

Статья поступила в редакцию 13.07.2024 г.

DOI: 10.24412/2687-0053-2024-3-5-12 EDN: ILATAW

Информация для цитирования:

Красильникова П.Л., Панев Н.И., Коротенко О.Ю. ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА НАСЕЛЕНИЕ, ПРОЖИВАЮЩЕЕ ВБЛИЗИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) // Медицина в Кузбассе. 2024. №3. С. 5-12.

Красильникова П.Л., Панев Н.И., Коротенко О.Ю.

Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний,
г. Новокузнецк, Россия



ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА НАСЕЛЕНИЕ, ПРОЖИВАЮЩЕЕ ВБЛИЗИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Жизнь современного человека, проживающего в условиях мегаполисов, промышленного производства, загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы, приводит к развитию нового класса заболеваний, вызванных токсическим действием различных производственных факторов на все органы и системы. В отличие от вирусных или бактериальных инфекций, эпидемии которых в прежние столетия уносили жизни миллионов людей, профессиональные заболевания развиваются постепенно, поражают не только отдельные органы и системы, но и влияют на генетику человека. За последние десятилетия проблематике профессиональных заболеваний уделяется большое внимание.

Материалы и методы. На основе анализа баз данных PLOS ONE, Pub Med, Google Scholar, CyberLeninka проведен обзор научной литературы о распространенности, патогенезе, морфологии заболеваний, вызванных действием угольно-породной пыли, вибрации, электромагнитных и электрических полей на человека.

Результаты. Проведенный анализ выявил разнообразные виды повреждений органов и систем на фоне воздействия твердых частиц угольно-породной пыли, вибрации и других факторов риска. Развитие хронического воспаления при попадании твердых частиц размером 0,1 мкм провоцирует каскад реакций, приводящих к дегенеративным, фибропластическим и неопластическим процессам органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, пищеварения, крови. Патологическое действие можно проследить не только у лиц, занятых на вредном производстве, но и у жителей промышленных регионов, включая женщин репродуктивного возраста, детей и подростков.

Заключение. Раннее выявление факторов риска, снижение их токсичного действия на профессиональных служащих и население, проживающее на неблагоприятной территории, необходимо для сохранения здоровья нации и будущих поколений.

Ключевые слова: медицина труда; профессиональные факторы риска; болезни внутренних органов; угольная пыль

Krasilnikova P.L., Panev N.I., Korotenko O.Yu.

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia

IMPACT OF UNFAVORABLE FACTORS OF PRODUCTION AND ENVIRONMENT ON THE POPULATION LIVING CLOSE TO INDUSTRIAL ENTERPRISES (LITERATURE REVIEW)

The life of contemporary person living in megacities, industrial production, pollution of atmospheric air, water and soil leads to the development of a new class of diseases caused by the toxic effect of various production factors on all organs and systems. Unlike viral or bacterial infections, epidemics of which in previous centuries claimed lives of millions of people, occupational diseases develop gradually, affect not only individual organs and systems, but also affect human genetics. In recent decades, the problems of occupational diseases have received much attention.

Materials and methods. Based on the analysis of PLOS ONE, Pub Med, Google Scholar, CyberLeninka databases, a review of scientific literature on the prevalence, pathogenesis, morphology of diseases caused by the effect of coal-rock dust, vibration, electromagnetic and electric fields on humans was conducted.

Results. The conducted analysis revealed various types of organ and system damage against the background of exposure to solid particles of coal-rock dust, vibration and other risk factors. The development of chronic inflammation during the ingestion of solid particles 0.1 microns in size provokes a cascade of reactions leading to degenerative, fibroplastic and neoplastic processes of the respiratory organs, cardiovascular system, digestion, and blood. The pathological effect can be observed not only in persons employed in harmful production, but also in inhabitants of industrial regions, including women of reproductive age, children and adolescents.

Conclusion. Early detection of risk factors, reduction of their toxic effect on professional employees and the population living in a disadvantaged area is necessary to preserve the health of the nation and future generations.

Key words: occupational medicine; occupational risk factors; diseases of internal organs; coal dust

Обеспечение комфорта в жизнедеятельности современного человека достигается путем стремительного развития производственной и промышленной сферы, требующей затрат большого количества энергии. Источниками энергии являются природные ресурсы, такие как газ, нефть, уголь. Их добыча и работа промышленности в совокупности оказывают негативное воздействие как на людей, непосредственно задействованных на производстве, так и проживающих на территории, расположенной в непосредственной близости от заводов, комбинатов, шахт и рудников. Это приводит к проблеме возникновения ассоциированных с вредными факторами производства заболеваний. Изучению механизмов поражения, патогенеза и морфологии профессиональных заболеваний посвящено множество исследований, проводимых на протяжении нескольких десятилетий в развитых и развивающихся странах [1, 2].

Особенности экспозиции пыли от угольной и углеродобработывающей промышленности обусловлены размером частиц (менее 1,0 мкм), что приводит к их глубокому проникновению в альвеолы, способностью к агрегации до конгломератов 2,5-10 мкм, оседающих в верхних дыхательных путях, химическим составом (углерод, диоксид кремния, оксид алюминия, сульфаты, карбонаты, нитраты, летучие органические соединения), высоким уровнем загрязнения и его непрерывностью [1].

Пылевое загрязнение атмосферы (PM) условно делится на две большие группы по аэродинамическому размеру частиц: PM 2,5 – оседающие в нижних дыхательных путях и PM 10 – поражающие верхние дыхательные пути [3]. Последние исследования по частицам размером 0,1 мкм выявили их повреждающее действие на сосудистое русло (капилляры, эндотелий) [4].

Размеры частиц пыли варьируют в зависимости от способа их добычи: шахты, угольные разрезы, сжигание в бытовых условиях, обогащение на обогатительных фабриках. Состав частиц зависит от географических условий расположения угольных пластов.

Говоря о роли угольной пыли в развитии профессиональных заболеваний, необходимо оценивать ее воздействие не только на горнорабочих, но и на население, проживающее в близости от мест добычи и переработки угля. Систематический обзор заболеваемости и смертности лиц, проживающих на прилегающих к угледобывающим предприятиям территорий, проводили Javier Cortes-Ramirez и соавт. В анализ вошли данные 1990-2016 годов, собранные в базах данных PubMed, EMBASE и Scopus и обработанные в соответствии с протоколом PRISMA. Включены 28 исследований из США, Европы, Китая. Нозологии кодированы в соответствии с кодами МКБ-10. В следующих группах была установлена явная связь между действием угольной пыли и развитием заболеваний: новообразования, болезни системы кровообращения, дыхания и мочеполовой системы, обмена веществ, глаз

и кожи, перинатальные патологии, врожденные и хромосомные аномалии [5, 6].

В 2021 году Javier Cortes-Ramirez и соавт. опубликовали данные по заболеваемости людей, населяющих территории угледобывающих предприятий в Австралии, в котором были изучены медицинские карты пациентов, поступавших в стационары Квинсленда, главного угледобывающего штата Австралии, с 1996 по 2010 год [7-10]. Изучению подлежали люди, проживающие в территориальной близости от шахт. После завершения анализа была выявлена прямая связь между количеством госпитализаций по поводу сердечно-сосудистых заболеваний и дыхательных путей, а также рост заболеваемости сахарным диабетом, раком бронхов и легких.

Подобные ретроспективные исследования также проводились в США, Китае и Великобритании. Laura Esch, Michael Hendrix изучали смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в округах 4 штатов Аппалачей с 1999 по 2006 год. В исследование вошли угледобывающие регионы с закрытой, открытой добычей угля и не угледобывающие районы. Для анализа использованы карты жителей данных регионов, не являющихся рабочими угольной промышленности. Смертность среди пациентов от сердечно-сосудистых заболеваний в регионах с открытой добычей угля оказалась достоверно выше, чем в регионах сравнения [11, 12].

Еще одно наблюдение, опубликованное в журнале «Ecotoxicology and Environmental Safety» в 2015 году по результатам анализа заболеваемости жителей штата Иллинойс, являющегося четвертым по объему добычи угля в США, оценивало риск развития злокачественных новообразований среди жителей данного региона. Под анализ попали все виды рака, в том числе рак молочной железы, колоректальный рак, рак простаты и рак легких. Регрессионный анализ выявил связь между недавней добычей угля и заболеваемостью колоректальным раком ($p = 0,009$), а также смертностью ($p = 0,035$) и смертностью от рака простаты ($p = 0,047$) [13, 14].

В основе патогенеза всех нозологий, сопровождающих действие производственных факторов риска, лежит развитие воспалительного процесса, запускающего каскад реакций, приводящих к фибропластическим процессам канцерогенных механизмов.

В экспериментальной работе, проведенной в 2013 году на крысах, подвергшихся действию твердых частиц с АД PM 10 и PM 2,5, выявлены нарушения обмена холестерина: повышены концентрации общего холестерина, ЛПНП, а также провоспалительных цитокинов: ФНО, СРБ, интерлейкин-6 в сравнении с контрольной группой [2].

Подобные результаты были получены и в ответственной работе, проведенной в НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН г. Новокузнецк, где воздействие угольной пыли в концентрации 50 мг/м³ на самцах белых крыс, оценивалось в сроки от 1 до 12 недель.

Изменения показателей церулоплазмينا, гаптоглобина, иммуноглобулинов А, М, G и липидного профиля показали постепенный переход от острого воспаления с работой компенсаторных систем защиты (рост иммуноглобулина А, М, снижение общего холестерина и ЛПНП, рост гаптоглобина) до перехода в стадию хронического воспалительного процесса в организме к моменту окончания эксперимента (рост иммуноглобулина G, триглицеридов, лейкоцитов) [16].

Исследования, направленные на оценку изменений иммунологического, биохимического статуса организма на фоне патологического действия угольной пыли, проводили у горнорабочих с целью выявления ранних биомаркеров повреждения. Использовались цитохимические, иммунологические, гематологические методы диагностики. Выявлен каскад последовательных реакций, приводящих к активации системы перекисного окисления липидов (СПОЛ), запуску механизмов бактерицидной защиты, деструктивно-воспалительных процессов и коллагенообразования [16, 17]. Нарушения иммунологического профиля с дискоординацией уровней иммуноглобулинов А, М, G установлены как у работников угольной отрасли, так и у населения, проживающего на прилегающей территории [18].

Влияние угольно-породной пыли на органы дыхания

Патоморфологические нарушения, спровоцированные угольно-породной пылью, максимально изучены на примере органов дыхания. Выделен целый ряд заболеваний, ассоциированных с вдыханием угольной пыли и ее компонентов: пневмокониозы, а также хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), бронхиальная астма, рак легких. Пневмокониоз — хронический диффузно диссеминированный процесс в легочной ткани с развитием интерстициального фиброза. Виды повреждения различаются в зависимости от состава пыли: узелки при силикозе, диффузный фиброз при асбестозе, сетчатая деформация с эмфиземой — антракозы. Поглощение попадающих в легкие частиц кварцевой пыли макрофагами приводит к развитию окислительного стресса, выбросу провоспалительных цитокинов с развитием интерстициального воспаления; свободные радикалы кислорода, разрушая макрофаги, провоцируют выброс энзимов (металлопротеиназы и эластазы), также разрушающих структуры легочной ткани [19].

Поражение сердечно-сосудистой системы

Подземные работы провоцируют комплексное воздействие вредных факторов (вдыхание угольной пыли, вибрация, тяжелый физический труд, переохлаждение) на сердечно-сосудистую систему шахтеров. Дисфункция сосудистого эндотелия является обязательным компонентом практически всех сер-

дечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), в том числе атеросклероза, гипертонии, ИБС, цереброваскулярной болезни (ЦВБ). Эндотелиальная дисфункция развивается на фоне повреждающего действия твердых частиц угольной пыли с АД 0,1 мкм [4]. У шахтеров-угольщиков эндотелиальная дисфункция проявляется в виде дисбаланса вазоконстрикции и вазодилатации с постепенным истощением вазодилатирующего действия эндотелия. Также на фоне хронической гипоксии, интоксикации, вибрации у подземных горнорабочих происходит активация свободнорадикального окисления с повышением выработки активных форм кислорода (АФК). АФК, взаимодействуя с оксидом азота, дают синтез пероксинитрита, оказывающего повреждающее действие на эндотелий. Повышение уровня гомоцистеина и тромбомодулина в сыворотке крови шахтеров прогрессирует с увеличением стажа подземных работ [20].

Артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, как в сочетании с пылевым бронхитом, так и без поражения легких, чаще развиваются у шахтеров. Нарушения липидного обмена на фоне хронического воспалительного процесса приводит к раннему атеросклерозу, являющемуся фактором риска развития ИБС, ЦВБ [21, 22]. В то же время можно отметить, что у работников угольной промышленности более выражено патогенное действие и традиционных факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, например: особенности питания. В Китае обследование горнорабочих, приверженных приему большого количества соли и жиров в рационе, выявило достоверное повышение частоты выявления атеросклероза, ИБС и артериальной гипертензии в сравнении с группой контроля [23].

Рассматривая действие угольной пыли на венозное русло установлена связь между развитием венозной тромбоэмболии и кратковременными выбросами высоких концентраций пыли с аэродинамическим размером частиц 2,5 мкм за счет индукции протромботических факторов [24]. Выбросы РМ 2,5 повышают концентрацию фибриногена крови, уменьшается протромбиновое время. Изменения в системе гемостаза развиваются позднее и медленнее в сравнении с началом окислительного стресса под действием повышенной концентрации РМ 2,5 [25]. Пиковые концентрации РМ 10 также оказались положительно связанными с риском развития венозной тромбоэмболии [26].

Влияние угольно-породной пыли на органы пищеварения (желудок)

Ганзен А.В. в 2008 году опубликовал статью, посвященную изменениям слизистой желудка крыс под действием таких факторов, как вибрация, угольная пыль и их комплексное воздействие. По полученным гистологическим результатам установлены дистрофические процессы слизистой оболочки желудка, лимфоплазмоцитарная инфильтрация.

Выраженность изменений слизистой зависит от того, насколько интенсивной была агрессия производственных факторов [27]. Содержание в угле полиароматических углеводородов, кадмия, хрома, являющихся канцерогенами, запускают каскады воспалительных реакций в слизистой оболочке желудка (СОЖ), приводя к развитию метаплазии и дисплазии, злокачественного новообразования [28].

В 1962 году в Англии Р. Stocks опубликованы данные по заболеваемости раком желудка, бронхитом и туберкулезом среди шахтеров угледобывающего округа Уэльса и прочих провинций Англии. Частота выявления случаев рака желудка у шахтеров оказалась выше в сравнении с обычными жителями Уэльса и Великобритании [29].

Похожая работа выполнена в США и опубликована в 1964 году Enterline P.E. [30]. В данном наблюдении были изучены все возможные причины смерти среди шахтеров, включая несчастные случаи и насильственную смерть. Среди заболеваний установлена положительная связь с развитием рака желудка, туберкулезом, сердечно-сосудистыми заболеваниями и др. Канцерогенез угольно-породной пыли на примере формирования рака желудка хорошо освещен в современной литературе [31]. В 1983 году в США была опубликована небольшая работа по оценке действия сочетанных факторов риска (курение и угольная пыль) на представителей угольной промышленности, где была доказана связь между угольной пылью, курением и раком желудка [32]. В 1991 году в Испании завершилось многоцентровое исследование сотрудников угольной, деревообрабатывающей, стеклообрабатывающей и керамической промышленности по выявлению рака желудка. Положительная связь была выявлена у работников угольной промышленности, однако из-за небольшого числа наблюдений в группе доверительный интервал оказался широким, что снижает достоверность данного исследования [33].

На основании данных эпидемиологического анализа консорциума StoP Pooling (StoP) по изучению рака желудка Shah S.C. и соавт. опубликовали в 2020 году свои результаты о взаимосвязи профессиональных вредностей на развитие рака желудка [34]. В анализ попали 11 исследований из таких стран, как Италия, Испания, Бразилия, Россия, Китай, США, Канада и Япония с общей численностью в 5279 случаев рака желудка и 12297 контрольных больных без него. Риск развития рака желудка оказался в 1,5-2 раза выше у работников, связанных с угольной промышленностью, работой с пестицидами, хромом, радиацией и магнитным полем [35].

Поражение печени

Действие диоксида кремния, провоцирующего развитие силикоза, изучалось не только на дыхательные пути, но и на печень. В экспериментальной работе Шкурупий В.А. показал фибротические и некротические изменения паренхимы печени крыс

под влиянием диоксида кремния, при заражении туберкулезом и совместном влиянии двух факторов [36]. Похожие изменения были выявлены в научном исследовании Бугаевой М.С. и соавторами на фоне действия угольной пыли и фторида натрия [37]. Действие угольно-породной пыли на белых крысах-самцах длилось от 1 до 12 недель. На ранних стадиях отмечено развитие компенсаторно-приспособительных изменений, на поздних — дегенеративных и фибропластических нарушений стромального и паренхиматозного компонентов. Изменения в дыхательной и сердечно-сосудистой системах происходят уже на 6-й неделе воздействия, в почках и печени — на 9-й неделе эксперимента. Сочетанное действие угольной пыли, шума и вибрации представлено в экспериментальной работе Зыковой Л.Д. и соавт. [38]. Данные гистологических препаратов оценены в двух группах животных со средней и интенсивной силой активности факторов. Морфологические изменения, установленные при гистологической оценке биоптатов печени, соответствуют развитию подострого токсического гепатоза. При средней интенсивности воздействия регенераторные процессы печени не нарушены, при интенсивном — компенсаторные механизмы регенерации клеток печени отсутствуют. В клинических исследованиях у работников угольных шахт с дополнительным фактором риска в виде вибрации по результату проведения УЗ-исследования и анализов биохимических показателей крови подтвержден повышенный риск следующих нозологий: функциональные расстройства билиарного тракта, неалкогольная жировая болезнь печени, хронический пиелонефрит [22].

Другие органы и системы

Длительное воздействие угольной пыли оказывает патологическое действие также и на пуриновый обмен. По данным Шаухат Д.М. и соавт., при исследовании шахтеров предприятий г. Караганды выявлено снижение уровня мочевой кислоты в группах лиц со стажем работы 3 и 3-5 лет, уровни аденина, гуанина и ксантина в пределах нормы. При увеличении стажа работы до 5-7 лет в крови растет уровень аденина, а при стаже 7-10 лет — ксантина. Пневмокониоз связан с изменением пуринового обмена, повышением активности ксантиоксидазы, мочевой кислоты с последующим возникновением аутоимунных реакций на фоне недостаточности неспецифической резистентности. Под действием пылевого фактора происходит активация пуриновых нуклеозидов печени, лимфоузлов, в надпочечниках, тимусе, снижение в селезенке, что характеризует напряжение адаптационно-компенсаторных механизмов организма на воздействие пылевых факторов путем активации пуриновых нуклеозидов [24].

Несколько исследований были посвящены риску развития лейкемии у подземных рабочих под действием электрических и магнитных полей. В шахтах проведены высоковольтные линии электропере-

дачи, преобразователи и понижающие трансформаторы обеспечивают питание горнодобывающего оборудования. Стаж работы 25 лет и более представляет статистически значимый риск развития лейкемии, миелогенной лейкемии, хронического лимфолейкоза. И хотя данные заболевания связывают с действием электромагнитного поля (ЭМП), нельзя полностью исключить и факторы химического воздействия угольной пыли [39].

Угольно-породная пыль и генетические нарушения

В настоящее время проводится много исследований, посвященных поиску генетических биомаркеров воздействия производственных факторов, в том числе угольно-породной пыли, на организм человека. Общеизвестным в мире показателем генотоксического действия на организм шахтеров является оценка повреждений хромосом — хромосомные aberrации (ХА) в лимфоцитах крови. Выраженность повреждения хромосом зависит от марки угля, степени запыленности, условий технологического процесса. Сравнивая анализы крови шахтеров с подземным стажем и работников топливно-турбинного и котельно-турбинных цехов ТЭС установлено превышение ХА у шахтеров в 1,3 раза, а в сравнении с группой контроля (здоровые мужчины, не занятые в угольной и энергетической промышленности) — в 5,1 раза. Механизм повреждения ДНК связан в первую очередь с повышенным уровнем АФК, под действием твердых частиц угольной пыли. Все окислительные модификации ДНК можно разделить на 3 группы: повреждение дезоксирибозы, повреждение оснований ДНК, формирование новых ковалентных связей (сшивок). Мутагенные продукты перекисного окисления липидов (диеновые кетоны, диеновые конъюгаты, малоновый диальдегид) также приводят к разрушению структуры ДНК. Хроническая гипоксия в условиях работы в подземных забоях — третий механизм повреждения ДНК

клеток [40]. Изучение ХА у населения, проживавшего на территории Кузбасса в периоды с 1986 по 2000 и 2001-2012 год, выявило прямую корреляцию между ростом хромосомных aberrаций и степенью загрязнения атмосферы промышленного региона [41]. Еще более тревожным выглядит исследование ХА в лимфоцитах женщин, проживающих на территории с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, в сравнении с жительницами сельской местности. Превалирующее количество структурных нарушений хромосом у женщин репродуктивного возраста на фоне сочетанного действия природных и антропогенных факторов промышленного региона несет угрозу будущим поколениям [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные достижения в науке, технике, включая медицину, образование, доступны нам лишь с обеспечением всех процессов энергией. Но добыча и переработка полезных ископаемых непрерывно связана с ежедневным вредным действием патогенных факторов производства как на рабочих, так и на людей, попадающих в ареал действия этих факторов. Приоритетными целями здравоохранения являются исследования, направленные на изучение механизмов развития профессиональных заболеваний, включая хромосомные аномалии, влияющие на генофонд будущих поколений. Знание патогенеза и морфологии поражения органов под действием угольной пыли позволит разрабатывать профилактические меры по снижению данных рисков, ранней диагностике и лечению заболеваний, связанных с действием вредных производственных факторов.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Zipper C, Skousen J. Coal's legacy in Appalachia: Lands, waters, and people. *The Extractive Industries and Society*. 2021; 8(1): 100990. doi: 10.1016/j.exis.2021.100990
- Adilov UKh. Assessment of professional risks to health workers of fuel and energy complex and issues of preventive medical examination. *Occupational medicine and human ecology*. 2016; 4: 107-111. Russian (Адилов У.Х. Оценка воздействия профессиональных рисков на здоровье работников топливно-энергетического комплекса и вопросы организации профилактических медицинских осмотров // Медицина труда и экология человека. 2016. № 4. С. 107-111.)
- Korotenko OYu, Panev NI, Korchagina YuS, Panev RN, Danilov IP. Formation of pathology of internal organs in miners with vibration disease. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2020; (6): 399-403. Russian (Коротенко О.Ю., Панев Н.И., Корчагина Ю.С., Панев Р.Н., Данилов И.П. Формирование патологии внутренних органов у шахтеров с вибрационной болезнью // Медицина труда и промышленная экология. 2020. № 6. С. 399-403.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-6-399-403
- Zykova LD, Shinkarenko EA, Savchenko AA. Pathomorphology and pathogenesis of toxic hepatosis in rats under influence of open coil production factors. *Siberian medical review*. 2012; (1): 34-38. Russian (Зыкова Л.Д., Шинкаренко Е.А., Савченко А.А. Особенности патоморфологии и патогенеза токсического гепатоза крыс при воздействии производственных факторов открытой добычи угля // Сибирское медицинское обозрение. 2012. № 1. С. 34-38.)
- Cortes-Ramirez J, Naish S, Sly PD, Jagals P. Mortality and morbidity in populations in the vicinity of coal mining: a systematic review. *BMC Public Health*. 2018; 18(1): 721. doi: 10.1186/s12889-018-5505-7

6. Hendryx M. Personal and family health in rural areas of Kentucky with and without mountaintop coal mining. *J Rural Health*. 2013; 29 Suppl 1: s79-s88. doi: 10.1111/jrh.12016
7. Cortes-Ramirez J, Wraith D, Sly PD, Jagals P. Mapping the Morbidity Risk Associated with Coal Mining in Queensland, Australia. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(3): 1206. doi: 10.3390/ijerph19031206
8. Liu T, Liu S. The impacts of coal dust on miners' health: A review. *Environ Res*. 2020; 190: 109849. doi: 10.1016/j.envres.2020.109849
9. Jenkins WD, Christian WJ, Mueller G, Robbins KT. Population cancer risks associated with coal mining: a systematic review. *PLoS One*. 2013; 8(8): e71312. doi: 10.1371/journal.pone.0071312
10. Su R, Jin X, Li H, Huang L, Li Z. The mechanisms of PM_{2.5} and its main components penetrate into HUVEC cells and effects on cell organelles. *Chemosphere*. 2020; 241: 125127. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125127
11. McKnight MX, Kolivras KN, Buttling LG, Gohlke J M, Marr LC, Pingel TJ, Ranganathan S. Associations Between Surface Mining Airsheds and Birth Outcomes in Central Appalachia at Multiple Spatial Scales. *Geohealth*. 2022; 6(10): e2022GH000696. doi: 10.1029/2022GH000696
12. Graber JM, Stayner LT, Cohen RA, Conroy LM, Attfield MD. Respiratory disease mortality among US coal miners; results after 37 years of follow-up. *Occup Environ Med*. 2014; 71(1): 30-39. doi: 10.1136/oemed-2013-101597
13. Mueller GS, Clayton AL, Zahnd WE, Hollenbeck KM, Barrow ME, Jenkins WD, Ruez DR Jr. Manuscript title: Geospatial analysis of Cancer risk and residential proximity to coal mines in Illinois. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2015; 120: 155-162. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.05.037
14. Annie FH, Crews C, Drabish K, Mandapaka S. Effect of Coal Mining on Health Outcomes Between Male and Female Miners in Southern West Virginia: A Brief Report. *Cureus*. 2023; 15(11): e49009. doi: 10.7759/cureus.49009
15. Dales RE, Cakmak S, Vidal CB. Air pollution and hospitalization for venous thromboembolic disease in Chile. *J Thromb Haemost*. 2010; 8(4): 669-674. doi: 10.1111/j.1538-7836.2010.03760.x
16. Fomenko DV, Ulanova EV, Zoloeva PV, Zakharenkov VV, Burdein AV, Panev NI. Clinical and experimental research of metabolic changes in an organism at long-term inhalation of coal dust. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2010; 30(1): 117-122. Russian (Фоменко Д.В., Уланова Е.В., Золоева П.В., Захаренков В.В., Бурдейн А.В., Панев Н.И. Клинико-экспериментальное исследование метаболических изменений организма при длительном вдыхании угольно-породной пыли // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т. 30, № 1. С. 117-122.)
17. Moreno T, Trechera P, Querol X, Lah R, Johnson D, Wrana A, Williamson B. Trace element fractionation between PM₁₀ and PM_{2.5} in coal mine dust: Implications for occupational respiratory health. *International Journal of Coal Geology*. 2019; 203: 52-59. doi: 10.1016/j.coal.2019.01.006
18. Hadnagy W, Stiller-Winkler R, Idel H. Immunological alterations in sera of persons living in areas with different air pollution. *Toxicol Lett*. 1996; 88(1-3): 147-153. doi:10.1016/0378-4274(96)03730-7
19. Mannucci PM, Harari S, Martinelli I, Franchini M. Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern Emerg Med*. 2015; 10(6): 657-662. doi: 10.1007/s11739-015-1276-7
20. Kan SL, Bondarev OI, Kosovskikh AA, Lukashev KV, Zoloeva OS, Ekimovskikh AV, et al. Compensatory-adaptive mechanisms of changes in the endothelial system in miners of Kuzbass (clinical and morphological aspects). *Medicine in Kuzbass*. 2022; 21(3): 9-18. Russian (Кан С.Л., Бондарев О.И., Косовских А.А., Лукашев К.В., Золоева О.С., Екимовских А.В., и др. Компенсаторно-приспособительные механизмы изменения эндотелиальной системы у работников угольной промышленности Кузбасса (клинико-морфологические аспекты) // Медицина в Кузбассе. 2022. Т. 21, № 3. С. 9-18.) doi: 10.24412/2687-0053-2022-3-9-18
21. Lapko I.V. Selecting informative biomarkers for early diagnosis of occupational neurological diseases. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100(9): 953-958. Russian (Лапко И.В. Выбор информативных биомаркеров для ранней диагностики профессиональных неврологических заболеваний. Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 9. С. 953-958.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-953-958
22. Babanov SA, Baraeva RA. Damages of the cardiovascular system in occupational diseases. *Consilium Medicum*. 2014; 16(1): 68-74. Russian (Бабанов С.А., Бараева Р.А. Поражения сердечно-сосудистой системы при профессиональных заболеваниях // Consilium Medicum. 2014. Т. 16, № 1. С. 68-74.)
23. Sun Q, Ma JS, Wang H, Xu SH, Zhao JK, Gao Q, et al. Associations between dietary patterns and 10-year cardiovascular disease risk score levels among Chinese coal miners--a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2019; 19(1): 1704. doi: 10.1186/s12889-019-8070-9
24. Shaukat DM, Ibrayeva LK, Tankibaeva NU, Rybalkina DH, Bacheva IV. Features of blood purine metabolism in miners in coal mines. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*. 2020; (2): 59-63. Russian (Шаухат Д.М., Ибраева Л.К., Танкибаева Н.У., Рыбалкина Д.Х., Бачева И.В. Особенности метаболизма пуринов в крови у горнорабочих угольных шахт // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2020. № 2. С. 59-63.)
25. Martinelli N, Girelli D, Cigolini D, Sandri M, Ricci G, Rocca G, Olivieri O. Access rate to the emergency department for venous thromboembolism in relationship with coarse and fine particulate matter air pollution. *PLoS One*. 2012; 7(4): e34831. doi: 10.1371/journal.pone.0034831
26. Roy A, Gong J, Thomas DC, Zhang J, Kipen HM, Rich DQ, et al. The cardiopulmonary effects of ambient air pollution and mechanistic pathways: a comparative hierarchical pathway analysis. *PLoS One*. 2014; 9(12): e114913. doi: 10.1371/journal.pone.0114913
27. Brown AM, Christie D, Taylor R, Secombe MA, Coates MS. The occurrence of cancer in a cohort of New South Wales coal miners. *Aust N Z J Public Health*. 1997; 21(1): 29-32. doi: 10.1111/j.1467-842x.1997.tb01649.x

28. Raj A, Mayberry JF, Podas T. Occupation and gastric cancer. *Postgrad Med J*. 2003; 79(931): 252-258. doi: 10.1136/pmj.79.931.252
29. Stocks P. On the death rates from cancer of the stomach and respiratory diseases in 1949-53 among coal miners and other male residents in counties of England and Wales. *Br J Cancer*. 1962; 16(4): 592-598. doi: 10.1038/bjc.1962.69
30. Enterline PE. Mortality rates among coal miners. *Am J Public Health Nations Health*. 1964; 54(5): 758-768. doi: 10.2105/ajph.54.5.758
31. Swaen GM, Meijers JM, Slangen JJ. Risk of gastric cancer in pneumoconiotic coal miners and the effect of respiratory impairment. *Occup Environ Med*. 1995; 52(9): 606-610. doi: 10.1136/oem.52.9.606
32. Ames RG. Gastric cancer and coal mine dust exposure. A case-control study. *Cancer*. 1983; 52(7): 1346-1350. doi: 10.1002/1097-0142(19831001)52:7<1346::aid-cnrcr2820520734>3.0.co;2-y
33. González CA, Sanz M, Marcos G, Pita S, Brullet E, Vida F, et al. Occupation and gastric cancer in Spain. *Scand J Work Environ Health*. 1991; 17(4): 240-247. doi: 10.5271/sjweh.1707
34. Shah SC, Boffetta P, Johnson KC, Hu J, Palli D, Ferraroni M, et al. Occupational exposures and odds of gastric cancer: a StOp project consortium pooled analysis. *Int J Epidemiol*. 2020; 49(2): 422-434. doi: 10.1093/ije/dyz263
35. La Vecchia C, Pelucchi C, Negri E, Bonzi R, Boffetta P, Camargo MC, et al. The stomach cancer pooling (STOP) project: a global consortium of epidemiological studies of gastric cancer, updated to 2021. *European Journal of Cancer Prevention*. 2021; 31: S4-S5. doi: 10.1097/01.cej.0000816652.09334.e2
36. Skurupiy VA, Nadeev AP, Karpov MA. Evaluation of destructive and reparative processes in the liver in experimental chronic granulomatosis of mixed (silicotic and tuberculous) etiology. *Bull Exp Biol Med*. 2010; 149(6): 685-688. Russian (Шкурпий В.А., Надеев А.П., Карпов М.А. Исследование деструктивных и репаративных процессов в печени при хроническом гранулематозе смешанной (силикотической и туберкулезной) этиологии в эксперименте //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2010. Т. 149, № 6. С. 622-626.) doi: 10.1007/s10517-010-1024-y
37. Kutikhin AG, Efimova OS, Ismagilov ZR, Barbarash OL. Effect of dust pollution of coal and coal chemical industries on the risk of developing heart diseases. *Chemistry for Sustainable Development*. 2018; 26(6): 647-654. Russian (Кутихин А.Г., Ефимова О.С., Исмагилов З.Р., Барбараш О.Л. Влияние пылевого загрязнения и углекислотной промышленности на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний //Химия в интересах устойчивого развития. 2018. Т. 26, № 6. С. 647-655.) doi: 10.15372/KhUR20180612
38. Bugaeva MS, Bondarev OI, Gorokhova LG, Kizichenko NV, Zhdanova NN. Experimental study of the specificity of morphological changes development in internal organs with prolonged exposure to coal-rock dust and sodium fluoride to the body. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2022; 62(5): 285-294. Russian (Бугаева М.С., Бондарев О.И., Горохова Л.Г., Кизиченко Н.В., Жданова Н.Н. Экспериментальное изучение специфичности развития морфологических изменений внутренних органов при длительном воздействии на организм угольно-породной пыли и фторида натрия //Медицина труда и промышленная экология. 2022. Т. 62, № 5. С. 285-294.) doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-5-285-294
39. Coggon D, Barker DJ, Cole RB. Stomach cancer and work in dusty industries. *Br J Ind Med*. 1990; 47(5): 298-301. doi: 10.1136/oem.47.5.298
40. Ekimovskih AV, Churlyayev YuA, Epifantseva NN, Kan SL, Dantsiger DG, Redkokasha LYu. Mechanisms of vascular endothelial dysfunction in miners. *The Siberian Medical Journal*. 2013; 28(3): 28-34. Russian (Екимовских А.В., Чурляев Ю.А., Епифанцева Н.Н., Кан С.Л., Данцигер Д.Г., Редкокаша Л.Ю. Механизмы дисфункции сосудистого эндотелия у шахтеров //Сибирский медицинский журнал (г. Томск). 2013. Т. 28, № 3. С. 28-34.)
41. Minina VI, Kulemin YuE, Tolotchko TA, Meyer AV, Savtchenko YaA, Volobayev VP, et al. Genotoxic effects of occupational environment in Kuzbass miners. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015; (5): 4-8. Russian (Минина В.И., Кулемин Ю.Е., Толочко Т.А., Мейер А.В., Савченко Я.А., Волобаев В.П., и др. Генотоксические эффекты воздействия производственной среды у шахтеров Кузбасса //Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 5. С. 4-8.)
42. Minina VI, Druzhinin VG, Golovina TA, Tolochko TA, Meyer AV, Volkov AV, et al. Dynamics of chromosomal aberrations level in residents of an industrial city in conditions of changing atmosphere pollution. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2016; 6(2): 169-177. Russian (Минина В.И., Дружинин В.Г., Головина Т.А., Толочко Т.А., Мейер А.В., Волков А.Н., и др. Динамика уровня хромосомных aberrаций у жителей промышленного города в условиях изменения загрязнения атмосферы //Экологическая генетика. 2014/ Т. 12, № 3. С. 60-70.) doi: 10.1134/S2079059716020064

Сведения об авторах:

КРАСИЛЬНИКОВА Полина Леонидовна, соискатель, ФГБУ НИИ КПГПЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: aergos0203@mail.ru

ПАНЕВ Николай Иванович, доктор мед. наук, начальник научно-клинического отдела медицины труда, ФГБУ НИИ КПГПЗ, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: panevni@gmail.com

Information about authors:

KRASILNIKOVA Polina Leonidovna, applicant, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: aergos0203@mail.ru

PANEV Nikolay Ivanovich, doctor of medical sciences, chief of the scientific and clinical department of occupational medicine, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: panevni@gmail.com

Сведения об авторах:

КОРОТЕНКО Ольга Юрьевна, канд. мед. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ НИИ КППГЗ, г. Новокузнецк, Россия. Новокузнецк, Россия. E-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Information about authors:

KOROTENKO Olga Yuryevna, candidate of medical sciences, deputy director on science, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, Russia. E-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Корреспонденцию адресовать: КОРОТЕНКО Ольга Юрьевна, 654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 23, ФГБНУ НИИ КППГЗ

E-mail: olgakorotenko@yandex.ru