

Гигиена труда

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Власова Е.М., Устинова О.Ю., Носов А.Е., Загороднов С.Ю.

ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ПЛАВИЛЬЩИКОВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ И СОЕДИНЕНИЙ ХЛОРА

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь

Введение. Вредные условия труда на предприятиях создают потенциальный риск здоровью работающих и в первую очередь в отношении развития патологии органов дыхания.

Материал и методы. Группу наблюдения составили 111 плавильщиков титановых сплавов, их средний возраст составил $35,9 \pm 2,7$ лет, средний стаж – $11,4 \pm 6,3$ лет. В группу сравнения вошли 47 представителей административного аппарата предприятия аналогичного возраста ($37,4 \pm 1,5$ л, $p > 0,05$), имеющих средний стаж работы $12,8 \pm 2,3$ лет ($p > 0,05$). Проведены анализ медицинской документации, условий труда, комплексное обследование работников, статистическая обработка полученных результатов.

Результаты. Условия труда на рабочих местах плавильщиков соответствуют классам условий труда 3.3–3.4. Патология органов дыхания в структуре обшей заболеваемости в группе наблюдения занимала первое место и имела высокую степень производственной обусловленности ($RR = 2,90$; $95\% CI = 1,81–4,64$; $EF = 65,49\%$). По данным ЭХО-ДКГ у $10,8\%$ плавильщиков титановых сплавов при стаже $12,3 \pm 3,5$ лет, наблюдались утолщение межжелудочковой перегородки, повышение давления в лёгочной артерии и наличие диастолической дисфункции правого желудочка. Катаральное воспаление слизистых оболочек верхних дыхательных путей развивалось у плавильщиков уже в первый год работы; активность патологического процесса значительно возрастала при стаже 10 лет и характеризовалась преобладанием гиперпластического характера воспаления при увеличении стажа работы более 10 лет. С увеличением экспозиции в процесс вовлекались нижние отделы дыхательных путей. При стаже $12,3 \pm 3,5$ лет обратимые ранее нарушения бронхиальной проходимости приобретали стойкий необратимый характер, что сопровождалось формированием базальной эмфиземы лёгких у работников, морфологической перестройкой правых отделов сердца.

Выводы. При сочетанной длительной экспозиции пыли мелкодисперсной фракции и соединений хлора и паров хлора развиваются поражения дыхательных путей на всех уровнях респираторного тракта.

Ключевые слова: болезни органов дыхания; хлор; титановая пыль; плавильщики титановых сплавов.

Для цитирования: Власова Е.М., Устинова О.Ю., Носов А.Е., Загороднов С.Ю. Особенности заболеваний органов дыхания у плавильщиков титановых сплавов в условиях сочетанного воздействия мелкодисперсной пыли и соединений хлора. Гигиена и санитария. 2019; 98(2): 153–158. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-153-158>

Для корреспонденции: Власова Елена Михайловна, канд. мед. наук, зав. центром профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, г. Пермь. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 03.10.2018

Принята к печати 06.02.2019

Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Nosov A.E., Zagorodnov S.Yu.

PECULIARITIES OF RESPIRATORY ORGANS DISEASES IN SMELTERS DEALING WITH TITANIUM ALLOYS UNDER COMBINED EXPOSURE TO FINE-DISPERSE DUST AND CHLORINE COMPOUNDS

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

Introduction. Harmful working conditions, specific for titanium production enterprises, pose a potential risk to the workers health, and, primarily, concerning the development of respiratory pathology.

Material and methods. The observation group consisted of 111 smelters of titanium alloys; the average age is 35.9 ± 2.7 years; the average term of service is 11.4 ± 6.3 years. The comparison group included 47 representatives of the enterprise administrative apparatus of the same age (37.4 ± 1.5 , $p > 0.05$), having an average work experience of 12.8 ± 2.3 years ($p > 0.05$). The analysis of medical documentation, working conditions, a comprehensive survey of workers, static processing of the results was carried out.

Results. Working conditions at workplaces for smelters are classified as “harmful”, the degree of harmfulness accounted of 3-4 (the class of working conditions 3.3 - 3.4). In the structure of the overall morbidity of the examined observation group, respiratory pathology ranked first and was characterized by a high degree of production causality ($RR = 2.90$; $95\% CI = 1.81–4.64$; $EF = 65.49\%$). According to the ECHO-DKG data, 10.8% of titanium alloy smelters with 12.3 ± 3.5 years of experience had thickening of the interventricular septum, increased pressure in the pulmonary artery and the presence of right ventricular diastolic dysfunction.

Discussion. Smelters have chronic catarrhal inflammation of the mucous membranes of the upper respiratory tract in the first year of operation; the activity of the pathological process increases significantly with the experience of 10 years and is accompanied by the predominance of the hyperplastic nature of inflammation with an increase in work

experience of more than 10 years. Subsequently, the lower parts of respiratory tract are involved in the process. With an experience of 12.3 ± 3.5 years, reversible violations of the bronchial patency become persistent irreversible, which is accompanied by the development of basal emphysema of the lungs and morphological restructuring of the right heart.

Conclusion. Because of combined long-term exposure to dust, a fine fraction and compounds of chlorine and chlorine vapor, causes the damage of the airways at all levels of the respiratory tract.

Key words: respiratory organs diseases; chlorine; titanium dust; titanium alloys smelters.

For citation: Vlasova E.M., Ustinova O.Yu., Nosov A.E., Zagorodnov S.Yu. Peculiarities of respiratory organs diseases in smelters dealing with titanium alloys under combined exposure to fine-disperse dust and chlorine compounds. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(2): 153-158. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-153-158>

For correspondence: Elena M. Vlasova, MD, a head of the Center of occupational pathology of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru

Information about the author:

Vlasova E.M., <http://orcid.org/0000-0003-3344-3361>; Ustinova O.Yu., <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>;
Nosov A.Ye., <http://orcid.org/0000-0003-0539-569X>; Zagorodnov S. Yu., <http://orcid.org/0000-0002-6357-1949>

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: October 03, 2018

Accepted: February 06, 2019

Введение

Согласно современным представлениям, хронические заболевания органов дыхания развиваются в результате воздействия комплекса негативных факторов среды обитания, в том числе и производственных, на сложном фоне нарушений резистентности организма, обусловленных индивидуальными генетическими и иммунологическими особенностями, факторами образа жизни и социальными условиями [1–5]. Вредные условия труда, характерные для предприятий по производству титана, потенциально опасны для здоровья работающих, и особенно для их органов дыхания [3, 6–9, 10–15]. Объективную оценку риска формирования производственно обусловленной патологии органов дыхания целесообразно проводить, используя сведения о концентрации всех взвешенных частиц (TSP) в воздухе рабочей зоны. При этом следует уточнять размер пылевых частиц, особое внимание уделяя фракции частиц размером менее 10 мкм [4, 5, 14, 16–18], образующихся во время технологического процесса. Плавильщики титановых сплавов подвергаются воздействию металлической пыли, содержащей титан, и его двуокиси, а также целого ряда химических веществ, в том числе адсорбированных на пылевых частицах [6, 8, 16, 19]. Особое место в номенклатуре токсичных химических веществ занимают реагенты раздражающего действия [2, 3, 15, 20, 21]. При попадании на слизистую оболочку дыхательного тракта хлор инициирует развитие местной воспалительной реакции. При соединении паров и соединений хлора с металлической пылью образуются токсико-пылевые комплексы, которые обладают синергетическим действием на слизистую оболочку дыхательных путей, проявляя основной эффект при ингаляционном воздействии [3, 7, 9, 20, 22, 23]. Поражение дыхательных путей характеризуется стадийностью течения с преобладанием на начальных этапах пролиферативных, а с увеличением длительности экспозиции – и атрофических процессов.

Выполненными ранее исследованиями ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН») установлено, что у рабочих титановых производств развиваются хронические риниты, хронические фарингиты и хронические ларингиты, отмечается высокая частота поражения верхних дыхательных путей с развитием гипертрофических, а затем субатрофических изменений с последующим формированием патологии на уровне нижних отделов [6, 8, 11, 24–26].

Целью исследования являлось изучение особенностей формирования заболеваний органов дыхания у плавильщиков титановых сплавов, осуществляющих производственную деятельность в условиях сочетанного аэрогенного воздействия паров хлора и титановой пыли.

Материал и методы

Группу наблюдения составили 111 плавильщиков титановых сплавов крупного промышленного предприятия, средний возраст которых составил $35,9 \pm 2,7$ года, средний стаж работы по специальности – $11,4 \pm 6,3$ года. В группу сравнения вошли 47 представителей административного аппарата предприятия аналогичного возраста – $37,4 \pm 1,5$ года, $p > 0,05$), имеющих средний стаж работы $12,8 \pm 2,3$ года ($p > 0,05$). Все обследованные – представители мужского пола. Работники были распределены на подгруппы с учётом стажа в профессии: первая подгруппа – стаж работы от 1 года до 5 лет; вторая подгруппа – от 5 до 10 лет; третья подгруппа – со стажем более 10 лет.

Проведён анализ 632 амбулаторных медицинских карт и 357 карт периодического медицинского осмотра за период с 2014 по 2017 г., изучено 111 историй болезни плавильщиков, обследованных в условиях Центра профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»), 17 карт аттестации рабочих мест плавильщика титановых сплавов и 11 карт специальной оценки условий труда (СОУТ). В работе использованы результаты производственного контроля.

В ходе исследования специалистами химико-аналитического отдела ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» выполнено определение содержания массовой доли и дисперсного состава пылевых частиц ($PM_{2,5}$ и PM_{10}) в воздухе рабочей зоны плавильщиков. Отбор проб воздуха проводился на предварительно высушенные в эксикаторе и взвешенные на аналитических весах открытые и закрытые фильтры. Отобранные пробы пыли/фильтры помещали в стеклянную градуированную пробирку с притёртой пробкой, наполненную 3–4 см³ диоксиана. После растворения фильтра и перехода частиц пыли в жидкую фазу раствор определяли в кювету прибора (лазерный анализатор частиц; диапазон измерений от 20 нм до 2000 мкм) с последующим измерением фракционного состава пыли. Для этого был использован сканирующий электронный микроскоп с рентгено-флуоресцентной приставкой (предел обнаружения составил порядка 10–5 мас.%, минимальная область

Результаты собственных исследований фракционного состава пыли на рабочих местах плавильщиков

Профессия, рабочее место, процесс	Min размер частиц, мкм	Частицы с диаметром, %		Весовая концентрация РМ		TSP (сумма взвешенных частиц), мг/м ³
		< 10,0 мкм	< 2,5 мкм	< 10 мг/м ³	< 2,5 мг/м ³	
Плавильщик-дозировщик	0,578	32,6	4,2	6,22	0,80	19,09
Плавильщик (щитовая)	0,486	46,8	8,3	7,27	1,10	16,02
Плавильщик (выпуск)	0,578	42,7	9,5	35,15	7,19	118,91
Плавильщик (доводка)	0,972	27,8	4,6	4,77	0,81	10,36

исследования – 100 мкм), с целью установления компонентного состава и формы частиц пыли (степень увеличения составила от 5 до 300 000 крат, ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ.) [5, 18, 19, 27].

Для выделения непроизводственных факторов риска развития заболеваний органов дыхания проведено раздаточное анкетирование обследованных работников [24, 28, 29]. Программа клинического обследования включала осмотр врачей-специалистов (оториноларинголог, аллерголог-иммунолог, профпатолог), риноцитоскопию, риноманометрию, спирографию, электрокардиографию, рентгенографию органов грудной клетки, эходоплерокардиографию (ЭХО-ДКГ). Обследование выполнено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации (редакция 2008 г.), в соответствии с правилами ICH GCP, одобрена Этическим комитетом ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» (протокол № 107 от 15.12.2013 г.). Исследования выполнены в аккредитованных лабораториях ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» на лицензированном оборудовании по стандартным методикам.

Степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой рассчитывалась в соответствии с Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Проводился расчёт относительного риска (RR) и доверительного интервала 95% (CI), этиологической доли (EF) [30].

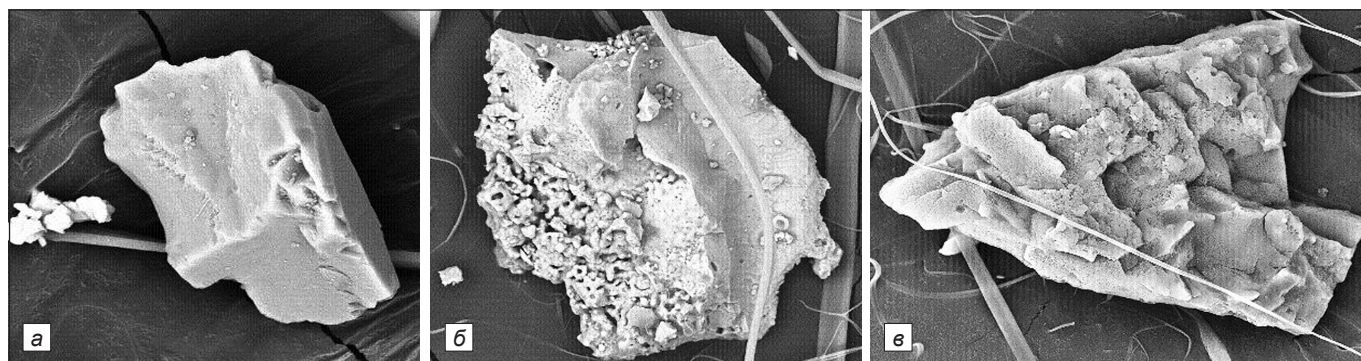
Анализ полученной информации выполнялся в программе Statistica 6.0 с использованием программного продукта, сопряжённых с приложениями MS-Office. Проверку на нормальность распределения измеряемых переменных осуществляли на основе теста Колмогорова–Смирнова. Исходя из того, что случайные величины анализируемых показателей соответствовали закону нормального распределения, были использованы значения средней (M) и ее ошибки (m). При проверке статистических гипотез в исследовании критический уровень значимости принимался равным 0,05 ($p < 0,05$).

Результаты

По результатам СОУТ и данным производственного контроля на 100% рабочих мест по основным специальностям, условия труда оценивались как «вредные» (итоговый класс условий труда 3, степень вредности – 3,4), в то время как условия труда работников группы сравнения квалифицированы как «допустимые» (2 класс). Результаты собственных исследований показали, что концентрация натрия гидрохлорида в воздухе рабочей зоны составляла от $2,0 \pm 0,5$ мг/м³ до $3,5 \pm 0,88$ мг/м³ (ПДК 5,0 мг/м³), концентрация хлора составляла $1,3 \pm 0,32$ мг/м³, (ПДК 1,0 мг/м³). В ходе анализа результатов исследования фракционного состава пыли в воздухе рабочей зоны было установлено, что на рабочих местах плавильщиков доля частиц размерами менее 10 мкм включительно составляла 27,8–46,8%, а частиц с размерами до 2,5 мкм включительно составляла 4,21–9,48% (табл. 1).

Состав пыли характеризовался содержанием титана, магния, хлора. По морфологическим признакам пылевые частицы имели различную форму: угловатую, раздробленную, неправильную и т. д. (см. рисунок, а, б, в) [5, 18, 19].

Результаты клинических исследований показали, что в группе наблюдения заложенность носа после смены отмечали 6,3% работников, при отсутствии подобных симптомов в группе сравнения. Слизистые выделения из носовых ходов, при отсутствии признаков острой респираторной инфекции, выявлены у 15,3% работников группы наблюдения, и только у 6,3% в группе сравнения ($p < 0,05$). В группе наблюдения эпизоды носовых кровотечений и аносмию отмечали 2% обследованных, снижение обоняния – 18,9%, при отсутствии этих симптомов в группе сравнения. Хронический кашель продолжительностью более трёх месяцев в течение двух лет и более без признаков дыхательной недостаточности был выявлен у 55,6% работников группы наблюдения и только у 27,8% в группе сравнения ($p < 0,05$).



Формы пылевых частиц в воздухе рабочей зоны:

а – неправильная форма пылевых частиц; б – раздробленная форма пылевых частиц; в – угловатая форма пылевых частиц.

Таблица 2

Структура болезней органов дыхания у работников сравнимых групп, %

Нозологическая форма	Группа		p
	наблюдения	сравнения	
Хронический ринофарингит	51,5	27,5	< 0,05
Хронический ларингит	30,6	17	< 0,05
Хронический тонзиллит	27,9	8,5	< 0,05
Хронический бронхит	31,5	10,6	< 0,05

Изучение особенностей образа жизни испытуемых показало, что в группе наблюдения активных курильщиков было 48,6%, в прошлом курили регулярно 28,8%, в группе сравнения при аналогичных характеристиках были отмечены показатели 34,0 и 12,7% ($p < 0,05$), соответственно.

Патология органов дыхания в структуре общей заболеваемости работников группы наблюдения занимала первое место и имела высокую степень производственной обусловленности ($RR = 2,90$; 95% $CI = 1,81-4,64$; $EF = 65,49\%$). В структуре болезней органов дыхания плавильщиков преобладали хронические ринофарингиты и ларингиты (МКБ10: J31, J37; 82% против 44,6% в группе сравнения, $p < 0,05$) и хронический тонзиллит (МКБ10: J35; 27,9% против 8,5% в группе сравнения; $p < 0,05$) (табл. 2).

В ходе исследования установлено увеличение числа работников группы наблюдения с выраженной клинической картиной респираторных нарушений по мере увеличения стажа работы. Хронический простой бронхит (МКБ10: J42) у плавильщиков со стажем до 5 лет был диагностирован только в 6,3% случаев, а со стажем 10 лет и более – в 31,5% ($p < 0,05$) случаев; в группе сравнения при аналогичных характеристиках были отмечены показатели 4,3 и 10,6%, соответственно ($p > 0,05$). Кроме того, случаи сочетанной патологии регистрировались в группе наблюдения в 1,5 раза чаще – 44,1% против 29,8%, $p < 0,05$.

Жалобы со стороны органов дыхания большинство работников группы наблюдения не предъявляли, тогда как по опроснику эпизодический сухой непродуктивный кашель беспокоил 24,3% опрошенных, в группе сравнения этот показатель оказался у 14,4% наблюдаемых, $p < 0,05$). Из некурящих плавильщиков хронические заболевания органов дыхания имели более 90% работников, а в группе сравнения только 27,3% ($p < 0,05$).

При ринофарингоскопии застойная гиперемия слизистой оболочки носа и задней стенки глотки, слизистые выделения из полости носа, отёчность голосовых складок выявлялись у плавильщиков уже при стаже работы до 5 лет; субатрофические изменения слизистой носо- и ротоглотки регистрировались при стаже 10 лет и более; у 2% работников этой группы, имеющих стаж более 15 лет, наблюдались единичные очаги некроза на фоне атрофических изменений слизистой носа и задней стенки глотки, перфорация носовой перегородки, озена (табл. 3).

Результаты риноцитоскопии показали, что у плавильщиков титановых сплавов в 69% случаев определялось присутствие пылевых частиц – $10,1 \pm 4,8$ ед. в п/зр., в то время как в группе сравнения наличие пыли в носовом секрете регистрировалось только у 12,8% обследованных ($p < 0,05$), при этом показатель её количественного содержания был достоверно ниже и составил $3,9 \pm 1,6$ ед. в п/зр, $p < 0,05$.

В ходе объективного обследования установлено, что у плавильщиков титановых сплавов при стаже до 5 лет хронические болезни дыхательных путей выявлялись у

Таблица 3

Сравнительный анализ результатов ринофарингоскопии в группах наблюдения и сравнения, %

Симптомы	Группа		p
	наблюдения	сравнения	
Гиперемия слизистой оболочки носовых ходов	31,5	21,3	> 0,05
Серовато-красная слизистая оболочка носовых ходов	33,3	6,4	< 0,05
Сухость и истончение слизистой оболочки носовых ходов	9,9	0	< 0,05
Наличие корок на стенках носовых ходов	25,2	0	< 0,05
Гиперемия задней стенки глотки	40,5	4,2	< 0,05
Озена	2	0	< 0,05
Гиперплазия нёбных миндалин	42,3	14,8	< 0,05
Гиперемия нёбных дужек	35,1	14,8	< 0,05
Отёк нёбных дужек	14,4	2,1	< 0,05
Гиперемия и отёчность гортани	37,8	4,2	< 0,05

каждого пятого обследованного, при этом доминирующими формами были болезни верхних дыхательных путей. При стаже от 5 до 10 лет патология дыхательных путей выявлялась уже у 37,8% работников группы наблюдения, при этом в 27,9% случаев регистрировались хронические болезни носо-, ротоглотки и гортани, а у 9,9% были выявлены признаки хронического трахеобронхита. При стаже от 10 лет и более у 80% плавильщиков были диагностированы болезни дыхательных путей, при этом у 42,9% верифицирован диагноз хронического бронхита.

Особого внимания заслуживает тот факт, что у работников группы наблюдения при стаже 15 лет и более отмечалось тотальное поражение дыхательных путей с выраженным атрофическим процессом на уровне носо- и ротоглотки. В группе сравнения подобного развития клинической картины по мере увеличения стажа не наблюдалось.

Результаты риноманометрии (РММ) показали, что при стаже до 5 лет скоростные и объёмные показатели носовой проходимости не имели достоверных различий в сравниваемых группах и соответствовали физиологической норме. Обращал внимание тот факт, что у 17,1% плавильщиков со стажем в профессии менее 10 лет и у 42,3% работников при стаже 10 лет и более показатели РММ превышали физиологическую норму и аналогичные показатели у работников в группе сравнения ($p < 0,05$). Было установлено, что у работников в группе наблюдения при стаже работы 5 лет и более формируются нестойкие нарушения бронхиальной проходимости рестриктивного типа, которые при стаже 10 лет и более принимают стойкий характер на фоне увеличения остаточного объёма лёгких вследствие формирующейся эмфиземы. Диффузные изменения лёгочной ткани, уплотнение корней лёгких, признаки эмфиземы визуализировались у 16,2% работников второй подгруппы наблюдения и у 27,6% третьей подгруппы (в группе сравнения – 0 и 12,8% соответственно, $p < 0,05$). Результаты ЭКГ показали, что у работников в обеих группах при этом обследовании изменения не зарегистрированы. У 10,8% работников группы наблюдения, имеющих стаж $12,3 \pm 3,5$ года, по данным ЭХО-ДКГ установлено утолщение межжелудочковой перегородки, повышение давления в лёгочной артерии и наличие диастолической дисфункции правого желудочка, что в группе сравнения зарегистрировано только у 4,3% обследованных ($p < 0,05$).

Обсуждение

Сочетанное ингаляционное воздействие мелкодисперсной металлической пыли, содержащей титан и соединения хлора, потенцирует раздражающее действие на слизистую оболочку дыхательных путей. В связи с различными размерностью пылевых частиц, их состава, физико-химических свойств, способностью адсорбироваться на разном уровне респираторного тракта формируются клинично-функциональные синдромы, определяющие нозологическую принадлежность. Поражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей по типу катаральных изменений развивается у плавильщиков с первого года работы.

Попадание в дыхательные пути хлора и его соединений инициирует локальные воспалительные реакции. Металлическая пыль, образующаяся при различных технологических процессах, вызывает механическое повреждение слизистой оболочки респираторного тракта, также инициируя воспаление, в результате чего повышается чувствительность тканей к воздействию химических веществ, нарушаются реологические свойства муконазального секрета.

Активность патологического процесса значительно возрастает при стаже 10 лет и сопровождается преобладанием гиперпластического характера воспаления. В последующем в процесс вовлекаются нижние отделы дыхательных путей. Изучение здоровья работников титаномагниевого производства показало, что у данного контингента отмечается высокая частота гипертрофических и субатрофических поражений слизистой верхних дыхательных путей и хронических бронхитов [2, 6, 7]. Хронические заболевания органов дыхания развиваются на фоне снижения общей резистентности организма, обусловленные индивидуальными генетическими и иммунологическими особенностями [17]. К сожалению, исследования, касающиеся изучения состояния различных уровней респираторного тракта, сочетанного воздействия хлора и титановой пыли носят фрагментарный характер. Выполнение поставленной Президентом РФ задачи повышения производительности труда требует изучения закономерностей формирования нарушений здоровья с позиции оценки риска. Для оценки индивидуального риска у работников титаномагниевого производства дальнейшее изучение проблемы целесообразно с использованием методов иммунологической диагностики и генотипирования.

Выводы

1. В структуре общей заболеваемости плавильщиков титановых сплавов патология дыхательной системы занимает приоритетное первое место и имеет «высокую» степень производственной обусловленности ($RR = 2,90$; $95\% CI = 1,81-4,64$; $EF = 65,49\%$).

2. При сочетанной длительной экспозиции пыли мелкодисперсной фракции хлора и его соединений развиваются поражения дыхательных путей на всех уровнях респираторного тракта.

3. Поражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей по типу катаральных изменений развиваются у плавильщиков с первого года работы; активность патологического процесса значительно возрастает при стаже 10 лет, приобретая гиперпластический характер; при стаже 10 лет и более морфологические изменения слизистой верхних дыхательных путей трансформируются в субатрофический процесс.

4. Обратимые нарушения функции дыхания по рестриктивному типу регистрируются у плавильщиков,

имеющих стаж работы более 5 лет; при стаже $12,3 \pm 3,5$ года нарушения бронхиальной проходимости приобретают стойкий необратимый характер, что сопровождается развитием базальной эмфиземы лёгких, морфологической перестройкой правых отделов сердца и повышением давления в лёгочной артерии.

Литература (пп. 17, 18 см. References)

1. Бабанов С.А., Будащ Д.С. Клинично-лабораторные особенности и прогнозирование течения хронического пылевого бронхита, силикоза и пневмокониоза от воздействия сварочных аэрозолей. *Санитарный врач*. 2016, 4: 37–48.
2. Бушуева Т.В., Росляя Н.А., Рослый О.Ф. Сравнительный анализ иммунологического профиля рабочих металлургических предприятий. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (2): 47–50.
3. *Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей*. Под ред В.Н. Лазарева и Э.Н. Левинной. В 3 т. Л.: Химия, 1976–1977. Available at: <http://www.vixri.ru/?p=4632> (дата обращения: 15.05.2018).
4. Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Злобина А.В., Волкова М.В., Гилева М.И. Исследования наноразмерных частиц в составе промышленных аэрозолей и взвешенных веществ в воздухе рабочей зоны. *Токсикологический вестник*. 2017; 1: 20–6.
5. Май И.В., Загороднов С.Ю., Макс А.А., Загороднов М.Ю. Оценка потенциального загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами в зоне расположения машиностроительного предприятия. *Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета*. 2012; 2(6): 109–8.
6. Алексеев В.Б., Шляпников Д.М., Власова Е.М., Носов А.Е., Лебедева Т.М. Оценка риска и профилактика патологии органов дыхания у работников титаномагниевого производства. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (1): 37–41.
7. Базарова Е.Л., Ошеров И.С., Рослый О.Ф., Тартаковская Л.Я. Медико-профилактические мероприятия по снижению химических профессиональных рисков в производстве титановых сплавов. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (2): 43–46.
8. Власова Е.М., Алексеев В.Б., Шляпников Д.М. Нарушения здоровья у рабочих титано-магниевого производства. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (6): 59–61.
9. Влияние на здоровье комбинированных воздействий в рабочей среде. *Информационное сообщение ВОЗ*. Женева, 1981.
10. Землянова М. А., Зайцева Н. В., Звездин В. Н., Шляпников Д. М. Влияние пылевой нагрузки на показатели оксидантной активности и антиоксидантной защиты у работников сталеплавильного производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; 11: 17–22.
11. Носов А.Е., Власова Е.М., Новоселов В.Г., Первалов А.Я. и др. Прогнозирование риска производственно обусловленной патологии у работников титано-магниевого производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 8: 10–5.
12. Омарова Д. К. Функциональное состояние органов дыхания работающих на танталовом производстве. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (4): 55–8.
13. Титова Е.Я., Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей. *Анализ риска здоровью*. 2017; 4: 83–90.
14. Уланова Т.С., Антипова М.В., Заборова М.И., Волкова М.В. Определение частиц нанодиапазона в воздухе рабочей зоны металлургического производства. *Анализ риска здоровью*. 2015; 1: 77–81.
15. Харитонов В.И. Современное состояние проблемы интенсивных многофакторных воздействий в медицине труда. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2012; 4: 185–8.
16. Зайцева Н.В., Май И.В., Макс А.А., Загороднов С.Ю. Анализ дисперсного и компонентного состава пыли для оценки экспозиции населения в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников. *Гигиена и санитария*. 2013; 5: 19–23.
17. Загороднов С.Ю., Кокоулина А.А., Попова Е.В. Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015; 17 (5-2): 451–456.
20. Измеров Н.Ф. *Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство*. Под ред. Н. Ф. Измерова, А.Г. Чучалина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015: 792.
21. Сетко А.Г., Егорова Е.М., Тришина С.П. Профессиональная заболеваемость рабочих предприятия цветной металлургии с позиций ги-

- гиенической оценки риска для здоровья от воздействия химических факторов. *Здоровье населения и среда обитания*. 2014; 7: 31–3.
22. Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г., Мешчакова Н.М., Меринов А.В. Ги- гиеническая оценка газо-пылевого фактора на алюминиевом пред- приятии Восточной Сибири. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (12): 1155–60.
 23. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю. Моделирование процесса дыхания человека: концептуальная и математическая постановки. *Математическая биология и биоинформатика*. 2016; 11 (1): 64–80.
 24. Кельман Г.П., Устинова О.Ю., Аминова А.И., Рязанова Е.А., Сафоно- ва М.А. Влияние условий труда и социальных факторов на развитие производственно обусловленной патологии у работников металлур- гической промышленности. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012; 14(5-3): 671–6
 25. Шляпников Д.М., Костарев В.Г. Оценка и прогноз профессиональ- ного риска у работников предприятия цветной металлургии. *Меди- цина труда и промышленная экология*. 2014; 12: 16–8.
 26. Шляпников Д.М., Шур П.З., Алексеев В.Б. Оценка риска здоровью работников, занятых в переработке титансодержащих и редкозе- мельных материалов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 12: 30–4.
 27. Май И.В., Кокоулина А.А., Загороднов С.Ю., Попова Е.В. Оценка экспозиции населения к мелкодисперсной пыли в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников. *Анализ риска здоровью*. 2014; 1: 21–30.
 28. Барг А. О. Особенности поведенческих факторов риска здоровью у работников промышленных предприятий. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (1): 48–53.
 29. Шур П.З., Зайцева Н.В., Костарев В.Г., Лебедева-Несевря Н.А., Шляпников Д.М. Сочетанное влияние производственных и социальных факторов риска на здоровье работающих на предпри- ятиях по производству изделий методом порошковой металлургии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; 12: 8–11.
 30. Денисов Э.И., Степанян И.В., Челищева М.Ю. Статистическая оцен- ка связи нарушений здоровья с работой (COC). Available at: [http:// neurocomp.ru/cgi-bin/opr/sos/start.py](http://neurocomp.ru/cgi-bin/opr/sos/start.py) (дата обращения: 15.05.2018).
 11. Nosov A.E., Vlasova E.M., Novoselov V.G., Perevalov A.Ya. et al. Fore- casting a risk of occupationaly related diseases in workers engaged into titanium-magnesium production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 8: 10–5. (in Russian).
 12. Omarova D.K. Functional state of the respiratory system in employees at the tantalum plant. *Hygiena i Sanitarya*. 2014; 93, 4: 55-8. (in Russian).
 13. Titova E.Ya., Golub' S.A. Contemporary problems of health protec- tion for workers employed at a large indus- trial enterprise and work- ing under occupational hazards. *Analiz riska zdorov'ju*. 2017; 4: 83-90. (in Russian).
 14. Ulanova T.S., Antipyeva M.V., Zabirova M.I., Volkova M.V. Determina- tion of nanoscale particles in the air of working zone at the metallurgical production. *Analiz riska zdorov'ju*. 2015; 1: 77-81 (in Russian).
 15. Kharitonov V.I. Modern state of the problem impacts multiple intensive labour in medicine. *Rossiyskij mediko-biologicheskij vestnik imeni aka- demika I.P. Pavlova*. 2012; 4: 185-8. (in Russian).
 16. Zaitseva N.V., May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu. Nalysis of the dispersion and component composition of the dust for the assessment of the exposure to the population in the areas of influence of industrial emissions of stationary sources. *Hygiena i Sanitarya*. 2013; 5: 19–23. (in Russian).
 17. Jedrychowski W.A., Perera F.P., Spengler J.D., Mroz E., Stigter L., Flak E. et al. Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2013; 216 (4): 395–401.
 18. Zagorodnov S.Y., Kokoulina A.A., Klein S.V. Component, disperse and morphological composition of ambient air dust contamination in the zones of mining-processing enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 8. Ser. "8th International Conference on Environmental Science and Technology, ICESS 2017"*. 2017: 012004.
 19. Zagorodnov S.Yu., Kokoulina A.A., Popova E.V. Studying of component and disperse structure of dust emissions of metallurgical complex enter- prises for problems of estimation the population exposition. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2015; 17(5-2): 451–6. (in Russian).
 20. Zaitseva N.V., May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu. Nalysis of the dispersion and component composition of the dust for the assessment of the exposure to the population in the areas of influence of industrial emissions of stationary sources. *Hygiena i Sanitarya*. 2013; (5): 19–23. (in Russian).
 21. Izmerov N.F. *Professional diseases of the respiratory system: the national leadership*. Ed by N.F. Izmerov, A.G. Chuchalin. Moscow: GEHOTAR-Media, 2015: 792 (in Russian).
 22. Setko A.G., Egorova E.M., Trishina S.P. Occupational morbidity of non- ferrous metal industry workers in the context of hygienic assessment of health risk caused by chemical factors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obi- taniya*. 2014; 7: 55–8. (in Russian).
 23. Shayakhmetov S.F., Lisetskaya Lyudmila G., Meshchakova N.M., Me- rinov A.V. Hygienic assessment of toxic dust factor at the aluminium smelter in Eastern Siberia. *Hygiena i Sanitarya*. 2016; 95 (12): 1155–60. (in Russian).
 24. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Tsinker M.Yu. Modeling of human breath: conceptual and mathematical statements. *Matematicheskaja biologija i bioinformatika*. 2016; 11(1): 64–80. (in Russian).
 25. Kelman G.P., Ustinova O.Yu, Aminova A.I, Rязанова Е.А., Сафоно- ва М.А. Influence of occupational conditions and social factors on de- velopment the production caused pathologies at workers of metallurgical industry. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoj akademii nauk*. 2012; 14 (5-3): 671–4 (in Russian).
 26. Shayakhmetov S.F., Lisetskaya Lyudmila G., Meshchakova N.M., Me- rinov A.V. Hygienic assessment of toxic dust factor at the aluminium smelter in Eastern Siberia. *Hygiena i Sanitarya*. 2016; 95 (12): 1155–60 (in Russian).
 27. Shliapnikov D.M., Kostarev V.G. Evaluation and prognosis of occupa- tional risk in workers of nonferrous metallurgy enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; 12: 16–8 (in Russian).
 28. Barg A.O. Peculiarities of behavioral risk factors for health in work- ers of industrial enterprises. *Hygiena i Sanitarya*. 2016; 95 (1): 48–53. (in Russian).
 29. Shour P.Z., Zaitseva N.V., Kostarev V.G., Lebedeva-Nesevrya N.A., Shl- iapnikov D.M. Concomitant influence of occupational and social risk factors on health of workers engaged into powder metallurgy. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; 12: 8–11 (in Russian).
 30. Denisov E.I., Stepanyan I.V., Chelishcheva M.Yu. Statistical assessment of the relationship between health disorders and work (COC). Available at: <http://neurocomp.ru/cgi-bin/opr/sos/start.py> (accessed: 15.05.2018).

References

1. Babanov S.A., Budash D.S. Clinical, features and forecasting of course of silicosis pneumoconiosis from exposure to welding fumes. *Sanitarnyj vrach*. 2016; 4: 37–48 (in Russian).
2. Bushueva T.V., Roslaya N.A., Rosly O.F. Comparative analysis of the immune profile of metallurgical workers exposed to different chemical factors of production environment. *Hygiena i Sanitarya*. 2015; T. 94, 2: 47-50. (in Russian).
3. *Harmful substances in industry. A reference book for chemists, engineers and doctors*. Ed by V.N. Lazarev, E.H.N. Levina. In three volumes. Len- ingrad: Himiya: 1976–77.
4. Zaitseva N.V., Ulanova T.S., Zlobina A.V., Volkova M.V., Gileva M.I. Investigations into nanoscale particles as part of industrial aerosols and particulate matter in the air of working are. *Toksikologicheskij vestnik*. 2017; 1: 20–6 (in Russian).
5. May I.V., Zagorodnov S.Yu., Max A.A., Zagorodnov M.Yu. Assessment of potential air pollution finely dispersed particles in the zone of machine building enterprise. *Vestnik permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta*. 2012; 2(6): 109–18. (in Russian).
6. Alekseev V.B., Shlyapnikov D.M., Vlasova E.M., Nosov A.E., Lebedeva T.M. Risk assessment and prevention of respiratory diseases in workers occupied in titanium and magnesium production. *Hygiena i Sanitarya*. 2016; 95 (1): 37–41 (in Russian).
7. Bazarova E.L., Osherov I.S., Rosly O.F., Tartakovskaya L.Ya. Medical and preventive measures for reducing chemical occupational risks in the production of titanium alloys. *Hygiena i Sanitarya*. 2015; 94 (2): 43–6. (in Russian).
8. Vlasova E.M., Alekseev V.B., Schlapnikov D.M. Deteriorations of health condition in furnace and smelter employees of the titanium and magne- sium industry. *Hygiena i Sanitarya*. 2015; 94 (1): 59-61 (in Russian).
9. The health effects of combined effects in the work environment [Vliyanie na zdorov'e kombinirovannykh vozdeystviy v rabochoy srede]. *Informa- cionnoe soobshchenie VOZ*. Zheneva, 1981.
10. Zemlyanova M.A., Zaitseva N.V., Zvezdin V.N., Shlyapnikov D.M. Influence of dust load on oxidant activity and antioxidant defence pa- rameters in workers of steel works. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013; 11: 17–22. (in Russian).