



Кислицына В.В., Бугаева М.С., Суржиков Д.В., Штайгер В.А.

Влияние диоксида серы на здоровье человека (обзор литературы)

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальным направлением профилактической медицины является изучение влияния химических загрязнителей воздушной среды на здоровье человека. Диоксид серы, один из наиболее распространённых аэрополлютантов, широко применяется в промышленности и поступает в окружающую среду из многочисленных природных и техногенных источников.

Цель исследования — провести анализ современных научных публикаций, посвящённых влиянию диоксида серы на здоровье человека, для углублённого изучения роли этого соединения в формировании болезней и разработки эффективных мер профилактики. Поиск литературных источников проведён среди отечественных и зарубежных научных публикаций, индексируемых в базах данных eLIBRARY, PubMed, Google Scholar, MedLine, Web of Science, Scopus.

Заключение. Анализ данных показал, что диоксид серы, будучи умеренно опасным веществом (III класс опасности), в высоких концентрациях и при длительном воздействии способствует формированию болезней дыхательных путей, сердечно-сосудистой, пищеварительной, иммунной, эндокринной систем, болезней крови, может стимулировать восприимчивость к канцерогенам. Доказана особая чувствительность детей к воздействию диоксида серы (SO₂). Это вещество является одним из главных загрязнителей воздушной среды на рабочих местах металлургических и газоперерабатывающих предприятий, вызывая у работников развитие болезней органов дыхания, изменения иммунного статуса. Вместе с тем показана роль эндогенного диоксида серы как эффективного газотрансмиттера. Для уменьшения воздействия сернистого газа на здоровье необходимо внедрение комплекса технологических, организационных и медицинских мероприятий.

Ключевые слова: диоксид серы; атмосферный воздух; воздух рабочей зоны; влияние на здоровье; газотрансмиттер; обзор

Для цитирования: Кислицына В.В., Бугаева М.С., Суржиков Д.В., Штайгер В.А. Влияние диоксида серы на здоровье человека (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2025; 104(9): 1120–1125. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1120-1125> <https://elibrary.ru/uqomxp>

Для корреспонденции: Кислицына Вера Викторовна, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Участие авторов: Кислицына В.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ литературных данных, написание текста, редактирование; Бугаева М.С. — сбор и анализ литературных данных, написание текста, редактирование; Суржиков Д.В. — сбор и анализ литературных данных; Штайгер В.А. — сбор литературных данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 28.08.2025 / Принята к печати: 19.09.2025 / Опубликовано: 20.10.2025

Vera V. Kislitsyna, Maria S. Bugaeva, Dmitry V. Surzhikov, Varvara A. Shtaiger

The impact of sulfur dioxide on human health (literature review)

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

ABSTRACT

A current area of preventive medicine is the study of the impact of chemical air pollutants on human health. Sulfur dioxide is one of the most common air pollutants, which is widely used in industry and has numerous natural and manmade sources of origin.

The aim of the study. To conduct an analysis of up-to-date literary sources devoted to the investigations of the influence of sulfur dioxide on human health for an in-depth study of its role in the development of diseases and the proposal of effective measures for their prevention.

The search for literary sources was conducted among domestic and foreign scientific reports indexed in databases eLIBRARY.RU, PubMed, Google Scholar, MedLine, Web of Science, Scopus.

Conclusion. The data analysis showed sulfur dioxide to be a moderately hazardous substance (hazard class III) in high concentrations. Under prolonged exposure it contributes to the development of respiratory diseases, as well as cardiovascular, digestive, immune, endocrine systems, blood diseases, and can stimulate susceptibility to carcinogens. Particular sensitivity to the effects of sulfur dioxide in children has been proven. It is one of the main pollutants of the air in the workplaces of metallurgical and gas processing enterprises, also causing workers to develop respiratory diseases and changes in the immune status. At the same time, there was shown the role of endogenous sulfur dioxide as an effective gas transmitter. To reduce the impact of sulfur dioxide on health, it is necessary to implement a set of technological, management, and medical measures.

Keywords: sulfur dioxide; atmospheric air; air of the working area; impact on health; gas transmitter; overview

For citation: Kislitsyna V.V., Bugaeva M.S., Surzhikov D.V., Shtaiger V.A. The impact of sulfur dioxide on human health (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(9): 1120–1125. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1120-1125> <https://elibrary.ru/uqomxp> (In Russ.)

For correspondence: Vera V. Kislitsyna, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Contribution: Kislitsyna V.V. — concept and design of the study, collection and analysis of literature data, writing the text, editing; Bugaeva M.S. — collection and analysis of literature data, writing the text, editing; Surzhikov D.V. — collection and analysis of literature data; Shtaiger V.A. — collection of literature data. All co-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.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: August 28, 2025 / Accepted: September 19, 2025 / Published: October 20, 2025

Изучение неблагоприятного воздействия различных факторов окружающей среды на здоровье человека особенно актуально в связи с постоянным загрязнением биосферы, что является одной из главных проблем гигиены природной среды не только в России, но и в мире [1, 2]. По данным Всемирной организации здравоохранения, почти всё население мира (99%) дышит загрязнённым воздухом, содержащим повышенные концентрации атмосферных поллютантов, а совокупное воздействие загрязнения атмосферного воздуха и воздуха помещений ежегодно приводит к 7 млн преждевременных смертей¹. Особенно высокую техногенную нагрузку испытывают промышленные центры и регионы [3]. Этим проблемам стали уделять внимание лишь в 70–80-х годах прошлого века, когда экологическое равновесие уже было значительно нарушено, что обусловило необходимость оценки влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения [4]. Диоксид серы является одним из основных атмосферных загрязнителей, распространённых повсеместно. Так, в Европе индекс качества воздуха принято рассчитывать по концентрациям пяти основных атмосферных поллютантов: озону, диоксиду азота, диоксиду серы, взвешенным частицам $PM_{2,5}$ и PM_{10} [5].

Цель работы — провести анализ современных источников литературы, посвящённых влиянию диоксида серы на здоровье человека, для углублённого изучения его роли в формировании болезней и разработки эффективных мер профилактики.

Поиск литературных источников проводился среди отечественных и зарубежных научных публикаций, индексируемых в следующих базах данных: eLIBRARY.RU, PubMed, Google Scholar, MedLine, Web of Science, Scopus. Запрос в поисковых системах осуществлялся по ключевым словам: «диоксид серы», «сернистый газ», «сернистый ангидрид». Критериями включения в обзор были данные оригинальных статей, критериями исключения — отсутствие в базах данных полных текстов статей, а также материалы конференций, резюме докладов, краткие сообщения.

Диоксид серы (SO_2) (сернистый газ, сернистый ангидрид) — это соединение серы с кислородом, бесцветный газ с резким запахом. Сернистый газ выделяется при сжигании серы или сероводорода, обжиге сульфидных руд. Его выделяют из сырой нефти и получают как побочный продукт при производстве цемента. Диоксид серы используется для производства серной кислоты, зарегистрирован как консервант E220, применяется для отбеливания соломы, шёлка и шерсти [6]. Природными источниками SO_2 являются извержения вулканов [7, 8], сгорание биомассы при лесных пожарах [9], сгорание попутного нефтяного газа [10, 11]. Техногенные источники сернистого газа — выбросы автотранспорта [12, 13] и теплоэнергетики [14, 15], производства алюминия [16], чёрной металлургии [17], а также горно-металлургической промышленности. Так, при производстве меди и никеля на Норильском горно-металлургическом комбинате регистрировались значительные выбросы в атмосферу сернистых соединений, в основном в виде диоксида серы (около 96%). Всего на долю группы предприятий «Норильский никель» приходилось до 25% общероссийских выбросов SO_2 [18].

Максимальная разовая предельно допустимая концентрация (ПДК) диоксида серы в атмосферном воздухе составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная ПДК — $0,05 \text{ мг/м}^3$. ПДК диоксида серы в воздухе рабочей зоны равна 10 мг/м^3 . По степени воздействия на человека диоксид серы относится к III классу опасности (умеренно опасное химическое вещество)².

В воздушной среде диоксид серы окисляется до триоксида, который, реагируя с водяным паром, образует серную

кислоту [19]. Серная кислота — один из компонентов «кислотных дождей», то есть всех видов осадков, водородный показатель (pH) которых меньше, чем значение pH дождевой воды (5,6) [20]. Серная кислота может вызывать обострение болезней дыхательных путей и стимулировать восприимчивость к канцерогенам [21]. При контакте сернистого ангидрида с влажной поверхностью слизистых оболочек верхних дыхательных путей образуется сернистая кислота, которая окисляется до серной, приводя к формированию хронических ринитов, бронхитов, воспалениям слухового прохода. При длительном действии происходят нарушения деятельности органов пищеварения и щитовидной железы [22]. Установлено, что диоксид серы оказывает неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую и нервную системы человека и может влиять на формирование диабета 2-го типа [23]. SO_2 относится к веществам, обладающим токсическим эффектом и оказывающим раздражающее действие на глаза и верхние дыхательные пути (рефлекторный спазм голосовой щели, гиперемия слизистых оболочек, першение в горле, кашель, насморк). При увеличении концентрации SO_2 появляются воспаление и ожог носоглотки, бронхов и трахеи. При сильной интоксикации формируются гнойный бронхит, острая эмфизема, токсическая пневмония [24].

Оценка риска для здоровья населения Норильска, проведённая С.В. Куркатовым и соавт., показала, что неканцерогенный риск от воздействия сернистого газа составляет 19,5 (допустимый уровень равен 1). Вклад SO_2 в суммарный неканцерогенный риск — 8,8%. Также выявлено превышение допустимого уровня риска по суммарному действию атмосферных загрязнителей на развитие хронических болезней дыхательной и иммунной систем, системы крови [25]. Влияние SO_2 приводит к ухудшению состояния кожи у больных atopическим дерматитом [26].

В работе А.Ф. Павлова и соавт. доказана связь уровня заболеваемости болезнями органов дыхания жителей Куйбышевского района Самары с загрязнением атмосферы города выбросами предприятий нефтепереработки и нефтехимии, содержащими диоксид серы. Болезни органов дыхания составляли 31,3% от всех патологий у взрослого населения и 64,9% у детей и подростков [27]. При изучении показателей первичной заболеваемости хронической обструктивной болезнью лёгких у взрослого населения Минска была выявлена её высокая прямая зависимость от концентраций основных загрязнителей атмосферного воздуха города (диоксида серы, оксида углерода и диоксида азота) за 2019–2021 гг. (коэффициент корреляции составлял 0,839) [28]. Исследование влияния антропогенных факторов на показатели здоровья жителей Республики Саха (Якутия), проведённое Семеновой Н.П., выявило статистически значимые связи между концентрациями диоксида серы в воздушной среде и развитием болезней эндокринной системы (коэффициент корреляции 0,73), болезней крови (коэффициент корреляции 0,67), болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (коэффициент корреляции 0,59) [29].

Д.В. Суржиков и соавт. при изучении связи между содержанием в воздухе диоксида серы и заболеваемостью населения болезнями органов дыхания выявили, что с увеличением концентрации диоксида серы на 10 мкг/м^3 у жителей города 15–19-летнего возраста возрастали показатели заболеваемости острым бронхитом (на 1,77%), пневмонией (на 1,8%), хроническим бронхитом (на 1,29%), бронхиальной астмой (на 1,57%) [30]. J.M. Fine и соавт. также показали, что при увеличении в атмосфере среднесуточной концентрации SO_2 на 10 мкг/м^3 уровень общей смертности возрастал на 0,6%, а показатели смертности от болезней сердечно-сосудистой и дыхательной систем — на 0,9% [31].

Многочисленные исследования посвящены изучению влияния диоксида серы на здоровье детского населения [32, 33]. Так, у детей, проживающих в зоне влияния выбросов предприятия по производству металлургического глинозёма, выявлено формирование хронического аэрогенного ри-

¹ The World Health Organization. Air pollution. Доступно по: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

² Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (и/или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685–21. Введён 01.03.2021 г.

ска развития патологий органов дыхания. На территории наблюдения показано превышение концентрации диоксида серы до 3,6 среднесуточной ПДК [34]. Также изучено содержание диоксида серы в воздухе города Сибай (Республика Башкортостан) при пожаре в Сибайском карьере в 2019 г. и установлена связь с заболеваемостью детского населения. Выявлено, что среднесуточная концентрация SO_2 в период пожара достигала $2,5 \text{ мг/м}^3$, превышая ПДК в пять раз. Также показано увеличение в 1,8 раза по сравнению с предыдущим годом случаев заболевания пневмониями у детей в 2019 г. [35]. В воздушной среде Луганской Народной Республики в районах размещения предприятий металлургической и коксохимической промышленности наблюдались повышенные концентрации многих промышленных поллютантов с преобладанием диоксида серы. Установлено угнетение фагоцитарной и секреторной функций нейтрофилов и моноцитов периферической крови у практически здоровых детей 12–14 лет, что проявлялось снижением фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа, спонтанной и индуцированной секреции интерлейкинов-1, -6, -8 и ФНО- α [36]. Изучение связи между загрязнением атмосферного воздуха и частотой врождённых пороков развития выявило, что сернистый газ оказывает влияние на развитие плода на втором и третьем месяцах беременности [37].

Сернистый газ — один из главных загрязнителей воздушной среды на рабочих местах металлургических предприятий [38, 39]. Диоксид и триоксид серы, выделяющиеся во время сушки, плавки и конвертирования рудного сырья, являются основными вредными факторами при производстве меди и никеля. Наиболее интенсивному воздействию оксидов серы подвергаются сушильщики, плавильщики, конвертерщики, машинисты кранов, а также вспомогательный рабочий персонал металлургических предприятий. Так, при рудотермической плавке меди концентрация SO_2 составляла $158 \pm 20,2 \text{ мг/м}^3$ с максимальным значением $429,9 \text{ мг/м}^3$; при шахтной плавке меди — $94 \pm 7,3 \text{ мг/м}^3$ с максимальным значением $208,8 \text{ мг/м}^3$; при рудотермической плавке никеля — $57 \pm 6,8 \text{ мг/м}^3$ с максимальным значением 136 мг/м^3 ; при плавке никеля в жидкой ванне — $55,6 \pm 4,6 \text{ мг/м}^3$ с максимальным значением $203,7 \text{ мг/м}^3$ [40]. Также было установлено превышение ПДК диоксида серы в 5–8 раз на рабочих местах конвертерщика, загрузчика шихты и разлищика, занятых производством черновой меди на металлургическом заводе Урала [41].

Исследования, проведённые А.А. Ковшовым и соавт., выявили, что концентрации диоксида серы превышали ПДК в 62% проб, отобранных на рабочих местах работников предприятий никелевой промышленности в Кольском Заполярье. Максимальная измеренная концентрация достигала $193,6 \text{ мг/м}^3$. Содержание сернистого газа во всех помещениях обогатительной фабрики составляло $5,7\text{--}68,6 \text{ мг/м}^3$, при этом среднее содержание в 70% определений превышало гигиенический норматив. В структуре профессиональной патологии металлургов преобладали болезни органов дыхания (50,6%) [42]. Показано влияние диоксида серы, содержащегося в воздухе рабочей зоны, на слизистую оболочку верхних дыхательных путей и бронхов плавильщиков титановых сплавов. Нарушение носового дыхания у данных работников проявлялось при стаже от 1 года до 5 лет, при стаже от 10 до 15 лет развивался катаральный назофарингит, при стаже от 15 до 20 лет — атрофический ринит. Поражение бронхов у плавильщиков наблюдалось при стаже более 5 лет, при стаже работы более 10 лет происходила обструкция бронхов [43]. Оценка условий труда на 55 рабочих местах в сталелитейных и металлообрабатывающих цехах предприятия Нижегородской области показала превышение гигиенических нормативов по взвешенным веществам, диоксиду серы и никелю. Выявлен повышенный риск для критических органов и систем более чем на 70% рабочих мест. Максимальные уровни профессионального риска от воздействия токсикантов были установлены на рабочих местах в электрометаллургическом, ковочно-прокатном, прес-

сово-термическом, кузнечно-прессовом цехах. Установлено, что основной удельный вес в развитии рисков для здоровья имели диоксид серы, никель, марганец [44].

В.И. Бойко и соавт. показали, что диоксид серы является одним из ведущих загрязнителей воздуха рабочей зоны газоперерабатывающих предприятий [45]. При определении показателей иммунитета у 160 мужчин-работников в возрасте от 30 до 40 лет, занятых переработкой природного газа и конденсата и подверженных воздействию диоксида серы, обнаружены нарушения иммунного статуса в виде лейкоцитоза, лимфоцитоза, изменения состава лимфоцитов, снижения уровня иммуноглобулинов и показателей фагоцитоза [46]. При изучении состава воздуха на расстоянии 15–1000 м от основных цехов металлургического предприятия по производству никеля, меди и кобальта было выявлено, что максимальные разовые концентрации SO_2 превышали соответствующий норматив в 2–5 раз [47].

В последнее время изучается роль эндогенного сернистого газа как эффективного газотрансмиттера, поддерживающего гомеостаз в организме [48]. Изначально считалось, что эндогенный диоксид серы образуется в тканях сердца в результате метаболизма серосодержащих аминокислот, прежде всего L-цистеина, через аспаратамино-трансферазный путь [49]. В настоящее время установлено, что SO_2 синтезируется во многих органах. Наиболее высокое содержание эндогенного диоксида серы у крыс было обнаружено в желудке, желудочках сердца, мозге, поджелудочной железе, лёгких, почках, селезёнке и печени [50]. Tian H. выявил важную роль эндогенного диоксида серы в регуляции функций сердечно-сосудистой системы и патогенезе гипоксической лёгочной гипертензии, гипертонической болезни, коронарного атеросклероза, ишемической болезни сердца [51]. Показано, что эндогенный диоксид серы ингибирует пролиферативную активность гладкомышечных клеток эндотелия сосудов [52]. Экспериментально выявлены вазодилатирующее действие эндогенного диоксида серы и его способность снижать сократительную функцию и сердечный выброс, приводя к снижению артериального давления. Кроме того, показано участие SO_2 в регуляции липидного обмена [53]. Также в эксперименте на крысах установлено, что эндогенный оксид серы уменьшал повреждение миокарда и повышал его антиоксидантный резерв [54]. При изучении роли эндогенного SO_2 в патогенезе острого повреждения лёгких, вызванного олеиновой кислотой, выявлено, что сернистый газ защищает от окислительного стресса и тяжёлого повреждения лёгких, снижая образование свободных радикалов [55].

Заключение

Анализ современных литературных источников, посвящённых изучению влияния диоксида серы на здоровье человека, показал, что диоксид серы, являясь умеренно опасным веществом (III класс опасности), в высоких концентрациях и при длительном воздействии способствует формированию болезней дыхательных путей, сердечно-сосудистой, пищеварительной, иммунной, эндокринной систем, болезней крови, может стимулировать восприимчивость к канцерогенам. Многими исследованиями доказана особая чувствительность детей к диоксиду серы. Сернистый газ является одним из главных загрязнителей воздушной среды на рабочих местах металлургических и газоперерабатывающих предприятий, вызывает у работников развитие болезней органов дыхания, изменения иммунного статуса. Вместе с тем показана роль эндогенного диоксида серы как эффективного газотрансмиттера. Для уменьшения воздействия сернистого газа на здоровье необходимо снижение выбросов данного химического соединения, для чего на предприятиях разрабатываются и внедряются новые производственные технологии. Например, на предприятиях компании «Норильский

никель» реализуется «Серная программа», направленная на утилизацию сернистого газа с получением серной кислоты, подлежащей нейтрализации [56]. На Набережночелнинской ТЭЦ внедряется технологический процесс адсорбционной очистки газовых выбросов на основе карбонатного

шлама [57]. Также следует отметить важность организационных и медицинских мероприятий с постоянным контролем состояния атмосферы, применением средств индивидуальной защиты и информированием населения в периоды повышенного загрязнения воздушной среды [58].

Литература

(п.п. 2, 3, 23, 31, 38, 39, 49–55 см. References)

- Héroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I. Основные выводы о медицинских аспектах загрязнения воздуха: проекты REVINAAP и HRAPIE ВОЗ/ЕК. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(6): 9–14. <https://elibrary.ru/ruhtbz>
- Косинский П.Д. Экологическая компонента качества жизни населения: региональный аспект. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; (6–3): 484–8. <https://elibrary.ru/uawzvz>
- Джумаалиева А.У. Влияние атмосферного воздуха на здоровье населения. *Ежеквартальный научно-информационный журнал «Экономический вестник»*. 2022; (3,4): 55–9. <https://elibrary.ru/cscwcm>
- Казакова Е.Ф., Абрамычева Н.Л., Дмитриева Н.Е. *Химия элементов для геохимиков и геоэкологов*. СПб., 2024. <https://elibrary.ru/mregbh>
- Бондур В.Г., Воронова О.С. Исследования последствий сильного извержения вулкана Райкома в центральных Курилах в 2019 г. с использованием спутниковых данных. *Исследование Земли из космоса*. 2024; (6): 38–51. <https://elibrary.ru/rquzjl>
- Гирина О.А., Лупян Е.А., Хорват А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Нурдаев А.А. и др. Анализ развития пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 10–13 апреля 2023 года на основе данных различных спутниковых систем. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2023; 20(2): 283–91. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-2-283-291> <https://elibrary.ru/razlwu>
- Ревич Б.А. Изменения климата и лесные пожары как факторы риска здоровью (аналитический обзор). *Анализ риска здоровью*. 2024; (3): 132–45. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2024.3.14> <https://elibrary.ru/lsgigr>
- Красноперова С.А. Проблема утилизации попутного нефтяного газа на примере нефтяного месторождения Удмуртской Республики. *Управление техносферой*. 2021; 4(1): 63–74. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2021.65.70.007> <https://elibrary.ru/kbooua>
- Глебова Л.В., Шарипов Ф.А., Вобликова Е.Ю., Артамонов Д.С. Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа. *Геология, география и глобальная энергия*. 2023; (1): 142–6. <https://elibrary.ru/ubsaaq>
- Гаевская Е.Ю. Особенности обеспечения экологической безопасности при эксплуатации автомобильного транспорта. *Бизнес, менеджмент и право*. 2024; (3): 63–7. <https://elibrary.ru/doslxt>
- Колесникова Е.В., Музалевская А.А. Влияние автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2024; (1): 69–83. <https://elibrary.ru/pramxl>
- Симонова И.Н., Сушкова Е.А., Симонова Д.Д. Характеристика загрязнений атмосферного воздуха на предприятии ПАО «ТПлюс» Пензенская ТЭЦ-1. *Образование и наука в современном мире. Инновации*. 2024; (2): 231–8. <https://elibrary.ru/piyxza>
- Никифорова В.А., Тарасюк Н.А., Тарновская Е.И. Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния предприятий теплоэнергетики. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2023; (1): 326–31. <https://elibrary.ru/udixis>
- Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Голиков Р.А., Ликонцева Ю.С., Штайгер В.А. Оценка риска для здоровья населения, обусловленного воздействием атмосферных выбросов алюминиевого завода. *Медицина труда и промышленная экология*. 2024; 64(9): 595–602. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-9-595-602> <https://elibrary.ru/lkhwz>
- Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Голиков Р.А., Мукашева М.А. Оценка влияния на здоровье населения выбросов прокатного производства металлургического комбината. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(6): 359–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-359-363> <https://elibrary.ru/rowzun>
- Рапута В.Ф., Симоненков Д.В., Белан Б.Д., Ярославцева Т.В. Оценка выбросов диоксида серы в атмосферу Норильского промышленного района. *Оптика атмосферы и океана*. 2019; 32(6): 465–70. <https://doi.org/10.15372/AOO20190608> <https://elibrary.ru/zyfowl>
- Гизатуллин Р.Д., Елисеев А.В. Модельная оценка закисленности атмосферных осадков за счет антропогенных соединений серы в XX веке. *Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана*. 2023; 59(1): 61–70. <https://doi.org/10.31857/S0002351523010030> <https://elibrary.ru/dmkuyf>
- Чомаева М.Н. Кислота с неба — человек — окружающая среда: факторы взаимовлияния. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2022; (7–1): 35–7. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-7-1-35-37> <https://elibrary.ru/rdxhzn>
- Аистов А.В., Александрова Е.А. Здоровье населения и загрязнение окружающей среды: региональные аспекты. *Регион: экономика и социология*. 2018; (2): 216–40. <https://doi.org/10.15372/REG20180210> <https://elibrary.ru/urmyni>
- Катола В.М. Об экологической обстановке в Амурской области и ее последствиях за последние десять лет (краткий обзор). *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2019; (73): 134–40. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2019-73-134-140> <https://elibrary.ru/mvldva>
- Фруммин Г.Т. Оценка рефлекторных рисков для населения Мурманской области при ингаляционном воздействии вредных веществ. *Арктика и инновации*. 2024; 2(2): 62–7. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-62-67> <https://elibrary.ru/nbivek>
- Куркатов С.В., Тихонова И.В., Иванова О.Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 28–31. <https://elibrary.ru/tphjkt>
- Яцына И.В., Крючкова Е.Н., Жадан И.Ю. Влияние факторов окружающей среды промышленного города на формирование дерматологической заболеваемости детей. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 967–71. <https://elibrary.ru/skoziz>
- Павлов А.Ф., Родионова Г.Н. Влияние степени загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения Куйбышевского района города Самары. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2023; 25(6): 208–18. <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-6-208-218> <https://elibrary.ru/cnzhxq>
- Труханович Я.Г., Будько О.С. Корреляция между концентрацией поллютантов в атмосферном воздухе и заболеваемостью ХОБЛ населения г. Минска. *Новости медико-биологических наук*. 2023; 23(3): 139–40. <https://elibrary.ru/nkrevh>
- Семенова Н.П. Состояние атмосферного воздуха и заболеваемость населения Республики Саха (Якутия). *Экология человека*. 2013; (12): 14–9. <https://elibrary.ru/rqbbhl>
- Суржиков Д.В., Суржиков В.Д. Гигиеническая оценка риска нарушения здоровья населения промышленного города от воздействия факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2007; (5): 32–4. <https://elibrary.ru/ibnysf>
- Ершова И.Б., Васендина М.В., Левчин А.М. Особенности здоровья детей раннего возраста в неблагоприятных социальных и экологических условиях. *Здоровье матери и ребенка*. 2024; (3): 59–62. <https://elibrary.ru/jzslgn>
- Шагеркин И.А., Дьяченко А.П., Чулюкова Е.А., Пшеничный Т.В., Ковека Л.В., Храмова В.Е. и др. Анализ влияния факторов окружающей среды на здоровье человека с применением цифровых решений. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2023; 9(4): 36–44. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44> <https://elibrary.ru/bvdurp>
- Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Игнатова А.М., Тихонова И.В., Маркович Н.И., Четверкина К.В. и др. Оценка риска нарушений состояния здоровья у детей, проживающих в зоне влияния производства металлургического глинозёма. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(2): 135–41. <https://elibrary.ru/vwidvo>
- Семенова И.Н., Рафиков С.Ш., Рафикова Ю.С., Абдрахимова А.Г. Влияние атмосферных техногенных выбросов на показатели здоровья детского населения горноуродного региона. *Оригинальные исследования*. 2023; 13(9): 123–31. <https://elibrary.ru/vvoaln>
- Жук С.В., Витришак С.В., Погорелова И.А., Карпенко Д.В. Иммунологические и метаболические нарушения у детей 12–14 лет, проживающих в экологически неблагоприятных зонах Луганской Народной Республики. *Тверской медицинский журнал*. 2023; (1): 127–31. <https://elibrary.ru/fkfloz>
- Кирушин В.А., Боботина Н.А., Демченко М.А., Моталова Т.В. Влияние загрязнений атмосферного воздуха на частоту врожденных пороков развития (на примере региона). *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2023; 31(1): 29–36. <https://doi.org/10.17816/PAVLOV1109333> <https://elibrary.ru/gcsxxd>
- 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/tphjz>
- Мишина Е.А. Оценка профессионального риска здоровью основных групп рабочих, занятых в производстве черновой меди. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2015; (2): 72–5. <https://elibrary.ru/txieng>
- Ковшов А.А., Сюрин С.А., Кирьянова М.Н., Пешкова А.П. Риски здоровью работников при электролитическом и электроэкстракционном рафинировании никеля. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2025; 33(5): 37–45. <https://elibrary.ru/nqfdue>
- Власова Е.М., Вознесенский Н.К., Алексеев В.Б., Воробьева А.А. Условия развития и особенности течения заболеваний органов дыхания у плавильщиков титановых сплавов. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(1): 65–9. <https://elibrary.ru/ywrnrm>

44. Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Скворцова В.А., Жаркова Е.М., Моисеева Е.В., Мельникова А.А. и др. Оценка факторов профессионального риска на металлургическом предприятии Нижегородской области. *Медицина труда и экология человека*. 2023; (3): 99–117. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10308> <https://elibrary.ru/rsabbu>
45. Бойко В.И., Доценко Ю.И., Ахминеева А.Х., Бойко О.В. Гигиена труда и состояние здоровья рабочих, занятых переработкой природного газа. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 541–8. <https://elibrary.ru/zarepx>
46. Доценко Ю.И., Бойко О.В. Показатели иммунитета рабочих, осуществляющих переработку природного газа и конденсата. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(1): 55–62. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-55-62> <https://elibrary.ru/kjerim>
47. Чашин В.П., Сюрин С.А., Гудков А.Б., Попова О.Н., Воронин А.Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 54(9): 20–6. <https://elibrary.ru/sueamz>
48. Сукманский О.И., Реутов В.П. Газотрансмиттеры: физиологическая роль и участие в патогенезе заболеваний. *Успехи физиологических наук*. 2016; 47(3): 30–58. <https://elibrary.ru/wmaprl>
56. Дидин С.В., Давтян А.В. Реализация «Серной программы» на Надеждинском металлургическом заводе имени Б.И. Колесникова. *Научный вестник Арктики*. 2025; (18): 19–28. <https://elibrary.ru/wisqey>
57. Николаева Л.А., Хуснутдинов А.Н., Хуснутдинова Э.М. Технология очистки газовых выбросов химических предприятий от диоксида серы гранулированным карбонатным шламом. *Экология и промышленность России*. 2024; 28(2): 4–11. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-2-4-11> <https://elibrary.ru/cmhtcz>
58. Топчубаева Э.Т., Калматов Р.К., Муратов Ж.К. Загрязнение атмосферы как важнейший фактор нарушений состояния здоровья человека. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*. 2022; 22(1): 198–204. <https://doi.org/10.36979/1694-500X-2022-22-1-198-204> <https://elibrary.ru/kpfgbf>

References

1. Héroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I. The main conclusions about the medical aspects of air pollution: the projects REVIHAAP and HRAPIE WHO/EC. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2013; 92(6): 9–14. <https://elibrary.ru/rubhtz> (in Russian)
2. Niu Y., Chen R., Kan H. Air pollution, disease burden, and health economic loss in China. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2017; 1017: 233–42. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5657-4_10
3. Brunekreef B., Holgate S.T. Air pollution and health. *Lancet*. 2002; 360(9341): 1233–42. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11274-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11274-8)
4. Kosinsky P.D. Ecological component of quality of life of the population: regional aspect. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2015; (6–3): 484–8. <https://elibrary.ru/uawzvb> (in Russian)
5. Dzumashaliev A.U. Impact of atmospheric air on public health. *Ezhekvartal'nyi nauchno-informatsionnyi zhurnal «Ekonomicheskii vestnik»*. 2022; (3,4): 55–9. <https://elibrary.ru/cscwcm> (in Russian)
6. Kazakova E.F., Abramychyeva N.L., Dmitrieva N.E. *Chemistry of Elements for Geochemists and Geoecologists [Khimiya elementov dlya geokhimikov i geoekologov]*. St. Petersburg; 2024. <https://elibrary.ru/mregbh> (in Russian)
7. Bondur V.G., Voronova O.S. Studying aftermath of the strong 2019 Raikoke volcano eruption in central Kuril Islands using satellite data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2024; (6): 38–51. <https://elibrary.ru/rquzjl> (in Russian)
8. Girina O.A., Loupian E.A., Horvath A., Melnikov D.V., Manevich A.G., Nuzhdaev A.A., et al. Analysis of the development of the paroxysmal eruption of the Sheveluch volcano on April 10–13, 2023, based on data from various satellite systems. *Cosmic Research*. 2023; 61(S1): S182–7. <https://doi.org/10.1134/s0010952523700533> <https://elibrary.ru/bjxzfz>
9. Revich B.A. Climate change and forest fires as health risk factors (analytical review). *Health Risk Analysis*. 2024; (3): 132–45. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2024.3.14> <https://elibrary.ru/sdgsud>
10. Krasnoperova S.A. The problem of the utilization of associated petroleum gas on the example of an oil field in the Udmurt Republic. *Upravlenie tekhnosferoi*. 2021; 4(1): 63–74. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2021.65.70.007> <https://elibrary.ru/kbooua> (in Russian)
11. Glebova L.V., Sharipov F.A., Voblikova E.Y., Artamonov D.S. Environmental problems of associated petroleum gas combustion. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya*. 2023; (1): 142–6. <https://elibrary.ru/ubsaq> (in Russian)
12. Gaevskaya E.Yu. Features of ensuring environmental safety in the operation of motor transport. *Biznes, menedzhment i pravo*. 2024; (3): 63–7. <https://elibrary.ru/doslxr> (in Russian)
13. Kolesnikova E.V., Muzalevskaya A.A. Influence of automobile transport on atmospheric air pollution in St. Petersburg. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*. 2024; (1): 69–83. <https://elibrary.ru/pramxl> (in Russian)
14. Simonova I.N., Sushkova E.A., Simonova D.D. Atmospheric air pollution at the enterprise of PJSC «TPlus» Penza HEC-1. *Obrazovanie i nauka v sovremennoy mire. Innovatsii*. 2024; (2): 231–8. <https://elibrary.ru/piyxxa> (in Russian)
15. Nikiforova V.A., Tarasyuk N.A., Tarnovskaya E.I. Ecological assessment of atmospheric air pollution in the zone of influence of thermal power plants. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki*. 2023; (1): 326–31. <https://elibrary.ru/udixis> (in Russian)
16. Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Golikov R.A., Likontseva Yu.S., Shtaiger V.A. Assessment of the public health risk caused by exposure to atmospheric emissions from an aluminum plant. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2024; 64(9): 595–602. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-9-595-602> <https://elibrary.ru/lkahwz> (in Russian)
17. Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Golikov R.A., Mukasheva M.A. Assessment of the impact on the health of the population of emissions from rolling production of a metallurgical plant. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(6): 359–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-359-363> <https://elibrary.ru/rowzun> (in Russian)
18. Raputa V.F., Simonenkov D.V., Belan B.D., Yaroslavtseva T.V. Estimation of SO₂ emission into the air of the Norilsk industrial region. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2019; 32(6): 650–4. <https://doi.org/10.1134/S1024856019060125> <https://elibrary.ru/kbfmfc>
19. Gizatullin R.D., Eliseev A.V. Model estimate of the acidity of atmospheric precipitation acidity due to anthropogenic sulfur compounds in the 20th century. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana*. 2023; 59(1): 61–70. <https://doi.org/10.31857/S0002351523010030> <https://elibrary.ru/dmkuyf> (in Russian)
20. Chomaeva M.N. Acid from the sky – man – environment: factors of mutual influence. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022; (7–1): 35–7. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-7-1-35-37> <https://elibrary.ru/rdxhzn> (in Russian)
21. Aistov A.V., Aleksandrova E.A. Population health and environmental pollution: regional aspects. *Region: ekonomika i sotsiologiya*. 2018; (2): 216–40. <https://doi.org/10.15372/REG20180210> <https://elibrary.ru/urmyni> (in Russian)
22. Katola V.M. Environmental situation and its implications in the Amur region for the last decade (overview). *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2019; (73): 134–40. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2019-73-134-140> <https://elibrary.ru/mvldva> (in Russian)
23. Wong C.M., Vichit-Vadakan N., Vajanapoom N., Ostro B., Thach T.Q., Chau P.Y., et al. Part 5. Public health and air pollution in Asia (PAPA): a combined analysis of four studies of air pollution and mortality. *Res. Rep. Health Eff. Inst.* 2010; (154): 377–418.
24. Frumin G.T. Assessment of reflex risks of inhalation exposure to harmful substances among the Murmansk oblast population. *Arktika i innovatsii*. 2024; 2(2): 62–7. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-62-67> <https://elibrary.ru/nbivek> (in Russian)
25. Kurkatov S.V., Tikhonova I.V., Ivanova O.Yu. Assessment of the risk of environmental atmospheric pollutants for the health of the population of the city of Norilsk. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 28–31. <https://elibrary.ru/tpjhkt> (in Russian)
26. Yatsyna I.V., Kryuchkova E.N., Zhadan I.Yu. The impact of environmental factors of an industrial city on the formation of a dermatological morbidity of children. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(10): 967–71. <https://elibrary.ru/skozrz> (in Russian)
27. Pavlov A.F., Rodionova G.N. The influence of the degree of atmospheric air pollution on the health of the population Kuibyshev district of Samara. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2023; 25(6): 208–18. <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-6-208-218> <https://elibrary.ru/cnzhxq> (in Russian)
28. Trukhanovich Ya.G., Budko O.S. Correlation between the concentration of pollutants in the atmospheric air and the incidence of COPD in the population of Minsk. *Novosti mediko-biologicheskikh nauk*. 2023; 23(3): 139–40. <https://elibrary.ru/nkrevh> (in Russian)
29. Semenova N.P. Atmospheric air state and morbidity among population in Republic of Sakha (Yakutia). *Ekologiya cheloveka*. 2013; (12): 14–9. <https://elibrary.ru/rqbhhl> (in Russian)
30. Surzhikov D.V., Surzhikov V.D. Hygienic assessment of a health risk to the population of an industrial town from the influence of environmental factors. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; (5): 32–4. <https://elibrary.ru/ibnysf> (in Russian)
31. Fine J.M., Gordon T., Sheppard D. The roles of pH and ionic species in sulfur dioxide- and sulfate-induced bronchoconstriction. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1987; 136(5): 1122–6. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/136.5.1122>
32. Ershova I.B., Vasendina M.V., Levchin A.M. Features of the health of young children in adverse social and environmental conditions. *Zdorov'e materi i rebenka*. 2024; (3): 59–62. <https://elibrary.ru/jzslgn> (in Russian)
33. Shaderkin I.A., Dyachenko A.P., Chulyukova E.A., Pshenichny T.V., Koveka L.V., Khrantsova V.E., et al. Analysis of the impact of environmental factors on human health using digital solutions. *Rossiiskii zhurnal telemeditsiny i elektronnoy zdravookhraneniya*. 2023; 9(4): 36–44. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44> <https://elibrary.ru/bvdurp> (in Russian)
34. Koldibekova Yu.V., Zemlyanova M.A., Ignatova A.M., Tikhonova I.V., Markovich N.I., Chetverkina K.V., et al. Assessment of the risk for health disorders in children who live in a territory of the zone of exposure to production of metallurgical aluminum. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(2): 135–41. <https://elibrary.ru/vwidvo> (in Russian)

Review article

35. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Rafikov S.S., Abdrakhimova A.G. The influence of atmospheric man-made emissions on the health indicators of the children's population of the mining region. *Original'nye issledovaniya*. 2023; 13(9): 123–31. <https://elibrary.ru/vvoaln> (in Russian)
36. Zhuk S.V., Vitrichchak S.V., Pogorelova I.A., Karpenko D.V. Immunological and metabolic disorders in children aged 12–14 living in ecologically unfavorable areas of the Luhansk People's Republic. *Tverskoi meditsinskii zhurnal*. 2023; (1): 127–31. <https://elibrary.ru/fkfl0z> (in Russian)
37. Kiryushin V.A., Bobotina N.A., Demchenko M.A., Motalova T.V. Influence of atmospheric air pollution on frequency of congenital anomalies (on an example of a region). *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2023; 31(1): 29–36. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ109333> <https://elibrary.ru/gcsxxd> (in Russian)
38. Jia J., Cheng S., Yao S., Xu T., Zhang T., Ma Y., et al. Emission characteristics and chemical components of size-segregated particulate matter in iron and steel industry. *Atmos. Environ.* 2018; 182: 115–27. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.03.051>
39. Sarkar S., Mazumder D. Solid waste management in steel industry – challenges and opportunities. *Int. J. Soc. Behav. Educ. Econ. Bus. Ind. Eng.* 2015; 9(3): 978–81. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1100246>
40. Lipatov G.Y., Adrianovskiy 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 Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 64–7. <https://elibrary.ru/tphj0z> (in Russian)
41. Mishina E.A. Estimation professional risk health of major groups of workers engaged in the production of blister copper. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*. 2015; (2): 72–5. <https://elibrary.ru/txienn> (in Russian)
42. Kovshov A.A., Syurin S.A., Kir'yanova M.N., Peshkova A.P. Occupational health risks in electrolytic refining and electrowinning of nickel. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNISO*. 2025; 33(5): 37–45. <https://elibrary.ru/nqfduu> (in Russian)
43. Vlasova E.M., Voznesenskiy N.K., Alekseev V.B., Vorobeva A.A. Conditions of the development and peculiarities of the course of respiratory diseases in smelters of titanium alloys. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(1): 65–9. <https://elibrary.ru/ywrnrm> (in Russian)
44. Chernikova Ye.F., Potapova I.A., Skvortsova V.A., Zharkova Ye.M., Moiseyeva Ye.V., Melnikova A.A., et al. Assessment of occupational risk factors at a Nizhny Novgorod metallurgical enterprise. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2023; (3): 99–117. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10308> <https://elibrary.ru/rsabbu> (in Russian)
45. Boiko V.I., Dotsenko Yu.I., Akhmineeva A.Kh., Boiko O.V. Occupational hygiene and health of workers employed in the processing of natural gas. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(6): 541–8. <https://elibrary.ru/zapecx> (in Russian)
46. Dotsenko Yu.I., Boiko O.V. Indicators of immunity in workers engaged in the processing of natural gas and condensate. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(1): 55–62. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-55-62> <https://elibrary.ru/kjerim> (in Russian)
47. Tchashin V.P., Siurin S.A., Goudkov A.B., Popova O.N., Voronin A.Yu. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; 54(9): 20–6. <https://elibrary.ru/sueamz> (in Russian)
48. Sukmansky O.I., Reutov V.P. Gasotransmitters: physiological role and involvement in the pathogenesis of the diseases. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 2016; 47(3): 30–58. <https://elibrary.ru/wmaptl> (in Russian)
49. Liu D., Jin H., Tang C., Du J. Sulfur dioxide: a novel gaseous signal in the regulation of cardiovascular functions. *Mini Rev. Med. Chem.* 2010; 10(11): 1039–45. <https://doi.org/10.2174/1389557511009011039>
50. Luo L., Chen S., Jin H., Tang C., Du J. Endogenous generation of sulfur dioxide in rat tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2011; 415(1): 61–7. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2011.10.012>
51. Tian H. Advances in the study on endogenous sulfur dioxide in the cardiovascular system. *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2014; 127(21): 3803–7.
52. Liu D., Huang Y., Bu D., Liu A.D., Holmberg L., Jia Y., et al. Sulfur dioxide inhibits vascular smooth muscle cell proliferation via suppressing the Erk/MAP kinase pathway mediated by cAMP/PKA signaling. *Cell Death Dis.* 2014; 5(5): e1251. <https://doi.org/10.1038/cddis.2014.229>
53. Wang X.B., Jin H.F., Tang C.S., Du J.B. The biological effect of endogenous sulfur dioxide in the cardiovascular system. *Eur. J. Pharmacol.* 2011; 670(1): 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.08.031>
54. Liang Y., Liu D., Ochs T., Tang C., Chen S., Zhang S., et al. Endogenous sulfur dioxide protects against isoproterenol-induced myocardial injury and increases myocardial antioxidant capacity in rats. *Lab. Invest.* 2011; 91(1): 12–23. <https://doi.org/10.1038/labinvest.2010.156>
55. Chen S., Zheng S., Liu Z., Tang C., Zhao B., Du J., et al. Endogenous sulfur dioxide protects against oleic acid-induced acute lung injury in association with inhibition of oxidative stress in rats. *Lab. Invest.* 2015; 95(2): 142–56. <https://doi.org/10.1038/labinvest.2014.147>
56. Didin S.V., Davtyan A.V. Implementation of the «Sulfur program» at the Nadezhdinsky metallurgical plant named after B.I. Kolesnikov. *Nauchnyi vestnik Arktiki*. 2025; (18): 19–28. <https://elibrary.ru/wisqey> (in Russian)
57. Nikolaeva L.A., Khusnutdinov A.N., Khusnutdinova E.M. Technology for purifying gas emissions of chemical plants from sulfur dioxide using granular carbonate sludge. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2024; 28(2): 4–11. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-2-4-11> <https://elibrary.ru/cmhctz> (in Russian)
58. Topchubayeva E.T., Kalmatov R.K., Muratov Zh.K. Atmospheric pollution as the most important factor of human health disorders. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiiskogo Slavyanskogo universiteta*. 2022; 22(1): 198–204. <https://doi.org/10.36979/1694-500X-2022-22-1-198-204> <https://elibrary.ru/kpfqbf> (in Russian)

Сведения об авторах

Кислицына Вера Викторовна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Бугаева Мария Сергеевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. молекулярно-генетических и экспериментальных исследований ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: bugms14@mail.ru

Суржиков Дмитрий Вячеславович, доктор биол. наук, доцент, зав. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Штайгер Варвара Адамовна, науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Information about the authors

Vera V. Kisitsyna, PhD (Medicine), leading researcher, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6731> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Maria S. Bugaeva, PhD (Biology), senior researcher, Molecular-genetic and experimental study laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3692-2616> E-mail: bugms14@mail.ru

Dmitry V. Surzhikov, DSc (Biology), associate professor, head, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7469-4178> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Varvara A. Shtayger, researcher of the human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4628-3133> E-mail: ecologia_nie@mail.ru