

УДК 613.6.02

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ РАБОТНИКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Волкова М.А.¹, Рахимзянов А.Р.¹, Файзова Ю.М.², Фатхутдинова Л.М.¹

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский институт» Минздрава России, Казань, Россия

²ООО Клиника-санаторий «Набережные Челны», Набережные Челны, Россия

Аннотация: Машиностроительная отрасль входит в число отраслей с одним из самых высоких уровней загрязнения воздуха рабочей зоны промышленными аэрозолями. Последние годы в литейном производстве произошли изменения технологий. При использовании новых методов в воздух рабочей зоны попадает меньше вредных веществ, но размер частиц уменьшается в связи с использованием электрических нагревателей.

Цель исследования: изучить различия в структуре профессиональных заболеваний органов дыхания в зависимости от состава промышленных аэрозолей на рабочих местах при сравнении когорт 2016–2018 гг. и 2019–2021 гг.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования были проанализированы работники литейного завода машиностроительного предприятия, которые имели вредные условия труда по параметрам загрязнения воздуха рабочей зоны. Работники были разделены на две группы: работники, прошедшие программу реабилитации хотя бы один раз с 2016 по 2018 гг. и с 2019 по 2021 гг.

Анализ проводился отдельно в 3 категориях: 1) работники с преимущественным воздействием высокофиброгенной пыли (наличие в воздухе рабочей зоны аэрозолей с содержанием более 10% диоксида кремния); 2) работники с преимущественным воздействием слабофиброгенной пыли (наличие в воздухе рабочей зоны аэрозолей с содержанием менее 10% диоксида кремния); 3) работники с преимущественным воздействием аэрозолей металлов и токсических веществ.

Результаты и обсуждение. Таким образом, условия труда в группе 2019–2021 гг. улучшились по сравнению с группой 2016–2018 гг. У работников, контактировавших со слабофиброгенной пылью, при заметном улучшении класса условий труда на рабочем месте отмечается увеличение доли работников с рестриктивными нарушениями вентиляционной способности легких и рост заболеваемости пневмокониозами. В группе контактировавших с аэрозолями металлов и токсических веществ при заметном улучшении условий труда произошло увеличение заболеваемости ХОБЛ и хронических токсико-пылевых бронхитов.

Ключевые слова: промышленные аэрозоли, условия труда.

Для цитирования: Волкова М.А., Рахимзянов А.Р., Файзова Ю.М., Фатхутдинова Л.М. Особенности воздействия промышленных аэрозолей на дыхательную систему работников машиностроительного предприятия. Медицина труда и экология человека. 2023;118-130.

Для корреспонденции: Волкова Мария Александровна, аспирант, e-mail: mar15677823@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10309>

FEATURES OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL AEROSOLS ON THE RESPIRATORY SYSTEM OF MACHINE-BUILDING WORKERS

Volkova M.A.¹, Rakhimzyanov A.R.¹, Fatkhutdinova L.M.¹, Fayzova Yu.M.²

¹ Kazan State Medical University, Russian Health Ministry, Kazan, Russia

² Clinic-sanatorium "Naberezhnye Chelny", Naberezhnye Chelny

Abstract: *The machine-building industry is one of the industries with one of the highest levels of air pollution in the working area with industrial aerosols. In recent years, there has been a change in production technologies in the foundry industry. When using new methods, less harmful substances enter the air of the working area, but the particle size decreases due to the use of electric heaters.*

The purpose of the work: *to study the effect of industrial aerosols of various compositions on the respiratory system of workers in the foundry of a machine-building enterprise, in different periods of time between 2016 and 2018 and between 2019 and 2021.*

Materials and methods. *In the course of the study, foundry workers of the machine-building enterprise were analyzed. They had harmful working conditions in terms of air pollution parameters of the working area. Workers were divided into two groups: workers who completed the rehabilitation program at least once in the period from 2016 to 2018 and in the period from 2019 to 2021.*

The analysis was carried out separately in 3 categories: 1) workers with predominant exposure to highly fibrogenic dust (the presence of aerosols in the air of the working area containing more than 10% silicon dioxide); 2) workers with predominant exposure to low-fibrogenic dust (the presence in the air of the working area of aerosols containing less than 10% silicon dioxide); 3) workers with predominant exposure to metal aerosols and toxic substances.

Results and discussion: *thus, working conditions in the 2019–2021 group improved compared to the 2016–2018 group. In workers who were exposed to low-fibrogenic dust, with a noticeable improvement in the class of working conditions at the workplace, there is an increase in the proportion of workers with restrictive disorders of the ventilation capacity of the lungs and an increase in the incidence of pneumoconiosis. In the group of metals and toxic substances in contact with aerosols, with a noticeable improvement in working conditions, there was an increase in the incidence of COPD and chronic toxic-dust bronchitis.*

Keywords: *industrial aerosols, working conditions.*

For citation: *Volkova M.A., Rakhimzyanov A.R., Fatkhutdinova L.M., Fayzova Yu.M. Features of the impact of industrial aerosols on the respiratory system of machine-building workers. Occupational Health and Human Ecology. 2023:118-130.*

For correspondence: *Mariya A. Volkova, postgraduate student, e-mail mar15677823@mail.ru*

Financing: *the study had no financial support.*

Conflict of interest: *the authors declare no conflict of interest.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10309>

Введение. Хронические респираторные заболевания относятся к числу наиболее распространенных неинфекционных заболеваний во всем мире, в основном из-за повсеместного распространения вредных воздействий окружающей среды, профессиональных и поведенческих факторов [1].

Российская Федерация традиционно имеет большое количество производств с воздействием промышленных аэрозолей на различных предприятиях металлургии, механической обработки, металлообработки, строительства и других смежных отраслей [2]. Машиностроительная отрасль входит в число отраслей с одним из самых высоких уровней загрязнения воздуха рабочей зоны промышленными аэрозолями [3]. Работники этой отрасли промышленности подвергаются повышенному риску респираторных и других заболеваний в результате воздействия вредных уровней взвешенных частиц в воздухе в течение длительных периодов времени [4].

Горячая обработка металла (литейное производство) широко используется в машиностроительной отрасли [5]. В литейном производстве применяются сложные и опасные технологические процессы заливки форм и плавки. Для формовочных смесей используют горючие, токсичные и легковоспламеняющиеся вещества, из которых образуются аэрозоли конденсации и дезинтеграции [6].

В последние годы в литейном производстве произошло изменение технологий производства. На смену дуговым и вагранным печам пришли индукционные печи с электроплавкой, что позволило увеличить производство на 13%. При использовании данного метода в воздух рабочей зоны попадает меньше вредных веществ, но размер частиц уменьшается в связи с использованием электрических нагревателей [7].

Цель исследования: изучить различия в структуре профессиональных заболеваний органов дыхания в зависимости от состава промышленных аэрозолей на рабочих местах при сравнении когорт 2016–2018 гг. и 2019–2021 гг.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования были проанализированы условия труда и медицинские карты работников литейного завода ПАО «КАМАЗ», принявших участие в программе реабилитации, разработанной в ООО Клиника-санаторий «Набережные Челны» ПАО «КАМАЗ» для работников из группы риска по развитию профессиональных заболеваний [8]. Критериями включения явились: участие в программе реабилитации ООО Клиника-санаторий «Набережные Челны» ПАО «КАМАЗ», стаж работы с промышленными аэрозолями 15 и более лет, а также наличие на рабочих местах превышений ПДК промышленных аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, аэрозолей металлов и токсических веществ, отсутствие у работника сопутствующих заболеваний органов дыхания.

Работники были разделены на две группы: 1) прошедшие программу реабилитации хотя бы один раз в 2016–2018 гг.; 2) прошедшие программу реабилитации в 2019–2021 гг. В первую группу вошли 214 работников; возраст рабочих составил от 35 до 68 лет, из них 83% - мужчины и 17% - женщины. Во вторую группу были включены 120 работников; возраст от 37 до 69 лет, из них 74% - мужчины и 26% - женщины.

Анализ проводился отдельно в 3 категориях: 1) работники с преимущественным воздействием высокофиброгенной пыли (наличие в воздухе рабочей зоны аэрозолей с содержанием более 10% диоксида кремния); 2) работники с преимущественным воздействием слабофиброгенной пыли (наличие в воздухе рабочей зоны аэрозолей с

содержанием менее 10% диоксида кремния); 3) работники с преимущественным воздействием аэрозолей металлов и токсических веществ.

Условия труда работников оценивались по картам специальной оценки условий труда. Состояние здоровья работников оценивалось на основании медицинских карт с углубленным анализом данных спирометрии по следующим параметрам: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), ФЖЕЛ (% от должного), объем форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1), ОФВ1 (% от должного), отношение ОФВ1/ФЖЕЛ (%). На основании этих показателей определялся тип нарушения вентиляционной способности легких: обструктивный, рестриктивный и смешанный тип, согласно критериям [9]. Обструктивный тип нарушений устанавливался при ОФВ1/ФЖЕЛ менее 70%, рестриктивный тип - при ФЖЕЛ менее 80% и нормальном ОФВ1/ФЖЕЛ, смешанные нарушения диагностировались при снижении всех основных показателей [10].

Дополнительно в каждой из этих групп проанализирована первичная профессиональная заболеваемость на основании извещений о заключительном диагнозе профессионального заболевания, выданных Республиканским центром профпатологии Министерства здравоохранения Республики Татарстан.

Полученные данные обрабатывали с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2007. Для оценки достоверности различий изучаемых выборок применяли критерий χ^2 (хи-квадрат) и критерий t Стьюдента для несвязанных совокупностей. При $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми.

Результаты исследования. В группе работников, преимущественно контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями, реабилитацию в 2016–2018 гг. прошли 100 работников, а в 2019–2021 гг. - 52 работника (рис. 1).

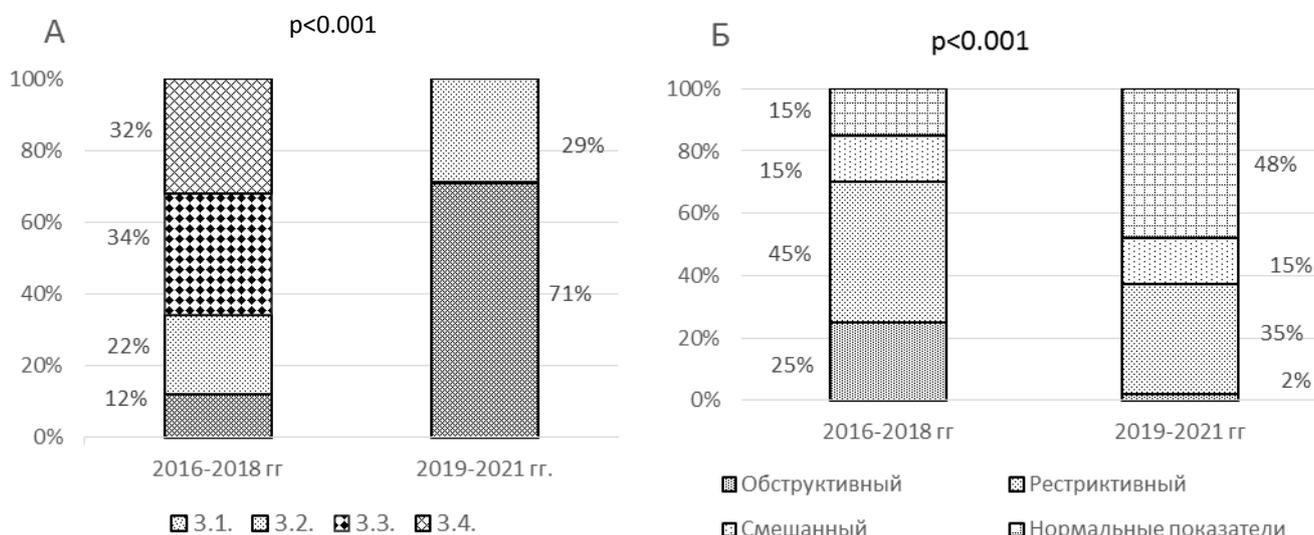


Рис. 1. Условия труда и состояние дыхательной системы у работников, контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями. А - структура классов условий труда по загрязнению воздуха рабочей зоны; Б - структура типов вентиляционных нарушений

Figure 1. Working conditions and the state of the respiratory system of workers exposed to highly fibrogenic aerosols. A - the structure of classes of working conditions for air pollution in the working area; B - structure of types of ventilation disorders

На рабочих местах работников, контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями, обследованных во время реабилитации в 2019–2021 гг., условия труда, по сравнению с 2016–2018 гг., улучшились ($\chi^2(3) = 108.9$, $p < 0,001$). В 2019–2021 годах условия труда соответствовали классам условий труда 3.1 или 3.2, тогда как в 2016–2018 гг. 34% рабочих мест имели класс условий труда 3.3 и 32% - класс условий труда 3.4. В этой же группе работников, контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями, была выше доля работников с показателями, соответствующими физиологическим нормам вентиляционной способности легких 48%. При этом среди работников с нарушениями функции внешнего дыхания по данным спирометрии отмечалось статистически значимое снижение доли имеющих обструктивные нарушения ($\chi^2(3) = 38.1$, $p < 0,001$).

В группе работников, контактировавших преимущественно со слабофиброгенной пылью, реабилитацию в 2016–2018 гг. прошли 74 работника, а в 2019–2021 гг. - 27 работников (рис. 2).

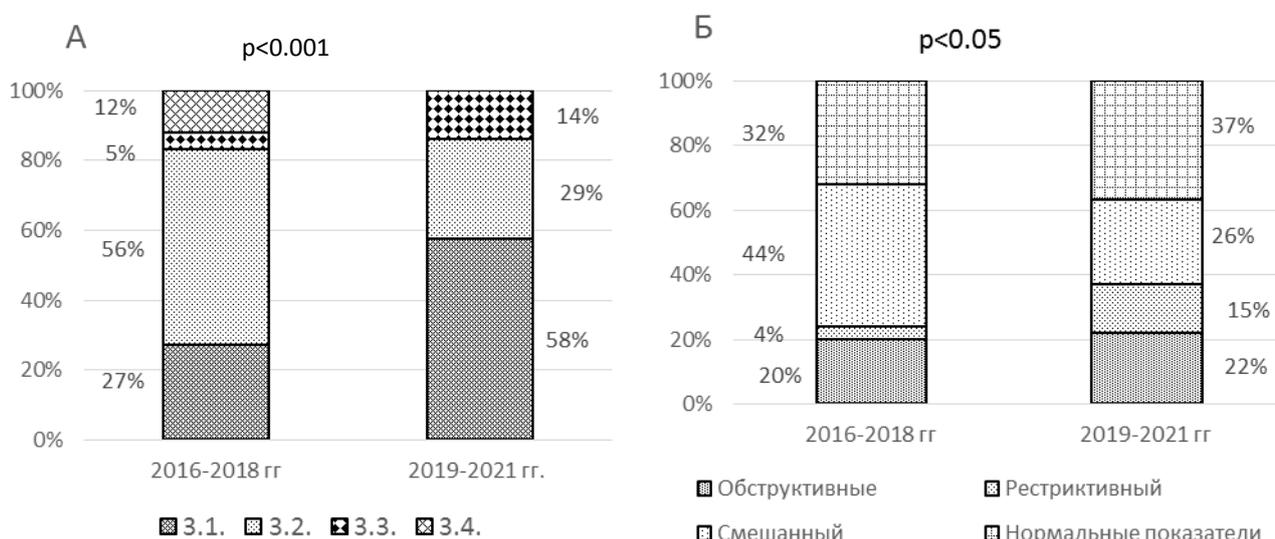


Рис. 2. Условия труда и состояние дыхательной системы у работников, контактировавших преимущественно со слабофиброгенными аэрозолями. А - структура классов условий труда по загрязнению воздуха рабочей зоны; Б - структура типов вентиляционных нарушений

Figure 2. Working conditions and the state of the respiratory system in workers who were exposed to weak fibrogenic aerosols. А - the structure of classes of working conditions for air pollution of the working area; В - structure of types of ventilation disorders

При сравнительной оценке классов условий труда на рабочих местах обследованных, подвергавшихся воздействию слабофиброгенных аэрозолей, было выявлено, что в 2019–2021 гг. доля работников, занятых на рабочих местах с классом условий труда 3.1, увеличилась более чем в 2 раза - до 58% ($\chi^2(3) = 36,1$, $p < 0,001$); доля рабочих мест с вредными классами условий труда 3.3 и 3.4 снизилась с 17% до 14% по сравнению с 2016–2017 гг. (различия статистически не значимы). При оценке типов вентиляционных нарушений установлено, что доля работников с показателями, соответствовавшими физиологической норме, осталась прежней: 20 % в 2016–2018 гг. и 22% в 2018–2021 гг., но при этом в структуре типов

вентиляционных нарушений отмечалась тенденция к увеличению доли обследованных с рестриктивными нарушениями – с 4% до 15% ($p > 0,05$).

В группе работников, преимущественно контактировавших с аэрозолями металлов и токсических веществ, в 2016–2018 гг. обследованы 40 работников, а в 2019–2021 гг. – 41 работник (рис. 3).

При оценке условий труда на рабочих местах с воздействием аэрозолей металлов и токсических веществ выявлено улучшение условий труда в 2019–2021 гг. по сравнению с 2016–2018 гг. ($\chi^2(3) = 65,7$, $p < 0,001$). Однако в структуре типов вентиляционных нарушений легких выявлено увеличение доли работников с изменениями рестриктивного характера ($\chi^2(3) = 24$, $p < 0,001$).

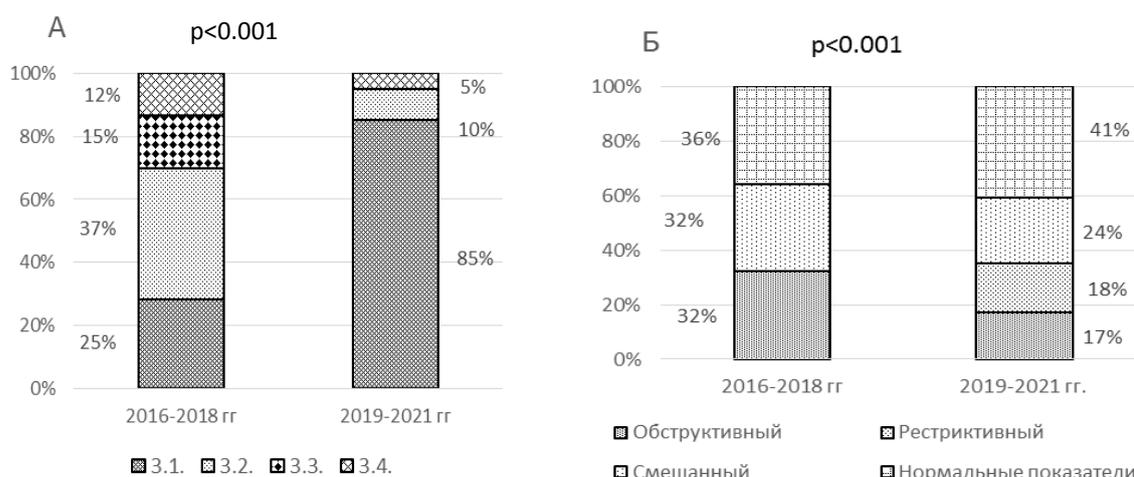


Рис. 3. Условия труда и состояние дыхательной системы у работников, контактирующих с аэрозолями металлов и токсических веществ. А - структура классов условий труда по загрязнению воздуха рабочей зоны; Б - структура типов вентиляционных нарушений

Figure 3. Working conditions and the state of the respiratory system of workers exposed to aerosols of metals and toxic substances. А - the structure of classes of working conditions for air pollution of the working area; В - structure of types of ventilation disorders

Следующим этапом была выполнена сравнительная характеристика первичной профессиональной заболеваемости болезнями органов дыхания у работников из группы риска, прошедших реабилитацию в 2016–2018 гг. и 2019–2021 гг., но вследствие ухудшения состояния здоровья получивших профессиональное заболевание в послереабилитационный период.

В группе рабочих, контактировавших с высокофиброгенной пылью, пришедших на реабилитацию в 2019-2021 гг., заболеваемость профессиональным хроническим пылевым бронхитом составила 5,8% против 1,4% в группе работников 2016-2018 гг. ($p < 0,001$). Уровни заболеваемости хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и пневмокониозом в группах 2016–2018 и 2019–2021 гг. не различались (рис. 4).

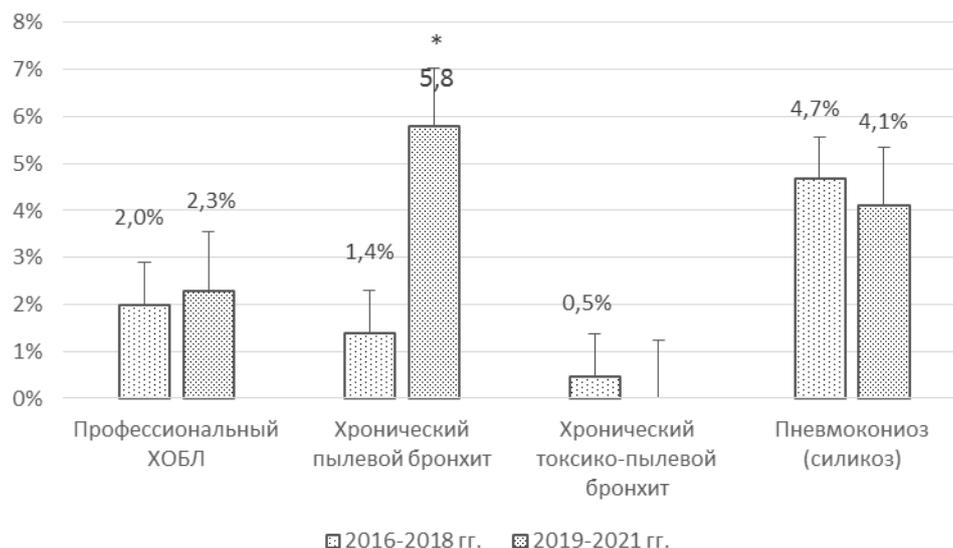


Рис. 4. Первичная заболеваемость профессиональными заболеваниями органов дыхания у работников, контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями (число случаев на 100 работников).

* уровень статистической значимости различий $p < 0,001$

Figure 4. Primary incidence of occupational respiratory diseases in workers exposed to highly fibrogenic aerosols (number of cases per 100 workers).

* level of statistical significance of differences $p < 0.001$

В группе работников, подвергавшихся воздействию слабофиброгенных аэрозолей, обращает на себя внимание уровень заболеваемости профессиональной ХОБЛ в 2019–2021 гг., который был выше, чем в 2016–2018 гг., несмотря на улучшение условий труда (рис. 5). Отмечается более высокий уровень заболеваемости пневмокониозами в 2019–2021 гг. у этой группы работников (рис. 5).

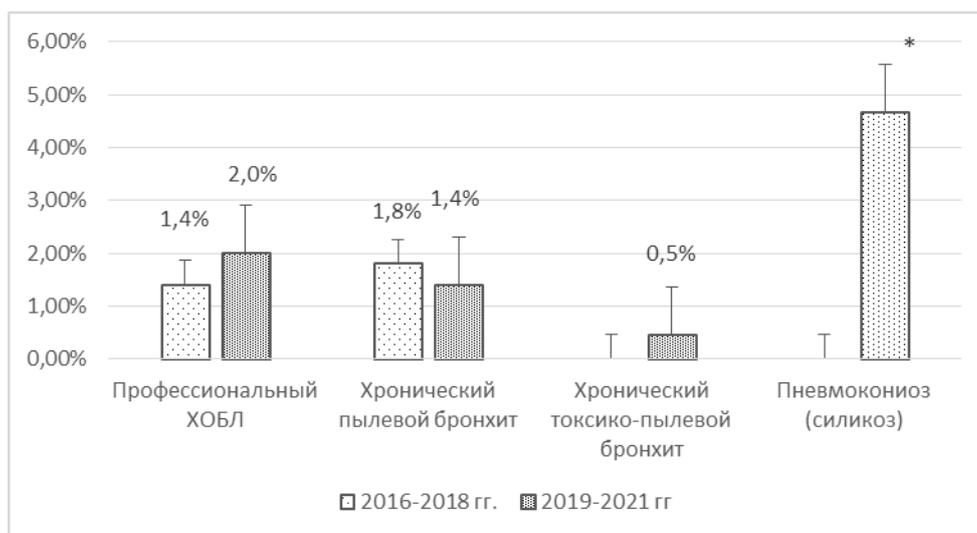


Рис. 5. Первичная заболеваемость профессиональными заболеваниями органов дыхания у работников, контактировавших со слабофиброгенными аэрозолями (число случаев на 100 работников).

* уровень статистической значимости различий $p < 0,001$

Figure 5. Primary incidence of occupational respiratory diseases in workers exposed to weak fibrogenic aerosols (number of cases per 100 workers).

* level of statistical significance of differences $p < 0.001$

У рабочих, контактировавших с аэрозолями металлов и токсических веществ, заболеваемость профессиональной ХОБЛ и хроническими токсико-пылевыми бронхитами была выше в 2019-2021 гг., чем в 2016-2018 гг.

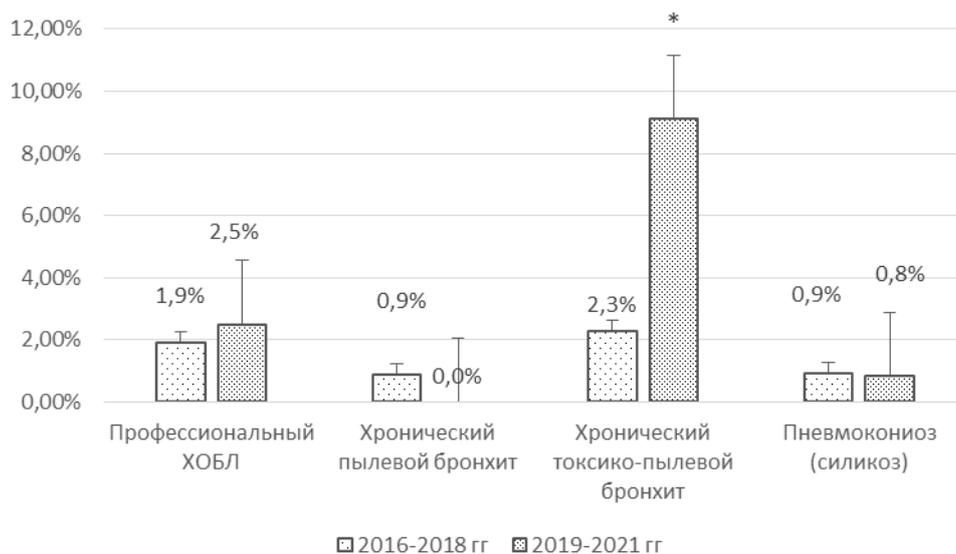


Рис. 6. Первичная заболеваемость профессиональными заболеваниями органов дыхания у работников, контактирующих с аэрозолями металлов и токсических веществ на 100 работников.

* уровень статистической значимости различий, $p < 0,001$

Figure 6. Primary incidence of occupational respiratory diseases among workers exposed to aerosols of metals and toxic substances per 100 workers.

* level of statistical significance of differences, $p < 0.001$

Обсуждение. Исследование показало, что условия труда в группе 2019–2021 гг. улучшились по сравнению с группой 2016–2018 гг. У работников, контактировавших с высокофиброгенной пылью, улучшение класса условий труда соотносится со спирометрическими данными. У работников, контактировавших со слабофиброгенной пылью, при заметном улучшении класса условий труда на рабочем месте отмечается увеличение доли рестриктивных нарушений вентиляционной способности легких и рост заболеваемости пневмокониозами. В группе контактировавших с аэрозолями металлов и токсических веществ при заметном улучшении условий труда произошло увеличение заболеваемости ХОБЛ и хроническими токсико-пылевыми бронхитами.

Есть литературные данные, которые показывают, что снижение функции внешнего дыхания происходит при заметном улучшении условий труда [11, 12,13]. К примеру, Bruske и др. в систематическом метаанализе описывают значительное снижение показателей функции внешнего дыхания при даже небольшой концентрации кварцевой пыли в воздухе рабочей зоны при работе с каменными дробилками в шахтах [14]. В исследовании, проведенном Lenander-Ramirez и др. на литейных производствах в Швеции, показано, что заболеваемость ХОБЛ и силикозом была значительно повышена в группе с уровнем воздействия $<0,05 \text{ мг/м}^3$, что составляет примерно половину шведского ПДК ($0,1 \text{ мг/м}^3$) при небольшой продолжительности воздействия [15].

Изменения технологического процесса могут привести к изменению состава промышленных аэрозолей, что, в свою очередь, может повлиять на структуру профессиональной заболеваемости у работников литейного цеха.

Традиционно оценка воздействия промышленных аэрозолей органов дыхания была сосредоточена на концентрации промышленных аэрозолей в воздухе рабочей зоны, но в последние годы все больше внимания исследователи уделяют размеру и химическому составу частиц. Некоторые исследования показывают, что мелкодисперсные частицы более токсичны, реактивны и влияют на альвеолы и эпителиальные клетки, а также могут вызывать оксидативный стресс [16,17,18,19].

Понимание распределения частиц по размерам, массе, а также их химическому составу, является необходимым параметром в оценке воздействия промышленных аэрозолей на рабочем месте, возможных последствий для здоровья работника и необходимости использования специальных реабилитационных программ для работников, контактирующих с промышленными аэрозолями разной степени дисперсности [20].

Заключение. В период с 2018 года произошло изменение технологических цепей производства и обновление фонда оборудования в литейном производстве, что привело к улучшению условий труда работников литейных производств [7]. Проведенное исследование показало, что в 2019–2021 гг. в группе работников, контактировавших с высокофиброгенными аэрозолями, условия труда улучшились, что соотносится со спирометрическими данными, по которым больший процент работников с нормальной функцией внешнего дыхания в группе 2019–2021 гг. по сравнению с группой 2016-2018 гг. У работников, контактировавших со слабофиброгенными аэрозолями, условия труда также улучшились, но доля имеющих рестриктивные нарушения и число новых случаев пневмокониозов выросли. Увеличение доли работников с изменениями рестриктивного характера отмечалось и в группе литейного цеха, контактировавшей с аэрозолями металлов и

токсических веществ, несмотря на улучшение условий труда; одновременно наблюдался прирост новых случаев профессиональной ХОБЛ и хронического токсико-пылевого бронхита.

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что у работников литейного цеха ПАО «КАМАЗ», несмотря на улучшение условий труда на рабочих местах, в группе 2019–2021 гг. произошло изменение структуры типов вентиляционных нарушений и первичной заболеваемости профессиональными заболеваниями органов дыхания в зависимости от состава аэрозоля в воздухе рабочей зоны.

Для сохранения здоровья работников, контактирующих с разными типами аэрозолей и входящих в группу риска по развитию заболеваний органов дыхания, необходимы углубленные исследования, которые будут способствовать расширению научных знаний о патогенетических механизмах респираторных нарушений, связанных с отдельными физико-химическими характеристиками аэрозолей, включая распределение частиц по размерам и химическому составу.

Работникам рекомендуется прохождение специальных реабилитационных программ, в зависимости от состава загрязнителя воздуха на рабочем месте.

Список литературы:

1. James S.L., Abate D., Abate K.H., Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018; 392: 1789-1858
2. Vinnikov D, Rybina T, Strizhakov L, Babanov S and Mukatova I Occupational Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Commonwealth of Independent States: Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Med.* 7:614827.
3. Карташев Д.И. Современные технологии в литейном производстве. *StudNet*. 2020; №11.
4. Marcias, G.; Fostinelli, J.; Catalani, S.; Uras, M.; Sanna, A.M.; Avataneo, G.; De Palma, G.; Fabbri, D.; Paganelli, M.; Lecca, L.I.; Buonanno, G.; Campagna, M. Composition of Metallic Elements and Size Distribution of Fine and Ultrafine Particles in a Steelmaking Factory. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1192.
5. Лазаренков А. М., Садоха М. А., Кот Т. П., Новик А. А. Исследование условий труда по пылевому фактору в литейных цехах с различным характером производства Литье и металлургии 2023; 1 :135-137.
6. Толмачева, Л. В. Анализ опасных и вредных факторов современного литейного производства машиностроительных. Достижения современной науки и образования: Материалы I Международной междисциплинарной конференции, Ставрополь, 05 апреля 2017 года. Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью «ЭльДирект», 2017: 86-88.
7. Глазман Б.С. Современные технологии литейного производства. Молодой исследователь Дона. 2016; №2:14-18
8. Рахимзянов А. Р., Файзова Ю.М. Организация реабилитационных мероприятий у работников вредных производств в Республике Татарстан. *Медицина труда и промышленная экология* 2015; № 9 :122-123.

9. Методические рекомендации «Спирометрия» Российское респираторное общество 2021 г.
10. Клинические рекомендации «Хроническая обструктивная болезнь легких» Российское респираторное общество 2021 г.
11. Hochgatterer K, Moshhammer H, Haluza D. Dust is in the air: effects of occupational exposure to mineral dust on lung function in a 9-year study. *Lung*. 2017 Jun; 191(3):257-63.
12. Стрижаков Л. А., Гарипова Р. В., Бабанов С. А. Быстро прогрессирующий силикоз: клинические наблюдения. *Медицина труда и промышленная экология* 2023; 6(3): 206-211.
13. Федотов В. Д., Лавренюк Н. А., Добротина И. С. Клинико-лабораторные особенности фенотипов больных хронической обструктивной болезнью легких профессиональной этиологии *Вестник современной клинической медицины* 2023.16(1): 69-79.
14. Bröske I, Thiering E, Heinrich J, Huster KM, Nowak D. Respirable quartz dust exposure and airway obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ Med.* 2014 Aug;71(8):583-9. doi: 10.1136/oemed-2013-101796. Epub 2014 May PMID: 24863263.
15. Lenander-Ramirez A, Bryngelsson IL, Vihlborg P, Westberg H, Andersson L. Respirable Dust and Silica: Respiratory Diseases Among Swedish Iron Foundry Workers. *J Occup Environ Med.* 2022 Jul 1;64(7):593-598.
16. Zhang ZQ, Cai YQ, Lin L, Zhang LH, Zhang CZ. Effect of silica dust on protein oxidative injury in lung tissue of mice *Zhonghua Lao Dong Wei ShengZhi Ye Bing Za Zhi.* 2017 Sep 20;35(9):709-711.
17. Leatham M, DeWitt J, Buck B, Goossens D, Teng Y, Pollard J, McLaurin B, Gerads R, Keil D. Oxidative stress and lung pathology following geogenic dust exposure. *J Appl Toxicol.* 2017 Oct;36(10):1276-83. doi: 10.1002/jat.3297.
18. Kuo HW, Chang CL, Liang WM, Chung BC. Respiratory abnormalities among male foundry workers in central Taiwan. *Occup Med (Lond).* 1999 Nov;49(8):499-505.
19. Marques Da Silva V, Benjdir M, Montagne P, Pairon JC, Lanone S, Andujar P. Pulmonary Toxicity of Silica Linked to Its Micro- or Nanometric Particle Size and Crystal Structure: A Review. *Nanomaterials (Basel).* 2022 Jul 13;12(14):2392.
20. Бабанов, С. А. Профессиональные заболевания органов дыхания Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Офорт", 2018: 166-170.

References:

1. James S.L., Abate D., Abate K.H., Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018; 392: 1789-1858
2. Vinnikov D, Rybina T, Strizhakov L, Babanov S., Mukatova I Occupational Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Commonwealth of Independent States: Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Med.* 7:614827.
3. Kartashev D.I. *Sovremennye tehnologii v litejnom proizvodstve.* [Modern technologies in the foundry]. *StudNet.* 2020; №11.(In Russ)

4. Marcias, G.; Fostinelli, J.; Catalani, S.; Uras, M.; Sanna, A.M.; Avata-neo, G.; De Palma, G.; Fabbri, D.; Paganelli, M.; Lecca, L.I.; Buonanno, G.; Cam-pagna, M. Composition of Metallic Elements and Size Distribution of Fine and Ultrafine Particles in a Steelmaking Factory. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1192.
5. Lazarenkov A. M., Sadoha M. A., Kot T. P., Novik A. A. *Issledovanie uslovij truda po pylevomu faktoru v litejnyh cegah s razlichnym harakterom proizvodstva*. [The study of working conditions in terms of dust factors in foundry shops with different nature of production]. *Lit'e i metallurgii* [Foundry and metallurgy]. 2023; 1 :135-137. (In Russ)
6. Tolmacheva, L. V. *Analiz opasnyh i vrednyh faktorov sovremennogo litejnogo proizvodstva mashinostroitel'nyh. Dostizhenija sovremennoj nauki i obrazovanija*. [Analysis of dangerous and harmful factors of modern foundry engineering. Achievements of modern science and education]. *Materialy I Mezhdunarodnoj mezhdisciplinarnoj konferencii, Stavropol', 05 aprelja 2017 goda*. [Proceedings of International conference "Stavropol'"]. *Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Jel'Direkt», [Limited Liability Company "ElDirect"]*. 2017: 86-88. (In Russ)
7. Glazman B.S. *Sovremennye tehnologii litejnogo proizvodstva*. [Modern technologies of foundry production]. *Molodoj issledovatel' Dona*. [Young researchers of Don]. 2016; №2:14-18(In Russ.)
8. Rakhimzyanov A. R., Fayzova Ju.M. *Organizacija reabilitacionnyh meroprijatij u rabotnikov vrednyh proizvodstv v Respublike Tatarstan*. [Organization of rehabilitation measures for workers in hazardous industries in the Republic of Tatarstan]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. [Occupational health and industrial ecology]. 2015;№ 9 :122-123. (In Russ)
9. Metodicheskie rekomendacii «Spirometrija» Rossijskoe respiratornoe obshhestvo 2021. [Guidelines "Spirometry" Russian Respiratory Society]. (In Russ)
10. Klinicheskie rekomendacii «Hronicheskaja obstruktivnaja bolezni' legkih» Rossijskoe respiratornoe obshhestvo. [Clinical guidelines "Chronic obstructive pulmonary disease" Russian Respiratory Society]. 2021 (In Russ)
11. Hochgatterer K, Moshhammer H, Haluza D. Dust is in the air: effects of occupational exposure to mineral dust on lung function in a 9-year study. *Lung*. 2017 Jun; 191(3):257-63.
12. Strizhakov L. A., Garipova R. V., Babanov S. A. *Bystroprogressirujushhij silikoz: klinicheskie nabljudenija*. [Rapidly progressive silicosis: clinical observations]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. [Occupational health and industrial ecology]. 2023; 6(3): 206-211. (In Russ)
13. Fedotov V. D., Lavrenjuk N. A., Dobrotina I. S. *Kliniko-laboratornye osobennosti fenotipov bol'nyh hronicheskoi obstruktivnoj bolezni'ju ljogkih professional'noj jetiologii*. [Clinical and laboratory features of the phenotypes of patients with chronic obstructive pulmonary disease of occupational etiology]. *Vestnik sovremennoj klinicheskoi mediciny*. [Bulletin of modern clinical medicine]. 2023.16 (1): 69-79. (In Russ)
14. Brüske I, Thiering E, Heinrich J, Huster KM, Nowak D. Respirable quartz dust exposure and airway obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ Med*. 2014 Aug;71(8):583-9. doi: 10.1136/oemed-2013-101796. Epub 2014 May PMID: 24863263.
15. Lenander-Ramirez A, Bryngelsson IL, Vihlborg P, Westberg H, Andersson L. Respirable Dust and Silica: Respiratory Diseases Among Swedish Iron Foundry Workers. *J Occup Environ Med*. 2022 Jul 1;64(7):593-598.

16. Zhang ZQ, Cai YQ, Lin L, Zhang LH, Zhang CZ. Effect of silica dust on protein oxidative injury in lung tissue of mice *Zhonghua Lao Dong Wei ShengZhi Ye Bing Za Zhi*. 2017 Sep 20;35(9):709-711.
17. Leatham M, DeWitt J, Buck B, Goossens D, Teng Y, Pollard J, McLaurin B, Gerads R, Keil D. Oxidative stress and lung pathology following geogenic dust exposure. *J Appl Toxicol*. 2017 Oct;36(10):1276-83. doi: 10.1002/jat.3297.
18. Kuo HW, Chang CL, Liang WM, Chung BC. Respiratory abnormalities among male foundry workers in central Taiwan. *OccupMed (Lond)*. 1999 Nov;49(8):499-505.
19. Marques Da Silva V, Benjdir M, Montagne P, Pairon JC, Lanone S, Andujar P. Pulmonary Toxicity of Silica Linked to Its Micro- or Nanometric Particle Size and Crystal Structure: A Review. *Nanomaterials (Basel)*. 2022 Jul 13;12(14):2392.
20. Babanov, S. A. *Professional'nye zabolevaniya organov dyhanija* [Occupational diseases of the respiratory system]. Samara: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Ofort", 2018: 166-170. (In Russ)

Поступила/Received: 03.04.2023

Принята в печать/Accepted: 13.08.2023