

EDN: <https://elibrary.ru/gwqwzr>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-326-332>

УДК 613.6.027+[613.63:615.9]

© Коллектив авторов, 2025

Шилов В.В.<sup>1,2,3</sup>, Никанов А.Н.<sup>1</sup>, Ковшов А.А.<sup>1,2</sup>, Баринов В.А.<sup>2,3</sup>, Гудков А.Б.<sup>4</sup>, Ермолин С.П.<sup>4</sup>**Токсиколого-гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны производства цветных металлов**<sup>1</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ул. 2-я Советская, 4, Санкт-Петербург, 191036;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, 41, Санкт-Петербург, 191015;<sup>3</sup>ФГБУ «Научно-клинический центр токсикологии имени академика С.Н. Голикова» ФМБА России, ул. Бехтерева, 1, Санкт-Петербург, 192019;<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, пр-т Троицкий, 51, Архангельск, 163000

**Введение.** Обогащение полиметаллических руд на современном этапе требует внедрение новых технологий по более полному извлечению металлов из полезных ископаемых, что может сопровождаться поступлением в воздушную среду производственных помещений концентраций химических веществ, превышающих допустимые уровни.

**Цель исследования** — гигиеническая оценка воздуха производственных помещений при рафинировании кобальта.

**Материалы и методы.** Характеристика воздушной среды проведена на рабочих местах металлургов, осуществляющих пирометаллургическое и гидрометаллургическое рафинирование кобальта на одном из металлургических предприятий Мурманской области. Исследования по гигиенической оценке воздуха рабочих помещений проводились стандартным способом и с помощью индивидуальных пробоотборников в течение 75,0% времени рабочей смены. Измерение металлов выполнялось методом индуктивно связанной плазменной атомно-эмиссионной спектроскопии.

**Результаты.** На всех этапах пирометаллургической и гидрометаллургической переработки полиметаллической руды установлено наличие комплекса вредных веществ сложного состава, где наиболее значимыми являются водорастворимые и водонерастворимые соединения кобальта и никеля. Водорастворимые соединения кобальта и никеля в воздухе производственных помещений отделения экстракции определялись в концентрациях 0,110 и 0,011 мг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК в 11,0 и 2,3 раза. В воздухе производственных помещений отделения электроэкстракции — 0,029 и 0,005 мг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК в 2,9 и 1,03 раза. Обнаруженные соединения меди, свинца, кадмия, железа, магния, марганца, молибдена и цинка в воздухе производственных помещений на всех этапах переработки медно-никелевой руды не превышали ПДК.

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено 342 пробами воздуха производственных помещений.

**Заключение.** Производство кобальта при переходе на современную технологию может создавать реальную угрозу здоровью работников данного производства. Необходимость разработки специальной методологии для осуществления гигиенического нормирования соединений токсичных металлов (никель, кобальт, медь) во вдыхаемых аэрозольных фракциях воздуха рабочих мест закрытых производственных помещений обуславливает применение корректных моделей для оценки и управления рисками их вредного воздействия.

**Этика.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Ключевые слова:** горнометаллургические предприятия; условия труда; цветные металлы

**Для цитирования:** Шилов В.В., Никанов А.Н., Ковшов А.А., Баринов В.А., Гудков А.Б., Ермолин С.П. Токсиколого-гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны производства цветных металлов. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(5): 326–332. <https://elibrary.ru/gwqwzr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-326-332>

**Для корреспонденции:** Никанов Александр Николаевич, e-mail: [a.nikanov@s-znc.ru](mailto:a.nikanov@s-znc.ru)

**Участие авторов:**

Шилов В.В. — концепция, редактирование и утверждение окончательного варианта статьи;

Никанов А.Н. — сбор и статистическая обработка материала, редактирование статьи;

Ковшов А.А. — статистическая обработка материала и редактирование статьи;

Баринов В.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование,

Гудков А.Б. — редактирование статьи;

Ермолин С.П. — статистическая обработка материала, редактирование статьи.

Все соавторы — ответственность за целостность всех частей статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 24.04.2025 / Дата принятия к печати: 30.05.2025 / Дата публикации: 05.07.2025

Viktor V. Shilov<sup>1,2,3</sup>, Aleksandr N. Nikanov<sup>1</sup>, Aleksandr A. Kovshov<sup>1,2</sup>, Vladimir A. Barinov<sup>2,3</sup>, Andrei B. Gudkov<sup>4</sup>, Sergey P. Ermolin<sup>4</sup>

**Toxicological and hygienic characteristics of air in the working zone of non-ferrous metals production**

<sup>1</sup>North-West Scientific Center of Hygiene and Public Health, 4, St Petersburg, 191036;

<sup>2</sup>North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya St, St Petersburg, 191015;

<sup>3</sup>Golikov Research Center of Toxicology, 1, Bekhtereva St, St Petersburg, 192019;

<sup>4</sup>Northern State Medical University, 51, Troitsky Ave, Arkhangelsk, 163000

**Introduction.** The enrichment of polymetallic ores at the present stage requires the introduction of new technologies for more complete extraction of metals from minerals, which may be accompanied by the release of concentrations of chemicals exceeding permissible levels into the air environment of industrial premises.

**The study aims** to carry out a hygienic assessment of the air of industrial premises during cobalt refining.

**Materials and methods.** The air environment was characterized at the workplaces of metallurgists engaged in pyrometallurgical and hydrometallurgical refining of cobalt at one of the metallurgical enterprises of the Murmansk region. The authors have conducted studies on the hygienic assessment of workplace air in a standard way using individual samplers during 75.0% of the work shift time. The metals were measured using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry.

**Results.** At all stages of pyrometallurgical and hydrometallurgical processing of polymetallic ore, the presence of a complex of harmful substances of complex composition has been established, where the most significant are water-soluble and water-insoluble compounds of cobalt and nickel. Water-soluble cobalt and nickel compounds in the air of the production rooms of the extraction department were determined at concentrations of 0.110 and 0.011 mg/m<sup>3</sup>, exceeding the MPC by 11.0 and 2.3 times. In the air of the industrial premises of the department of electrical extraction — 0.029 and 0.005 mg/m<sup>3</sup>, exceeding the maximum permissible concentration by 2.9 and 1.03 times. The detected compounds of copper, lead, cadmium, iron, magnesium, manganese, molybdenum and zinc in the air of industrial premises at all stages of processing copper-nickel ore did not exceed the maximum permissible concentration.

**Limitations.** The study is limited to 342 samples of industrial premises air.

**Conclusion.** Cobalt production, when switching to modern technology, can pose a real threat to the health of workers in this production. The need to develop a special methodology for the hygienic rationing of toxic metal compounds (nickel, cobalt, copper) in inhaled aerosol fractions of workplace air in enclosed industrial premises requires the use of correct models to assess and manage the risks of their harmful effects.

**Ethics.** The study does not require the submission of a conclusion from the biomedical Ethics Committee or other documents.

**Keywords:** mining and metallurgical enterprises; working conditions; non-ferrous metals

**For citation:** Shilov V.V., Nikanov A.N., Kovshov A.A., Barinov V.A., Gudkov A.B., Ermolin S.P. Toxic and hygienic characteristics of the air in the working area of non-ferrous metals production. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(5): 326–332. <https://elibrary.ru/gwqwzr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-326-332> (in Russian)

**For correspondence:** Alexandr N. Nikanov, e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

**Contributions:**

Shilov V.V. — concept, editing and approval of the final version of the article;

Nikanov A.N. — collection and statistical processing of the material, editing of the article;

Kovshov A.A. — statistical processing of the material and editing of the article;

Barinov V.A. — research concept and design, editing;

Gudkov A.B. — editing the article;

Ermolin S.P. — statistical processing of the material, editing of the article;

All co-authors — are responsible for the integrity of all parts of the article.

**Funding.** The study had no funding.

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

Received: 24.04.2025 / Accepted: 30.05.2025 / Published: 05.07.2025

**Введение.** Гигиеническое изучение условий труда в основных производствах цветной металлургии, размещённых в Арктической зоне Российской Федерации, показало, что труд металлургов на всех этапах переработки полиметаллических руд характеризуется интенсивным воздействием на организм работающих вредных производственных факторов. Наиболее распространённым и разнообразным является химический фактор [1–4]. Образование пылегазовых аэрозолей, несмотря на проводимые технико-технологические мероприятия, сохраняют до настоящего времени значение одного из основных вредных производственных факторов при добыче, переработке и обогащении руд полезных ископаемых. Особенно это актуально для металлургической промышленности, где производство цветных металлов связано с многостадийностью технологических процессов, в результате которых в воздух производственных помещений поступают вещества 1–4 классов опасности [5–8]. Добыча и обогащение полиметаллических сульфидных медно-никелевых руд осуществляется на территории Кольского полуострова предприятиями горнометаллургического комплекса. Полученный медно-никелевый флотоконцентрат направляется на первичную металлургическую переработку с получением конечного продукта — упрочнённых брикетов (файнштена) [9–12].

Пирометаллургическая и гидрометаллургическая технологии рафинирования кобальта оказывают существенное влияние на формирование в воздухе производственных помещений высоких концентраций водонерастворимых (ВНРС) и водорастворимых соединений (ВРС) никеля, кобальта, а также сернистого газа и пыли, содержащей нерастворимые сульфидные соединения никеля. Пирометаллургическое производство характеризуется преимуще-

ственным образованием нерастворимых фракций никеля: оксидных (36–80%), сульфидных (2–48%) и металлического никеля (4–16%). Так, в воздухе производственных помещений обжигового отделения аэрозоли характеризуются преимущественным содержанием сульфидов никеля (до 50%), а в гидрометаллургического производства никель и кобальт встречается в основном в виде растворимых соединений (55–99%) и лишь небольшой процент никеля представлен в виде нерастворимых соединений (<0,6–34%) [14–17]. В настоящее время получение никеля и кобальта осуществляется по современной технологии «обжиг – выщелачивание – электроэкстракция», с последующим выпуском серной кислоты из утилизируемых газов. Представляется актуальным для обоснования мер профилактики нарушений здоровья у работников металлургической промышленности проведение экспертной гигиенической оценки условий труда при внедрении новых и современных методов извлечения металлов из полиметаллических руд.

**Цель исследования** — гигиеническая оценка воздуха производственных помещений при рафинировании кобальта.

**Материалы и методы.** Особенности технологического процесса рафинирования кобальта и степень токсичности используемых соединений и материалов обусловили выбор контролируемых химических веществ. Объектом исследования явились условия труда при получении кобальта по современной технологии рафинирования «выщелачивание – экстракция – электроэкстракция». Гигиеническая оценка воздушной среды производственных помещений проведена на всех этапах получения кобальта. Использованы результаты 80 проб воздуха, полученные

в течение 75,0% времени рабочей смены, для определения концентраций водорастворимых и водонерастворимых соединений железа (Fe), кадмия (Cd), кобальта (Co), магния (Mg), марганца (Mn), меди (Cu), молибдена (Mo), никеля (Ni), свинца (Pb) цинка (Zn) методом плазменной атомно-эмиссионной спектрометрии на Perkin Elmer Optima 3000. В 262 пробах воздуха, полученные с помощью стандартных методов отбора, определяли кобальт, водорастворимые соединения никеля и хлорводород.

**Результаты.** Современная технология рафинирования кобальта включает следующие этапы: обжиг никелевого концентрата, выщелачивание (позапанная очистка от примесей), экстракционное получение кобальтовых солей и электроэкстракция кобальта из хлоридных растворов.

В обжиге отделе рафинировочного цеха технологический процесс включает обжиг никелевого концентрата (файнштейна), получение огарка (закись никеля) и восстановление огарка до конечного продукта (порошок никелевый трубчатых печей) со степенью металлизации до 95%. В дальнейшем никелевый порошок поступает в гидрометаллургическое отделение на поэтапную очистку от примесей (выщелачивание) и получение кобальтового концентрата, который является сырьём для производства кобальтовых солей и товарного кобальта (*табл. 1*).

Экстракционный способ получения солей кобальта (карбоната кобальта) состоит из технологических этапов растворения кобальтового концентрата в соляной кислоте, цементационной очистки хлоридных растворов от примесей меди и свинца, корректировки растворов по хлору и кобальту. Технологическое оборудование, расположенное на производственных участках осаждения, корректировки и отмычки карбоната кобальта обслуживается аппаратами-гидрометаллургами отделения экстракции кобальтовых солей (ОЭК). Электролизники отделения электроэкстракции кобальта (ОЭЭК), обслуживающие ванны электроэкстракции (ёмкости с чередующимися анодными и катодными вертикальными пластинчатыми

электродами) осуществляют технологический контроль за процессом электролиза.

Исследования, проведённые в течение рабочей смены при действующем технологическом и вентиляционном оборудовании, показали наличие загрязнений воздушной среды производственных помещений аэрозолями металлов, выделяющихся в результате технологического процесса. Проведённые стандартным методом исследования показали, что в воздухе производственных помещений ОЭК и ОЭЭК присутствуют аэрозоли сложного состава, где наиболее значимыми были ВРС никеля и соединения кобальта (*табл. 2*).

В результате проведённых исследований установлены незначительные превышения (в 1,3 и 1,78 раза) среднесменных концентраций ВРС никеля в воздухе производственных помещений ОЭК и ОЭЭК. Превышения среднесменных концентраций кобальта выявлены в воздухе производственных помещений ОЭЭК в 1,2 раза. Содержание хлорводорода во всех пробах не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК).

В связи с отсутствием герметичности технологического оборудования в воздух производственных помещений с поверхности растворов с конвективными потоками поступают аэрозоли металлов. При выполнении всех операций по ходу технологического процесса экстракции и электроэкстракции определяются концентрации аэрозолей металлов, превышающие ПДК для ВРС никеля и кобальта и для ВНРС кобальта отделения электроэкстракции (*табл. 3*).

Среднесменные концентрации ВРС кобальта и никеля определялись в пределах 0,110 и 0,011 мг/м<sup>3</sup> (отделение экстракции), превышая ПДК в 11,0 и 2,3 раза и 0,029 и 0,005 мг/м<sup>3</sup> (отделение электроэкстракции), превышая ПДК в 2,9 и 1,03 раза. Среднесменные концентрации ВНРС кобальта и никеля определялись в пределах 0,0934 и 0,007 мг/м<sup>3</sup> (отделение экстракции) и 0,004 и 0,010 мг/м<sup>3</sup> (отделение электроэкстракции), превышая

Таблица 1 / Table 1

**Химический состав сырья для производства кобальта и кобальтовых солей, %  
The content of chemicals in raw materials for the production of cobalt salts, %**

Вещество / Substance	Порошок никелевый, % / Nickel powder, %	Кобальтовый концентрат, % / Cobalt concentrate, %
Кобальт / Cobalt	22–30,0	40–50,0
Никель / Nickel	26–32,0	2,5–4,0
Медь / Copper	0,3–0,4	0,05–0,15
Железо / Iron	4–6,0	2,5–6,0
Цинк / Zinc	0,005–0,1	0,1
Сульфаты / Sulfate	4–14,0	4–14,0

Таблица 2 / Table 2

**Концентрации химических веществ в воздухе производственных помещений экстракции и электроэкстракции кобальта, мг/м<sup>3</sup>  
Concentrations of substance in the air of the working place of extraction and electroextraction departments, mg/m<sup>3</sup>**

Вещество / Substance	Отделение экстракции / Extraction department	Отделение электроэкстракции / Electroextraction department	ПДК, мг/м <sup>3</sup> / MPC, mg/m <sup>3</sup>
Кобальт / Cobalt	0,0088±0,0034	0,0120±0,0078	0,01
Никель / Nickel	0,0065±0,0044	0,0089±0,0035	0,005
Хлорводород / Hydrogen chloride	0,3921±0,2538	0,17±0,02	5,0

Таблица 3 / Table 3

**Среднесменные концентрации водорастворимых и водонерастворимых металлов в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>**  
**Medium-shift concentrations of water-soluble and water-insoluble metals in the air of the working area, mg/m<sup>3</sup>**

Вещество / Substance	Отделение экстракции / Extraction department		Отделение электроэкстракции / Electroextraction department		ПДК, мг/м <sup>3</sup> / MPC, mg/m <sup>3</sup>
	ВРМ / ВНРМ // WSM / WISM	Соотношение ВРМ к ВНРМ, % / The ratio of WSM to WISM, %	ВРМ / ВНРМ // WSM / WISM	Соотношение ВРМ к ВНРМ, % / The ratio of WSM to WISM, %	
Никель / Nickel	0,01103* / 0,0069	61,4 / 38,6	0,0052* / 0,0100	34,0 / 66,0	0,005 / 0,05
Кобальт / Cobalt	0,1104* / 0,0934*	54,2 / 45,8	0,0292* / 0,0040	88,1 / 11,9	0,01
Медь / Copper	0,0028 / 0,0024	53,8 / 46,2	0,0229 / 0,0030	88,4 / 11,6	0,5
Марганец / Manganese	0,000378 / 0,00084	31,0 / 69,0	0,0001 / 0,0007	16,1 / 83,9	0,5
Магний / Magnesium	0,0014 / 0,0028	33,3 / 66,7	0,0017 / 0,0030	36,2 / 63,8	4,0
Цинк / Zinc	0,0048 / 0,002	70,4 / 29,6	0,0044 / 0,0016	73,3 / 26,7	0,5
Молибден / Molybdenum	0,0002 / 0,0002	47,6 / 52,4	0,0003 / 0,0003	50,0 / 50,0/0	1,0
Железо / Iron	0,0068 / 0,0420	14,0 / 86,0	0,0040 / 0,0255	13,6 / 86,4	6,0
Кадмий / Cadmium	0,0002 / 0,00005	74,6 / 25,4	0,00006 / 0,00003	70,6 / 29,4	0,01
Свинец / Lead	0,0014 / 0,0004	77,5 / 22,5	0,0018 / 0,0006	76,1 / 23,9	0,05

Примечание: ВРМ — водорастворимые металлы; ВНРМ — водонерастворимые металлы; \* — превышения среднесменных концентраций ВРМ и ВНРМ в воздухе рабочей зоны по сравнению с ПДК.

Note: WSM — water-soluble metals; WISM — water-insoluble metals; \* — excess of average shift concentrations of WSM and WISM in the air of the working area compared to the MPC.

ПДК кобальта в 9,3 раза в воздухе производственных помещений ОЭКС. Концентрации ВРС и ВНРС меди, марганца, магния, цинка, молибдена, железа, свинца, кадмия в воздухе рабочей зоны аппаратчиков-металлургов и электролизников можно признать несущественными, так как не превышали ПДК во всех пробах. Среднесменные концентрации ВРС никеля ОЭКС во вдыхаемых аэрозольных фракциях в 2,14 раза выше по сравнению с концентрациями ВРС никеля в ОЭЭК.

В процессе выполнения работ гидрометаллургии подвергаются комбинированному воздействию сложного комплекса химических веществ 1–4 классов опасности, как в отделении экстракции кобальтовых солей, так и электроэкстракции кобальта. При совместном присутствии в воздухе помещений соединений кобальта, никеля, сульфата и оксида меди (II) наблюдается эффект суммации. Для гигиенической оценки воздуха производственных помещений в условиях аддитивного действия соединений кобальта, никеля и меди проведена суммация эффектов, индуцированных комбинированным воздействием (табл. 4).

Результат суммирования эффекта в воздухе производственных помещений ОЭКС и ОЭЭК составил 22,57

и 4,59 соответственно. При одновременном действии на организм гидрометаллургов соединений кобальта, никеля, меди, их суммарный эффект равен сумме эффектов действующих соединений. Таким образом, переход на современный способ рафинирования кобальта связан с присутствием аэрозолей сложного состава, где наиболее значимыми являются ВРС и ВНРС кобальта и никеля.

**Обсуждение.** Российская Федерация обладает значительными запасами полезных ископаемых, где эксплуатируемые залежи руд цветных металлов имеют одно из ведущих мест в экономике страны. Добыча, обогащение и получение цветных металлов, в том числе никеля, кобальта, меди, связано не только со значительными капиталовложениями в производство, но и с загрязнением окружающей природной среды (атмосфера, вода, почва), а также воздуха производственных помещений металлургических предприятий. Внедрение новых технологических решений в производстве никеля, кобальта, меди путём исключения пирометаллургического рафинирования позволило снизить выбросы токсических веществ в атмосферу прилегающих к предприятиям территорий. В то же время применение современной технологии рафинирования кобальта

Таблица 4 / Table 4

**Комбинированное (аддитивное) действие химических веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>**  
**Combined (additive) action of chemicals in the air of the working area, mg/m<sup>3</sup>**

Производство / Department	Кобальт / Cobalt	Никель ВРМ / ВНРМ // Nickel WSM / WISM	Медь / Copper
ОЭКС / Extraction department	20,34	2,21 / 0,014	0,0084
ОЭЭК / Electroextraction department	3,31	1,03 / 0,2	0,052

Примечание: ВРМ — водорастворимые металлы; ВНРМ — водонерастворимые металлы.

Note: WSM — water-soluble metals; WISM — water-insoluble metals

«обжиг – выщелачивание – электроэкстракция» связано с постоянным поступлением в воздух производственных помещений аэрозолей сложного состава 1–4 классов опасности, где наиболее значимыми являются водорастворимые и водонерастворимые соединения никеля и кобальта. Работники металлургических предприятий, осуществляющих переработку медно-никелевых руд пирометаллургическим и гидрометаллургическим технологическим способами относятся к группам с высоким риском развития профессиональных заболеваний. Воздействие комплекса вредных производственных факторов (химические, физические, тяжесть труда), где пылегазовые аэрозоли являются ведущими, способствует развитию профессионально-обусловленной патологии [14, 15, 18]. Содержание водорастворимых и водонерастворимых соединений металлов в воздухе производственных помещений пирометаллургических и гидрометаллургических отделений, превышающих допустимые уровни, отмечались и ранее в отечественных и зарубежных научных исследованиях [11, 17, 19, 20].

**Заключение.** Таким образом, технология производства кобальтовых солей и кобальта методом экстракции и электроэкстракции связана с образованием комплекса вредных веществ, наиболее значимыми из которых являются водорастворимые и водонерастворимые соединения кобальта и никеля.

Химический состав сырья для производства кобальта и кобальтовых солей представлен комплексом вредных компонентов: кобальт, никель, медь, железо, цинк и сульфаты.

Установлены превышения среднесменных концентраций водорастворимых соединений никеля в воздухе производственных помещений. Выявлено превышение среднесменных концентраций кобальта в воздухе производственных помещений отделения электроэкстракции. В технологическом процессе экстракции и электроэкстракции определяются концентрации аэрозолей металлов, превышающие ПДК для водорастворимых солей никеля и кобальта в 2,3–11 раз.

В результате гигиенической оценки рабочих зон гидрометаллургов в условиях аддитивного действия соединений кобальта, никеля и меди установлена суммация эффектов, индуцированных комбинированным воздействием. При одновременном действии на организм гидрометаллургов соединений кобальта, никеля, меди, их суммарный эффект равен сумме эффектов действующих соединений. Результат суммирования эффекта в воздухе производственных помещений отделений экстракции и электроэкстракции составил 22,57 мг/м<sup>3</sup> и 4,59 мг/м<sup>3</sup>, соответственно, что существенно превышает ПДК каждого из компонентов.

Проведённое исследование свидетельствует о том, что производство цветных металлов, связанное с электроэкстракционной технологией получения кобальта, при отсутствии адекватного гигиенического мониторинга условий труда, создаёт реальный риск здоровью работников. Профилактические мероприятия по снижению уровней загрязнения воздуха рабочей зоны должны быть направлены прежде всего на внедрение современных и эффективных технологических способов рафинирования кобальта.

### Список литературы (пп. 2, 3, 4, 11, 14, 16 см. References)

- Оржоникидзе Э.К., Рошин А.В. Кобальт — токсичность, биологический контроль. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1991; 12: 1–4. <https://elibrary.ru/ksfuzl>
- Бузинов Р.В., Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Профессиональные риски здоровью при переработке медно-никелевой руды. *Здоровье населения и среда обитания*. 2023; 31(5): 60–69. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69>
- 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: ООО «Принт-2». 2016. <https://elibrary.ru/xvuckx>
- Сюрин С.А., Талыкова Л.В., Быков В.Р., Кизеев А.Н., Полякова Е.М. Профессиональная и производственно-обусловленная патология в никелевой промышленности: причины развития, структура, риск, риск-ориентированная профилактика. Монография – Санкт-Петербург. Издательство: Издательство «РА Полиграфичъ»; 2023. <https://elibrary.ru/nbrqfo>
- Шур П.З., Редько С.В., Фадеев А.Г., и др. Оценка условий труда и состояния здоровья работников предприятий цветной металлургии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(8): 537–544. <https://doi.org/10.1031089/1026-9428-2023-63-8-537-544>
- Ластовский Д.А. Профессиональнообусловленная заболеваемость у работников обжигового отделения цеха пирометаллургического рафинирования никеля. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Аспирантские чтения – 2023: молодые учёные – медицине. Приоритетные направления науки в достижении технологического суверенитета»*. Самара; 2024: 286–289. <https://elibrary.ru/phueic>
- Сюрин С.А., Чашин В.П., Фролова Н.М. Риск развития и особенности профессиональной патологии у работников цветной металлургии Кольского Заполярья. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 2: 22–26. <https://elibrary.ru/trllgf>
- Истомин А.В., Сааркопель А.М., Яцына И.В. Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях. Под ред. академика РАН, профессора В.Н. Ракитского. М.: Издательство: «Дашков и Ко»; 2015. <https://elibrary.ru/thigbn>
- Сюрин С.А., Ковшов А.А., Кирьянова М.Н. Сравнительная оценка профессиональной патологии при добыче и переработке медно-никелевой руды на предприятиях Кольского полуострова. *Санитарный врач*. 2025; 22(3(254)): 204–217. <https://doi.org/10.33920/med-08-2503-04> <https://elibrary.ru/ayreab>
- Суворов И.М., Чекунова М.П., Чекоданова Н.В. Кобальт и алкогольные кардиомиопатии (симптомы, дифференциальная диагностика, патогенез). *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1992; 9–10: 24–27. <https://elibrary.ru/ksplkz>
- Никанов А.Н., Чашин В.П., Улановская Е.В., Заиченко А.И., Шильниковская А.В., Гудков А.Б., Попова О.Н. Характеристика воздушной среды производственных помещений отделения экстракции кобальтовых солей. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(8): 806–810. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-806-810> <https://elibrary.ru/xfbidf>
- Газимова В.Г., Бухтияров И.В., Гурвич В.Б., Сутункова М.П., Шастин А.С., Алещенкова Н.Н., Сафрыгин А.В., Созонова Т.В., Мажаева Т.В., Ярушин С.В. Социально-экономическая эффективность сотрудничества медицинского научного центра и металлургического предприятия по сохранению здоровья работающих. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(12): 774–781. <https://elibrary.ru/ebyape> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-12-774-781>

## References

- Orzhonikidze E.K., Roshchin A.V. Cobalt – toxicity, biological control. *Gigiena truda i professional'nie zabolovaniya*. 1991; 12: 1–4 (in Russian). <https://elibrary.ru/kksfuzl>
- Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. Ed. Curtis D. Klaassen. New York: McGraw-Hill Medical Pub. Division (6<sup>th</sup> Edition); 2001.
- Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J. Occupational exposure assessment of metals. *Journal of Environmental Monitoring*. 2005; 7(5): 412–415. <https://elibrary.ru/ljaetl>
- Elinder C.-G.L. *Handbook on the Toxicology of the metals*. Eds. L. Friberg et al. Amsterdam etc.: Elsevier, 1988; 2: 211–232.
- Buzinov R.V., Syurin S.A., Kizeev A.N. Occupational Health Risks for Workers Engaged in Copper-Nickel Ore Processing. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2023; 31(5): 60–69 <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-60-69> (in Russian).
- Karimova L.K., Serebryakov P.V., Shaykhlislamova E.R., Yatsyna I.V. *Professional risks of health disorders of workers engaged in the extraction and processing of polymetallic ores*. Ufa-Moscow: OOO Print-2; 2016. <https://elibrary.ru/xvucxk> (in Russian).
- Syurin S., Talykova L.V., Bykov V.R., Kizeev A.N., Polyakova E.M. *Occupational and Work-Related Pathology in the Nickel Industry: Causes of Development, Structure, Risk, Risk-Based Prevention*. SPb: RA Polygrafych; 2023. <https://elibrary.ru/nbrqfo> (in Russian).
- Shur P.Z., Redko 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. *Med. truda i prom. ekol*. 2023; 63(8): 537–544. <https://doi.org/10.1031089/1026-9428-2023-63-8-537-544> (in Russian).
- Lastovsky D.A. Occupational morbidity in workers of the roasting department of the pyrometallurgical refining shop of nickel. *Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation «Graduate Readings – 2023: Young Scientists – Medicine. Priority Areas of Science in Achieving Technological Sovereignty»*. Samara; 2024: 286–289 <https://elibrary.ru/PHUEIC> (in Russian).
- Siurin S.A., Chashchin V.P., Frolova N.M. Risk and features of occupational diseases in nonferrous metallurgy workers of Kolsky Transpolar area. *Med. truda i prom. ekol*. 2015; 2: 22–26. <https://elibrary.ru/trllgf> (in Russian).
- Nieboer E., Øyvind Odland J., Thomassen Y., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component 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. <https://doi.org/10.1039/b618400f>
- Istomin A.V., Saarkoppel L.M., Yatsyna I.V. *Hygienic problems of correction of the nutritional factor in workers in harmful conditions*. Moscow: Izd-vo «Dashkov i K<sup>o</sup>», 2015 <https://elibrary.ru/thigbn> (in Russian).
- Syurin S.A., Kovshov A.A., Kiryanova M.N. Comparative assessment of occupational pathology in the extraction and processing of copper-nickel ore at enterprises of the Kola peninsula. *Sanitarnyl vrach*. 2025; 22(3(254)): 204–217. <https://doi.org/10.103920/med-08-2503-04> (in Russian).
- Stefaniak A.B., Harvey C.H., Virji M.A., Day G.A. Dissolution of cemented carbide powders in artificial sweat: implications for cobalt sensitization and contact dermatitis. *Journal of Environmental Monitoring*. 2010; 10(12): 1815–1822. <https://doi.org/10.1039/C0EM00269K>
- Suvorov I.M., Chekunova M.P., Chekodanova N.V. Cobalt and alcoholic cardiomyopathies (symptoms, differential diagnosis, pathogenesis). *Gigiena truda i professional'nie zabolovaniya*. 1992; 9–10: 24–27 <https://elibrary.ru/kspklz> (in Russian).
- 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. <https://doi.org/10.10390/ijerph17113879>
- Nikanov A.N., Chashchin V.P., Ulanovskaya E.V., Zaichenko A.I., Shilnikovskaya A.V., Gudkov A.B., Popova O.V. Characteristics of the air environment of the production premises of the cobalt salts extraction unit. *Gigiena i sanitariya*. 2023; 102(8): 806–810 <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-806-810> (in Russian).
- Gazimova V.G., Bukhtiyarov I.V., Gurchich V.B., Sutunkova M.P., Shastin A.S., Aleshenkova N.N., Safrygin A.V., Sozonova T.V., Mazhaeva T.V., Yarushin S.V. Socio-economic efficiency of cooperation between the medical research center and the metallurgical enterprise to preserve the health of workers. *Med. truda i prom. ekol*. 2024; 64(12): 774–781 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-12-774-781> (in Russian).
- Koch W., Dunkhorst W., Lödning 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): 657–662. <https://doi.org/10.1039/B204985F>
- Thomassen Y., Nieboer E., Romanova N., Hetland S., VanSpronsen E.P., Odland J.O., 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): 985–991. <https://doi.org/10.1039/B408464K>

## Сведения об авторах:

Шилов Виктор Васильевич

заведующий кафедрой токсикологии и медицинской защиты в чрезвычайных ситуациях ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; доктор мед. наук, профессор.

E-mail: [vshilov@inbox.ru](mailto:vshilov@inbox.ru)<https://orcid.org/0000-0003-3256-2609>

Никанов Александр Николаевич

заведующий научным отделением профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ст. науч. сотр., канд. мед. наук.

E-mail: [a.nikanov@s-znc.ru](mailto:a.nikanov@s-znc.ru)<https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>

Ковшов Александр Александрович

заведующий отделом гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, канд. мед. наук.

E-mail: [a.kovshov@s-znc.ru](mailto:a.kovshov@s-znc.ru)<https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>

Баринов Владимир Александрович

главный научный сотрудник ФГБУ «Научно-клинический центр токсикологии имени академика С.Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства», д-р мед. наук, профессор.

E-mail: [vladbar.57@yandex.ru](mailto:vladbar.57@yandex.ru)<https://orcid.org/0000-0002-3276-8036>

Оригинальные статьи

- Гудков Андрей Борисович      заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, д-р мед. наук, проф.  
*E-mail:* [gudkovab@nsmu.ru](mailto:gudkovab@nsmu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>
- Ермолин Сергей Петрович      доцент кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, канд. мед. наук.  
*E-mail:* [ermolinsergey@mail.ru](mailto:ermolinsergey@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5061-759X>

**About the authors:**

- Viktor V. Shilov*      Head of the Department of Toxicology and Medical Protection in Emergency Situations North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Dr. of Sci. (Med.), Professor.  
*E-mail:* [vshilov@inbox.ru](mailto:vshilov@inbox.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3256-2609>
- Aleksander N. Nikanov*      Head of Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Cand. of Sci. (Med.).  
*E-mail:* [a.nikanov@s-znc.ru](mailto:a.nikanov@s-znc.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>
- Aleksandr A. Kovshov*      Head of Hygiene Department, North-West Public Health Research Center, Cand. of Sci. (Med.).  
*E-mail:* [a.kovshov@s-znc.ru](mailto:a.kovshov@s-znc.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>
- Vladimir A. Barinov*      Chief Researcher, Scientific and Clinical Center of Toxicology named after Academician S.N. Golikov, Dr. of Sci. (Med.), Professor.  
*E-mail:* [vladbar.57@yandex.ru](mailto:vladbar.57@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3276-8036>
- Andrei B. Gudkov*      Head of the Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University, Dr. of Sci. (Med.), Professor.  
*E-mail:* [gudkovab@nsmu.ru](mailto:gudkovab@nsmu.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>
- Sergey P. Ermolin*      Docent of Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University, Cand. of Sci. (Med.).  
*E-mail:* [ermolinsergey@mail.ru](mailto:ermolinsergey@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5061-759X>
-