

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310>

УДК 613.6.02(98)

© Коллектив авторов, 2021

Никанов А.Н.¹, Чашин В.П.¹, Новикова Ю.А.¹, Гудков А.Б.², Попова О.Н.²**Производственнообусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии при пирометаллургическом способе получения никеля**¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., 4, Санкт-Петербург, Россия, 191036;²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», Троицкий пр., 51, г. Архангельск, Россия, 163001

Введение. Сохранение и укрепление здоровья работающего населения является одной из приоритетных задач в Российской Федерации. Согласно «Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 09.10.2007 № 135, мероприятия по сокращению уровня смертности населения, прежде всего граждан трудоспособного возраста, должны включать меры по сокращению уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Цель исследования — оценка связи нарушений здоровья по отдельным классам заболеваний с работой и показателя потерю лет жизни, скорректированного по нетрудоспособности работников (*DALY* — *disability-adjusted life years*), цехов пирометаллургического рафинирования никеля.

Материалы и методы. Исследования выполнены в АО «Кольская горно-металлургическая компания» (АО «Кольская ГМК»), осуществляющей добычу и переработку медно-никелевых руд, размещенных на территории Европейской части Арктической зоны Российской Федерации (Мурманская область), осуществляющих добычу и переработку медно-никелевых руд. Для оценки связи нарушений здоровья с работой использованы результаты обязательных периодических медицинских осмотров 2113 работников, занятых пирометаллургическим рафинированием никеля и меди. **Результаты.** В разрезе отдельных классов болезней установлено статистически достоверное снижение заболеваемости по классам болезней нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и заболеваний мочеполовой системы. Проведенная оценка связи этих нарушений здоровья с условиями труда у работников пирометаллургического производства никеля и меди показала наличие средней степени связи с воздействием на организм комплекса вредных производственных факторов таких нарушений здоровья как болезни нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной и мочеполовой систем. В результате проведенных мероприятий, эффективность которых оценена методом DALY-анализа, установлено сокращение этого суммарного показателя потери здоровья среди работников пирометаллургического рафинирования никеля с 218,8 до 184,6 года (на 17,8%).

Выводы. Комплексная оценка потерь здоровья методом DALY-анализа свидетельствует о существенном сокращении бремени болезней среди работников пирометаллургического рафинирования никеля на 15,6%, в том числе среди мужчин — на 12,5%, среди женщин — на 28,3%. Экономическая эффективность реализованной оздоровительной программы в АО «Кольская ГМК» показала, что общий предотвращенный экономический ущерб в результате снижения заболеваний, связанных с трудовой деятельностью, составил в расчете на одного работника металлургического производства 119,3 тыс. рублей в среднем за год. Предотвращенный экономический ущерб в результате снижения профессиональных заболеваний в расчете на одного работника составил 10,4 тыс. рублей в год.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации; цветная металлургия; пирометаллургическое рафинирование никеля, условия труда; профессиональные болезни; болезни, связанные с выполнением трудовых обязанностей

Для цитирования: Никанов А.Н., Чашин В.П., Новикова Ю.А., Гудков А.Б., Попова О.Н. Производственнообусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии при пирометаллургическом способе получения никеля. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(5): 305–310. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310>

Для корреспонденции: Никанов Александр Николаевич, руководитель отдела клинических исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», канд. мед. наук. E-mail: nikanov@s-znc.ru

Участие авторов:

Никанов А.Н. — набор первичного материала, существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи;

Чашин В.П. — существенная переработка статьи на предмет важного интеллектуального содержания;

Новикова Ю.А. — набор первичного материала, обработка и осуществление анализа результатов;

Гудков А.Б. — анализ и интерпретация результатов, подготовка первого варианта статьи;

Попова О.Н. — набор первичного материала и анализ данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 12.04.2021 / Дата принятия к печати: 21.06.2021 / Дата публикации: 12.07.2021

Aleksandr N. Nikanov¹, Valeriy P. Chashchin¹, Yuliya A. Novikova¹, Andrey B. Gudkov², Olga N. Popova²**Manufacturing-conditioned morbidity among non-ferrous workers in pyro-metallurgic way of nickel production**¹North-West Public Research Center, 4, 2nd Sovetskaya str., St. Petersburg, Russia, 191036;²Northern State Medical University, 51, Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russia, 163001

Introduction. Preserving and strengthening the health of the working population is one of the priority tasks in the Russian Federation.

According to the "Concept of the Demographic Policy of the Russian Federation for the period up to 2025", approved by Decree of the President of the Russian Federation No. 135 of 09.10.2007, measures to reduce the mortality rate of the population, primarily citizens of working age, should include measures to reduce the mortality rate and injuries from industrial accidents and occupational diseases.

The study aims to assess the relationship of health disorders with work for certain classes of diseases and the indicator of loss of life years, adjusted for the disability of workers (DALY-disability-adjusted life years), shops of pyrometallurgical nickel refining.

Materials and methods. We performed a study on JSC "Kola Mining and Metallurgical Company" (JSC "Kola MMC"), which produces and processes copper-nickel ores located in the European part of the Arctic zone of the Russian Federation (Murmansk Region), which makes and processes copper-nickel ores.

To assess the relationship of health disorders with work, we used the results of mandatory periodic medical examinations of 2113 employees engaged in pyrometallurgical refining of nickel and copper.

Results. In the context of individual classes of diseases, experts established a statistically significant decrease in the incidence of diseases of the nervous system, skin and subcutaneous tissue, musculoskeletal system, and conditions of the genitourinary system.

The conducted assessment of the connection of these health disorders with working conditions in workers of pyrometallurgical production of nickel and copper showed the presence of an average degree of contact with the impact on the body of a complex of harmful production factors of such health disorders as diseases of the nervous system, skin and subcutaneous tissue, musculoskeletal and genitourinary systems.

We evaluated the effectiveness of the measures carried out using the DALY-analysis method. As a result, the researchers found a reduction in this total indicator of health loss among workers of pyrometallurgical refined nickel from 218.8 to 184.6 years (by 17.8%).

Conclusions. A comprehensive assessment of health losses by the DALY analysis method indicates a significant reduction in the burden of diseases among workers of pyrometallurgical nickel refining by 15.6%, including among men — by 12.5%, among women — by 28.3%. The economic efficiency of the implemented wellness program in JSC "Kola MMC" showed that the total prevented economic damage due to reducing diseases associated with labor activity amounted to 119.3 thousand rubles per employee of metallurgical production on average for the year. The prevented economic damage resulting from the reduction of occupational diseases per employee amounted to 10.4 thousand rubles per year.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation; non-ferrous metallurgy; pyrometallurgical refining of nickel, working conditions; occupational diseases; diseases associated with the performance of labor duties

For citation: Nikanov A.N., Chashchin V.P., Novikova Yu.A., Gudkov A.B., Popova O.N. Production-related morbidity among non-ferrous metallurgy workers in the pyrometallurgical method of nickel production. *Med. truda i prom ekol.* 2021; 61(5): 305–310. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-5-305-310>

For correspondence: Alexander N. Nikanov, the Head of the Clinical Research Department of the North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: nikanov@s-znc.ru

Information about authors: Nikanov A.N. <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>

Chashchin V.P. <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>

Novikova Yu.A. <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>

Gudkov A.B. <https://orcid.org/0000-0001-5923-0914>

Popova O.N. <https://orcid.org/0000-0002-0135-4594>

Contribution:

Nikanov A.N. — a set of primary material, a significant contribution to the concept and design of the study, editing and final approval of the manuscript sent to the editorial office;

Chashchin V.P. — significant processing of the article for important intellectual content;

Novikova Yu.A. — a set of primary material, processing and analysis of the results;

Gudkov A.B. — analysis and interpretation of the results, preparation of the first version of the article;

Popova O.N. — a set of primary material and data analysis.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 12.04.2021 / Accepted: 21.06.2021 / Published: 12.07.2021

Введение. Актуальность проблемы сохранения здоровья работников, занятых на предприятиях цветной металлургии Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), определяется большим экономическим значением этих предприятий. Именно здесь добывается значительное количество полезных ископаемых, имеющих стратегическую важность для России. Так, в АЗРФ находится более половины российских запасов апатита, никеля, меди, вольфрама, платиноидов, олова, ртути, золота, серебра, алмазов, марганца, хрома, титана. Основу сырьевой базы медно-никелевой промышленности России составляют сульфидные медно-никелевые месторождения Норильского района, Кольского полуострова и Урала. Главной особенностью медно-никелевых месторождений является комплексный состав руд, из которых кроме никеля извлекается ряд других металлов, таких как, медь, золото, серебро, селен, теллур, металлы платиновой группы, что резко повышает ценность этих руд, несмотря на высокую себестоимость добычи и производства. Более 90% никеля и более 70% меди в России производится на горно-металлургических предприятиях, расположенных на территории Таймырско-

го и Кольского полуострова (АО «Норильский никель»). Все виды трудовых процессов при добыче и переработке медно-никелевых руд характеризуются интенсивным воздействием на организм работающих комплекса вредных производственных факторов [1–3]. Технологический процесс пирометаллургического рафинирования никеля и меди сопровождается загрязнением воздуха рабочих мест вредными веществами и пылью. Интенсивность экспозиции к металлам для отдельных профессий во многом определяется способом рафинирования, стадией переработки и получения готового продукта [4–7].

Гигиенические исследования показывают, что при производстве как никеля, так и меди основным фактором риска развития профессиональных заболеваний органов дыхания являются аэрозоли соединений никеля, хотя их средняя концентрация при плавке меди в 5–20 раз ниже, чем при соответствующих производствах никеля. Среднесменные концентрации соединений меди в воздухе рабочей зоны не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). Для водонерастворимых соединений никеля (ПДК=0,05 мг/м³) превышение составляет до 30–

100 раз в воздухе рабочих мест в пирометаллургических переделах. Уровень диоксида серы превышает ПДК в 1,5–5 раз. При карбонильном способе получения никеля концентрация тетракарбонила в воздухе производственных помещений превышает ПДК в 100 и более раз [8–11].

Сложность задач по эффективной профилактике заболеваний у рабочих, занятых добычей и переработкой полезных ископаемых в холодных климатических районах, обусловлена возможностью сочетанного и комбинированного воздействия на организм вредных производственных и неблагоприятных климатических факторов [12–14].

Цель исследования — оценка связи нарушений здоровья по отдельным классам заболеваний с работой и показателя потерю лет жизни, скорректированного по нетрудоспособности работников (*DALY* — *disability-adjusted life years*), цехов пирометаллургического рафинирования никеля.

Материалы и методы. Исследования выполнены в АО «Кольская горно-металлургическая компания» (АО «Кольская ГМК»), осуществляющей добычу и переработку медно-никелевых руд, размещенных на территории Европейской части Арктической зоны Российской Федерации (Мурманская область), осуществляющих добычу и переработку медно-никелевых руд. Для оценки связи нарушений здоровья с работой использованы результаты обязательных периодических медицинских осмотров (ПМО) 2113 работников, занятых пирометаллургическим рафинированием никеля и меди. Анализ результатов динамического наблюдения за показателями заболеваемости осуществлен за период с 2011 по 2015 гг.

При подготовке базы данных результатов обязательных ПМО была проведена кодировка всех диагнозов в соответствии с Международной статистической классификацией болезней (МКБ-10). Выборка данных о заболеваемости работников проведена по возрастным группам: до 30 лет, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60 лет и старше, отдельно для мужчин и женщин. Комплексная оценка потерь здоровья проведена с использованием *DALY*-анализа (показатель потери лет жизни, скорректированный по нетрудоспособности работников) [8, 15].

Для статистической обработки и анализа материалов исследований использовались функции приложения *Excel* пакета *Microsoft Office 2010*. Определялись *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок, относительный риск (*RR*), 95% доверительный интервал (95% ДИ) и этиологическая доля (*EF*) факторов рабочей среды в возникновении отдельных классов болезней и других нарушений здоровья. Различия показателей считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Metallургические производства по рафинированию никеля, размещенные в Арктической зоне Российской Федерации, характеризуются специфическими условиями труда, отличающимися значительным количеством рабочих мест с вредными условиями труда, на которых заняты 90,1% от общей численности работников, в том числе 50,9% работников, подвергающихся воздействию соединений никеля, загрязняющих воздух в недопустимых концентрациях. Специальная оценка условий труда, проведенная в АО «Кольская ГМК», установила что 50,9% работников металлургических цехов работают в условиях воздействия водорастворимых и водонерастворимых аэрозолей никеля — класс вредности 3.1–4, 9,2% — в условиях повышенных концентраций аэрозолей меди (классы 3.1–3.2) и 19,9% — в условиях повышенных

концентраций пыли смешанного состава (классы 3.1–4) [1, 8, 16]. Анализ профессиональной заболеваемости показал, что наиболее часто случаи профессиональных заболеваний выявлялись среди плавильщиков (32,0%). В структуре профессиональной патологии у работников пирометаллургического рафинирования никеля и меди преобладали болезни органов дыхания (соответственно, 74,5% и 93,0%), из них, 87,2% приходилось на хроническую обструктивную болезнь лёгких, а на заболевания верхних дыхательных путей — 12,8%. Последующие места в структуре профессиональной заболеваемости занимали болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани — 7,1% и 5,6, нервной системы — 7,1%, нейросенсорная тугоухость — 6,0%, злокачественные новообразования — 3,0% случаев (*табл. 1*).

Таблица 1 / Table 1

Структура профессиональных заболеваний в производстве никеля и меди, % от общего числа установленных случаев

The structure of occupational diseases in the production of nickel and copper, % of the total number of established cases

Класс заболеваний	Пирометаллургическое рафинирование	
	Никелевое производство ($n=282$)	Медное производство ($n=71$)
Болезни органов дыхания	74,5%	93,0%
Болезни костно-мышечной системы	7,1%	5,6%
Болезни нервной системы	6,4%	—
Болезни уха и сосцевидного отростка	8,9%	—
Новообразования	3,2%	1,4%

Риск возникновения профзаболеваний, рассчитанный для работников пирометаллургического производства никеля и меди, выявил достаточно высокие уровни риска при пирометаллургическом рафинировании никеля и меди (*табл. 2*).

Таблица 2 / Table 2

Относительный риск возникновения профессиональных болезней у работников медно-никелевой промышленности
Relative risk of occupational diseases among employees of the copper-nickel industry

Вид производства	RR	95% ДИ
Пирометаллургическое рафинирование никеля	5,66	2,52–12,70
Пирометаллургическое рафинирование меди	5,52	2,38–12,77

Для оценки эффективности профилактических мероприятий (технических, технологических, организационных и лечебно-оздоровительных) по предотвращению профессиональных заболеваний и других нарушений здоровья, связанных с работой, проанализирована заболеваемость работников пирометаллургического производства никеля, выявленная по результатам обязательных ПМО. Стандартизованный показатель распространенности

хронических заболеваний по результатам обязательных ПМО с 2011 по 2015 гг. в расчете на 1000 работающих в цехах пирометаллургического рафинирования никеля сократился на 29,1%, в том числе у мужского персонала на 29,45%, а у женского — на 14,6% (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Распространённость хронических заболеваний у работников по результатам обязательных периодических медицинских осмотров

The prevalence of chronic diseases in employees according to the results of mandatory periodic medical examinations

Пол / Год	Стандартизованный показатель (по возрасту) на 1000 работающих	
	2011	2015
Мужчины	2098,7	1479,2
Женщины	2378,3	2030,6
Оба пола	2210,6	1567,4

В разрезе отдельных классов болезней установлено статистически достоверное снижение заболеваемости по следующим классам: болезней нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и заболеваний мочеполовой системы. Проведенная оценка связи этих нарушений здоровья с условиями труда у работников пирометаллургического производства никеля и меди показала наличие средней степени связи с воздействием на организм комплекса вредных производственных факторов таких нарушений здоровья как болезни нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной и мочеполовой систем (табл. 4).

Этиологическая доля (EF) вредных производственных факторов в возникновении этих болезней у работников пирометаллургического производства, судя по результатам обязательного ПМО, стандартизованным по стажу, утратили к 2015 г. статистически значимую связь с воздействием комплекса вредных производственных факторов.

В результате проведенных организационно-технических и лечебно-оздоровительных мероприятий, эффек-

тивность которых оценена методом DALY-анализа, установлено сокращение этого суммарного показателя потери здоровья среди работников пирометаллургического рафинирования никеля с 218,8 до 184,6 года (на 15,6%), в том числе среди мужчин — 12,5%, среди женщин — на 28,3% (табл. 5).

Таблица 5 / Table 5

Динамика величины потерь лет жизни работников пирометаллургического рафинирования никеля, всего (в единицах DALY)*

Dynamics of the value of the loss of life years of workers of pyrometallurgical nickel refining, total (in DALY units)*

Год	Оба пола	Мужчины	Женщины
2011	218,8	176,0	42,7
2015	184,6	154,0	30,6

Примечание: * — одна единица DALY соответствует потере 1 года здоровой жизни

Note: * — one unit of DALY corresponds to the loss of 1 year of healthy life.

Обсуждение. Сохранение и укрепление здоровья работающего населения является одной из приоритетных задач в Российской Федерации. Согласно «Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 09.10.2007 № 135, мероприятия по сокращению уровня смертности населения, прежде всего граждан трудоспособного возраста, должны включать меры по сокращению уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Гигиеническая оценка воздуха рабочей зоны в основных производственных помещениях при пирометаллургическом получении никеля и меди показала, что ведущими вредными производственными факторами являются водорастворимые и нерастворимые в воде соединения никеля, содержание которых находилось в интервале концентраций 0,19–198,0 мг/м³. Удельный вес проб воздуха с превышением ПДК при пирометаллургическом производстве никеля составил 95,2%. Аэрозоли, образующиеся при пирометаллургическом производстве никеля, характеризуются

Таблица 4 / Table 4

Оценка связи нарушений здоровья с работой по отдельным классам заболеваний

Assessment of the relationship of health disorders with work for certain classes of diseases

Класс заболеваний	Пирометаллургическое рафинирование никеля			
	Относительный риск (RR)		Этиологическая доля (EF)	
	2011	2015	2011	2015
Болезни нервной системы	**1,69	+0,69	40,8	-44,5
Болезни кожи и подкожной клетчатки	**1,53	+0,75	34,6	-34,1
Болезни костно-мышечной системы	*1,37	+0,83	26,9	-21,2
Болезни мочеполовой системы	+0,73	+0,67	0,0	-48,9

Примечание: + уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $0 < RR \leq 1$ и этиологической долей $EF = 0\%$; * — общие заболевания с малой степенью связи нарушений здоровья с работой — уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $1 < RR \leq 1,5$ и этиологической долей $EF < 33\%$; ** — производственнообусловленные заболевания со средней степенью связи нарушений здоровья с работой — уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $1,5 < RR \leq 2$ и этиологической долей $EF = 33-50\%$.

Note: + the level of diseases for individual classes with a relative risk in the range of $0 < RR \leq 1$ and the etiological proportion of $EF = 0\%$; * — general diseases with a low degree of connection of health disorders with work — the level of diseases for certain classes with a relative risk within $1 < RR \leq 1.5$ and the etiological share of $EF < 33\%$; ** — work-related diseases with an average degree of connection of health disorders with work — the level of diseases for certain classes with a relative risk in the range of $1.5 < RR \leq 2$ and the etiological share of $EF = 33-50\%$.

преимущественным содержанием его нерастворимых соединений [11, 13, 15, 17].

Таким образом, проведенная оценка связи нарушений здоровья с работой на металлургическом производстве по результатам периодических медицинских осмотров работников пирометаллургического производства никеля и меди показала средние уровни атрибутивного риска таких нарушений здоровья как болезни нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани, а также болезней мочеполовой системы. В результате осуществления в АО «Кольская ГМК» программы оздоровительных мероприятий, в том числе с учетом методических рекомендаций по применению риск-ориентированного подхода к медицинской профилактике профессиональных заболеваний на предприятиях цветной металлургии в Арктике, среди работников пирометаллургического производства отмечено снижение распространенности и профессиональной обусловленности многих заболеваний, связанных с условиями труда.

Комплексная оценка потерь здоровья методом DALY-анализа свидетельствует о существенном сокращении бремени болезней среди работников пирометаллургического рафинирования никеля на 15,6%, в том числе среди мужчин — на 12,5%, среди женщин — на 28,3%.

Экономическая эффективность реализованной оздоровительной программы в АО «Кольская ГМК» показала, что общий предотвращенный экономический ущерб в результате снижения заболеваний, связанных с трудовой деятельностью, составил в расчете на одного работника металлургического производства 119,3 тыс. рублей в среднем за год. Предотвращенный экономический ущерб в результате снижения профессиональных заболеваний в расчете на одного работника составил 10,4 тыс. рублей в год.

Выводы:

1. Металлургические производства по рафинированию никеля, размещенные в Арктической зоне Российской Федерации, характеризуются специфическими условиями труда, отличающимися значительным количеством рабочих мест с вредными условиями труда, на которых заняты 90,1% от общей численности работников, в том числе 50,9% работников, подвергающихся воздействию соединений никеля, загрязняющих воздух в недопустимых концентрациях.

2. Аэрозоли, образующиеся при пирометаллургическом рафинировании никеля, состоят в основном из нерастворимых соединений, в том числе сульфиды никеля — до 50,0%.

3. Наибольшие относительные риски возникновения профессиональных заболеваний установлены среди работников, непосредственно занятых в пирометаллургии никеля и меди ($RR=5,66$ и $5,22$), в частности, среди плавильщиков, у которых выявлялось 32,0% всех установленных случаев профзаболеваний.

4. Реализация программы оздоровительных мероприятий по охране труда в АО «Кольская ГМК» за период 2011–2015 гг. обусловила снижение распространенности хронических заболеваний по результатам обязательных ПМО среди работников пирометаллургического рафинирования никеля на 29,1%, в том числе среди мужского персонала на 29,45%, а женского — на 14,6%.

5. В результате проведенных организационно-технических и лечебно-оздоровительных мероприятий, эффективность которых оценена методом DALY-анализа, установлено сокращение этого суммарного показателя потери здоровья среди работников пирометаллургического рафинирования никеля на 15,6%, в том числе среди мужчин — 12,5%, среди женщин — на 28,3%.

Список литературы

- Горбанев С.А., Никанов А.Н., Чашин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 9: 50–1.
- Серебряков П.В., Карташев О.И., Федина И.Н. Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья работников производства меди в условиях Крайнего Севера. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 1: 25–8.
- Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике. *Экология человека.* 2014; 1: 3–12.
- 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): 4–67.
- Chashchin V.P., Gorbanev S., Syurin S., Nikanov A., Chashchin M., Thomassen Y., Ellingsen D.G., Nieboer E., Odland J. Occupational medicine and environmental health in the border areas of Euro-Arctic Barents region: A review of 30-year Russian-norwegian research collaboration outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020; 17(11): 3879.
- Nieboer E., Øyvind Odland J., 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. *Journal of Environmental Monitoring.* 2007; 9(7): 695–700.
- Thomassen Y., Hetland S., Nieboer E., VanSpronsen E.P., Odland J.Ø., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 1. Environmental monitoring. *Journal of Environmental Monitoring.* 2004; 6(12): 985–91.
- Никанов А.Н., Чашин В.П., Горбанев С.А., Дардынская И., Гудков А.Б., Лагхайн Б., Попова О.Н., Дорофеев В.М. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации. *Экология человека.* 2019; 2: 12–20.
- Koch W., Dunkhorst W., Lødding H., Thomassen Y., Skaugset N.P., Nikanov A., Vincent J. Evaluation of the Respicon® as a personal inhalable sampler in industrial environments. *Journal of Environmental Monitoring.* 2002; 4(5): 657–62.
- Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.Ø. Occupational exposure assessment of metals. *Journal of Environmental Monitoring.* 2005; 7(5): 412–15.
- Weinbruch S., Van Aken P., Ebert M., Thomassen Y., Skogstad A., Chashchin V.P., Nikanov A. The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study. *Journal of Environmental Monitoring.* 2002; 4(3): 344–50.
- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Чашин В.П., Гудков А.Б. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы). *Экология человека.* 2019; 9: 4–14.

13. Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Чашин В.П. Производственнообусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии Кольского Заполярья при электролизном способе получения никеля. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина — 2016»*. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова; 2016: 87–8.
14. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации. *Экология человека*. 2019; 10: 15–23.
15. Murray C.J., Vos T., Lozano R., Naghavi M., Flaxman A.D., Michaud C., Ezzati M. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2013; 381 (9867): 2197–23.
16. Каримова Л.К., Серебряков П.В., Шайхлисламова Э.Р., Яцына И.В. *Профессиональные риски нарушения здоровья работников занятых добычей и переработкой полиметаллических руд*. Уфа-Москва: Изд-во «Принт-2»; 2016.
17. Küpper M., Weinbruch S., Benker N., Ebert M., Skaug V., Skogstad A., Thornér E.E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.Ø. Electron microscopy of particles deposited in the lungs of nickel refinery workers. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2015; 407(21): 6435–45.

References

1. Gorbanev S.A., Nikanov A.N., Chashchin V.P. Actual problems of occupational medicine in the Arctic zone of the Russian Federation. *Med. truda i prom. ecol*. 2017; 9: 50–1 (in Russian).
2. Serebryakov P.V., Kartashev O.I., Fedina I.N. Clinical and hygienic assessment of the health status of copper production workers in the conditions of the Far North. *Med. truda i prom. ecol*. 2016; 1: 25–28 (in Russian).
3. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland J.O., Kovshov A.A. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya cheloveka*. 2014; (1): 3–12 (in Russian).
4. Lipatov G.Ya., Adrianovsky V.I., Gogoleva O.I. Chemical occupational risk factors for workers in the main occupations in the metallurgy of copper and nickel. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(2): 64–7 (in Russian).
5. Chashchin V.P., Gorbanev S., Syurin S., Nikanov A., Chashchin M., Thomassen Y., Ellingsen D.G., Nieboer E., Odland J.Ø. Occupational medicine and environmental health in the border areas of Euro-Arctic Barents region: A review of 30-year Russian-norwegian research collaboration outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(11): 3879.
6. Nieboer E., Øyvind Odland J., 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. *Journal of Environmental Monitoring*. 2007; 9(7): 695–700.
7. Thomassen Y., Hetland S., Nieboer E., VanSpronsen E.P., Odland J.Ø., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 1. Environmental monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*. 2004; 6(12): 985–91.
8. Nikanov A.N., Chashchin V.P., Dardynskaia I., Gorbanev S.A., Gudkov A.B., Lachhein B., Popova O.N., Dorofeev V.M. Risk-based Approach to Improve Workplace Health in Non-ferrous Metallurgy Located in the Arctic Zone of Russian Federation. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 2: 12–20 (in Russian).
9. Koch W., Dunkhorst W., Lødding H., Thomassen Y., Skaugset N.P., Nikanov A., Vincent J. Evaluation of the Respicon® as a personal inhalable sampler in industrial environments. *Journal of Environmental Monitoring*. 2002; 4 (5): 657–62.
10. Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.Ø. Occupational exposure assessment of metals. *Journal of Environmental Monitoring*. 2005; 7(5): 412–15.
11. Weinbruch S., Van Aken P., Ebert M., Thomassen Y., Skogstad A., Chashchin V.P., Nikanov A. The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study. *Journal of Environmental Monitoring*. 2002; 4(3): 344–50.
12. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Chashchin V.P., Gudkov A.B. Scientific Principles of Use of Biomarkers in Medico-Ecological Studies (Review). *Ekologiya cheloveka*. 2019; 9: 4–14 (in Russian).
13. Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Chashchin V.P. Production-related morbidity among non-ferrous metallurgy workers of the Kola Polar region in the electrolysis method of producing nickel. In: *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Profilakticheskaya meditsina — 2016»*. Saint Petersburg; 2016: 87–8 (in Russian).
14. 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 (in Russian).
15. Murray C.J., Vos T., Lozano R., Naghavi M., Flaxman A.D., Michaud C., Ezzati M. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2013; 381 (9867): 2197–23.
16. Karimova L.K., Serebryakov P.V., Shaikhliislamova E.R., Yatsyna I.V. *Occupational hazards to health problems for workers engaged in the mining and processing of polymetallic ores*. Ufa, Moscow, Print-2 publishing house; 2016 (in Russian).
17. Küpper M., Weinbruch S., Benker N., Ebert M., Skaug V., Skogstad A., Thornér E.E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.Ø. Electron microscopy of particles deposited in the lungs of nickel refinery workers. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2015; 407 (21): 6435–45.