемой группе ССД составили для никеля - 0,31 [0,18; 0,69] мкг/кг; для марганца - 0,25 [0,09; 0,49] мкг/кг; для

алюминия - 0,15 [0,09; 0,24] мкг/кг. Анализ ХНИЗ у работников в группах с различными ССД показал, что с увеличением поступления Ni до 0,18 мкг/кг и выше распространенность заболеваний ОД (хронический бронхит, хроническая обструктивная болезнь легких, эмфизема легких) возрастает в 2,1 раза – с $5,5 \pm 2,59$ случаев на 100 работающих до $11,1 \pm 2,05$ соответственно ($p > 0,05$). Указанный уровень доз в зависимости от категории работ по тяжести и при среднем весе работника 75-80 кг соответствует среднесменной концентрации Ni $0,001-0,004$ мг/м³, что на порядок ниже гигиенического регламента. Полученные результаты согласуются с литературными данными, исходя из которых, при хронической экспозиции никелем на уровне $1,4 \cdot 10^{-5}$ мг/м³ критическими органами-мишенями выступают ОД¹.

а) При воздействии Mn и Al подтверждается модель линейной зависимости частоты заболеваний ОД от дозы поступления этих токсикантов (рис 1). Как известно, при длительном вдыхании пыли или электросварочного аэрозоля, содержащих Mn, возможно развитие профессионального бронхита, пневмокониоза (манганокониоза) электросварщиков. Помимо этого, Mn обладает алергизирующим действием и способен вызывать развитие бронхиальной астмы и экземы [7].

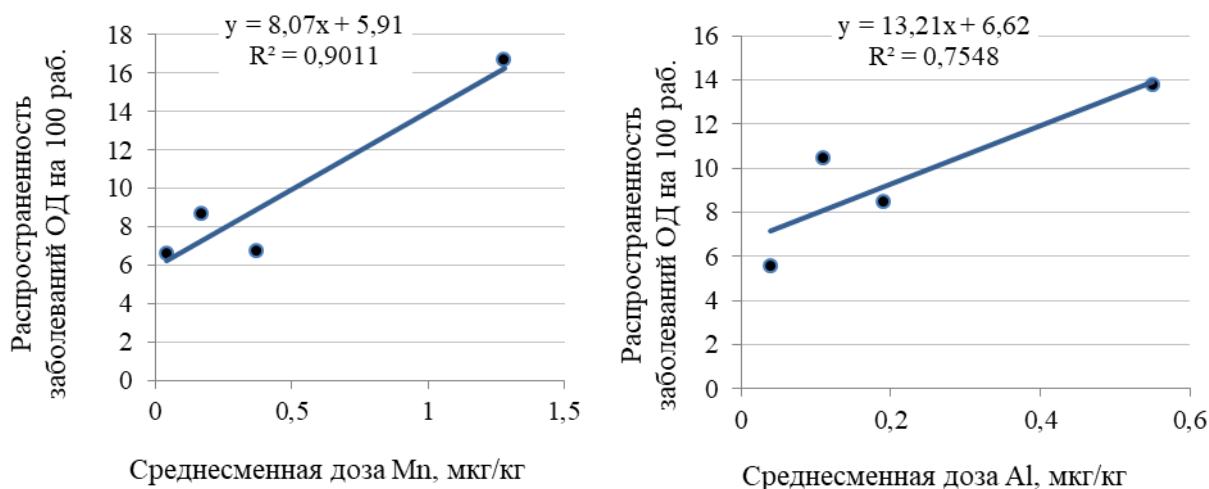


Рисунок 1 - Корреляционная зависимость распространенности заболеваний органов дыхания у металлургов от уровней среднесменных доз поступления марганца и алюминия

Влияние алюминия на увеличение риска развития заболеваний ОД отмечена для работников алюминиевой промышленности, у которых их частота занимает третье место в структуре профессиональной заболеваемости [8]. В работе S.A. Syurin (2012) оценка

¹ Р 2.1.10.3968-23.2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. Руководство (утв. Роспотребнадзором 06.09.2023)

состояния здоровья работников алюминиевого завода показала, что наиболее распространенными респираторными заболеваниями являются хронический бронхит, хроническая обструктивная болезнь легких и астма. Наибольший риск развития бронхолегочных заболеваний выявлен у стажированных работников [8].

По результатам расчета ТД металлов, проведенного с целью оценки химической нагрузки, полученной работником за весь период профессиональной деятельности, установлено, что ТД Ni для группы металлургов в целом находились на уровне 1,2 [0,6; 2,9] мг/кг; ТД Mn - 1,0 [0,3; 2,3] мг/кг; ТД Al - 0,6 [0,2; 1,3] мг/кг. С учетом продолжительности воздействия токсикантов линейная модель зависимости риска развития заболеваний ОД от поступившей дозы подтверждается для никеля и марганца (рис.2).

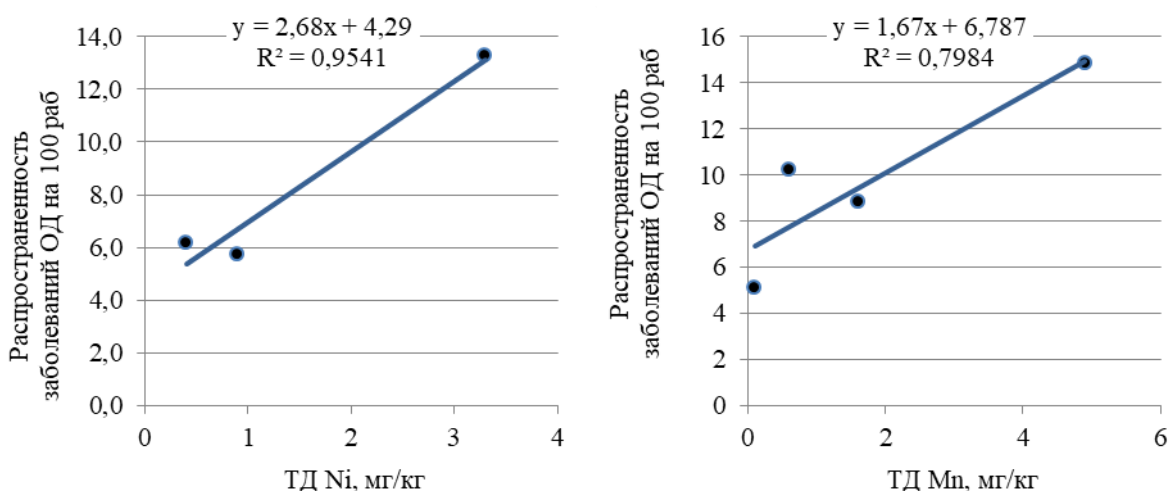


Рисунок 2 - Распространенность заболеваний органов дыхания у металлургов при разных уровнях токсической дозы поступления Ni и Mn

Заключение. Исследование содержания никеля, марганца и алюминия на рабочих местах металлургов показало, что современное металлургическое производство по данным показателям преимущественно обеспечивает соблюдение гигиенических требований - превышение ПДК для ВРЗ было установлено только для отдельных максимальных разовых концентраций Ni, среднесменные концентрации не превышали нормативы.

Использование метода расчета индивидуальной дозы поступления вредных веществ позволило определить, что уровень содержания в воздухе никеля более чем в 10 раз ниже ПДК повышает в 2 раза риск развития заболеваний органов дыхания, что требует обратить внимание на надежность установленного гигиенического регламента, тем более с учетом референтной концентрации Ni при хронической экспозиции – 0,000014 мг/м³.

Полученная линейная модель зависимости величины риска развития заболеваний органов дыхания от дозы поступления марганца и алюминия может быть использована для

прогноза индивидуального риска и формирования групп риска при проведении периодических медицинских осмотров.

Список литературы

1. Состояние и тенденции занятости и рынка труда в металлургической отрасли (профессиональный срез): Металлургия. Аналитическая справка. 2019. URL: https://spravochnik.rosmintrud.ru/storage/app/media/Metallupgiya_.pdf (дата обращения 31.10.2024).
2. 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. № 94 (2). С. 64–67.
3. Манохин В.Я., Головина Е.И., Иванова И.А. Оценка дисперсного и элементного состава пыли при обработке отливок на участках дробеструйных аппаратов и выбивных решеток // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2017. № 4 (25). С. 167–171.
4. Обоснование программы исследований по оценке факторов риска на предприятии порошковой металлургии / Н.В. Зайцева [и др.] // Вестник пермского университета. 2010. Вып. 2. С. 50–56.
5. Опасные вещества, выделяемые при сварке и их воздействие на человека / С.В. Исаенко [и др.] // Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении: материалы студенческой научно-практической конференции (Таганрог, 18-19 апреля 2019) / редкол.: Т.А. Бедная, И.А. Дмитриева, Т.В. Чернова. – Таганрог: ООО«ЭльДирект», 2019. С. 18-20. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38252438_81478097.pdf. (дата обращения 31.10.2024).
6. Шляпников Д.М., Власова Е.М., Пономарева Т.А. Заболевания органов дыхания у работников металлургического производства // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 12. С. 16–19.
7. Нугайбекова Г.А., Берхеева З.М. Значение марганца в жизни человека (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 9. С. 30-35.
8. Syurin S.A., Burakova O.A. Respiratory pathology pattern of aluminium industry workers in Russian Arctic // Proceedings of the MSTU. 2012. № 15 (3). P. 627-632.