



Сюрин С.А., Никанов А.Н.

Риски для здоровья при воздействии производственных аэрозолей соединений никеля

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. У работников никелевых предприятий, несмотря на проведение активных профилактических мероприятий, сохраняется повышенный риск профессиональной патологии.

Цель исследования — сравнительный анализ рисков для здоровья у работников предприятий никелевой промышленности при воздействии растворимых и нерастворимых соединений никеля для разработки профилактических мероприятий.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное наблюдательное исследование (2008–2023 гг.) состояния здоровья и формирования профессиональной патологии у работников при различных процессах производства никеля: 763 человека — пирометаллургическое производство, 1395 человек — электролизное.

Результаты. В течение 15 лет у 7,5% (57 из 763) работников пирометаллургического производства было выявлено 112 профессиональных болезней, у 7,2% (100 из 1395) работников электролизного производства — 221. Риск развития болезней у работников двух производств не отличался: ОР 1,04; ДИ 0,76–1,43; $p = 0,797$. В 2009–2023 гг. существенной динамики числа работников с первичными профессиональными патологиями не отмечено, наибольший риск выявлен у чистильщиков готовой продукции и плавильщиков. Максимальный уровень профессиональной заболеваемости также зафиксирован в профессиональных группах чистильщиков и плавильщиков (323,62 и 229,69 случаев на 10 000 работников), а минимальный — у слесарей-ремонтников, машинистов крана, обжигальщиков (пирометаллургическое производство) и электромонтёров электролизного производства (35–45 случаев на 10 000 работников).

Ограничения исследования. Недостаточное для статистической обработки число наблюдений в некоторых группах работников.

Заключение. Риск развития профессиональной патологии не зависит от растворимости или нерастворимости соединений никеля в производственных аэрозолях, а в большей степени определяется итоговым классом условий труда и специальностью работника. При проведении мероприятий по снижению рисков для здоровья необходимо учитывать не только класс условий труда, но и профессии специалистов на различных технологических этапах производства никеля.

Ключевые слова: производство никеля; условия труда; растворимые и нерастворимые соединения никеля; профессиональные болезни

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Сюрин С.А., Никанов А.Н. Риски для здоровья при воздействии производственных аэрозолей соединений никеля. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 876–883. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-876-883> <https://elibrary.ru/crnmsm>

Для корреспонденции: Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Участие авторов: Сюрин С.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных; Никанов А.Н. — дизайн исследования, написание текста. 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 финансовой поддержки.

Поступила: 03.05.2024 / Поступила после доработки: 02.08.2024 / Принята к печати: 16.08.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Sergei A. Syurin, Alexander N. Nikanov

Health risks from exposure to industrial aerosols of soluble and insoluble nickel compounds

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Despite the implementation of active preventive measures, employees of nickel enterprises, remain to belong to a group of increased risk of occupational pathology.

Aim. Comparative analysis of the risks to occupational health in workers exposed to soluble and insoluble nickel compounds in various specialties of the nickel industry.

Materials and methods. A retrospective observational study of the health status and development of occupational pathology was carried out among seven hundred sixty three workers of pyrometallurgical and 1395 workers of electrolysis nickel processing plants during 2008–2023.

Results. Over the course of 15 years, 112 and 221 occupational diseases were first identified in 57 (7.5%) of 763 pyrometallurgical workers and 100 (7.2%) of 1,395 nickel electrolysis workers. The risk of developing occupational pathology among workers of the two industries did not differ: RR 1.04; CI 0.76–1.43; $p=0.797$. In 2009–2023 There were no significant trend in the number of workers with primary occupational diseases and their number. Of all the specialists, the greatest risk of occupational pathology was found among finished product cleaners and smelters. The maximum level of occupational morbidity was found among cleaners and smelters (323.62 and 229.69 cases / 10,000 workers), and the minimum — among repairmen, crane operators, roasters (pyrometallurgical production) and electricians of electrolysis production (35–45 cases / 10,000 workers).

Limitations. The number of observations in some groups of specialists is insufficient for statistical processing.

Conclusion. The risk of developing occupational pathology does not depend on the solubility or insolubility of nickel compounds in industrial aerosols, but is largely determined by the final class of working conditions and the specialty of the worker. When carrying out measures to reduce health risks, it is necessary to take into account not only the class of working conditions, but also their characteristics for specialists at various technological stages of nickel production.

Keywords: nickel production; working conditions; soluble and insoluble nickel compounds; occupational diseases

Original article

Compliance with ethical standards. The study does not require submission of the opinion of the biomedical ethics committee and other documents.

For citation: Syurin S.A., Nikanov A.N. Health risks from exposure to industrial aerosols of soluble and insoluble nickel compounds. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(8): 876–883. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-876-883> <https://elibrary.ru/crmmsm> (In Russ.)

For correspondence: Aleksander N. Nikanov, MD, PhD, leading researcher, head of the Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Contribution: Syurin S.A. – concept and design of research, material collection and data processing, statistical processing, writing text; Nikanov A.N. – design of research and writing text. 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: May 3, 2024 / Revised: August 2, 2024 / Accepted: August 16, 2024 / Published: September 10, 2024

Введение

Производство никеля – сложный процесс, основными этапами которого являются добыча медно-никелевой руды, обогащение и получение рафинированного металла. Работники предприятий цветной металлургии, перерабатывающие медно-никелевые руды пирометаллургическим и электролитическим способами, подвергаются воздействию вредных производственных факторов, повышающих риск формирования профессиональных и производственно обусловленных болезней [1, 2]. Важны такие гигиенические факторы, как токсические полиметаллические пылегазовые аэрозоли, производственный шум, физические перегрузки, неблагоприятный микроклимат рабочих мест, инфракрасное излучение, электромагнитные поля [3–5], однако основную опасность для здоровья работников на всех технологических этапах никелевого производства представляют соединения никеля, поступающие в организм преимущественно ингаляционным путём. Состав и свойства этих соединений существенно отличаются в зависимости от стадии производства, а степень воздействия возрастает на этапах от добычи рудного сырья до получения чистого металла [6–8]. Пирометаллургическая переработка штейна и фанштейна (рафинирование) в анодный никель сопровождается поступлением в воздух производственных помещений пылегазовых аэрозолей с высоким содержанием соединений серы и многокомпонентной пыли с большим удельным весом частиц респираторных фракций, состоящих из металлического никеля, оксидов и сульфидов никеля, меди, кобальта, железа, кремния. Меньшее гигиеническое значение имеет загрязнение воздуха производственных помещений пирометаллургических цехов углекислым газом, оксидом углерода [9, 10].

При электролитическом способе получения катодного никеля (электролизное производство) вредные химические вещества, физические перегрузки, нагревающий микроклимат, электромагнитные поля сохраняют своё значение как факторы риска, но теряют этиологическую роль фиброгенные аэрозоли, инфракрасное излучение, производственный шум. При электролизе никеля наибольшую угрозу для здоровья работников представляют аэрозоли водорастворимых соединений никеля (сульфаты, хлориды), обладающие токсическим, аллергенным и канцерогенным действием [11, 12]. Среднесменные концентрации соединений кобальта и меди, хлора, серной кислоты не превышают ПДК [13, 14]. Улучшение условий труда и поддержание здоровья лиц, чья профессиональная деятельность связана с получением никеля пирометаллургическим и электролитическим способами, остаются важными задачами [13–15].

Цель исследования – сравнительный анализ рисков для здоровья работников предприятий никелевой промышленности при воздействии нерастворимых и растворимых соединений никеля для разработки профилактических мероприятий.

Материалы и методы

Исследование имело ретроспективный наблюдательный характер в двух когортных группах. 1-я включала 763 работника, занятых в пирометаллургическом производстве ни-

келя (получение анодного никеля), 2-я – 1395 работников электролизного производства никеля (получение катодного никеля). Начальной точкой исследования были результаты периодического медицинского осмотра работников двух групп в 2008 г. В последующие 15 лет (2009–2023 гг.) были изучены все случаи выявленных профессиональных болезней. Конечной точкой исследования стал 2023 г. Сведения о состоянии здоровья работников в 2008 г. и профессиональных патологиях в 2009–2023 гг. были получены в архиве клиники профпатологии филиала ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (Кировск, Мурманская область). Оценку условий труда проводили по санитарно-гигиеническим характеристикам лиц, пострадавших вследствие профессиональных болезней.

Для статистического анализа результатов применяли программу Epi Info v. 6.04d и пакет Microsoft Excel 2016. Определяли *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок, коэффициент аппроксимации R^2 , критерий согласия χ^2 , относительный риск (ОР) и 95%-й доверительный интервал (ДИ). Числовые показатели приведены как абсолютные значения, процентная доля, среднее арифметическое, стандартная ошибка среднего арифметического ($M \pm m$). Уровень значимости нулевой гипотезы менее 0,05 считался критическим.

Результаты

Гигиеническая оценка условий труда работников пирометаллургического производства никеля показала превышение концентраций нерастворимых соединений никеля на различных технологических участках в 7,6–157 раз (ПДК = 0,05 мг/м³). Превышение концентраций кобальта в 2–4 раза (ПДК = 0,01 мг/м³) выявлено на участке дробления, в электропечном и обжиговом отделениях. Концентрация меди на всех производственных участках не превышала ПДК. Уровни воздействия физических факторов и тяжести труда соответствовали классам вредности 3.1–3.2. Согласно итоговой оценке, наибольшему воздействию вредных факторов подвергались плавильщики, разлильщики металла, конвертерщики, обжигальщики, машинисты мельниц (классы вредности 3.3–4). У работников других специальностей классы условий труда оценены как 3.2–3.4 (табл. 1).

При электролизном производстве концентрации растворимых соединений никеля в воздухе производственных помещений определялись на уровне 0,048–0,165 мг/м³ и превышали ПДК в 9,6–33 раза (ПДК = 0,005 мг/м³). Из всех работников электролизного производства только чистильщики готовой продукции подвергались воздействию как растворимых, так и нерастворимых соединений никеля (превышение ПДК до 20 раз).

Концентрации соединений кобальта и меди, хлора, серной кислоты значений ПДК не превышали. У работников всех рабочих специальностей, особенно электролизников, выполнение трудовых операций связано с физическими перегрузками (фиксированная рабочая поза, общие и локальные физические нагрузки, повторяющиеся наклоны и повороты корпуса). Микроклимат помещений оценён как нагревающий, отличается высокой влажностью и температурой воздуха, что обусловлено большой открытой поверхностью нагретых электролитных растворов.

Таблица 1 / Table 1

Условия труда работников пирометаллургического производства никеля
Working conditions of workers in pyrometallurgical nickel production

Факторы производственной среды и трудового процесса Factors of the occupation environment and labour process factors	Рабочие специальности / Workers' occupations							
	плавильщик smelter	слесарь-ремонтник fitter	электромонтёр electrician	обжигальщик kiln operator	машинист крана crane operator	электросварщик welder	дробильщик crusher operator	чистильщик cleaner
Вредные химические вещества I–IV классов опасности Adverse chemicals of hazard classess I–IV	3.3–3.4	3.1–3.3	3.1–3.3	3.3–3.4	3.1–3.3	3.3	3.3	3.2–3.4
Аэрозоли фиброгенные Fibrogenic aerosols	3.3–3.4	3.1–3.3	3.1–3.3	3.3–3.4	3.3	3.2–3.3	3.3	3.2
Шум / Noise	3.1–3.2	2–3.3	3.1–3.3	3.1–3.2	3.2	3.1	3.2	3.1–3.2
Вибрация общая Whole-body vibration	2	2	2	2	2	2	3.1	2
Вибрация локальная Hand-arm vibration	3.1–3.3	2	2	3.1–3.3	2	2	2	2–3.1
Инфракрасное излучение Infrared radiation	3.2	2	2	3.2	2	2	2	2
Неионизирующие излучения и электромагнитные поля Non-ionizing radiations and electromagnetic fields	3.1	2	3.1	3.1	3.1	2	3.1	3.1
Тяжесть труда / Physical overload	3.1–3.2	2–3.2	3.1	3.1–3.3	3.1	3.1–3.2	3.2	3.2
Напряжённость труда Labour intensity	3.1	2	2	2	2–3.2	2	2	2
Микроклимат / Microclimate	3.1–3.3	2–3.2	3.1–3.2	3.1–3.2	2	3.1	3.1	3.1–3.3
Итоговый класс условий труда Resulting class of working conditions	3.3–4	3.2–3.4	3.2–3.4	3.3–4	3.3	3.3	3.3	3.4

Наиболее экспонируемыми группами рабочих при электролизном производстве никеля являются электролизники и аппаратчики-металлурги, условия труда которых по общей оценке соответствуют классам вредности 3.3–4. Условия труда остальных работников можно отнести к классам вредности 3.2–3.3 (табл. 2).

Обязательный медицинский осмотр прошли 763 работника пирометаллургического и 1395 работников электролизного производств (табл. 3). Между двумя группами отмечались гендерные различия: среди работников-пирометаллургов была выше доля мужчин, а среди лиц, занятых в электролизном производстве, – женщин ($p < 0,001$). Отличием

Таблица 2 / Table 2

Условия труда работников электролизного производства никеля
Working conditions of nickel electrolysis employees

Факторы производственной среды и трудового процесса Factors of the occupation environment and labour process factors	Рабочие специальности / Workers' occupations							
	плавильщик smelter	слесарь-ремонтник fitter	электромонтёр electrician	обжигальщик kiln operator	машинист крана crane operator	электросварщик welder	дробильщик crusher operator	чистильщик cleaner
Вредные химические вещества I–IV классов опасности Adverse chemicals of hazard classess I–IV	3.3–3.4	3.1–3.3	3.1–3.3	3.3–3.4	3.1–3.3	3.3	3.1–3.2	3.2–3.4
Шум / Noise	3.1–3.2	2–3.3	3.1–3.3	3.1–3.2	3.2	3.1	2	3.1–3.2
Вибрация локальная Hand-arm vibration	3.1–3.3	2	2	3.1–3.3	2	2	2	2–3.1
Неионизирующие излучения и электромагнитные поля Non-ionizing radiations and electromagnetic fields	3.1	2	3.1	3.1	3.1	2	2	3.1
Тяжесть труда / Physical overload	3.1–3.2	2–3.2	3.1	3.1–3.3	3.1	2	3.2	3.2
Напряжённость труда Labour intensity	3.1	2	2	2	2–3.2	2	2	2
Микроклимат / Microclimate	3.1–3.3	2–3.2	3.1–3.2	3.1–3.2	2	2	3.1	3.1–3.3
Итоговый класс условий труда Resulting class of working conditions	3.3–4	3.2–3.4	3.2–3.4	3.3–4	3.3	3.1–3.2	3.3	3.4

Таблица 3 / Table 3

Общая характеристика работников пирометаллургического и электролизного производства никеля
General characteristics of workers in the pyrometallurgical and electrolysis nickel production

Показатель Index	Пирометаллургическое производство Pyrometallurgical production	Электролизное производство Electrolysis production
Число работников, <i>n</i> / Number of workers, <i>n</i>	763	1395
Пол: / Gender:		
мужчины, абс. (%) / men, abs. (%)	677 (88.7)	959 (68.7)*
женщины, абс. (%) / women, abs. (%)	86 (11.3)	436 (31.3)*
Средний возраст, лет / Average age, years	39.7 ± 0.4	39.1 ± 0.3
Средний стаж, лет / Average length of service, years	14.4 ± 0.4	13.6 ± 0.2
Число непрофессиональных болезней, случаи Number of non-occupational diseases, cases	1749	3744
Число непрофессиональных болезней у одного работника, случаи Number of non-occupational diseases per employee, cases	2.29 ± 0.07	2.68 ± 0.06*
Практически здоровые работники, абс. (%) / Apparently healthy workers, abs. (%)	114 (14.9)	172 (12.3)

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5: * – статистически значимые различия ($p < 0,001$) между работниками пирометаллургического и электролизного производств.

Note: * – statistically significant differences ($p < 0.001$) between pyrometallurgical and electrolysis workers.

двух сравниваемых групп явилось также большее число хронических непрофессиональных заболеваний, выявляемых у одного работника электролизного производства, по сравнению с работником пирометаллургического производства ($p < 0,001$).

У работников обеих групп в структуре классов непрофессиональных болезней (по МКБ-10) первые четыре места в одинаковом порядке занимали «Болезни глаза и его придаточного аппарата», «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани», «Болезни органов дыхания» и «Болезни системы кровообращения». Различия между дву-

мя сравниваемыми группами отмечались по трём классам. У работников пирометаллургического производства преобладавал удельный вес класса «Болезни органов пищеварения», а у работников электролизного производства – классов «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани» и «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» (табл. 4).

Для возможного развития в будущем профессиональной патологии имел значение только больший удельный вес класса «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани», так как профессиональные патологии в классах

Таблица 4 / Table 4

Непрофессиональная патология в начальной точке исследования
Non-occupational pathology at the starting point of the study

Класс болезней Class of diseases	Пирометаллургическое производство Pyrometallurgical production	Электролизное производство Electrolysis production
	случаи / на 100 работников / % в структуре патологии cases / per 100 employees / % in the structure of pathology	
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and its appendage	320 / 42.1 / 18.3	711 / 50.9 / 19.0
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	256 / 33.7 / 14.6	678 / 48.6 / 18.1*
Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	218 / 28.7 / 12.5	475 / 34.0 / 12.7
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	202 / 26.6 / 11.6	468 / 33.5 / 12.5
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	194 / 25.5 / 11.1	232 / 16 / 6 / 6.2*
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ Diseases of the endocrine system, eating disorders and metabolic disorders	121 / 15.9 / 6.9	363 / 26.0 / 9.7*
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни / Certain infectious and parasitic diseases	119 / 15.7 / 6.8	206 / 14.7 / 5.5
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	105 / 13.8 / 6.0	217 / 15.5 / 5.8
Новообразования / Neoplasms	63 / 8.3 / 3.6	69 / 4.9 / 1.8
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	61 / 8.0 / 3.5	172 / 12.3 / 4.6
Болезни уха и сосцевидного отростка Diseases of the ear and mastoid process	38 / 5.0 / 2.2	75 / 5.4 / 2.0
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних факторов Injuries, poisoning and some other consequences of exposure to external causes	36 / 4.7 / 2.1	18 / 1.3 / 0.5
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	7 / 0.4 / 0.4	32 / 2.5 / 0.9
Прочие / Others	9 / 0.5 / 0.5	28 / 2.0 / 0.7

Таблица 5 / Table 5

Профессиональные болезни работников пирометаллургического и электролизного производств никеля, случаи (% в общей структуре болезней)**Occupational pathology of workers in pyrometallurgical and electrolysis nickel production, cases (% in the overall structure of diseases)**

Показатель Index	Пирометаллургическое производство Pyrometallurgical production	Электролизное производство Electrolysis production
<i>Класс болезней / Diseases class</i>		
Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	71 (63.4)	125 (56.6)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани Diseases of musculoskeletal system and connective tissue	17 (15.2)	63 (28.5)*
Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of ear and mastoid process	16 (14.3)	18 (8.1)
Новообразования / Neoplasms	6 (5.4)	7 (3.2)
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин Injuries, poisonings and some other consequences of external causes	2 (1.8)	0
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	0	3 (1.4)
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	0	5 (2.3)
<i>Наиболее распространённые болезни / Most prevalent diseases</i>		
Хронический бронхит / Chronic bronchitis	29 (25.9)	60 (27.1)
Нейросенсорная тугоухость / Sensorineural hearing loss	16 (14.3)	18 (8.1)
Хроническая обструктивная болезнь лёгких / Chronic obstructive pulmonary disease	13 (11.6)	14 (6.3)
Радикулопатия / Radiculopathy	12 (10.7)	22 (10.0)
Бронхиальная астма / Bronchial asthma	11 (9.8)	27 (12.2)
Хронический фаринголарингит / Chronic pharyngolaryngitis	7 (6.3)	19 (8.6)

«Болезни органов пищеварения» и «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» у работников никелевого производства не регистрировались.

В 2008–2023 гг. у 57 из 763 (7,5%) работников пирометаллургического производства никеля впервые были выявлены 112 случаев профессиональных болезней ($1,96 \pm 0,13$ случая на одного работника), при этом гендерные различия в риске развития профессиональной патологии отсутствовали: 52 мужчины (7,7% от общего числа работников мужского пола) и 5 женщин (5,8% работников-женщин), ОР 1,32; ДИ 0,54–3,22; $p = 0,536$. Средний возраст работников на момент установления профессиональной патологии составил $53,4 \pm 0,7$ года, а стаж на предприятии – $29,1 \pm 0,8$ года.

За этот же период времени у 100 (7,2%) работников электролизного производства никеля был диагностирован 221 случай профессиональной патологии ($2,21 \pm 0,8$ случая у одного работника). Существенных гендерных различий в риске развития профессиональной патологии не было установлено: 63 мужчины и 37 женщин, что составляло 6,6 и 8,5% от общего числа лиц в гендерных группах соответственно, ОР 1,22; ДИ 0,88–1,91; $p = 0,199$. Средний возраст работников при установлении профессиональной патологии составил $52 \pm 0,7$ года. Трудовой стаж на предприятии – $25,4 \pm 0,9$ года, то есть меньше, чем у работников пирометаллургического производства ($t = 2,99$; $p = 0,003$).

Риск развития профессиональной патологии в 2009–2023 гг. у работников пирометаллургического и электролизного производств никеля не отличался: ОР 1,04; ДИ 0,76–1,43; $p = 0,797$. В структуре профессиональной патологии работников двух групп преобладали болезни органов дыхания. Всего у лиц, занятых в пирометаллургическом производстве, выявляли профессиональные болезни пяти классов, а у работников электролизного производства – шести. Различием между группами был только наибольший удельный вес болезней костно-мышечной системы у работников электролизного производства ($\chi^2 = 7,23$; $p = 0,008$). Значимые различия по другим классам болезней и отдельным патологиям отсутствовали (табл. 5).

В 2009–2023 гг. отмечены выраженные колебания числа работников с впервые выявленными профессиональными болезнями: 1–22 человека – работники пирометаллургического производства, 1–7 – работники электролизного производства. В целом на протяжении 15 лет в обеих группах наблюдалась незначительная тенденция ($R^2 = 0,141$ и $R^2 = 0,188$) снижения числа работников с впервые выявленными профессиональными болезнями (рис. 1).

Изменение числа выявленных профессиональных болезней в обеих группах имело схожую динамику в виде выраженных ежегодных колебаний и статистически незначимой общей тенденцией к уменьшению ($R^2 = 0,005$ и $R^2 = 0,096$). Динамика числа профессиональных болезней была менее выражена, чем числа заболевших работников (рис. 2).

На заключительном этапе исследования была оценена степень угрозы профессиональному здоровью работников различных специальностей. Для учёта числа заболевших работников и случаев профессиональных болезней были использованы два показателя. Первый – процентная доля среди работников данной специальности с выявленными в течение 15 лет профессиональными болезнями. Второй – средний уровень профессиональной заболеваемости в 2008–2021 гг. (табл. 6).

Наибольший вред профессиональному здоровью выявлен у чистильщиков готовой продукции, которые были задействованы в электролизном производстве, однако подвергались и воздействию пыли нерастворимых соединений никеля. Второе и третье места занимали плавильщики (воздействие нерастворимых соединений) и машинисты крана электролизного производства (воздействие растворимых соединений). Наименьшая степень нарушения здоровья наблюдалась у слесарей-ремонтников, машинистов крана (воздействие нерастворимых соединений) и электромонтёров электролизного производства (воздействие растворимых соединений).

Риск развития профессиональной патологии у чистильщиков готовой продукции был выше, чем у крановщиков электролизного производства (ОР 2,35; ДИ 1,01–5,48; $p = 0,040$), слесарей-ремонтников электролизного (ОР 2,05;

Original article

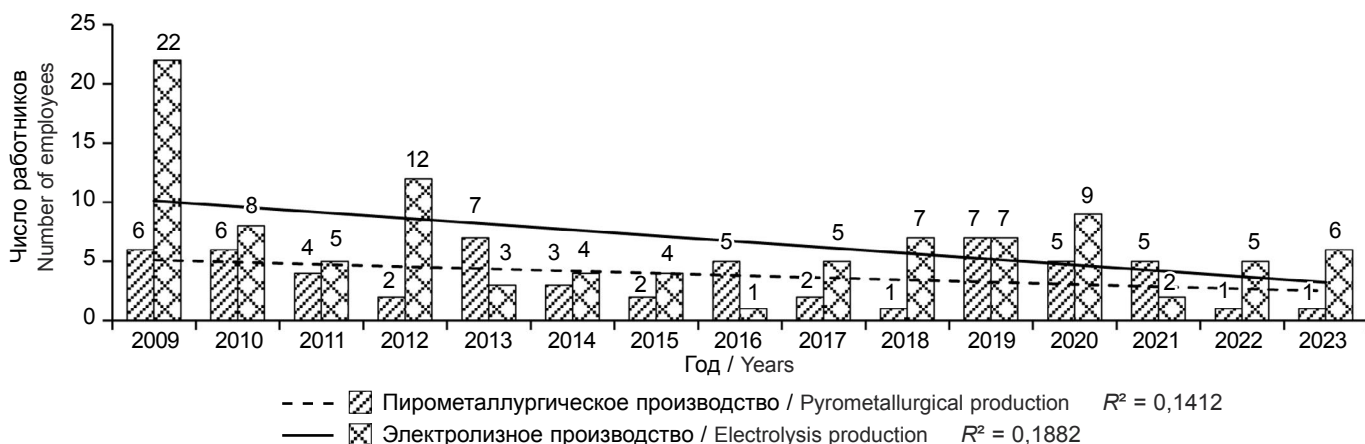


Рис. 1. Число работников пирометаллургического и электролизного производств никеля с впервые выявленными профессиональными болезнями (по годам).

Fig. 1. The number of employees of pyrometallurgical and electrolysis production of nickel with first diagnosed occupational diseases (by years).

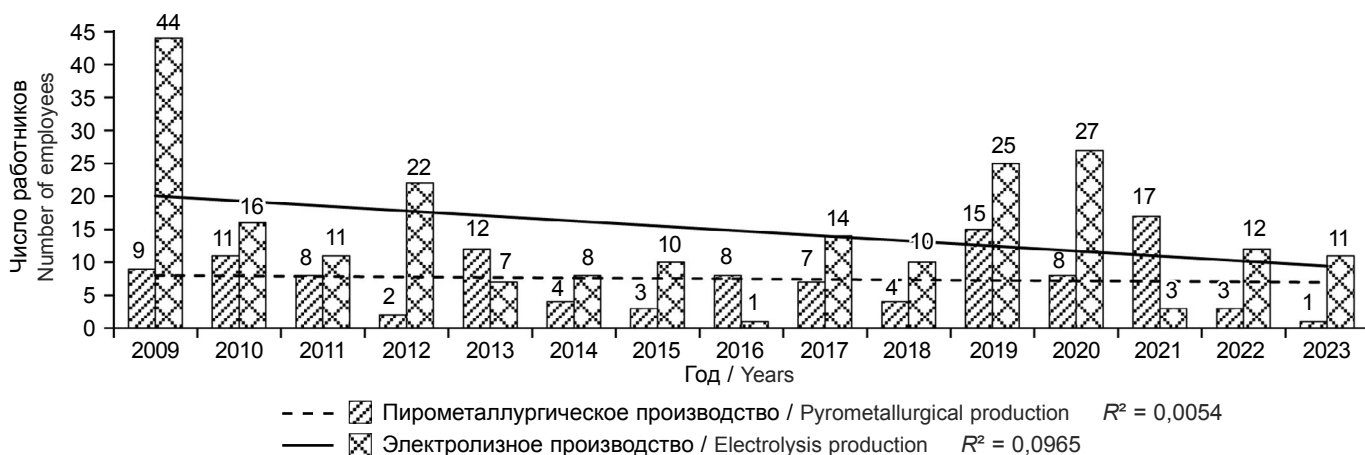


Рис. 2. Число случаев профессиональных болезней, выявленных у работников пирометаллургического и электролизного производств никеля (по годам).

Fig. 2. The number of occupational diseases detected in workers in pyrometallurgical and electrolysis production of nickel (by years).

Таблица 6 / Table 6

Нарушения здоровья работников различных специальностей при воздействии растворимых и нерастворимых соединений никеля
Health disorders in employees of various specialties under exposure to soluble and insoluble nickel compounds

Специальность Specialty	Число заболевших, n Number of cases, n	Доля заболевших, % Proportion of cases, %	Число болезней, случаи Number of diseases, cases	Профессиональная заболеваемость, на 10 000 работников Occupational prevalence, per 10,000 employees
Чистильщик готовой продукции*, ** / Finish product cleaner*, **	16	15,53	50	323,62
Машинист крана* / Crane operator*	7	6,60	26	163,52
Слесарь-ремонтник* / Fitter*	14	7,57	29	104,50
Электролизник* / Pot operator*	26	7,10	53	96,54
Аппаратчик-гидрометаллург* / Hydrometallurgist operator*	24	6,15	46	78,83
Электрик* / Electrician*	5	4,90	7	45,75
Плавильщик** / Smelter**	19	15,90	41	229,69
Машинист мельниц** / Mill operator**	3	16,67	4	148,15
Мастер сменный** / Shift foreman**	2	7,14	5	119,05
Обжигальщик** / Kiln operator**	4	3,30	8	44,44
Машинист крана** / Crane operator**	4	6,15	11	41,03
Слесарь-ремонтник / Fitter**	6	5,25	7	35,09

Примечание. * – растворимые соединения никеля; ** – нерастворимые соединения никеля.

Note: * – soluble nickel compounds; ** – insoluble nickel compounds.

ДИ 1,05–4,03; $p = 0,034$) и пирометаллургического (ОР 2,95; ДИ 1,20–7,26; $p = 0,009$) производств, электролизников (ОР 2,18; ДИ 1,22–3,91; $p = 0,015$), аппаратчиков-гидрометаллургов (ОР 2,51; ДИ 1,39–4,55; $p = 0,003$), электромонтёров (ОР 3,32; ДИ 1,26–8,74; $p = 0,013$) и обжигальщиков (ОР 4,60; ДИ 1,61–13,50; $p = 0,002$). У плавильщиков риск формирования профессиональных болезней также превышал показатели у крановщиков электролизного производства (ОР 2,42; ДИ 1,06–5,52; $p = 0,029$), слесарей-ремонтников электролизного (ОР 2,11; ДИ 1,10–4,05; $p = 0,022$) и пирометаллургического (ОР 3,03; ДИ 1,26–7,32; $p = 0,009$) производств, электролизников (ОР 2,24; ДИ 1,29–3,90; $p = 0,004$), аппаратчиков-гидрометаллургов (ОР 2,58; ДИ 1,47–4,55; $p < 0,001$), электромонтёров (ОР 3,26; ДИ 1,26–8,41; $p = 0,009$) и обжигальщиков (ОР 4,79; ДИ 1,68–13,66; $p < 0,001$).

Обсуждение

Проведённое исследование не выявило значимых различий в показателях риска развития профессиональной патологии у работников пирометаллургического и электролизного производств никеля. Также не было установлено более выраженного негативного влияния аэрозолей растворимых или нерастворимых соединений никеля на формирование болезней органов дыхания, которые остаются доминирующей профессиональной патологией у работников предприятий цветной металлургии [6, 11, 15, 16]. Заслуживает внимания высокая степень выраженности профессиональной патологии у чистильщиков готовой продукции, так как, по данным других исследований, наиболее подвержены развитию нарушений здоровья плавильщики и электролизники [7, 14, 17]. Полученный результат можно объяснить сочетанным действием аэрозолей растворимых и нерастворимых соединений никеля при выполнении работ с повышенным уровнем физических нагрузок (физические динамические нагрузки, масса поднимаемого и перемещаемого груза, рабочая поза).

Важно отметить: класс условий труда не всегда определял выраженность профессиональных нарушений здоровья.

Так, например, у электролизников, имеющих условия труда классов 3.3–4, уровень профессиональной заболеваемости был ниже, чем у машинистов крана и слесарей-ремонтников (классы 3.2–3.3). Эти данные подтвердили, что при разработке профилактических мероприятий следует принимать во внимание не только классы условий труда, но и рабочую специализацию. Это даст возможность более полно учитывать специфику трудовой деятельности работника [13, 18]. В никелевой промышленности были выявлены резкие колебания по годам числа лиц с впервые выявленной профессиональной патологией и числа случаев профессиональных болезней. Считается, что это может служить признаком неполного или позднего выявления патологии, недостаточного использования современных инструментальных методов исследований [19–21].

Ограничение исследования связано с недостаточным для статистической обработки числом случаев профессиональных болезней у работников некоторых специальностей пирометаллургического и электролизного производств никеля.

Заключение

Риск развития профессиональной патологии при пирометаллургическом и электролизном производствах никеля в меньшей степени зависит от агрегатного состояния соединений никеля в аэрозолях, а определяется преимущественно классом условий труда и спецификой выполняемых работ для каждой специальности. Наибольший риск развития профессиональной патологии, преимущественно органов дыхания и костно-мышечной системы, возникает у чистильщиков готовой продукции и плавильщиков. Несмотря на проводимые оздоровительные и профилактические мероприятия, отмечается незначительное снижение числа пострадавших вследствие профессиональных болезней и уменьшение числа выявленных случаев болезней. При разработке профилактических мероприятий необходимо учитывать не только класс условий труда, но и специфику выполнения работ на различных технологических этапах производства никеля.

Литература

(п.п. 4, 5, 8, 9, 14, 20 см. References)

- Горбанев С.А., Сюрин С.А. Профессиональная патология у работников медно-никелевой промышленности в Кольской Арктике (1989–2018 гг.). *Здоровье населения и среда обитания* – 3*НиСО*. 2020; 331(10): 22–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27> <https://elibrary.ru/bilrzu>
- Яцына И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft>
- Шур П.З., Редько С.В., Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Фокин В.А. Оценка условий труда и состояния здоровья работников предприятий цветной металлургии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(8): 537–44. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-8-537-544> <https://elibrary.ru/swennz>
- Никанов А.Н., Чашин В.П., Новикова Ю.А., Гудков А.Б., Попова О.Н. Производственно обусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии при пирометаллургическом способе получения никеля. *Медицина труда и промышленная экология*. 2021; 61(5): 305–10. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310> <https://elibrary.ru/arabrt>
- Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 64–7. <https://elibrary.ru/tpbjoz>
- Сюрин С.А., Скрипаль Б.А., Никанов А.Н. Продолжительность трудового стажа как фактор риска нарушений здоровья у горняков Кольского Заполярья. *Экология человека*. 2017; (3): 15–20. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-15-20> <https://elibrary.ru/xxruyh>
- Серебряков П.В., Федина И.Н., Рушкевич О.П. Особенности формирования злокачественных новообразований органов дыхания у работников предприятий по добыче и переработке медно-никелевых руд. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(9): 9–15. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-9-15> <https://elibrary.ru/yjgubp>
- Шеенкова М.В., Рушкевич О.П., Яцына И.В. Особенности метаболической патологии печени в условиях воздействия промышлен-
- ных аэрозолей. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 943–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-943-946> <https://elibrary.ru/aerprz>
- Никанов А.Н., Чашин В.П., Дардынская И., Горбанев С.А., Гудков А.Б., Лагхайн Б. и др. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации. *Экология человека*. 2019; 26(2): 12–20. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-2-12-20>
- Ракитский В.Н., ред. *Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях*. М.: Дашков и К^о; 2015. <https://elibrary.ru/thigbn>
- Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Наричина Ю.Н., Самылкин А.А., Злыгостева Н.В., Гоголева О.И. и др. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности рабочих, занятых в производстве рафинированной меди. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1321–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1321-1326> <https://elibrary.ru/hlyybi>
- Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации. *Экология человека*. 2019; (10): 15–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-15-23> <https://elibrary.ru/prwhrz>
- Жеглова А.В., Яцына И.В., Гаврильченко Д.С. Корпоративные программы сохранения здоровья – основной элемент системы здоровьесбережения работающего населения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(5): 385–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-385-3> <https://elibrary.ru/rnrckr>
- Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Уткин С.Н., Олейников А., Бабурин А.А., Талькова Л.В. и др. Оценка потерь здоровья при проведении мероприятий охраны труда в АО «Кольская горно-металлургическая компания». В кн.: *Материалы III Международного научно-практического форума «Здоровье и безопасность на рабочем месте»*. Том 1, Выпуск 3. Минск; 2019: 218–21. <https://doi.org/10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-218-221> <https://elibrary.ru/kyiuih>
- Газимова В.Г. Профессиональная заболеваемость металлургов Свердловской области. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgwsl>

References

1. Gorbanev S.A., Syurin S.A. Occupational diseases in workers of copper and nickel industry in the Kola Arctic (1989–2018). *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; 331(10): 22–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-22-27> <https://elibrary.ru/bilrzu> (in Russian)
2. Yatsyna I.V., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Egorova A.M. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft> (in Russian)
3. Shur P.Z., Red'ko S.V., Fadeev A.G., Goryaev D.V., Fokin V.A. Assessment of working conditions and health conditions of employees of non-ferrous metallurgy enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(8): 537–44. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-8-537-544> <https://elibrary.ru/swennz> (in Russian)
4. Wippich C., Koppisch D., Pitzke K., Breuer D. Estimating nickel exposure in respirable dust from nickel in inhalable dust. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2021; 238: 113838. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113838>
5. Rahayu T., Sunarsih S., Jayadipraja E.A. Factors related to occupational diseases in smelter employees PT. Virtue Dragon nickel industry site Morosi. *Int. Sci. Health J*. 2023; 2(1): 1–5. <https://doi.org/10.54883/wish.v2i1.29>
6. Nikanov A.N., Chashchin V.P., Novikova Yu.A., Gudkov A.B., Popova O.N. Manufacturing-conditioned morbidity among non-ferrous workers in pyrometallurgical way of nickel production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2021; 61(5): 305–10. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310> <https://elibrary.ru/arabrr> (in Russian)
7. Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I., Gogoleva O.I. Chemical air pollution of the occupational environment as a factor for professional risk for workers of main occupations in the copper and nickel metallurgy. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 64–7. <https://elibrary.ru/tphjzj> (in Russian)
8. Nieboer E., Odland J.O., Thomassen Y., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 2. Biological exposure indices for copper, nickel and cobalt. *J. Environ. Monit*. 2007; 9(7): 695–700. <https://doi.org/10.1039/b618400f>
9. Syurin S., Vinnikov D. Occupational disease predictors in the nickel pyrometallurgical production: a prospective cohort observation. *J. Occup. Med. Toxicol*. 2022; 17(1): 21. <https://doi.org/10.1186/s12995-022-00362-2>
10. Syurin S.A., Skripal' B.A., Nikanov A.N. Length of employment as a risk factor for health problems in miners of the Kola Polar Region. *Ekologiya cheloveka*. 2017; (3): 15–20. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-15-20> <https://elibrary.ru/xxruyh> (in Russian)
11. Serebryakov P.V., Fedina I.N., Rushkevich O.P. Features of malignant neoplasms formation in respiratory system of workers engaged into mining and processing of copper-nickel ores. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(9): 9–15. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-9-15> <https://elibrary.ru/yjgubp> (in Russian)
12. Sheenkova M.V., Rushkevich O.P., Yatsyna I.V. Features of metabolic pathology of the liver under the influence of industrial aerosols. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 943–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-943-946> <https://elibrary.ru/aerprz> (in Russian)
13. Nikanov A.N., Chashchin V.P., Dardynskaya I., Gorbanev S.A., Gudkov A.B., Lagkhain B., et al. Risk-based approach to improve workplace health in non-ferrous metallurgy located in the Arctic Zone of Russian Federation. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 26(2): 12–20. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-2-12-20> (in Russian)
14. Syurin S., Vinnikov D. Occupational multimorbidity in the nickel industry workers. *Int. J. Circumpolar Health*. 2023; 82(1): 2231618. <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2231618>
15. Rakitskii V.N., ed. *Hygienic Problems of Correction of the Nutritional Factor in Workers in Harmful Conditions [Gigienicheskie problemy korrektsii faktora pitaniya u rabotayushchikh vo vrednykh usloviyakh]*. Moscow: Dashkov i K^o; 2015. <https://elibrary.ru/thigbn>
16. Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I., Naritsyna Yu.N., Samylkin A.A., Zlygosteva N.V., Gogoleva O.I., et al. Morbidity with temporal disability in workers engaged in refined copper production. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1321–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1321-1326> <https://elibrary.ru/hlyybi> (in Russian)
17. Syurin S.A., Kovshov A.A. Labor conditions and risk of occupational pathology at the enterprises of the arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka*. 2019; (10): 15–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-15-23> <https://elibrary.ru/prwhrz> (in Russian)
18. Zheglova A.V., Yatsyna I.V., Gavril'chenko D.S. Corporate health preservation programs are the main element of the health-saving system of the working population. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(5): 385–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-385-3> <https://elibrary.ru/rnkrcr> (in Russian)
19. Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Utkin S.N., Oleinikov A., Baburin A.A., Talykova L.V., et al. Assessment of health losses during labor protection measures in JSC Kola mining and metallurgical company. In: *Materials of the III International Scientific and Practical Forum «Health and Safety in the Workplace». Volume 1, Issue 3 [Materialy III Mezhduнародного nauchno-prakticheskogo foruma «Zdorov'e i bezopasnost' na rabochem meste». Tom 1, Vypusk 3]*. Minsk; 2019: 218–21. <https://doi.org/10.31089/978-985-7153-76-3-2019-1-3-218-221> <https://elibrary.ru/kyiue> (in Russian)
20. Syurin S., Vinnikov D. Occupational disease claims and non-occupational morbidity in a prospective cohort observation of nickel electrolysis workers. *Sci. Rep*. 2022; 12(1): 7092. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11241-5>
21. Gazimova V.G. Occupational prevalence rates in metallurgists of the Sverdlovsk Region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgwsl> (in Russian)

Сведения об авторах

Сюрин Сергей Алексеевич, доктор мед. наук, гл. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора. E-mail: kola.reslab@mail.ru

Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, главный внештатный специалист-профпатолог Минздрава Мурманской области, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Information about the authors

Sergei A. Syurin, MD, PhD, DSci., chief researcher, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553> E-mail: kola.reslab@mail.ru

Aleksander N. Nikanov, MD, PhD, leading researcher, head of the Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, Chief freelance specialist-occupational pathologist of the Ministry of Health of the Murmansk Region, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru