



Базарова Е.Л.^{1,2,3}, Федорук А.А.¹, Ошеров И.С.², Рослая Н.А.³, Бабенко А.Г.²

Формирование общесоматической патологии при хроническом воздействии гидрофторида в производстве титановых сплавов

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья работников промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 620014, Екатеринбург, Россия;

²Частное медицинское учреждение «Медико-санитарная часть "Тирус"», 624760, Верхняя Салда, Россия;

³ФБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург, Россия

Введение. Большинство работ по изучению заболеваемости работающих с соединениями фтора посвящены медицине труда на предприятиях алюминиевой промышленности.

Цель исследования – выявить экспозиционные, гендерные и эволюционные особенности формирования общесоматической заболеваемости, связанной с хроническим профессиональным воздействием гидрофторида в производстве титановых сплавов.

Материалы и методы. Приведен анализ распространенности хронической патологии по данным медицинского осмотра 562 работающих в контакте с гидрофторидом и заболеваемости с временной утратой трудоспособности по 29 949 листам нетрудоспособности в сравнении с неэкспонированными лицами того же предприятия.

Результаты. При увеличении степени вредности условий труда наблюдалось увеличение риска развития патологии органов дыхания, глаз, костно-мышечной системы, артериальной гипертензии и гиперхолестеринемии. В условиях труда класса 3.1 выявлена повышенная распространенность болезней нервной и мочеполовой систем со средней степенью профессиональной обусловленности (относительные риски ОР 1,6 и 2 соответственно, $p < 0,05$), класса 3.2 – высокая степень профессиональной обусловленности болезней органов дыхания (ОР = 2,8). При работе во вредных условиях труда отмечалась средняя степень профессиональной обусловленности болезней нервной системы у женщин (ОР = 1,9) и малая – артериальной гипертензии у мужчин (ОР = 1,2). Распространенность общесоматической патологии во всех возрастных группах была выше, чем у неэкспонированных лиц того же возраста.

Заключение. Гидрофторид в условиях производства титановых сплавов проявил себя триггером, способствующим формированию патологии органов дыхания, кровообращения, пищеварения, уха, глаз, кожи, крови, костно-мышечной, нервной, эндокринной и мочеполовой систем.

Ключевые слова: профессионально обусловленные заболевания при воздействии гидрофторида; заболеваемость работников титанового производства

Для цитирования: Базарова Е.Л., Федорук А.А., Ошеров И.С., Рослая Н.А., Бабенко А.Г. Формирование общесоматической патологии при хроническом воздействии гидрофторида в производстве титановых сплавов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(12): 1436–1442. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1436-1442>

Для корреспонденции: Базарова Екатерина Львовна, канд. мед. наук, докторант ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, доцент кафедры гигиены и экологии ФБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, врач по гигиене труда частного медицинского учреждения «Медико-санитарная часть "Тирус"», 624760, Верхняя Салда. E-mail: bazarova@vsmpro.ru

Участие авторов: Базарова Е.Л. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, данных литературы, статистическая обработка, написание текста; Федорук А.А. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Ошеров И.С. – концепция и дизайн исследования; Рослая Н.А. – написание текста, редактирование; Бабенко А.Г. – сбор материала и обработка данных, статистическая обработка. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 11.11.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликовано: 30.12.2021

Ekaterina L. Bazarova^{1,2,3}, Anna A. Fedoruk¹, Ilya S. Osharov², Natalya A. Roslaya³,
Aleksy G. Babenko²

Features of formation somatic pathologies under chronic exposure to hydrofluoride in the manufacture of titanic alloys

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Private Healthcare Unit "Tirus", Verkhnyaya Salda, 624760, Russian Federation;

³Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

Introduction. Most studies on the morbidity of workers with fluorine compounds are devoted to occupational medicine at aluminium industry enterprises.

The aim of the study is to identify the exposure, gender and evolutionary features of the formation of general somatic morbidity associated with chronic occupational exposure to hydrofluoride in the production of titanium alloys.

Materials and methods. The analysis of the prevalence of chronic pathology according to the medical examination of 562 workers in contact with hydrofluoride and the incidence of temporary disability according to 29949 disability sheets in comparison with non-exposed persons of the same enterprise is given.

Results. With an increase in the degree of harmfulness of working conditions, there was an augmentation increase in the risk of developing pathology of the respiratory organs, eyes, musculoskeletal system, arterial hypertension and hypercholesterolemia. In the working conditions of Class 3.1, an increased prevalence of diseases of the nervous and genitourinary systems with a moderate degree of occupational conditionality was revealed (relative risks (RR) 1.6 and 2.0, respectively, $p < 0.05$), class 3.2 – a high degree of professional conditionality of respiratory diseases (RR = 2.8). When working in harmful working conditions, there was an average degree of occupational conditionality of nervous system diseases in women (RR = 1.9) and a small degree of arterial hypertension in men (RR = 1.2). The prevalence of general somatic pathology in all age groups was higher than in non-exposed persons of the same age.

Conclusion. Hydrofluoride in the production of titanium alloys was proved to be a trigger contributing to the formation of the pathology of the respiratory, circulatory, digestive, ear, eyes, skin, blood, musculoskeletal, nervous, endocrine, and genitourinary systems.

Keywords: professionally caused diseases of workers at hydrofluoride influence; infringements of the health of workers of titanic manufacture

For citation: Bazarova E.L., Fedoruk A.A., Osharov I.S., Roslaya N.A., Babenko A.G. Features of formation somatic pathologies under chronic exposure of hydrofluoride in the manufacture of titanic alloys. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(12): 1436-1442. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1436-1442> (In Russ.)

For correspondence: Ekaterina L. Bazarova, MD, PhD, doctoral student of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; docent of the Department of Hygiene and Ecology of the Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health; occupational health physician of the Private Healthcare Unit "Tirus"; Verkhnyaya Salda, 624760, Russian Federation. E-mail: bazarova@vsmo.ru

Information about the authors:

Bazarova E.L., <https://orcid.org/0000-0002-7377-6024> Fedoruk A.A., <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827>
Osharov I.S., <https://orcid.org/0000-0003-0408-4216> Roslaya N.A., <https://orcid.org/0000-0001-8907-0360>
Babenko A.G., <https://orcid.org/0000-0002-1424-6103>

Contribution: Bazarova E.L. — research concept and design, material collection and data processing, statistical processing, literature data collection, text writing; Fedoruk A.A. — research concept and design, writing, editing; Osharov I.S. — concept and design of the study; Roslaya N.A. — writing text, editing; Babenko A.G. — material collection and data processing, statistical processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: November 11, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: December 30, 2021

Введение

Соединения фтора относятся к числу распространенных и значимых по риску нарушений здоровья токсикантов рабочих мест. Фтор — агрессивный в химическом отношении неметалл, за которым закрепился эпитет «всесъедающий» (в переводе с греческого «phthoros» — «гибель, разрушение»). Гидрофторид является высокотоксичным веществом 2-го класса опасности с остронаправленным, раздражающим, мутагенным, репротоксическим, кожно-резорбтивным и кумулятивным действием на организм [1]. Нормируемые величины ПДК гидрофторида в воздухе рабочей зоны составляют: ПДК максимально разовая / ПДК среднесменная (ПДК_{мр}/ПДК_{сс}) — 0,5/0,1 мг/м³ (СанПиН 1.2.3685-21).

Хроническая профессиональная интоксикация неорганическими соединениями фтора (или профессиональный флюороз) развивается при длительном избыточном поступлении в организм фтора и его соединений и характеризуется поражением опорно-двигательного аппарата, ремоделированием костной ткани, повышением плотности длинных трубчатых костей, развитием полиартралгического синдрома [2, 3]. Фтор изменяет активность ключевых ферментных систем, определяющих гомеостаз, десинхронизирует аэробный и анаэробный пути образования макроэргических фосфорных соединений, оказывает действие на клетки соединительной ткани и органеллы, ответственные за синтез коллагена и гликозаминогликанов, нарушает метаболизм в костной и хрящевой ткани, имеет тропность к кальцию [4–7]. К наиболее поражаемым органам относят также зубы, верхние дыхательные пути, бронхолегочную, нервную, сердечно-сосудистую, мочевыделительную, желудочно-кишечную, гепатобилиарную, эндокринную системы, кожу, глаза [3, 7–9]. Исследования по изучению влияния соединений фтора на здоровье работников проводили на предприятиях по производству криолита, фосфора, удобрений, плавиковой кислоты, на керамических заводах. Обширная литература посвящена вопросам медицины труда на алюминиевых заводах [4, 5, 9].

Цель исследования — выявить экспозиционные, гендерные и эволюционные особенности формирования общесоматической заболеваемости, связанной с хроническим профессиональным воздействием гидрофторида в производстве титановых сплавов.

Материалы и методы

Объект изучения — крупное металлургическое предприятие по производству полуфабрикатов и изделий из титановых сплавов. Гигиенические исследования включали анализ результатов производственного контроля, специальной

оценки условий труда за 2017–2019 гг. Распространённость хронической патологии (РХП) в зависимости от пола, возраста и класса условий труда (КУТ) по гидрофториду изучали по результатам периодического медицинского осмотра (ПМО) за 2018 г. В контакте с гидрофторидом работали 562 человека (5,3% от общего количества осматриваемых): 312 мужчин и 250 женщин; 485 человек — при КУТ 2; 55 — при КУТ 3.1; 22 работника — КУТ 3.2. Женщины в условиях труда класса 3.2 не работали. Для проверки результатов проведён углублённый анализ РХП и заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) за 2019 г. по данным анализа 29 949 больничных листов. Контакт с фактором имелся в 1631 случае (5,4% от числа листов нетрудоспособности): 900 случаев у мужчин и 731 — у женщин. Изучаемые группы были сопоставимы по полу, возрасту, уровню заработной платы, особенностям питания, экологическим и бытовым условиям, обслуживались одним лечебным учреждением. В работе использовали методологию анализа профессионального риска НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова*. Сравнивали заболеваемость лиц, имеющих и не имеющих контакт с гидрофторидом, с расчётом ОР; различия между группами оценивали по критерию χ^2 ($p < 0,05$ при $\chi^2 > 3,84$). Достоверность различий в заболеваемости между группами работающих в различных КУТ, мужчин и женщин оценивалась по t -критерию Стьюдента ($p < 0,05$ при $t > 1,96$).

Результаты

Воздействию гидрофторида в изучаемом производстве подвергались работники травильных участков (травление титановых сплавов с применением плавиковой кислоты), кислотохранилищ, плавильных отделений (плавка ферротитана в индукционных и электрошлаковых печах с применением фторсодержащих флюсов), сварочных участков (ручная электросварка с использованием электродов с фторсодержащими обмазками, автоматическая сварка с использованием фторсодержащих флюсов), лабораторий серийных испытаний продукции (травление поверхности образцов при пробоподготовке). МРК гидрофторида на рабочих местах травильщиков, обслуживающих агрегаты листового травления и линии непрерывного травления, при сопровождении тары с кислотой, заправке ванны, корректировке травильного раствора, сливе отработанного раствора, очистке ванны находилась в пределах от ниже чувствительности применяемой методики до 0,5 мг/м³,

* Профессиональный риск для здоровья работников: Руководство. Под ред. акад. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. М.: Тровант, 2003. 448 с.

Таблица 1 / Table 1

Распространённость нарушений здоровья работающих при воздействии гидрофторида, в зависимости от класса условий труда (на 100 осматриваемых)

The prevalence of health problems in workers exposed to hydrofluoride depending upon the work conditions level (per 100 examined cases)

Нарушения здоровья Health problems	Распространённость патологии / Относительный риск Prevalence of pathology / Relative risk				
	Класс условий труда Working condition classes			Все в контакте All in contact	С классами 3.1–3.2 In classes 3.1–3.2
	2	3.1	3.2		
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	9.4/1.0	16.4/1.7	27.3/2.8** •	10.9/1.12	19.5/2.0**
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	24.5/1.0	27.3/1.1	9.1/0.4■	24.0/0.9	22.1/0.9
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	17.6/1.2	12.7/0.9	27.3/1.8	17.6/1.2*	16.9/1.1
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	28.5/1.1	41.8/1.6** •	31.8/1.2	29.7/1.2**	39.0/1.5**
Болезни костно-мышечной системы Diseases of the musculoskeletal system	33.1/1.0	40.0/1.2	45.5/1.3	34.2/1.0	41.6/1.2
Новообразования / Neoplasms	2.9/0.7	7.3/1.9	4.5/1.2	3.4/0.9	6.5/1.7
Болезни глаза / Diseases of the eye	51.9/0.9	60.0/1.1	81.8/1.4** ▲	53.9/1.0	66.2/1.2
Болезни уха / Diseases of the ear	3.8/1.4	7.3/2.7	0.0	3.9/1.5	5.2/1.9
Болезни кожи / Skin diseases	8.6/1.3	5.5/0.8	4.5/0.7	8.4/1.2	5.2/0.8
Болезни крови / Diseases of the blood	6.5/0.7	16.4/1.8* •	0.0	7.5/0.8	11.7/1.3
Болезни мочеполовой системы Diseases of the genitourinary system	10.9/0.7	30.9/2.0** ▲	9.1/0.6	13.2/0.9	24.7/1.6**
Гинекологическая патология / Gynecological pathology	21.1/0.7	38.6/1.3■	Нет женщин	24.4/0.8	38.6/1.3
Повышенный индекс массы тела / Increased body weight	60.0/1.0	56.4/0.9	81.8/1.3■	60.5/1.0	63.6/1.0
Артериальная гипертензия / Arterial hypertension	37.7/1.1	29.1/0.8	54.5/1.6*	37.2/1.1	36.4/1.1
Гипергликемия / Hyperglycemia	12.6/0.9	12.7/0.9	9.1/0.7	12.8/1.0	11.7/0.9
Гиперхолестеринемия / Hypercholesterolemia	47.3/0.9	61.8/1.2■	72.7/1.4* ■	49.8/1.0	64.9/1.3**
Все болезни в сумме / All diseases in total	86.6/0.93	94.5/1.02■	95.5/1.03 •	87.9/0.95	94.8/1.02

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: * – различие заболеваемости между группами лиц в контакте с соединениями фтора и остальными работниками предприятия имеет тенденцию к статистической значимости ($2,706 < \chi^2 < 3,841$); ** – различие заболеваемости между группами достоверно ($\chi^2 > 3,84$).

Различия заболеваемости между группами работников с условиями труда класса 3.1 или 3.2 и класса 2 по гидрофториду (табл. 1, 2), между мужчинами и женщинами (табл. 3): • – имеют тенденцию к статистической значимости ($1,64 > t < 1,96$); ■ – достоверны при $p < 0,05$ ($t > 1,96$); ▲ – достоверны при $p < 0,01$ ($t > 2,58$).

Note. Here and Table 2, 3: * – The difference in morbidity between groups of people in contact with fluorine compounds and the rest of the company's employees tends to be statistically significant ($2,706 < \chi^2 < 3,841$); ** – The difference in morbidity between the groups is significant ($\chi^2 > 3,84$). Differences in morbidity between groups of workers with working conditions of Class 3.1 or 3.2 and Class 2 for hydrofluoride (Tables 1, 2), between men and women (Table 3): • – tend to statistical significance ($1,64 > t < 1,96$); ■ – reliable at $p < 0,05$ ($t > 1,96$); ▲ – reliable at $p < 0,01$ ($t > 2,58$).

а ССК, с учётом времени наблюдения за процессом травления из пультовой, — до 0,365 мг/м³ (КУТ 2–3.2). У сливчиков-разливщиков закрытого кислотохранилища МРК/ССК гидрофторида в помещении для хранения и выдачи плавиковой кислоты достигали 0,5/0,15 мг/м³ (КУТ 3.1); сливчиков-разливщиков открытого склада и слесарей-ремонтников кислотохранилища — 0,6/0,18 мг/м³ (КУТ 3.1). У плавильщиков, контролёров и машинистов кранов травильных отделений, электрогазосварщиков, сварщиков на автоматических и полуавтоматических линиях, котельщиков, лаборантов гидрофторид обнаруживался в МРК до 0,24 мг/м³ (КУТ 2), у слесарей по сборке металлоконструкций при сварке на прихватки — до 0,86 мг/м³ (КУТ 2–3.1). За 30 последних лет на предприятии был установлен один случай хронической профессиональной интоксикации фтором и его соединениями: профессиональная перфорация носовой перегородки у лаборанта-металлографа при стаже работы 18 лет и МРК гидрофторида от «менее 0,03 мг/м³» до 0,037 ± 0,004 мг/м³ (КУТ 2).

По результатам ПМО, у работников в контакте с гидрофторидом РХП нервной системы была достоверно выше в сравнении с неэкспонированными (ОР = 1,2); различия

РХП органов пищеварения между группами имели тенденцию к статистической значимости при малой степени связи (СС) с условиями труда по гидрофториду (ОР = 1,2) (табл. 1). При работе во вредных условиях труда (КУТ 3.1 и 3.2 суммарно) РХП достоверно превышала заболеваемость неэкспонированных лиц по болезням органов дыхания (ОР = 2), мочеполовой системы (ОР = 1,6) при средней СС с фактором; нервной системы (ОР = 1,5); гиперхолестеринемии (ОР = 1,3) — при малой ($p < 0,05$). Отмечалась более высокая, чем в группе сравнения, РХП болезнями костно-мышечной системы, органов пищеварения, глаза, крови, гинекологической патологии, артериальной гипертензии — в 1,1–1,3 раза, новообразований — в 1,7 раза; болезней уха — в 1,9 раза.

При допустимых условиях труда наблюдалась повышенная, в 1,1–1,4 раза, в сравнении с неэкспонированными РХП органов пищеварения, уха, кожи, нервной системы, артериальной гипертензии и гипергликемии; различия в РХП нервной системы были достоверны ($p < 0,05$). При увеличении степени вредности с класса 2 до 3.1 РХП заболеваний органов дыхания увеличивалась в 1,7 раза, кровообращения — в 1,1; нервной системы — в 1,5; костно-мышечной системы — в 1,2; уха — в 1,9; глаза — в 1,2; крови — в 2,5;

новообразований — в 2,5; болезней мочеполовой системы — в 2,8; гинекологической патологии — в 1,8; всех заболеваний в сумме — в 1,1; гиперхолестеринемии — в 1,3 раза. Различия РХП мочеполовой системы, гинекологической патологии, всех болезней в сумме и гиперхолестеринемии у групп лиц, работающих при КУТ 2 и 3.1. были достоверны. При классе 3.1 увеличивались и ОР РХП этих локализаций в сравнении с неэкспонированными. РХП органов дыхания, нервной системы, крови и новообразований по критерию ОР соответствовала средней степени профессиональной обусловленности (ПО).

При увеличении концентраций гидрофторида в воздухе с 1-й до 2-й степени вредности класса 3 наблюдался рост РХП костно-мышечной системы в 1,1 раза, органов дыхания — в 1,7; пищеварения — в 2,1; болезней глаза — в 1,4, повышенной массы тела — в 1,5; гиперхолестеринемии — в 1,2; артериальной гипертензии — в 1,9 раза и дальнейшее возрастание ОР развития РХП этих локализаций при классе 3.2 в сравнении с неэкспонированными. РХП глаза, повышенной массы тела и холестерина крови у работающих при КУТ 3.2 имели достоверные различия с РХП при КУТ 2. По величине ОР РХП органов дыхания при классе 3.2 соответствовала высокой степени ПО, РХП органов пищеварения и артериальной гипертензии — средней.

РХП болезней органов дыхания, костно-мышечной системы, глаза, всех заболеваний в сумме, повышенных артериального давления и холестерина и ОР их развития возрастали с ростом концентраций гидрофторида от КУТ 2 к КУТ 3.1 и затем к КУТ 3.2 с максимальными значениями РХП при КУТ 3.2, что свидетельствует в пользу их связи с фактором (см. табл. 1). РХП органов пищеварения и повышенная масса тела также были максимальны при КУТ 3.2, но не имели такой прямой зависимости.

При повторном углублённом анализе РХП с целью уточнения локализации поражений у работников в контакте с гидрофторидом в сравнении с неэкспонированными отмечали более высокую, в 1,8 раза, РХП верхних дыхательных путей, обусловившую более высокую (в 1,5 раза) РХП в целом в классе болезней органов дыхания ($p < 0,05$). Выявлена тенденция к статистически значимому превышению РХП в подклассе «другие нарушения нервной системы» в 1,2 раза, обусловившая повышенную РХП нервной системы в целом в 1,1 раза. Распространённость эпизодических и пароксизмальных расстройств нервной системы превышала показатель группы сравнения в 2,2 раза; невротических и соматоформных расстройств — в 6,7 раза. У работающих в контакте с гидрофторидом РХП болезней мягких тканей была выше, чем в группе сравнения, в 6 раз ($p < 0,05$). Отмечали более высокую РХП воспалительных полиартропатий — в 1,2 раза; тенденцию к статистически значимому превышению РХП в подклассе «другие поражения суставов» — в 2,2 раза.

РХП вен, лимфатических сосудов и лимфатических узлов, ишемической болезни сердца у работающих с гидрофторидом превышала показатели группы сравнения в 1,5 и 1,7 раза соответственно; РХП пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки — в 1,1; ожирения и других видов избыточного питания — в 1,3; болезней щитовидной железы — в 1,3; зрительных расстройств и слепоты — в 1,5 раза, болезней склеры и роговицы — в 2,4; внутреннего уха — в 1,4; дерматитов и экземы — в 1,5 раза, придатков кожи — в 1,1; невоспалительных болезней женских половых органов — в 1,1, тубулоинтерстициальных болезней почек — в 1,1 раза; выявлена тенденция к повышению распространённости мочекаменной болезни в 1,8 раза. Распространённость лиц с новообразованиями у лиц в контакте с гидрофторидом была ниже, чем в группе сравнения, в 1,2 раза и составляла 3,7%. В структуре новообразований преобладала лейомиома матки (54,5% от численности новообразований). В то же время у экспонированных лиц выявлена более высокая распространённость меланоформного невуса (в 2 раза), доброкачественных новообразований кожи (в 1,1 раза).

При анализе ЗВУТ у работающих с гидрофторидом в сравнении с неэкспонированными выявлена достоверно более высокая заболеваемость болезнями артерий, артериол и капилляров — в 4,2 раза, тенденция к статистически значимому превышению ЗВУТ ишемической болезнью сердца в 1,5 раза; более высокая, в 1,1 раза, ЗВУТ болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением. Отмечали более высокую ЗВУТ болезнями верхних дыхательных путей — в 1,2 раза; болезнями кишечника — в 1,7 раза, желчного пузыря, желчевыводящих путей и поджелудочной железы — в 1,3 раза; поражениями отдельных нервов, нервных корешков и сплетений — в 1,7 раза; болезнями хрусталика — в 4,6 раза. Регистрировали более высокую ЗВУТ крапивницей и эритемой — в 1,5 раза, дерматитами и экземой — в 1,7; болезнями придатков кожи — в 1,8 раза. Отмечали более высокую, в 1,7 раза, ЗВУТ болезнями мужских половых органов, единичные случаи гломерулярных и тубулоинтерстициальных болезней почек. ЗВУТ новообразованиями в целом при воздействии гидрофторида достоверно превышала заболеваемость неэкспонированных лиц в 1,9 раза ($p < 0,01$, средняя СС с фактором). Выявлена повышенная заболеваемость новообразованиями отдельных локализаций: меланом — в 139,3 раза, злокачественных новообразований мочевых путей — в 19,7 раза с почти полной детерминированностью заболеваний контактом с гидрофторидом, исходя из критерия ОР. Следует отметить, что указанные локализации новообразований являлись путями поступления (кожа) и выведения (мочевыводящие пути) гидрофторида. Отмечали повышенную, в 1,2 раза, ЗВУТ доброкачественными новообразованиями жировой ткани.

При воздействии гидрофторида отмечались разнонаправленные изменения периферической крови, включающие вовлечённость в ответ всех ростков кроветворения (табл. 2). Уже при допустимых условиях труда наблюдался повышенный, в 1,1–1,4 раза в сравнении с неэкспонированными лицами, риск эритроцитоза, увеличенного гемоглобина, тромбоцитопении и тромбоцитоза, моноцитоза и нейтропении, по величине ОР характерное для малой СС с фактором. С увеличением степени вредности с класса 2 до 3.1 увеличивалась распространённость лиц с ускоренной СОЭ в 4,4 раза; эритроцитопенией — в 1,7; эритроцитозом — в 1,1; тромбоцитозом — в 1,1; сниженным гемоглобином — в 1,8; сниженным цветовым показателем — в 1,6 раза. В то же время достоверно снизилась распространённость лиц с тромбоцитопенией — в 5,8 раза и моноцитозом — в 4,2 раза. С дальнейшим увеличением концентрации гидрофторида в воздухе рабочей зоны до величин, соответствующих классу 3.2, наблюдался рост распространённости лиц с лейкоцитозом в 1,6 раза и увеличенным цветовым показателем — в 2,4 раза в сравнении с классом 3.1. При КУТ 3.2 выявлены максимальные значения ОР и распространённости лиц с лейкоцитозом, повышенным гемоглобином, увеличенным цветовым показателем, эозинофилией, лимфоцитозом, моноцитозом, нейтропенией (в 1,2–2,3 раза), причём последнее изменение крови имело статистически значимые различия как с группой неэкспонированных лиц, так и с работающими при КУТ 3.1, а по уровню ОР отвечало критерию высокой степени ПО. При совместном воздействии гидрофторида и курения достоверно возрастала распространённость лиц с повышенным гемоглобином с 34,8 до 56,5% и лейкоцитозом с 16,5 до 28% ($p < 0,05$), то есть имело место потенцирование их влияния.

При анализе РХП по возрасту у работающих с гидрофторидом отмечалась большая РХП органов-мишеней в сравнении с остальной популяцией работников того же возраста, свидетельствуя о более быстром темпе формирования висцеральной патологии (табл. 3). Уже у молодых работников в возрасте до 25 лет при стаже работы от 0,5 года до 7 лет наблюдался повышенный риск развития патологии органов пищеварения в 1,1 раза, нервной системы — в 1,2; мочеполовой системы — в 1,4; эндокринной системы — в 1,4 раза, уха — в 3,2 раза, кожи — в 1,1 раза, новообразо-

Таблица 2 / Table 2

Распространённость отклонений от нормы (референтных значений) показателей периферической крови в зависимости от класса условий труда (на 100 осмотренных)

The prevalence of deviations from the norm (reference values) of indices of peripheral blood on the basis of work conditions level (per 100 examined cases)

Виды отклонений показателей Types of deviations of indicators	Распространённость отклонений / Относительный риск Prevalence of deviations / Relative risk			
	Класс условий труда Working condition classes			все в контакте All in contact
	2	3.1	3.2	
Ускоренная СОЭ Accelerated ESR	2.1/0.6*	9.3/2.4* •	0.0	2.7/0.7
Эритроцитопения Erythropenia	4.3/1.0	7.4/1.7	0.0	4.5/1.0
Эритроцитоз Erythrocytosis	6.6/1.4*	7.4/1.6	0.0	6.7/1.4**
Сниженный гемоглобин Decreased hemoglobin	12.6/1.0	22.2/1.7* •	13.6/1.0	13.6/1.0
Повышенный гемоглобин Increased hemoglobin	35.2/1.1	24.1/0.7 •	54.5/1.6* •	34.8/1.0
Уменьшение цветового показателя Decrease in cell-color ratio	9.0/1.0	14.8/1.7	9.1/1.0	9.6/1.1
Увеличение цветового показателя Increase in cell-color ratio	1.1/0.5	1.9/1.0	4.5/2.4	1.3/0.7
Тромбоцитопения Thrombocytopenia	11.1/1.2	1.9/0.2 ▲	9.18/1.0	10.3/1.1
Тромбоцитоз Expansion in the number of platelets	14.9/1.1	16.7/1.2	13.6/1.0	14.9/1.1
Лейкоцитоз Leukocytosis	15.6/0.9	20.4/1.2	31.8/1.8	16.5/0.9
Нейтропения Neutropenia	26.4/1.1	16.7/0.7•	50.0/2.1** ■	26.3/1.1
Нейтрофилез Neutrophilosis	0.6/1.3	1.9/3.7	0.0	0.7/1.5
Эозинофилия Eosinophilia	7.2/1.0	5.6/0.8	9.1/1.3	7.2/1.0
Лимфопения Lymphopenia	0.0	1.9/3.4	0.0	0.2/0.3
Лимфоцитоз Lymphocytosis	43.1/1.0	40.7/1.0	50.0/1.2	43.5/1.0
Моноцитоз Monocytosis	7.9/1.4*	1.9/0.3■	13.6/2.3	7.4/1.3

ваний — в 2,1 раза, артериальной гипертензии — в 1,3 раза, гипергликемии — в 1,2 раза в сравнении с неэкспонированными лицами того же возраста, причём РХП болезней нервной системы, кожи и гинекологических заболеваний были максимальными из всех возрастных групп. В возрасте 26—35 лет наиболее уязвимыми к воздействию гидрофторида оказались система кровообращения и нервная система, слуховой анализатор; практически удвоилась в сравнении с самой молодой возрастной группой РХП болезней органов дыхания и утроилась — болезней системы кровообращения и костно-мышечной систем. В возрасте 36—45, 46—55, 56 лет и старше мишенями воздействия гидрофторида являлись органы дыхания, пищеварения, нервная система, кожа, слуховой анализатор; выявлялся повышенный риск артериальной гипертензии; в возрасте 36—45 лет — новообразований и гипергликемии.

При анализе РХП по полу выявлен больший риск формирования патологии органов дыхания, уха, нервной системы, кожи у женщин в сравнении с мужчинами и группой неэкспонированных, а у мужчин — болезней костно-мышечной

системы, артериальной гипертензии, при этом различия с группами лиц, не работающих с гидрофторидом, были достоверны по артериальной гипертензии у мужчин и болезням нервной системы у женщин при малой СС с фактором (см. табл. 3). У мужчин распространённость биологических факторов риска общесоматических заболеваний была достоверно выше, чем у женщин (артериальной гипертензии — в 1,9 раза, гипергликемии — в 2,1; повышенной массы тела — в 1,2 раза). У женщин РХП болезней крови достоверно выше, чем у мужчин, в 6,4 раза; нервной системы — в 1,5; мочеполовой системы — в 7,2; новообразований — в 11,3 раза. При работе во вредных условиях труда у женщин повышались распространённость и ОР болезней крови, органов кровообращения, гипергликемии, артериальной гипертензии, гинекологической патологии, у мужчин — болезней пищеварения, повышенной массы тела. При концентрациях гидрофторида в воздухе выше ПДК связь заболеваний нервной системы у женщин с условиями труда усиливалась, повышаясь на одну ступень оценочной шкалы с малой до средней силы ($p < 0,05$).

Таблица 3 / Table 3

Распространённость нарушений здоровья у работающих, экспонированных к гидрофториду, в зависимости от пола и возраста (на 100 осмотренных)

The prevalence of health problems in workers exposed to hydrofluoride, based on gender and age (per 100 examined cases)

Нарушения здоровья Health problems	Распространённость хронической патологии / Относительный риск Prevalence of pathology / Relative risk						
	Все в контакте / С вредными условиями труда All in contact / In harmful working conditions		Возраст, лет. Все в контакте Age, years. All in contact				
	мужчины men	женщины women	20–25	26–35	36–45	46–55	56 и >
Болезни органов дыхания Diseases of the respiratory system	10.9/1.0/21.2/1.9	10.8/1.4/18.2/2.3**	4.8/0.5	8.8/1.0	10.5/1.1	10.7/1.1	10.9/1.1
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	26.3/0.9/15.2/0.5	21.2/1.0/27.3/1.3	3.2/0.8	10.1/1.3	13.8/0.9	22.6/1.0	24.0/0.9
Болезни органов пищеварения Diseases of the digestive system	19.9/1.2 •/30.3/1.7* ▲	14.8/1.3/6.8/0.6	14.3/1.1	14.1/1.0	16.2/1.2	17.8/1.2	17.6/1.2*
Болезни нервной системы Diseases of the nervous system	24.7/0.9 ■/27.3/1.0 •	36.0/1.5**/47.7/1.9**	33.3/1.2	32.6/1.1	31.5/1.2*	29.8/1.1*	29.7/1.2**
Болезни костно-мышечной системы Diseases of the musculoskeletal system	36.2/1.1/ 39.4/1.2	31.6/0.9/43.2/1.2	6.3/0.8	17.6/1.0	24.4/0.9	32.8/1.0	34.2/1.0
Новообразования Neoplasms	0.6/0.5 ▲/3.0/2.3	6.8/0.9/9.1/1.2	1.6/2.1	1.8/2.1	3.1/1.3	3.5/0.9	3.4/0.9
Болезни эндокринной системы Diseases of the endocrine system	19.2/1.0 •/12.0/0.6	13.6/0.7/15.9/0.8	7.9/1.4	10.6/1.0	14.9/1.0	16.5/0.9	16.7/0.8
Болезни глаза Diseases of the eye	52.3/1.0/60.6/1.2	55.6/0.9/70.5/1.1	36.5/0.9	37.0/0.9	39.7/0.9	52.4/1.0	53.9/1.0
Болезни уха Diseases of the ear	4.5/1.3/6.1/1.7	3.2/1.9/4.5/2.7	1.6/3.2	1.3/3.4	2.1/1.4	3.5/1.5	3.9/1.5
Болезни кожи Skin diseases	8.7/1.1/3.0/0.4/	8.0/1.6*/6.8/1.3*	9.5/1.1	5.7/0.8	6.9/1.1	7.8/1.2	8.4/1.2
Болезни крови Diseases of the blood	2.2/1.3 ▲/0.0 ▲	14.0/0.7/20.5/1.1	4.8/0.7	7.0/0.8	8.5/0.9	7.8/0.8	7.5/0.8
Болезни мочеполовой системы Diseases of the genitourinary system	3.5/1.3 ▲/6.1/2.2 ▲/	25.2/0.7/38.6/1.2	19.0/1.4	13.0/0.9	12.8/0.9	13.3/0.9	13.2/0.9
Гинекологическая патология Gynecological pathology	—	24.4/0.8/38.6/1.3	38.7/1.1	25.6/0.9	25.6/0.9	24.7/0.8	24.4/0.8
Повышенный индекс массы тела Increased body weight	66.0/1.0 ▲/78.8/1.2 ■	53.6/0.9/52.3/0.9	34.9/0.9	42.7/0.9	54.4/1.0	59.36/1.0	60.5/1.0
Артериальная гипертензия Arterial hypertension	47.1/1.2** ▲/45.5/1.1	24.8/1.0/29.5/1.2	19.0/1.3	23.3/1.1	29.5/1.1	36.1/1.1	37.2/1.1
Гипергликемия Hyperglycemia	16.7/1.0 ▲/12.1/0.8	8.0/0.8/11.4/1.1	4.8/1.2	4.8/0.8	10.0/1.1	12.0/0.9	12.8/1.0
Гиперхолестеринемия Hypercholesterolemia	53.2/1.0 •/60.6/1.2	45.6/0.6/68.2/1.4**	17.5/1.0	28.6/0.9	40.8/1.0	49.1/1.0	49.8/1.0
Все болезни в сумме All diseases in total	89.7/0.98/90.9/1.0	85.6/0.90/97.7/1.0	77.8/0.95	79.3/0.92	84.9/0.95	87.6/0.95	87.9/0.95

Обсуждение

В работе получена новая информация об особенностях формирования общесоматической патологии у работающих с гидрофторидом в производстве титановых сплавов в различных экспозиционных, половых и возрастно-стажевых группах. Данные о множественности поражаемых органов при воздействии гидрофторида на организм работающих, показанные в настоящем исследовании, можно рассматривать как проявление общетоксического резорбтивного действия соединений фтора. Выявленные нами нарушения периферической крови согласуются с литературными данными о развитии у работающих с соединениями фтора нерезких разнонаправленных изменений красной и белой крови [7, 8]. В научной литературе изменения периферической крови опи-

саны в основном у больных хроническим флюорозом. В нашем исследовании они выявлены у работников при ПМО. Большая распространённость висцеральной патологии среди лиц, имеющих производственный контакт с гидрофторидом в сравнении с неэкспонированными, рост частоты нарушений с увеличением концентрации гидрофторида, опосредованной КУТ, и с возрастом, в изучаемом производстве тесно коррелируемым со стажем, свидетельствуют в пользу их ПО.

Известно, что фтор вызывает диссоциацию показателей углеводного и липидного обмена. Имелись указания, что у больных флюорозом имело место повышение в крови уровня холестерина и бета-липопротеидов [3, 8]. Сообщалось о повышенной частоте гипергликемии и пониженной — гиперхолестеринемии у рабочих алюминиевого завода [9]. В нашем исследовании у работников в контакте с гидроф-

торидом, напротив, отмечался достоверно повышенный риск гиперхолестеринемии. Различия могут быть связаны со спецификой состава пылегазовых микстов, разницей в экспозиционных нагрузках. Следует отметить, что среди всего обследуемого контингента работников предприятия высокая распространённость поведенческих и биологических факторов риска (повышенный ИМТ — у 62,1%, гиперхолестеринемия — у 53,6%, гипергликемия — у 12,2%, гиподинамия — у 49,5%), поэтому нельзя исключить их взаимовлияние. По данным ВОЗ, ожирение значительно повышает частоту гиперхолестеринемии [10]. В нашем исследовании повышенная масса тела достоверно повышала риск гиперхолестеринемии в 1,5 раза среди всей популяции работников предприятия. Распространённость гиперхолестеринемии среди лиц с избыточной массой тела составляла 61,8%, с нормальной массой — 40,1%. Гипергликемия также достоверно повышала риск гиперхолестеринемии в 1,3 раза, гиподинамия — 1,1 раза. В то же время выявлено увеличение риска повышенной массы тела в 1,3 раза при воздействии гидрофторида с КУТ 3.2. Поэтому весьма вероятен «метаболический» путь формирования патологии: фтор — повышенная масса тела — гиперхолестеринемия. Кроме того, у работающих с гидрофторидом отмечалась сильная прямая корреляционная связь между распространённостью повышенной массы тела и гиперхолестеринемии с ростом КУТ (при классах 2–3.1–3.2 распространённость лиц с повышенным ИМТ составляла 60–56,4–81,8%, гиперхолестеринемии — 47,3–61,8–72,4% соответственно; $r = 0,74$). Можно предположить, что гидрофторид является атерогенным фактором.

Заключение

Гидрофторид в составе сложных пылегазовых микстов производства титановых сплавов проявил себя триггером, способствующим формированию у работающих патологии органов дыхания, кровообращения, пищеварения,

уха, глаз, кожи, крови, костно-мышечной, нервной, эндокринной и мочеполовой систем. С ростом концентрации гидрофторида в воздухе рабочей зоны, опосредованной КУТ, наблюдалось увеличение РХП органов дыхания, костно-мышечной системы, глаз, всех заболеваний в сумме, артериальной гипертензии и гиперхолестеринемии и ОР их развития. При КУТ 3.1 РХП нервной и мочеполовой систем отвечала критериям средней степени, при КУТ 3.2 РХП болезней органов дыхания — высокой степени ПО. Установлено наличие средней СС распространённости болезней нервной системы с вредными условиями труда по гидрофториду у женщин и малой СС повышенного артериального давления с наличием профессионального контакта с гидрофторидом у мужчин ($p < 0,05$). Наблюдалась более высокая распространённость висцеральной патологии при работе с гидрофторидом во всех возрастных группах в сравнении с неэкспонируемыми лицами того же возраста. Формирование патологии органов пищеварения, кровообращения, нервной, мочеполовой и эндокринной систем, уха, кожи, новообразований начинается в первые 5–7 лет работы с гидрофторидом, что требует особого внимания к разработке мер по минимизации профессионального риска в период адаптации к производственной среде. При воздействии гидрофторида выявлена достоверно повышенная ЗВУТ меланомами и новообразованиями мочевых путей. Разнонаправленные изменения периферической крови, выявляемые на ПМО, могут служить ранними признаками воздействия гидрофторида на организм. Ускоренное развитие нарушений метаболизма, жирового и углеводного обмена (повышенной массы тела, гиперхолестеринемии, а у женщин во вредных условиях труда и у молодых работников — гипергликемии), артериальная гипертензия являются факторами риска развития социально значимых заболеваний: сердечно-сосудистой и онкологической патологии, болезней костно-мышечной системы, сахарного диабета.

Литература

(п.п. 2, 5 см. References)

1. Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Роспотребнадзора. Фтороводородная кислота. Информационная карта. Доступно: <https://www.rpohv.ru/online/detail.html?id=375> (in Russian)
2. Fluorides: Environmental Health Criteria 227. Geneva: WHO; 2002.
3. Roslaya H.A., Likhacheva I.E., Oranskiy I.E., Odnokaya V.V., Plotko E.G., Zhovtyak E.P., et al. Clinical and pathogenetic aspects of the chronic occupational intoxication with fluorine compounds in modern reality. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; (11): 17–21.
4. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuzmina L.P., Sorkina N.S., Burmistrova T.B., et al. Modern aspects of preserving and strengthening the health of workers employed at aluminum production enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; (11): 1–7. (in Russian)
5. Song Y.E., Tan H., Liu K.J., Zhang Y.Z., Liu Y., Lu C.R., et al. Effect of fluoride exposure on bone metabolism indicators ALP, BALP, and BGP. *Environ. Health Prev. Med.* 2011; 16(3): 158–63. <https://doi.org/10.1007/s12199-010-0181-y>
6. Разумов В.В. *Затерянный остеопороз — случайность ли?* Новокузнецк: Полиграфист; 2017.
7. Любашевский Н.М., Токар В.И., Шербаков С.В. *Техногенное загрязнение окружающей среды фтором (экологические и медико-социальные аспекты)*. Екатеринбург; 1996.
8. Мусийчук Ю.И., Гребенюк А.Н., Широков А.Ю. *Фтор и его соединения*. СПб.: ФОЛИАНТ; 2012.
9. Обухова Т.Ю., Будкар Л.Н., Терешина Л.Г., Карпова Е.А. Диссоциация нарушений углеводного и липидного обмена у рабочих алюминиевого производства по данным медицинского осмотра. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 67–9.
10. Глазунов И.С., Оганов Р.Г., Перова Н.В., Потемкина Р.А. *Руководство по профилактике в практическом здравоохранении*. М.; 2000.
6. Razumov V.V. *Lost Osteoporosis — Is It an Accident? [Zateryanny osteoporoz — sluchaynost' li?]*. Novokuznetsk: Poligrafist; 2017. (in Russian)
7. Lyubashevskiy N.M., Tokar V.I., Shcherbakov S.V. *Technogenic Pollution of the Environment with Fluorine (Ecological and Medico-Social Aspects) [Tekhnogennoe zagryaznenie okruzhayushchey sredy ftorom (ekologicheskie i mediko-sotsial'nye aspekty)]*. Ekaterinburg; 1996. (in Russian)
8. Musiychuk Yu.I., Grebenyuk A.N., Shirokov A.Yu. *Fluorine and Its Compounds [Ftor i ego soedineniya]*. St. Petersburg: FOLIANT; 2012. (in Russian)
9. Obukhova T.Yu., Budkar L.N., Tereshina L.G., Karpova E.A. Dissociation of disorders of carbohydrate and lipid metabolism in aluminum industry workers according to medical examination data. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 67–9. (in Russian)
10. Glazunov I.S., Oganov R.G., Perova N.V., Potemkina R.A. *Guide to Prevention in Practical Healthcare [Rukovodstvo po profilaktike v prakticheskom zdravoohranenii]*. Moscow; 2000. (in Russian)