

© Базарова Е.Л., Федорук А.А., Рослая Н.А., Ошеров И.С., Бабенко А.Г., 2019

УДК 613.6

ОПЫТ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ, В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.Л. Базарова^{1,2,3}, А.А. Федорук³, Н.А. Рослая², И.С. Ошеров¹, А.Г. Бабенко¹

¹МСЧ «Тирус», ул. Парковая, д. 1, г. Верхняя Салда, Верхнесалдинский р-н, Свердловская обл., 624760, Россия

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

³ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Россия

Приводятся результаты оценки профессионального риска, связанного с воздействием промышленных аэрозолей, по гигиеническим и клиническим критериям у работников модернизируемых участков металлургического производства. Профессиональный риск в зависимости от условий труда в изучаемых профессиях категорирован от малого до очень высокого. Реальный риск пневмокониозов в большинстве случаев сопоставим с ожидаемым при сравнении класса условий труда по пылевым нагрузкам и индекса профессиональных заболеваний. Воздействие аэрозолей достоверно повысило риск развития общесоматической патологии органов дыхания, кожи, зрительного и слухового анализаторов, костно-мышечной, мочеполовой, эндокринной, репродуктивной, нервной систем, систем пищеварения, кровообращения, нарушений крови. Отмечаются слабая и средняя степени связи общесоматической заболеваемости с условиями труда.

Ключевые слова: аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, профессиональный риск, здоровье работников металлургического производства.

E.L. Bazarova, A.A. Fedoruk, N.A. Roslaya, I.S. Osharov, A.G. Babenko □ **ASSESSMENT EXPERIENCE OF OCCUPATIONAL RISK ASSOCIATED WITH EXPOSURE TO INDUSTRIAL AEROSOLS UNDER THE CONDITIONS OF METALLURGICAL ENTERPRISE MODERNIZATION** □ Medical Unit «Tirus», 1 Parkovaya Str., Verkhnyaya Salda, Verkhnesaldinsky District, Sverdlovsk Region, 624760, Russia; Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Repina Str., Ekaterinburg, 620028, Russia; 3 Ekaterinburg Medical Research Center for Prevention and Health Promotion of Industrial Workers of Rospotrebnadzor, 30 Popova Str., Ekaterinburg, 620014, Russia.

The paper presents the assessment results of occupational risk associated with exposure to industrial aerosols, according to hygienic and clinical criteria of workers in metallurgical production modernized sections. Occupational risk, depending on the working conditions in the professions studied, is categorized from small to very high one. In most cases the pneumoconiosis real risk is comparable to the expected when comparing the working conditions class on dust loads and the occupational diseases index. The aerosols impact significantly increased the developing risk of general somatic pathology of respiratory organs, skin, visual and auditory analyzers, musculoskeletal, urogenital, endocrine, reproductive, nervous systems, digestive systems, blood circulation, and blood disorders. There is a weak and medium degree of connection of general somatic morbidity with working conditions.

Key words: aerosols of predominantly fibrogenic action, occupational risk, metallurgical production workers health.

Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД) являются одним из ведущих профессиональных факторов риска. В структуре профессиональных заболеваний по Российской Федерации профессиональные заболевания от воздействия АПФД составляют 15,9 % [4] и по Свердловской области – 35,9 % [5]. Патологический процесс при них, как правило, необратим в связи с наличием структурных патоморфологических нарушений в легких [1]. Невозможность выполнения привычных физических нагрузок, потеря профессии и ранний выход на инвалидность влияют на показатели качества жизни [7]. Аэрогенные факторы риска обуславливают до 45 % профессиональных заболеваний у работников производства титановых сплавов, приводят к развитию профессиональной патологии органов дыхания [2]. Анализ профессионального риска (ПР) от их воздействия в современном титановом производстве является актуальной гигиенической задачей [8].

Цель исследования – оценка ПР, связанного с воздействием промышленных аэрозолей, по гигиеническим и медико-биологическим критериям у работников модернизируемых участков современного металлургического предприятия.

Материалы и методы. Исследование проводилось на крупном предприятии по производству титановых сплавов в рамках работы по оценке ПР при внедрении новых технологических процессов. Анализ ПР осуществлялся по методике, разработанной специалистами НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова [3, 6]. Работники подвергались воздействию следующих АПФД: аэрозоля титана и его сплавов, железа и его соединений, абразивов (кремния карбид, электрокорунда), вольфрама, алюминия и его сплавов, кремния диоксид кристаллического, силикатов, углеродсодержащих пылей (графита, кокса), сварочных аэрозолей. Фактические концентрации АПФД в воздухе рабочей зоны изучались по данным производственного

и государственного контроля, аттестации рабочих мест и специальной оценки условий труда (СОУТ) за последние 20 лет с расчетом фактических и контрольных пылевых нагрузок (КПН) и определением класса условий труда (КУТ) согласно Р 2.2.2006–05 как меры оценки ПР по гигиеническим критериям [9]. При этом пылевые нагрузки (ПН) считались основным показателем оценки степени воздействия АПФД на работников.

Прогноз вероятности возникновения пылевых заболеваний дыхательных путей при воздействии АПФД проводился по математической модели В.В. Ткачева [10, 11] на 5 рабочих местах: плавильщиков электронно-лучевого (ЭЛП) и гарнисажного переплавов (ГРЭ), кузнецов автоматизированных кузнечно-прессовых комплексов, отжигальщиков цветных металлов участка крип-правки, огнеупорщиков. Риск пневмокониозов определялся по специальной шкале в зависимости от величины интегрального показателя R, учитывающего возраст работающего, стаж работы, содержание пыли в воздухе (пылевую экспозиционную дозу), ее дисперсионный и минеральный состав, содержание кремния диоксид, тяжесть труда и объем легочной вентиляции. Предельная пылевая экспозиционная доза соответствует R 5 % при стаже работы 30 лет. Прогноз осуществлялся для возраста 40 лет и стажа 20 лет R₂₀ (средний возраст и стаж работников предприятия), для возраста 50 лет и стажа 30 лет R₃₀, соответствующему среднему стажу установления пылевых заболеваний на предприятии, и для возраста 55 лет и стажа 35 лет R₃₅, соответствующим среднему возрасту и стажу при выходе на пенсию. Рассчитывался предельно допустимый стаж работы с пылью при условии неизменности среднесменных среднестажевых концентраций в качестве мероприятия защиты временем.

Фактическая профессиональная заболеваемость оценивалась по показателям риска Кр, тяжести Кт и индексу профессиональных заболеваний Ипз за 30 лет. Распространенность хронической патологии (РХП) и нарушений крови у работников в контакте с АПФД изучалась по данным периодических медицинских осмотров (ПМО), заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) – по данным обращаемости за 5 лет. В 2016 г. во время проведения ПМО обследовано 12 657 работников предприятия, из них 7 356 мужчин и 5 301 женщина, не имевших на момент обследования острых респираторных инфекций. Исследования крови проводили на гематологическом анализаторе «ABX Pentra-60» производства фирмы «HORIBA ABX». После построения таблиц сопряженности по количеству лиц с нарушениями здоровья, подвергавшихся и не подвергавшихся воздействию изучаемого аэрозоля, с помощью разработанных в МСЧ компьютерных программ, зарегистрированных в Роспатенте Российской Федерации, рассчитывали показатели риска. Связь между воздействием АПФД и нарушениями здоровья считалась статистически достоверной при значении критерия $\chi^2 > 3,84$ ($P < 0,05$).

Результаты исследования

Гигиеническая характеристика пылевого фактора на изучаемых рабочих местах. Плавильщики ЭЛП и ГРЭ подвергаются воздействию полиметаллического аэрозоля титановых сплавов, содержащего титан (от 57,6 до 97,9 %), алюминий (от 0,8 до 33,0 %), железо (от 0,9 до 6,0 %), ванадий (от 0,6 до 1,3 %).

Среднесменная концентрация (ССК) титана в воздухе на рабочих местах плавильщиков ЭЛП составила в среднем $(1,6 \pm 0,4)$ мг/м³ при предельно допустимой концентрации среднесменной (ПДКсс) 10 мг/м³, диЖелеза триоксид – $(1,6 \pm 0,15)$ мг/м³ при ПДКсс 6,0 мг/м³; алюминия – $(0,086 \pm 0,022)$ мг/м³ при ПДКсс 2,0 мг/м³ (класс 2). ССК кремния диоксид кристаллического при содержании в пыли от 2 до 10 % (SiO₂ (2–10 %)) составила $(21,8 \pm 3,3)$ мг/м³ при ПДКсс 4,0 мг/м³ (класс 3.2). ПН за 25-летний стаж работы (далее – ПН₂₅) при одновременном присутствии в воздухе аэрозолей титана, железа, алюминия, кремния диоксид составила 398,8 г, что в 1,4 раза превышает КПН (КУТ 3.1). Технологическими операциями, сопровождающимися наибольшим пылевыделением, являются сухая чистка печи, загрузка шихты, укладка гарнисажа, выгрузка и переборка отливок. Максимально зарегистрированные концентрации аэрозолей в воздухе при сухой чистке печи составили: титана – 12,3 мг/м³, железа – 15,4 мг/м³, алюминия – 4,6 мг/м³, SiO₂ (10–70 %) – 8,5 мг/м³, SiO₂ (2–10 %) – 206 мг/м³. Итоговые КУТ по АПФД с учетом однонаправленности действия аэрозолей – 3.1–3.2.

Операциями, характеризующимися наибольшими пылевыделениями при ГРЭ, являются загрузка шихты, выгрузка и чистка печей. По сравнению с традиционной плавкой в вакуумно-дуговых печах при ГРЭ чистке подлежат поверхности больших площадей. При вышеуказанных ПДКсс ССК титана диоксид составляла в среднем $(1,73 \pm 0,41)$ мг/м³, диЖелеза триоксид – $(3,1 \pm 0,7)$ мг/м³, алюминия – $(0,07 \pm 0,014)$ мг/м³, SiO₂ (10–70 %) – $(1,216 \pm 0,2433)$ мг/м³ при ПДКсс 2,0 мг/м³ при максимальных концентрациях аэрозолей в воздухе 11,30; 5,40; 2,36; 2,77 соответственно. С учетом однонаправленного действия условия труда отнесены к классу 3.1. ССК общей массы аэрозоля в воздухе составляла $(15,7 \pm 1,41)$ мг/м³ при максимальной 54 мг/м³ (КУТ 3.1).

Следует отметить снижение концентраций АПФД в динамике. В 1998 г. ССК титана составляла $(39,9 \pm 10,0)$ мг/м³, достигая при сухой чистке крышек печей 47,2 мг/м³. При строительстве нового участка ГРЭ была учтена необходимость снижения пылевыделения при чистке свода печей, изготовлена установка мокрой очистки. ПН₂₅ на участке с сухой чисткой печей составляла 384,0 г, на участке с установкой мокрой очистки – 296,6 г. Однако необходимо отметить, что оба показателя выше КПН₂₅ в 1,8 и 1,4 раза соответственно.

Характерным для условий труда кузнецов является воздействие многокомпонентного пылегазового микста из аэрозоля титановых и алюминиевых сплавов, сталей, продуктов тер-

модеструкции технологических смазок – стеклоэмалей, при штамповке – смеси масла и графита или водно-графитовой смазки, стекло- и асботкани, древесного опила; продуктов сгорания топлива в газовых печах и дизельного топлива от работы внутрицехового транспорта. Концентрации АПФД зависят от мощности прессов, степени механизации и автоматизации работ, вентиляции, выполняемых функций в бригаде. Наиболее неблагоприятные условия труда отмечаются при работе бригадира и подручного непосредственно у пресса в связи с близостью к зоне горячей деформации металла и источнику вредных факторов, наиболее благоприятные – в закрытых пультовых с кондиционерами, удаленных от зоны обработки на несколько метров. Условия труда на автопогрузчиках и манипуляторах определяются открытым или закрытым типом кабины.

ССК АПФД составляли в среднем: титана – $(0,87 \pm 0,14)$ мг/м³; алюминия – $(0,023 \pm 0,005)$ мг/м³; SiO₂ (10–70 %) – $(2,0 \pm 0,03)$ мг/м³; максимальные концентрации: титана – 6,9 мг/м³; алюминия – 1,5 мг/м³, кремния диоксид – 14,9 мг/м³. ССК не превышали ПДКсс. На рабочих местах бригадиров и подручных отмечались более высокие ССК аэрозолей, чем на манипуляторах, погрузчиках и в пультовых: титана – $(1,51 \pm 0,27)$; $(0,80 \pm 0,15)$; $(0,50 \pm 0,10)$ и менее 1,25 мг/м³ соответственно; алюминия – $(0,029 \pm 0,007)$; менее 0,01; $(0,018 \pm 0,003)$; менее 0,01 мг/м³ соответственно (класс 2). По результатам исследования воздуха при СОУТ в 2016 г., ССК на рабочих местах бригадиров и их подручных находились в диапазоне: титана – 11,2–12,8 мг/м³ (класс 3.1), вольфрама – 0,84–0,89 мг/м³ (класс 2), пыли углерода – 9,5–10,9 мг/м³ (класс 3.1), SiO₂ (10–70 %) – 1,2–1,25 мг/м³ (класс 2). Итоговый КУТ – 3.1. ПН₂₅ при одновременном присутствии в воздухе титана, вольфрама, кремния диоксид и пыли углерода составила 963,2 г, что в 2,1 раза выше КППН₂₅ (класс 3.1).

На рабочих местах кузнецов – водителей погрузчиков и манипуляторов, по результатам СОУТ 2016 г., ССК находились в диапазоне: титана – 8,2–8,8 мг/м³ (класс 2), вольфрама – 0,62–0,70 мг/м³ (класс 2), пыли углерода – 6,53–6,62 мг/м³ (класс 3.1), SiO₂ (10–70 %) – 1,2–1,25 мг/м³ (класс 2). Итоговый КУТ – 3.1. Концентрации АПФД на рабочих местах кузнецов – водителей погрузчиков ниже, чем у бригадиров и подручных, по титану – в 1,5 раза; по вольфраму – в 2,5; по пыли углерода – в 1,6; по кремнию диоксид – в 1,3 раза. ССК на рабочих местах кузнецов-операторов в пультовых находились в диапазоне: титана – 1,02–1,1 мг/м³, пыли углерода – 1,0–1,05 мг/м³, вольфрама и кремния диоксид – ниже предела чувствительности методик (КУТ 2). Концентрации АПФД на рабочих местах кузнецов-операторов в пультовых ниже, чем у бригадиров и подручных, по титану в 11,5 раза, по пыли углерода – в 10,0 раз.

Условия труда огнеупорщиков при обслуживании новых типов нагревательных печей характеризуются одновременным и чередующимся воздействием разных по составу и сте-

пени фиброгенности аэрозолей. Концентрации силикатсодержащих пылей в 50 % проб превышали ПДК. Концентрации шамота каолинового находились в диапазоне 1,4–150,0 мг/м³; ССК в среднем за анализируемый период составляла $(11,7 \pm 2,34)$ мг/м³ (ПДКсс 8,0 мг/м³, класс 3.1). ПН₂₅ по пыли шамота в 1,46 раза превышает КППН₂₅ (класс 3.1). Концентрации аэрозолей искусственных минеральных волокон (стекловолокна, стекловаты, ваты минеральной и др.), кремнийсодержащих волокон при ССК респираторных волокон менее 1 в/мл находились в диапазоне 1,51–1,97 мг/м³, в среднем $(1,8 \pm 0,36)$ мг/м³ при ПДКсс 2,0 мг/м³, при содержании 1 в/мл и более – $(0,47 \pm 0,11)$ мг/м³ при ПДКсс 1,0 мг/м³ (класс 2). ПН₂₅, исходя из допущения, равного по времени воздействия аэрозолей искусственных минеральных волокон и шамота при их чередующемся присутствии в воздухе, составила 421,4 г. Основной вклад в пылевую нагрузку вносила пыль шамота – 365,2 г.

В состав аэрозолей в зависимости от применяемых материалов при демонтаже старой и монтаже новой футеровки нагревательных печей входит кремний диоксид кристаллический, который обнаруживается в воздухе в ССК: $(8,5 \pm 1,3)$ мг/м³ при его содержании в пыли от 2 до 10 % (класс 3.1); $(3,95 \pm 0,79)$ мг/м³ – при содержании от 10 до 70 % (класс 3.1); $(0,92 \pm 0,25)$ мг/м³ – при содержании более 70 % (класс 2). Эпизодически производятся работы, сопровождающиеся выделением других силикатсодержащих пылей. Среднеоперационные концентрации пыли цемента составили: при приготовлении раствора огнеупорного бетона в бетономешалке – 10,5 мг/м³, при удалении старой футеровки отбойным молотком – 2,9 мг/м³, ССК цемента – $(6,8 \pm 1,63)$ мг/м³ (ПДКсс 8,0 мг/м³, класс 2); асбеста – $(0,4 \pm 0,1)$ мг/м³ (ПДКсс 0,5 мг/м³, класс 2). Концентрации аэрозолей металлов в воздухе составили: титана – менее 1,25 мг/м³; диЖелеза триоксид – $(0,17 \pm 0,043)$ мг/м³ (класс 2); диАлюминия триоксид с примесью кремния диоксид до 15 % и диЖелеза триоксид до 10 % – $(45,6 \pm 11,0)$ мг/м³ при максимальной 106,0 мг/м³ (ПДКсс 6,0 мг/м³, класс 3.3). Среднеоперационные концентрации диЖелеза триоксид составили: при работе на дисковом отрезном станке – 1,24 мг/м³; на ленточной пиле – 0,61 мг/м³; с погружным вибратором – 0,78 мг/м³. Условия труда по АПФД в зависимости от выполняемых работ соответствовали классам 3.1–3.4.

На рабочих местах отжигальщиков при проведении крип-правки, совмещенной с крип-отжигом, ССК титана диоксид составила в среднем $(1,1 \pm 0,22)$ мг/м³; диЖелеза триоксид – $(4,1 \pm 0,83)$ мг/м³; алюминия – $(0,08 \pm 0,01)$ мг/м³ (класс 2). Ввиду неплотностей в оборудовании при пересыпке вермикулита из бункеров и его уборке после отжига условия труда отжигальщиков характеризуются загрязнением воздуха силикатсодержащей пылью, ССК которой составила $(0,7 \pm 0,3)$ мг/м³ при ПДКсс 4,0 мг/м³. ССК SiO₂ (более 70 %) составила $(0,8 \pm 0,4)$ мг/м³.

при ПДК_{сс} 1,0 мг/м³ (класс 2), SiO₂ (10–70 %) – в среднем (3,5 ± 0,70) мг/м³ (класс 3.1), в период отработки технологии – в среднем (18,5 ± 2,75) мг/м³ (класс 3.3). Наибольшие концентрации SiO₂ (10–70 %) зарегистрированы при загрузке и выгрузке вермикулита – до 55,0 мг/м³, а при отработке технологии – до 118,3 мг/м³ (ПДК_{мр} 6 мг/м³, класс 3.4). Итоговый КУТ по АПФД при типичных экспозициях оценен как 3.1. ПН₂₅ составляет 203,4 г и в 1,9 раза превышает КПН₂₅ (класс 3.1).

Прогноз развития пневмокониозов на изучаемых рабочих местах. Риск пневмокониозов у плавильщиков ЭЛП в возрасте 40 лет и стаже работы с пылью 20 лет составил при R₂₀ = 1 021,8 – до 2 %, в возрасте 50 лет и стаже 30 лет при R₃₀ = 1 361,08 – 40 %, в возрасте 55 лет и стаже 35 лет при R₃₅ = 1 531,08 – 70 %, безопасный стаж работы с пылью – 25,3 года. У плавильщиков ГРЭ на участках с сухой чистой печей риск пневмокониозов составил при R₂₀ = 1 058,69 – до 2 %; R₃₀ = 1 398,69 – 40 %; R₃₅ = 1 568,69 – 80 %, безопасный стаж – 24,2 года. У плавильщиков ГРЭ на участках с влажной чистой печей вероятность пневмокониозов составила при R₂₀ = 1 011,66 – до 2 %; R₃₀ = 1 351,66 – 40 %; R₃₅ = 1 521,66 – 70 %, безопасный стаж – 25,5 года. Вероятность пневмокониозов значительно увеличивается со стажем и является максимальной у плавильщиков участка ГРЭ с сухой чистой печей – 80 %, что на 10 % выше вероятности пневмокониозов у плавильщиков ГРЭ с мокрой чистой и плавильщиков ЭЛП при этом же стаже. При мокрой чистке печей на 1,3 года увеличивается безопасный стаж работы.

Вероятность пневмокониозов у кузнецов-бригадиров и их подручных составляет при R₂₀ = 1 137,37 – до 2 %; R₃₀ = 1 438,57 – 50 %; R₃₅ = 1 589,17 – 80 %, безопасный стаж – 22,1 года. Риск пневмокониозов у кузнецов-бригадиров является максимальным из изученных профессиональных групп. Вероятность пневмокониозов у отжигальщиков при R₂₀ = 961,47 – в зоне неопределенности; R₃₀ = 1 301,47 – 30 %; R₃₅ = 1 471,47 – 60 %, безопасный стаж – 27 лет. Вероятность пневмокониозов у огнеупорщиков при R₂₀ = 1 030,65 – до 2 %; R₃₀ = 1 370,65 – 40 %; R₃₅ = 1 540,65 – 70 %, безопасный стаж – 25 лет.

Во всех изучаемых профессиях при стаже работы 22–27 лет риск пневмокониоза составляет более 5 % и резко увеличивается при дальнейшей работе с пылью. Факторами, увеличивающими риск пневмокониозов, являются сочетанное воздействие АПФД, вредных веществ, неблагоприятного микроклимата и тяжести труда, резкие колебания концентраций АПФД с превышением фоновых в десятки раз в течение смены при отдельных операциях (чистка печей, засыпка вермикулита, демонтаж старой футеровки печей отбойным молотком и др.). Доказано, что при интермиттирующем характере пылевого фактора и пиковых концентрациях, превышающих среднюю в 5 и более раз, скорость выведения пыли из легких уменьшается [11].

Фактическая профессиональная заболеваемость пылевой этиологии. Профессиональные заболевания пылевой этиологии за период наблюдения 30 лет устанавливались в областном профцентре в 3 из 5 профессий: у плавильщиков ГРЭ, кузнецов и огнеупорщиков. Диагноз формулировался как «пневмокониоз I стадии от воздействия смешанной пыли». Вероятность пневмокониоза у плавильщиков составила 5,2 %, Кр = 2, Кт = 2,9, Ипз = 0,17. В 86,7 % случаев дыхательной недостаточности (ДН) не наблюдалось, утрата трудоспособности 10 %, Кт = 3. В 13,3 % случаев пневмокониоз сопровождался развитием ДН I степени с утратой трудоспособности 20–25 %, Кт = 2. Наряду с пневмокониозом, плавильщикам устанавливался диагноз токсико-пылевого бронхита, вероятность которого составила 4,8 %, Кр = 2; Кт = 1,6; Ипз = 0,31. В 7,1 % случаев бронхитов наблюдалась ДН 0 степени, утрата трудоспособности 10 %, Кт = 3; в 42,9 % случаев – ДН I степени, утрата трудоспособности 10 %; в 50 % случаев – ДН II степени, эмфизема легких, утрата трудоспособности 50 %, Кт = 2.

У кузнецов прессовых комплексов вероятность пневмокониоза составила 0,85 %, Кр = 3. Пневмокониоз сопровождался развитием ДН I степени с утратой трудоспособности 10 %, Кт = 3, Ипз = 0,11 (для сравнения: у кузнецов молотовой кузницы этого же предприятия при ручной ковке и штамповке вероятность пневмокониоза составила 1,25 %, Кр = 2, Кт = 3, Ипз = 0,17; наряду с пневмокониозом регистрировался пылевой бронхит, осложненный бронхогенным пневмосклерозом, эмфиземой легких; вероятность пылевого бронхита – 1,25 %, Кр = 2, Кт = 3. Ипз = 0,17). У огнеупорщиков вероятность пневмокониоза составила 8 %, Кр = 2; Кт = 2,5; Ипз = 0,2. В 50 % случаев у огнеупорщиков наблюдались ДН I степени с утратой трудоспособности 10 %, сочетание пневмокониоза с субатрофическим фарингитом, Кт = 3, в 50 % случаев пневмокониоз осложнялся хроническим обструктивным бронхитом, ДН I–II степени, утрата трудоспособности 20 %, Кт = 2.

По результатам ПМО 2016 г., распространенность предварительных диагнозов пылевой патологии составила: у плавильщиков (всех видов переплава в сумме) – 18,9 %; кузнецов кузнечно-прессовых комплексов кузнечно-прессового цеха – 0,9 %, кузнечно-пруткового цеха – 4,0 %; отжигальщиков – 4,8 %; огнеупорщиков – 6,4 %. Более низкий по сравнению с прогнозируемым по математической модели уровень профессиональной заболеваемости пневмокониозами объясняется использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и системой медико-биологической реабилитации.

Общесоматическая заболеваемость, связанная с воздействием АПФД. Отмечается вклад АПФД в развитие как хронической патологии, так и ЗВУТ (табл. 1, 2). В их действии можно отметить патогенетически обусловленное влияние на органы дыхания и неспецифическое воз-

действие, связанное с влиянием на организм как общебиологических раздражителей.

Воздействие титана – основного поллютанта воздуха рабочей зоны – способствовало увеличению риска РХП костно-мышечной системы в 1,1 раза и ЗВУТ болезнями костно-мышечной системы – в 1,1 раза; болезнями уха – в 1,2 и 1,5 раза соответственно; болезнями кожи – в 1,6 и 1,1 раза соответственно; приводило к росту РХП органов дыхания в 1,2 раза, пищеварения – в 1,1 раза; гипергликемии – в 1,2 раза; увеличивало ЗВУТ болезнями мочеполовой системы в 1,6; патологии беременности и родов – в 1,4 раза (табл. 1).

Из табл. 2 видно, что производственный контакт с аэрозолями алюминия, железа, абра-

зивов, кремния диоксид, асбеста, углеродсодержащих пылей, со сварочными аэрозолями повышал риск возникновения патологии многих органов и систем. Увеличение риска развития гипергликемии в 1,2–1,6 раза подтверждает их воздействие на организм в качестве универсальных стрессоров.

Изменения крови были статистически значимо связаны с воздействием АПФД, чаще – в малой степени, реже – в средней (табл. 3). Общей неспецифической реакцией системы крови на воздействие АПФД явился лейкоцитоз, относительный риск которого при воздействии титана составил 1,5; алюминия – 1,6; железа – 1,5; абразивов – 1,4; диоксида кремния – 1,5.

Таблица 1. Показатели риска при оценке влияния аэрозоля титана на заболеваемость работников
Table 1. Risk indicators for assessing the effect of titanium aerosol on the workers morbidity

Вредный производственный фактор – нарушение. P, %/It, %	I _E , %	I _E , %	AR	RR	CI (RR)	EF, %	CO	χ^2	OR	CI(OR)	ARp	AFp
Титан – РХП органов дыхания. 5,6/13,4	16,3	13,3	3,0	1,23	1,12–1,35	18,7	м	18,73	1,28	1,14–1,43	0,17	1,25
Титан – РХП органов пищеварения. 5,6/12,1	13,3	12,1	1,2	1,11	0,99–1,24	9,91	м	3,43т	1,12	0,99–1,26	0,07	0,56
Титан – РХП костно-мышечной системы. 5,6/43,0	45,4	42,9	2,5	1,06	1,01–1,11	5,66	м	5,72	1,11	1,02–1,21	0,14	0,33
Титан – РХП уха. 5,6/4,3	5,1	4,2	0,9	1,20	1,00–1,44	16,67	м	3,82т	1,21	1,00–1,46	0,05	1,17
Титан – РХП кожи. 5,6/5,7	8,7	5,5	3,2	1,56	1,36–1,78	41,96	с	35,9	1,62	1,40–1,87	0,18	3,14
Титан – гипергликемия. 7,4/10,3	12,3	10,1	2,2	1,21	1,08–1,35	17,36	с	11,31	1,24	1,09–1,41	0,16	1,58
Титан – ЗВУТ органов дыхания. 30,3/28,4	30,2	27,7	2,5	1,09	1,07–1,12	8,26	м	55,03	1,13	1,09–1,17	0,76	2,67
Титан – ЗВУТ костно-мышечной системы. 30,3/18,5	19,3	18,1	1,2	1,07	1,03–1,11	6,54	м	11,83	1,08	1,03–1,13	0,36	1,97
Титан – ЗВУТ глаза. 30,3/1,8	2,0	1,7	0,3	1,20	1,06–1,36	16,67	м	8,08	1,21	1,06–1,38	0,09	5,05
Титан – ЗВУТ уха. 30,3/3,3	4,3	2,8	0,5	1,50	1,37–1,64	33,33	м	80,13	1,53	1,39–1,68	0,15	4,59
Титан – ЗВУТ кожи. 30,3/3,0	3,3	2,9	0,4	1,12	1,01–1,24	10,71	м	4,71	1,12	1,01–1,24	0,12	4,04
Титан – ЗВУТ мочеполовой системы. 30,3/10,1	13,5	8,7	4,8	1,55	1,48–1,63	35,48	с	314,75	1,64	1,55–1,73	1,45	14,4
Титан – ЗВУТ осложнения беременности и родов. 29,9/2,1	2,6	1,9	0,7	1,36	1,16–1,59	26,47	м	15,12	1,37	1,17–1,61	0,21	9,97

Примечания к таблицам 1, 2, 3:

P – распространенность фактора риска в популяции, %.

It – распространенность патологии в популяции, %.

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 – 95%-й доверительный интервал относительного риска.

EF – этиологическая доля (этиологическая фракция), %.

CO – степень обусловленности нарушений здоровья, вызванных фактором риска (м – малая, с – средняя, в – высокая, пп – почти полная).

χ^2 – критерий хи-квадрат.

OR – отношение шансов.

CI (OR) – 95%-й доверительный интервал отношения шансов.

ARp – популяционный добавочный (атрибутивный) риск).

AFp – добавочная доля популяционного риска.

Notes to tables 1, 2, 3:

P – risk factors prevalence in the population, %.

It – pathology prevalence in the population, %.

I_E – health disorders prevalence among persons exposed to a risk factor, %.

I_E – health disorders prevalence among persons not exposed to the risk factor, %.

AR – an incremental risk (attributable risk, risk difference).

RR – relative risk.

CI – 95% confidence interval of relative risk.

EF – etiological share (etiological fraction), %.

CO – the degree of health disorders conditionality caused by a risk factor (m(m) - small, c – medium, v(h) – high, pp(pp) – almost full)

χ^2 – a chi-square test.

OR – odds ratio.

CI (OR) – 95% confidence interval of the odds ratio.

Rp – population additional (attributive) risk.

AFp – the incremental share of population risk.

Таблица 2. Показатели риска при оценке влияния производственных аэрозолей на заболеваемость
Table 2. Risk indicators in assessing the effect of industrial aerosols on morbidity

Фактор риска – патология	РХП		ЗБУТ	
	RR	EF	RR	EF
Железо – болезни органов дыхания	1,28	21,88	1,03	2,91
Железо – болезни уха и сосцевидного отростка	1,57	36,31	1,77	43,50
Железо – болезни глаза			1,20	16,67
Железо – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани			1,10	9,09
Железо – болезни кожи и подкожной клетчатки			1,26	20,63
Железо – патология беременности, родов и послеродового периода			1,73	42,20
Железо – болезни органов пищеварения			1,07	6,54
Железо – болезни нервной системы	1,11	9,91		
Железо – психические расстройства	1,83	45,36		
Железо – повышенное артериальное давление	1,17	14,53		
Железо – гипергликемия	1,23	18,70		
Алюминий – болезни органов дыхания			1,04	3,85
Алюминий – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани			1,10	9,09
Алюминий – болезни уха и сосцевидного отростка			1,38	27,54
Алюминий – гинекологическая патология			1,39	28,06
Алюминий – болезни кожи и подкожной клетчатки	1,36	26,47		
Алюминий – гипергликемия	1,29	22,48		
Абразивы – болезни органов пищеварения	1,24	19,35		
Абразивы – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	1,09	8,26	1,13	11,50
Абразивы – психические расстройства	2,19	54,34		
Абразивы – болезни уха и сосцевидного отростка	1,46	31,51		
Абразивы – болезни органов дыхания			1,06	5,66
Абразивы – болезни глаза			1,56	35,90
Абразивы – патология беременности, родов и послеродового периода			1,50	33,33
Абразивы – болезни кожи и подкожной клетчатки			1,12	10,71
Абразивы – повышенное артериальное давление	1,12	10,71		
Абразивы – гипергликемия	1,31	23,66		
Асбест – болезни кожи и подкожной клетчатки			1,69	40,83
Асбест – болезни уха и сосцевидного отростка	1,68	40,48	1,34	25,37
Асбест – повышенное артериальное давление	1,22	18,03		
Асбест – гипергликемия	1,63	38,65		
Диоксид кремния кристаллический – болезни органов дыхания			1,15	13,04
Диоксид кремния кристаллический – болезни уха и сосцевидного отростка			1,74	42,53
Диоксид кремния кристаллический – болезни кожи и подкожной клетчатки			1,39	28,06
Диоксид кремния кристаллический – болезни нервной системы	1,31	23,66		
Диоксид кремния кристаллический – повышенное артериальное давление	1,22	18,03		
Углерода пыли (графит) – болезни органов дыхания			1,09	8,26
Углерода пыли (графит) – болезни уха и сосцевидного отростка			1,37	27,01
Углерода пыли (графит) – все болезни в сумме			1,19	11,50
Коксы – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани			1,67	40,12
Коксы – патология беременности, родов и послеродового периода			3,19	68,65
Коксы – все болезни в сумме			1,21	17,36
Коксы – повышенная масса тела	1,32	24,24		
Сварочный аэрозоль – болезни уха и сосцевидного отростка	4,01	75,06	1,88	46,81
Сварочный аэрозоль – все болезни в сумме			1,16	13,79

Достоверно увеличивался риск гемоглобинемии при воздействии: титана и железа – в 1,1; асбеста, абразивов и кремния диоксид – в 1,2 раза. При воздействии титана и кремния диоксид достоверно увеличивался риск тромбоцитопении в 1,3 и 1,5 раза соответственно. Воздействие кристаллического кремния диоксид достоверно увеличивало вероятность эозинофилии в

1,5 раза. Отмечалось специфическое воздействие на кровь древесной пыли у работников дочернего деревообрабатывающего предприятия: риск ускоренного СОЭ возрастал в 2,0 раза, лимфопении – в 7,2 раза. Полученные результаты указывают на наличие у веществ фиброгенного действия общетоксических эффектов, определяемых особенностями химического состава.

Таблица 3. Показатели риска при оценке влияния промышленных аэрозолей на показатели периферической крови работников

Table 3. Risk indicators in assessing the effect of industrial aerosols on the peripheral blood indices of workers

Вредный производственный фактор – нарушение крови. P*, %/ It**, %	I _E , %	I _E , %	AR	RR	CI (RR)	EF, %	CO	χ ²	OR	CI(OR)	ARp	AFp
Титан – гемоглобинемия. 14,6/43,5	48,5	42,7	5,8	1,14	1,08–1,20	12,28	м	21,75	1,27	1,15–1,40	0,85	1,95
Титан – тромбоцитопения. 14,6/8,0	9,8	7,6	2,2	1,29	1,10–1,51	22,48	м	10,09	1,32	1,11–1,57	0,32	4,02
Титан – лейкоцитоз. 14,6/16,2	22,7	15,1	7,6	1,51	1,37–1,67	33,77	с	66,88	1,65	1,46–1,86	1,11	6,85
Абразивы – гемоглобинемия. 7,1/43,5	49,9	43,0	6,9	1,16	1,08–1,25	13,79	м	15,59	1,32	1,15–1,52	0,49	1,13
Абразивы – лейкоцитоз. 7,1/16,2	21,9	15,7	6,2	1,39	1,21–1,59	28,06	м	22,72	1,50	1,27–1,77	0,44	2,72
Асбест – гемоглобинемия. 1,3/43,5	52,4	43,4	9,0	1,21	1,02–1,43	17,36	м	5,02	1,44	1,05–1,98	0,12	0,27
Железо – гемоглобинемия. 12,0/43,5	48,8	42,8	6,0	1,14	1,08–1,21	12,28	м	19,45	1,27	1,14–1,41	0,72	1,66
Железо – лейкоцитоз. 12,0/16,2	22,5	15,3	7,2	1,47	1,32–1,63	31,97	м	51,04	1,61	1,41–1,83	0,86	5,33
Алюминий – лейкоцитоз. 5,5/16,2	24,5	15,7	8,8	1,56	1,35–1,80	35,90	с	39,96	1,74	1,46–2,08	0,48	2,99
Кремний диоксид кристаллический – гемоглобинемия. 2,4/43,5	52,0	43,3	8,7	1,20	1,06–1,36	16,67	м	8,65	1,42	1,12–1,79	0,21	0,48
Кремний диоксид кристаллический – тромбоцитопения. 2,4/8,0	12,0	7,90	4,1	1,52	1,10–2,11	34,21	с	6,26	1,60	1,11–2,31	0,10	12,3
Кремний диоксид кристаллический – лейкоцитоз. 2,4/16,2	23,7	16,0	7,7	1,48	1,19–1,84	32,43	м	12,20	1,63	1,24–2,14	0,18	1,14
Кремний диоксид кристаллический – эозинофилия. 2,4/7,2	10,3	7,10	3,2	1,46	1,02–2,10	31,51	м	4,20	1,51	1,02–2,24	0,08	10,67
Пыль растительного и животного происхождения – ускоренная СОЭ. 0,4/9,3	18,5	9,20	9,3	2,01	1,05–3,84	50,25	в	4,48	2,24	1,08–4,73	0,04	4,00
Пыль растительного и животного происхождения – лимфопения. 0,4/0,5	3,7	0,50	3,2	7,19	1,32–39,11	86,09	пп	5,21	7,42	1,33–41,47	0,01	25,6

Особенности влияния АПФД на общесоматическую заболеваемость, установленные в данном исследовании для всей популяции работников предприятия, имели место и в отдельных изучаемых профессиональных группах. РХП органов дыхания у плавильщиков новоплавильного цеха превышала среднезаводской показатель в 2,2 раза, кузнецов в 1,1–3,1 раза (в зависимости от производственных участков), огнеупорщиков – в 3,7 раза. Показатель корреляции заболеваемости болезнями органов дыхания со стажем работы в контакте с пылью составил в целом по предприятию и в группе плавильщиков 0,10 (слабая связь), в группе кузнецов кузнечно-пруткового цеха – 0,45 (средняя), огнеупорщиков – 0,89 (сильная степень связи), что также может свидетельствовать о ее профессионально обусловленном характере.

Выводы:

1. Условия труда по АПФД в изучаемых профессиях модернизируемых производственных участков относятся к вредным и формируют риск развития пылевой патологии при оценке по гигиеническим критериям от малого у отжигальщиков и кузнецов (класс 3.1) до среднего у плавильщиков (классы 3.1–3.2) и очень высокого у огнеупорщиков (классы 3.1–3.4).

2. Фактический риск пылевой патологии по критерию Ипз соответствует у плавильщиков очень высокому уровню (Ипз = 0,5); огнеупорщиков – среднему (Ипз = 0,17), кузнецов – малому (Ипз = 0,11), отжигальщиков – пренебрежимо малому (Ипз = 0). Фактический риск пылевой патологии ниже моделируемой и составил при стаже 30 лет (факт./прогноз, в %): у плавильщиков – 10/50; кузнецов – 0,9/50; огнеупорщиков – 8/40.

3. Промышленные аэрозоли служат триггерами в развитии наиболее часто встречающихся форм общесоматической патологии различных органов и систем (органов дыхания, кожи, зрительного и слухового анализаторов, костно-мышечной, мочеполовой, эндокринной, репродуктивной, нервной систем, систем пищеварения, кровообращения). В условиях современного металлургического производства отмечается слабая, реже – средняя степень связи заболеваемости с условиями труда по показателю относительного риска.

4. АПФД можно рассматривать как профессиональные стрессоры, обуславливающие развитие гематологических изменений (лейкоцитоз, гипергликемия).

5. Установленные статистически значимые связи между воздействием АПФД и нарушениями здоровья доказывают высокий профилактический потенциал мер по ограничению пылевыделений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалевский Е.В. Гигиенические критерии оценки условий труда при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) // Актуальные проблемы медицины труда. Сборник трудов института / Под ред. акад. Измерова Н.Ф. М., 2006. С. 310–314.
2. Лихачева Е.И., Фомин И.Н., Рослая Н.А., Рослый О.Ф., Тегюхин В.В. Вопросы медицины труда при производстве титановых сплавов // Научные труды ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана. М., 2001. С. 364–366.
3. Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров. Утверждены председателем Научного Совета «Медико-экологические проблемы работающих» РАМН Министерства здравоохранения и социального развития РФ. М., 2006. 23 с.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по

- надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 220 с.
5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2016 году: Государственный доклад. Екатеринбург: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области, 2017. 260 с.
 6. Прогнозирование воздействия вредных факторов условий труда и оценка профессионального риска для здоровья работников (МР). М.: НИИ МТ РАМН, 2010. 55 с.
 7. **Рослая Н.А., Лихачева Е.И., Рослый О.Ф.** Аэрогенные факторы риска и профессиональные заболевания органов дыхания в производстве сплавов тугоплавких металлов: монография. Екатеринбург, 2009. 132 с.
 8. **Рослый О.Ф., Рослая Н.А., Слышкина Т.В., Федорук А.А.** Медицина труда при производстве и обработке сплавов цветных металлов: монография. Екатеринбург, 2012. 223 с.
 9. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Р 2.2.2006–05. 129 с.
 10. **Ткачев В.В.** Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия: оценка и управление риском. В кн.: Профессиональный риск. Справочник / Под ред. академика РАМН Измерова Н.Ф. и Денисова Э.И. М.: Социздат, 2001. С. 143–154.
 11. **Ткачев В.В.** Оценка риска профессиональных заболеваний пылевой этиологии. В кн.: Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / Под ред. Измерова Н.Ф. и Денисова Э.И. М.: Тровант, 2003. С. 188–198.
- al'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka, 2017, 220 p. (In Russ.)**
5. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Sverdlovskoi oblasti v 2016 godu»: Gosudarstvennyi doklad [On the state of sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Sverdlovsk region in 2016: the State report]. Ekaterinburg, Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka po Sverdlovskoi oblasti, 2017, 260 p. (In Russ.)
 6. Prognozirovaniye vozdeistviya vrednykh faktorov uslovii truda i otsenka professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov: Metodicheskie rekomendatsii [Prediction of harmful factors impact of working conditions and occupational risk assessment to the workers health: Guidelines]. Moscow: NII MT RAMN Publ., 2010, 55 p. (In Russ.)
 7. Roslaya N.A., Likhacheva E.I., Roslyi O.F. Aerogennye faktory riska i professional'nye zabolevaniya organov dykhaniya v proizvodstve splavov tugoplavkikh metallov: monografiya [Aerogenic risk factors and occupational respiratory diseases in refractory metals alloys production: monograph]. Ekaterinburg, 2009, 132 p. (In Russ.)
 8. Roslyi O.F., Roslaya N.A., Slyshkina T.V., Fedoruk A.A. Meditsina truda pri proizvodstve i obrabotke splavov tsvetnykh metallov: monografiya [Occupational medicine in the production and processing of non-ferrous metals alloys: monograph]. Ekaterinburg, 2012, 223 p. (In Russ.)
 9. Rukovodstvo po gigienicheskoj otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda. R 2.2.2006–05 [Guidance on the hygienic assessment factors of the working environment and the work process. Criteria and classification of working conditions. R 2.2.2006–05]. 129 p. (In Russ.)
 10. Tkachev V.V. Aerozoli preimushchestvenno fibrogennogo deistviya: otsenka i upravlenie riskom [Aerosols of predominantly fibrogenic action: risk assessment and management]. V kn.: Professional'nyi risk. Spravochnik. In: N.F. Izmerov, E.I. Denisova eds. Moscow: Sotsizdat Publ., 2001, pp. 143–154. (In Russ.)
 11. Tkachev V.V. Otsenka riska professional'nykh zabolevaniy pylevoi etiologii [Risk assessment for occupational diseases of dust etiology]. V kn.: Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov (Rukovodstvo). In: N.F. Izmerov, E.I. Denisov eds. Moscow: Trovant Publ., 2003, pp. 188–198. (In Russ.)
- REFERENCES**
1. Kovalevskii E.V. Gigienicheskie kriterii otsenki uslovii truda pri vozdeistvii aerolei preimushchestvenno fibrogennogo deistviya (APFD) [Hygienic criteria of labour conditions evaluation when exposed to aerosols predominantly fibrogenic action (APFD)]. Aktual'nye problemy meditsiny truda. Sbornik trudov instituta. Pod red. akad. Izmerova N.F. Moscow, 2006, pp.310–314. (In Russ.)
 2. Likhacheva E.I., Fomin I.N., Roslaya N.A., Roslyi O.F., Tetyukhin V.V. Voprosy meditsiny truda pri proizvodstve titanovykh splavov [Occupational medicine issues in the production of titanium alloys]. Nauchnye trudy FNTsG im. F.F. Erismana. Moscow, 2001, pp. 364–366. (In Russ.)
 3. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke professional'nogo riska po dannym periodicheskikh meditsinskikh osmotrov [Guidelines for occupational risk assessment according to periodic medical examinations]. Utverzhdeny predsedatelem Nauchnogo Soveta «Mediko-ekologicheskie problemy rabotayushchikh» RAMN Ministerstva zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya RF. Moscow, 2006, 23 p. (In Russ.)
 4. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu»: Gosudarstvennyi doklad [On the state of sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Russian Federation in 2016: the State report]. Moscow, Feder-

Контактная информация:

Базарова Екатерина Ливерьевна, кандидат медицинских наук, врач по гигиене труда МСЧ «Тирус», ассистент кафедры гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России
e-mail: bazarova@vsmpo.ru

Contact information:

Bazarova Ekaterina, Candidate of Medical Sciences, Doctor of Occupational Hygiene, Ministry of Emergency Situations, Assistant at the Hygiene and Ecology Department of Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health
e-mail: bazarova@vsmpo.ru

