

Гигиеническая оценка физико-химических свойств рудничного аэрозоля. Профессиональная патология горнорабочих, обслуживающих самоходное дизельное оборудование

А.Г. Чеботарёв ✉, И.Ю. Гибадулина, Н.С. Горячев

Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, г. Москва, Российская Федерация

✉a.g.cheba@yandex.ru

Резюме: В статье представлена гигиеническая оценка физико-химических свойств рудничного аэрозоля и загрязнений воздуха рабочих зон компонентами вредных веществ на рудных шахтах, использующих самоходное дизельное оборудование. В рудничной атмосфере определяется повышенное содержание пыли, оксидов азота, акролеина, формальдегида, полициклических ароматических углеводородов, концентрации которых могут в 3–8 раз превышать предельно допустимую концентрацию. Установлено, что дисперсная фаза рудничного аэрозоля содержит, помимо минеральных, органические частицы (сажа), на поверхности которых сорбируются компоненты отработанных газов дизельных двигателей. Загрязнение воздуха рабочих зон введёт к развитию профессиональных заболеваний лёгких токсико-пылевой природы. Повышенное содержание в воздухе рабочей зоны рудников 3,4-бензпирена, адсорбированного на саже, результаты гистологического изучения биоптатов бронхов у больных профессиональными заболеваниями лёгких, не позволяет исключить их влияние на развитие онкологических заболеваний, таких как рак лёгких, бронхов, кожи крыла носа и др..

Ключевые слова: профессиональные заболевания, медицина труда, условия труда, гигиенические исследования, рудничный аэрозоль, самоходное дизельное оборудование

Для цитирования: Чеботарёв А.Г., Гибадулина И.Ю., Горячев Н.С. Гигиеническая оценка физико-химических свойств рудничного аэрозоля. Профессиональная патология горнорабочих, обслуживающих самоходное дизельное оборудование. *Горная промышленность*. 2020;(2):130–135. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-130-135.

Hygienic Assessment of Physical and Chemical Properties of Mine Aerosol. Occupational Pathology of Mine Technicians who Service Mobile Diesel Equipment

A.G. Chebotarev, I.Yu. Gibadulina, N.S. Goryachev ✉

Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation

✉a.g.cheba@yandex.ru

Abstract: The article presents a hygienic assessment of physical and chemical properties of mine aerosol and air pollution with harmful substances in working zones of ore mines that utilize mobile diesel equipment. The mine atmosphere has been revealed to contain excessive concentrations of dust, nitrogen oxides, acrylaldehydes, formaldehydes, polycyclic aromatic hydrocarbons in amounts exceeding the maximum admissible concentrations by 3-8 times. It is established that apart from mineral particles, the dispersed phase of the mine aerosol contains organic particles (soot), which surface traps the components of diesel engine exhaust gases. Air pollution in working zones promotes occupational lung diseases caused by toxic substances and dust. Excessive content of 3,4-benzpyrene in the air of the working zone in mines and its trapping by soot, along with the results of histological study of bronchial biopsy samples of patients with occupational lung diseases, do not allow to exclude their impact on development of such oncological diseases as lung, bronchogenic, nose skin and other types of can-cer.

Keywords: occupational diseases, occupational medicine, working environment, hygienic assessment, mine aerosol, mobile diesel equipment

For citation: Chebotarev A.G., Gibadulina I.Yu., Goryachev N.S. Hygienic Assessment of Physical and Chemical Properties of Mine Aerosol. Occupational Pathology of Mine Technicians who Service Mobile Diesel Equipment. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(2):130–135. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-130-135.

* Данная статья является продолжением работ, опубликованных в нашем журнале №2 (144) в 2019 г., с. 74–76.

Введение

Процессы добычи сырья в горнодобывающей промышленности за счет внедрения высокопроизводительных машин и механизмов ведут к росту производительности труда, снижению численности работающих, занятых во вредных условиях труда. Этому способствует широкое использование самоходного оборудования с дизельным приводом (ДП) как при открытой, так и при подземной добыче полезных ископаемых. Применение мощных машин и механизмов может менять сложившиеся формы и условия труда работающих, интенсивность существующих производственных факторов, что приводит к тому, что в дополнение к пылевому фактору в воздух рабочей площадки поступают токсические газообразные вещества, которые могут обусловить изменение характера профессиональной патологии у горнорабочих. Это ставит перед специалистами в области медицины труда задачу по изучению характеристик рудничного аэрозоля, его физико-химических свойств, а также оценки воздействия многокомпонентной пылегазовой смеси на состояние здоровья горнорабочих, особенно при длительном стаже работы по обслуживанию самоходных дизельных машин.

Гигиенические исследования показали, что в последние десятилетия широко применяются при основных и вспомогательных процессах подземной добычи руд и горно-химического сырья комплексы самоходного оборудования с ДП. Внедрение его в горнодобывающей промышленности и в первую очередь – в горнорудной, обусловило воздействие на горнорабочих высокодисперсной кварцсодержащей пыли, сажи, выхлопных газов, шума и вибрации, масляных аэрозолей [1; 2].

При использовании этого оборудования в подземных выработках появляются новые, дополнительные факторы производственной среды – эмиссии дизельных двигателей, включающие CO, CO₂, углеводороды, оксиды азота, формальдегид, альдегиды, фенолы, твердые частицы, ароматические углеводороды, повышенное содержание масляного аэрозоля. Большая часть этих веществ обладает токсическими свойствами, неприятным запахом, способностью раздражать слизистые оболочки. Следует также учесть, что частицы, состоящие из сложной смеси углерода и углеводородов, являются хорошими адсорбентами, способными эффективно адсорбировать высокомолекулярные органические вещества, которые, по данным Большого Американского Национального института рака, обладают канцерогенными свойствами. Исследования Национального института безопасности и гигиены труда по изучению профессионального воздействия таких выбросов для подземных шахтеров показали повышенный риск смерти от рака легких для здоровья работников. Выхлопные газы дизельных двигателей вызывают рак легких у людей¹. Всё это требует оценки потенциальной опасности их воздействия на организм горнорабочих и возможного изменения профессиональной патологии органов дыхания у рабочих подземной добычи руд, использующих машины с дизельными двигателями.

Результаты исследования

Как показали результаты гигиенических исследований на рудниках Кавказа, Европейского Севера, содержание

пыли и выхлопных газов практически при всех операциях превышает ПДК.

При выполнении основных операций с использованием машин с ДП были отобраны пробы воздуха на содержание дисперсной фазы рудничного аэрозоля, а также пробы для его физико-химических характеристик. Установлено, что величины разовых концентраций пыли колеблются в широких пределах в зависимости от характера выполняемой операции. Содержание пыли на рабочих местах отличается в зависимости от используемых видов машин. Сосредоточение отдельных операций на отрабатываемом участке панели, разнонаправленность воздушных потоков приводят к «перетеканию веществ», загрязняющих воздух рабочих зон. Наиболее высокие концентрации рудничного аэрозоля определялись при транспортировке руды и погрузке её в автосамосвалы при одновременной работе 2–3 машин, когда движения машин не полностью увязаны со схемами вентиляции, а также при неэффективном проветривании призабойных пространств [3].

В условиях подземных горных выработок с целью оценки состояния рудничной атмосферы при использовании самоходной дизельной техники были отобраны пробы воздуха для определения на них содержания пыли, сажи и смазочных масел. Результаты выполненных работ свидетельствуют о том, что как при очистных, так и при проходческих работах, среднесменные концентрации дисперсной фазы рудничного аэрозоля (пыль+сажа+масло) имеют небольшой диапазон колебаний. При погрузочных работах максимальные концентрации достигают значений 31,8 и 34,5 мг/м³, при бурении – 24,8 мг/м³.

В пробах, отобранных на фильтры, было определено содержание диспергированных смазочных масел. При буровых работах установлена повышенная концентрация масел в воздухе, достигающая величин 4,1–4,9 мг/м³, что составляло 30–55% от навески рудничного аэрозоля. Ранее мы отмечали повышенное содержание смазочных масел при мелкошпуровом перфораторном бурении. Использование на высокопроизводительных шахтах буровых станков, погрузочных машин с гидравлическими системами управления влечёт к появлению масла практически на всех рабочих местах.

Изучение физико-химических характеристик рудничного аэрозоля показало, что дисперсная фаза рудничного аэрозоля приобрела смешанную природу и представлена минеральными и органическими составляющими. Содержание минеральных частиц, образующихся при дроблении и измельчении горных пород, в пробах колебалось от 62,8 до 95,1%. Органические составляющие рудничного аэрозоля представлены в основном частицами сажи (2,3–16,3%) и диспергированного смазочного масла (2,6–21,3%). Количество сажи составляло от 6,3 до 13% от массы всех витающих частиц в воздухе. Они обладают большой удельной поверхностью и являются источником интенсивной сорбции химических веществ на своей поверхности. Исследования показали, что на витающей пыли сорбируются углеводороды C₂–C₇ (28%) и значительное количество газообразных компонентов выхлопа, представленных оксидом и диоксидом углерода, оксидами азота. В осевшей пыли были обнаружены преимущественно сорбированные парафиновые углеводороды C₄–C₁₇, алкилбензолы и алкилпарафины. Результаты исследований по сорбции органических и неорганических компонентов выхлопа на осевшей и витающей пыли представлены в табл. 1.

¹ Международное агентство по изучению рака: организация, не имеющая аналогов. Изучение рака в целях его предотвращения. Лион; 2012. Режим доступа: <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2019/07/IARC-brochure-RU-2019-web.pdf>

Таблица 1
Содержание компонентов
выхлопных газов, сорбированных
на рудничной пыли

| Наименование компонентов | Содержание мкг/г | % масс. |
|---|----------------------------------|---------|
| Предельные, изопарафиновые, циклопарафиновые углеводороды C ₄ –C ₁₇ | $\frac{20,0-24,0}{21,4 \pm 0,9}$ | 71,6 |
| Алкилбензолы, содержащие 1–4 атома углерода в боковых цепях | $\frac{2,6-4,2}{3,4 \pm 0,4}$ | 11,4 |
| Алкилнафталины, содержащие 1–4 атома углерода в боковых цепях | $\frac{1,2-2,9}{2,1 \pm 0,3}$ | 7,4 |
| 3,4-бензпирен | 0,1 | 0,3 |
| Полициклические ароматические углеводороды (кроме 3,4-бензпирена) | $\frac{1,0-4,3}{2,6 \pm 0,7}$ | 8,7 |
| Оксид углерода | Следы (<0,04) | 0,1 |
| Диоксид азота | Следы (<0,08) | 0,3 |

Table 1
Chemical composition of
exhaust gas components
trapped on mine dust

С помощью хромато-массспектрометрии на пыли были идентифицированы, как видно из табл. 1: парафиновые углеводороды, содержащие от 4 атомов углерода в молекуле; циклопарафиновые углеводороды, производные циклогексана, с числом атомов в алкильном ядре от 2 до 6, алкилбензолы, содержащие 1–4 атома углерода в боковых цепях, и алкилнафталины с числом атомов углерода в боковых цепях от 1 до 4 атома углерода. Следует отметить, что меняется не только вещественный состав дисперсной фазы аэрозоля (ранее рудничная пыль характеризовалась как витающие минеральные частицы разрушенных горных пород), но и дисперсные характеристики частиц, их морфология и агрегатное состояние.

Таким образом, на горных предприятиях, где применяется оборудование с ДП, изменяются основные физико-химические свойства рудничного аэрозоля, который состоит из частиц минерального и органического происхождения. До 40% витающих частиц на рабочих местах в дисперсной фазе аэрозоля могут составлять органические вещества, в т.ч. частицы сажи (твёрдый продукт выхлопа дизелей). Всё это ведёт к изменению рисков развития профессиональной патологии органов дыхания горнорабочих [4].

Гигиенические исследования показали, что рудничная атмосфера также загрязняется компонентами выхлопных газов (оксиды азота, СО, акролеин, формальдегид, 3,4-бензпирен и др.), содержание которых может колебаться в широких пределах. Наиболее высокие концентрации оксидов азота (NO_x), превышающие ПДК в 3–8 раз, определялись в воздухе рабочих зон при значительной интенсивности погрузочно-транспортных работ, а также при работе машин в тупиковых, слабопрветриваемых забоях.

Известно, что в выхлопе дизельных двигателей значительная часть газов приходится на оксид азота (NO), содержание которого в отобранных пробах воздуха колебалось от 18 до 68% от общего количества NO_x. Более высокое содержание NO определялось при интенсификации работ в условиях подземных выработок и мобильности машин. В практике производственного контроля из-за сложности определения NO и его быстрого окисления на рабочих местах определяется NO_x – суммарное содержание оксидов азота.

Количество альдегидов, летучих углеводородов C₅–C₉ в воздухе рабочих мест в 2–3 раза превышало ПДК, и лишь

при интенсивной работе машин в отдельных пробах содержание акролеина, формальдегида возрастало. Известно, что даже при низких концентрациях эти соединения обладают общетоксическим, раздражающим и аллергическим действием.

С гигиенической точки зрения потенциальную опасность для горнорабочих в числе компонентов выхлопных газов имеют полициклические ароматические углеводороды и в первую очередь – 3,4-бензпирен, обладающий наибольшей выраженной канцерогенной активностью. Результаты анализа воздуха рабочих зон основного и вспомогательного персонала, а также в соскобах с поверхности горных выработок (кровля, стены), смётах с оборудования на обследованных предприятиях показали, что 3,4-бензпирен был обнаружен во всех пробах в концентрации от 0,07 до 5,3 мкг/м³ (ПДК = 0,15 мкг/м³). Как средние, так и максимальные значения концентрации углеводородов в воздухе рабочих мест превышали ПДК [5].

Кроме 3,4-бензпирена в воздухе рабочих зон обнаружены и другие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ – флуорантен, пирен, перилен, хризен, 1,2-бензантрацен и др.), содержание которых в 10–15 раз выше, чем 3,4-бензпирена). Содержание других ПАУ было в десятки раз выше. В осевшей пыли идентифицировано около 11 ПАУ с числом бензольных циклов от 3 до 6. Помимо 3,4-бензпирена высокой активностью обладает 1,2,5,6-дибензантрацен (0,14 мкг/г), хризен (0,5 мкг/г), 1,2-бензантрацен (0,6 мкг/г). Наиболее высокими были концентрации флуорантена и пирена, соответственно 1,1 и 1,65 мкг/г. Однако, по литературным данным, их активность слабая.

Следует отметить, что ПАУ и в первую очередь 3,4-бензпирен, присутствуют как на рабочих местах водителей ПДМ и автосамосвалов, так и на рабочих местах лиц, не занятых обслуживанием самоходного оборудования. 3,4-бензпирен, попадая в вентиляционные потоки, загрязняет воздух рабочих зон всего работающего персонала. Повышенное содержание рудничного аэрозоля объясняется неэффективным проветриванием призабойных пространств, отсутствием средств обеспыливания при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Дополнительными источниками выделения пыли являются взрывные работы во вторичном дроблении кусков руды и выбивание ее из рудоспусков. В соскобах со стен, кровли выработок, где осаждаются нагретые продукты выхлопа, также обнаружено присутствие ПАУ, что может способствовать при проветривании выработок вторичному их поступлению в воздух рабочих зон. Полученные материалы обуславливают введение на этих предприятиях обязательного периодического контроля на содержание в воздухе 3,4-бензпирена, а также проведение специальных исследований по выявлению онкопатологии среди горнорабочих.

На карьерах, где горные работы сосредоточены на значительной территории, использование самоходных машин с дизельными двигателями не приводит к столь интенсивному загрязнению рабочих мест, как при ведении подземных работ. Концентрации пыли, как правило, минерального состава разрабатываемых горных пород колеблются от 0,6 до 12,5 мг/м³ и зависят не столько от технологического процесса, сколько от направления ветра, взмётывания пыли с бортов и необработанных в летний период дорог, неправильного расположения работающих машин и механизмов. Содержание пыли зависит от сезонных микроклиматических условий. На карьерах Крайнего Севера концентрации пыли в холодный период находятся на уровнях,

близких к значениям ПДК при основных технологических процессах. Это связано с наличием значительного снежного покрова. В тёплый период года уровни запылённости возрастают в десятки и более раз, достигая 56,7 мг/м³ [6].

Содержание основных компонентов выхлопных газов на рабочих местах в карьерах, как правило, не превышает гигиенических нормативов. Но проблема борьбы с отработанными газами в глубоких карьерах остаётся и требует решения, особенно в специфических северных условиях.

Таким образом, условия труда на высокомеханизированных горнодобывающих предприятиях характеризуются рядом особенностей. Рудничный аэрозоль представляет собой сложный многокомпонентный фактор, обладающий фиброгенными, токсическими и раздражающими свойствами, имеет свои физико-химические характеристики. Применение самоходного оборудования с ДП приводит к формированию пылегазового комплекса, который вместе с другими производственными факторами (шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и др.) определяет потенциальную опасность условий труда горнорабочих и риск развития у них профессиональных заболеваний.

При изучении развития профессиональных заболеваний бронхо-лёгочного аппарата у стажированных горнорабочих высокомеханизированных рудников особое внимание было обращено на лиц, обслуживающих длительное время самоходное оборудование и подвергающихся воздействию пылегазовых смесей. Для установления особенностей течения заболеваний органов дыхания работающих проведены исследования контингента обследованных и их профессионального маршрута, на основании чего сделана выборка с чистым стажем работы в подземных условиях. Общее количество их составило 169 человек, которые имели стаж работы от 5 до 30 лет, средний возраст 49 лет и прошли углубленное обследование в клинике института. Помимо комплексного клинико-рентгенофункционального исследования больным проведено бронхофиброскопическое исследование с биопсией слизистой оболочки бронхов и трансбронхиальной биопсией альвеолярной области лёгких. Более 70% обследованных имели контакт с пылегазовой смесью в течение 10 и более лет.

У горнорабочих, имеющих практически «чистый» стаж работы в условиях воздействия многокомпонентного рудничного аэрозоля, пылевой бронхит (ПБ 1 стадия) проявлялся малопродуктивным кашлем и нестойкими явлениями бронхита, не сопровождался существенными нарушениями дыхательной функции и характеризовался, как правило, быстрым (через 5–10 дней от начала лечения) исчезновением физикальных проявлений бронхита. В ряде случаев пациенты жаловались на периодически возникающие приступы затруднительного дыхания, заболевание у них сопровождалось снижением отдельных показателей ФВД, которые на фоне лечения нормализовывались. У этих больных начальные стадии ПБ проявлялись астматическим компонентом [7].

У больных с пылевым бронхитом II стадии жалобы на кашель сухой или с мокротой и на одышку были более выражены. Более чем у половины больных с этой стадией заболевания отмечались периодические приступы затруднённого дыхания, наступление которых все больные связывали с воздействием пылегазовых смесей при работе в шахте. Приступы удушья у больных наиболее часто развивались при посещении тех горизонтов, где применялись самоходные дизельные машины. У двух больных было выявлено осложнение ПБ бронхиальной астмой. При им-

мунологическом исследовании крови у них выявлялась сенсibilизация как клеточного, так и гуморального типа к металлам-аллергенам, входящим в состав разрабатываемых руд, а также к формальдегиду – как одному из летучих аллергенных компонентов выхлопа. Особенности развития и клинических проявлений хронического бронхита у обследованных горнорабочих позволяют установить его токсико-пылевую природу [8; 9].

Таким образом, особенностью развития профессиональных заболеваний лёгких у подземных горнорабочих в условиях воздействия пылегазовой смеси является токсико-пылевое поражение бронхов. Бронхолёгочная патология развивается при сравнительно коротком стаже работы (5–8 лет) и характеризуется преимущественно астматическим вариантом течения и хроническим обструктивным типом нарушения дыхательной функции.

Работающие в подземных условиях до внедрения самоходного оборудования и продолжающих работу в подземных выработках при использовании самоходного дизельного оборудования с ДП подвергались повышенным концентрациям кварцсодержащей пыли и компонентов выхлопных газов. У этих рабочих развивался пневмокониоз (ПЗ) при стаже более 15 лет (проходчики, ГРОЗ и рабочие прочих профессий). У этих рабочих пневмокониоз часто сочетался с признаками хронического бронхита, с высокой частотой и выраженностью нарушений дыхательной функции. Лёгочная патология у горнорабочих при воздействии повышенных концентраций кварцсодержащей полиметаллической пыли и продуктов неполного сгорания дизельного топлива имеет хроническое течение и сопровождается формированием бронхопневмосклеротических изменений в основном в нижних и средних отделах. Лёгочная патология развивалась у горнорабочих при стаже работы от 5 до 14 лет. У пациентов с пневмокониозом были выявлены: центральный рак верхней доли левого лёгкого и опухоль промежуточного бронха (4,2%).

При анализе материалов особого внимания заслуживает выявление папилломатоза трахеи и бронхов, метаплазии и дисплазии эпителия бронхов, рака бронхов и легких опухолевых заболеваний верхних дыхательных путей, рака кожи правого крыла носа у 11 больных. Опухоль лёгкого и рак кожи правого крыла носа были расценены как профессиональные заболевания.

При бронхофиброскопическом исследовании (БФС) изменения слизистой оболочки, по комплексной оценке, в значительном большинстве случаев укладываются в картину катарально-атрофического и катарально-склерозирующего эндобронхита [10]. Изменения (усиление) сосудистого рисунка слизистой оболочки трахеи и бронхов, выявленные при БФС у обследованных больных, можно объяснить воздействием комплекса производственных факторов, в состав которого входит значительное число токсических, сенсibilизирующих и раздражающих веществ наряду с повышенными концентрациями кварцсодержащей пыли. Длительное воздействие вредных веществ, входящих в состав пылегазового аэрозоля, является причиной гиперсекреции слизи железистым аппаратом бронхов и определяет раннее развитие трахео-бронхиальной дискинезии у больных.

Таким образом, выявленные особенности развития и течения заболеваний бронхолёгочного аппарата обусловили формирование хронического воспаления в бронхах и лёгких, которое можно расценивать как ответную реакцию различных структур органов дыхания на все компо-

ненты сложного комплекса вдыхаемого аэрозоля токсико-раздражающего и фиброгенного действия. Международное агентство по исследованию рака (МАИР, IARC), которое является частью Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), достаточно убедительно доказало канцерогенность дизельного выхлопа². Рабочая группа выявила, что дизельный выхлоп – причина заболевания раком лёгкого (достаточное доказательство – группа 1), а также отметила положительную ассоциацию (ограниченное свидетельство) с увеличенным риском рака мочевого пузыря. Рабочая группа заключила, что бензиновый выхлоп, возможно, также является канцерогенным (группа 2В).

Работы последних лет национального института канцерогенеза подтвердили риск онкопатологии у горнорабочих.

Исследована когорта 12 315 рабочих на 8 рудниках, выявлено 198 смертельных исходов и 562 случая заболеваний. Экспозиция оценивалась по респираторной фракции сажи (элементарный углерод). Анализировались экспозиции в течение 15 лет. При концентрации сажи 1005 мкг/м³ риск заболевания был выше в 8,8 раза, чем при 304 мкг/м³, – при 15-летнем стаже работы [11; 12].

Выводы

1. Применение при подземной добыче руд самоходного оборудования с ДП привело к изменению физико-химических свойств рудничного аэрозоля и загрязнению воздуха рабочих зон комплексом вредных веществ. Дисперсная фаза аэрозоля содержит минеральные и органические частицы сажи, на поверхности которых сорбируются компоненты отработанных газов дизельных двигателей.

2. Изменение физико-химических свойств аэрозоля, общее загрязнение рудничной атмосферы определили ха-

рактер и особенности течения профессиональных заболеваний лёгких токсико-пылевой природы, что позволяет рассматривать их как полиэтиологичные заболевания.

3. Профессиональные заболевания лёгких у подземных горнорабочих в условиях воздействия пылегазовой смеси, обладающей фиброгенным, цитоксическим, раздражающим, аллергенным и канцерогенным действием, характеризуются токсико-пылевым поражением бронхов преимущественно с астматическим вариантом течения и хроническим обструктивным типом нарушения дыхательной функции, развивающимся при сравнительно коротком стаже работы. Выявлены особенности развития и течения заболеваний бронхолегочного аппарата, обусловленные формированием у больных своеобразного вида хронического воспаления в бронхах и легких как ответной реакции различных структур органов дыхания на все компоненты сложного комплекса вдыхаемого аэрозоля токсико-раздражающего и фиброгенного действия.

4. Повышенное содержание в воздухе рабочей зоны рудников в продуктах неполного сгорания дизельного топлива 3,4-бензпирена, адсорбированного на саже, результаты гистологического изучения биоптатов бронхов у больных профессиональными заболеваниями лёгких, наличие токсико-пылевого поражения лёгких – не позволяют исключить их влияние на развитие онкологических заболеваний, таких как рак лёгких, бронхов, кожи крыла носа, что требует дифференцированного подхода к изучению влияния комплекса новых факторов, включающих вещества с канцерогенными свойствами, значительно превышающих ПДК (сажа, 3,4-бензпирен и др.), на онкоопасность горнорудных предприятий, использующих самоходное оборудование с дизельным приводом.

2 Международное агентство по изучению рака: организация, не имеющая аналогов. Изучение рака в целях его предотвращения. Лион; 2012. Режим доступа: <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2019/07/IARC-brochure-RU-2019-web.pdf>

Список литературы

1. Чеботарёв А.Г. *Профилактика профессиональных заболеваний органов дыхания при интенсивных методах ведения работ на рудных и россыпных шахтах: автореф. дис. ... д-ра мед. наук.* М.; 1990. Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_000080346/
2. Чеботарёв А.Г., Гибадулина И.Ю., Горячев Н.С. Загрязнение рудничной атмосферы выхлопными газами самоходного оборудования и мероприятия по её нормализации. *Горная промышленность.* 2019;(2):74–76. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76.
3. Чеботарёв А.Г. Гигиеническая оценка пылегазового фактора на высокомеханизированных полиметаллургических рудных и россыпных шахтах. В: Еловская Л. Т. (ред.) *Борьба с пылью на производстве – основа профилактики профзаболеваний органов дыхания.* М.: НИИ ГТ и ПЗ АМН СССР; 1986. С. 71–89.
4. Чеботарёв А.Г., Гибадулина И.Ю. Характеристика рудничного аэрозоля и профессиональная лёгочная патология у рабочих высокомеханизированных шахт. *Медицина труда и промышленная экология.* 2009;(7):7–12.
5. Чеботарёв А.Г., Горячев Н.С., Гришина Е.В., Бардина О.С. Загрязнение воздушной среды рудников, использующих самоходную технику с дизельными двигателями, полициклическими углеводородами. *Гигиена труда и профзаболевания.* 1989;(10):34–36.
6. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера. *Горная промышленность.* 2013;(5):77–82.
7. Гибадулина И.Ю. Влияние пылегазовой смеси на особенности формирования профессиональных заболеваний легких. В: *13-й национальный конгресс по болезням органов дыхания.* СПб.; 2003. С. 354.
8. Дуева Л.А., Милишников В.В., Павлова Т.А. Иммунный статус и особенности сенсibilизации к молибдену, вольфраму, висмуту, бериллию у горнорабочих, подвергающихся воздействию пылегазовых смесей. В: Монаенкова А.М. (ред.) *Профессиональные аллергии.* М.: НИИ ГТ и ПЗ АМН СССР; 1987. Вып. 31. С. 88–92.
9. Милишников В.В. *Механизмы развития и течения заболеваний легких от воздействия промышленных аэрозолей в современных условиях (патогенез, клиника, диагностика, лечение): автореф. дис. ... д-ра мед. наук.* М.; 1990.
10. Гибадулина И.Ю., Лоцилов Ю.А. Медико-биологические аспекты мультифакторальной патологии. В: *Медико-биологические аспекты мультифакториальной патологии: 3-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, г. Курск, 17–19 мая 2016 г.* Курск: Кур. гос. мед. ун-т; 2008. Т. 1. С. 115–118.
11. Silverman D.T., Samanic C.M., Lubin J.H., Blair A.E., Stewart P.A., Vermeulen R., Coble J.B., Rothman N., Schleiff P.L., Travis W.D., Ziegler

R.G., Wacholder S., Attfield M.D. The diesel exhaust in miners study: a nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust. *Journal of the National Cancer Institute*. 2012;104(11):855–868. DOI: 10.1093/jnci/djs034.

12. Attfield M.D., Schleiff P.L., Lubin J.H., Blair A., Stewart P.A., Vermeulen R., Coble J.B., Silverman D.T. The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*. 2012;104(11):869–883. DOI: 10.1093/jnci/djs035.

References

- Chebotarev A.G. *Prevention of occupational respiratory diseases during intensive under-ground mining of primary and alluvial deposits: doctoral thesis abstract*. Moscow; 1990. Available at: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_000080346/ (In Russ.)
- Chebotarev A.G., Gibadulina I.Yu., Goryachev N.S. Contamination of mine air with exhaust gases of self-propelled machinery and proposed corrective measures. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(2):74–76. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76.
- Chebotarev A.G. Hygienic assessment of dust and gas factor in highly mechanized under-ground mining of complex and alluvial deposits. In: Elovskaya L. T. (ed.) *Dust control in industrial production as basis for prevention of occupational respiratory diseases*. Moscow: Research Institute of Labour Hygiene and Occupational Diseases of the Academy of Medical Sciences of USSR; 1986, pp. 71–89. (In Russ.)
- Chebotarev A.G., Gibadulina I.Yu. Characteristics of mine aerosol and occupational pulmonary pathologies of workers at highly mechanized mines. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologi-ya = Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2009;(7):7–12. (In Russ.)
- Chebotarev A.G., Goryachev N.S., Grishina E.V., Bardina O.S. Air pollution with polycyclic hydrocarbons in mines utilizing mobile diesel equipment. *Gigiena truda i profzabolevaniya*. 1989;(10):34–36. (In Russ.)
- Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Occupational health care problems of mines in Siberia and the Extreme North. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2013;(5):77–82. (In Russ.)
- Gibadulina I.Yu. Influence of dust and gas mixture on specific features of occupational lung diseases. In: *13th National Congress on Respiratory Diseases*. St Petersburg; 2003, p. 354. (In Russ.)
- Dueva L.A., Milishnikova V.V., Pavlova T.A. Immune status and specific features of molybdenum, tungsten, bismuth, beryllium sensitization of mine workers exposed to dust and gas mixtures. In: Manaenkova A.M. (ed.) *Occupational allergic diseases*. Moscow: Research Institute of Labour Hygiene and Occupational Diseases of the Academy of Medical Sciences of USSR; 1987, iss. 31, pp. 88–92. (In Russ.)
- Milishnikova V.V. *Genesis and course of lung diseases caused by industrial aerosols in modern conditions (pathogenesis, clinical picture, diagnosis, treatment): doctoral thesis abstract*. Moscow; 1990. (In Russ.)
- Gibadulina I.Yu., Loshchilov Yu.A. *Medical and biological aspects of multifactorial pathologies*. In: *Medical and biological aspects of multifactorial pathologies: 3rd All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Kursk, May 17–19, 2016*. Kursk: Kursk State Medical University; 2008, vol. 1, pp. 115–118. (In Russ.)
- Silverman D.T., Samanic C.M., Lubin J.H., Blair A.E., Stewart P.A., Vermeulen R., Coble J.B., Rothman N., Schleiff P.L., Travis W.D., Ziegler R.G., Wacholder S., Attfield M.D. The diesel exhaust in miners study: a nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust. *Journal of the National Cancer Institute*. 2012;104(11):855–868. DOI: 10.1093/jnci/djs034.
- Attfield M.D., Schleiff P.L., Lubin J.H., Blair A., Stewart P.A., Vermeulen R., Coble J.B., Silverman D.T. The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*. 2012;104(11):869–883. DOI: 10.1093/jnci/djs035.

Информация об авторах

Чеботарёв Александр Григорьевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: a.g.cheba@yandex.ru.

Гибадулina Ирина Юнусовна – кандидат медицинских наук, заведующая клинико-экспертной работой клиники Научно-исследовательского института медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, врач-профпатолог высшей категории, врач-терапевт высшей категории, г. Москва, Российская Федерация.

Горячев Николай Сергеевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, г. Москва, Российская Федерация.

Information about the author

Aleksandr G. Chebotarev – Doctor of Medical Sciences, Leading Research Scientist, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation; e-mail: a.g.cheba@yandex.ru.

Irina Yu. Gibadulina – Candidate of Medical Sciences, Chief Clinical Expert, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Highest Category in Industrial Pathology and Therapeutics, Moscow, Russian Federation.

Nikolay S. Goryachev – Candidate of Medical Sciences, Senior Research Scientist, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russian Federation.

Article info

Received: 02.03.2020

Revised: 16.03.2020

Accepted: 20.03.2020

Информация о статье

Поступила в редакцию: 02.03.2020

Поступила после рецензирования: 16.03.2020

Принята к публикации: 20.03.2020