

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-1-15-25>

ОЦЕНКА РОЛИ ПЫЛИ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЗЕРВУАРА МУЛЬТИРЕЗИСТЕНТНЫХ ГОСПИТАЛЬНЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОТДЕЛЕНИЯХ ХИРУРГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

ЧЕЗГАНОВА Е.А.^{1*}, ЕФИМОВА О.С.², САХАРОВА В.М.³, ЕФИМОВА А.Р.⁴, СОЗИНОВ С.А.², ИСМАГИЛОВ З.Р.², БРУСИНА Е.Б.¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Кемерово, Россия

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Кемерово, Россия

³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», г. Кемерово, Россия

⁴ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области», г. Кемерово, Россия

Резюме

Цель. Изучение микробного состава и органического компонента пыли в отделениях хирургического профиля для оценки риска воздушно-пылевого пути передачи возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.

Материалы и методы. Отбор проб пыли ($n=41$) осуществлялся в стерильные емкости стерильной перчаткой с внутренней стороны вентиляционных решеток и непосредственно прилежащих к ним частей воздуховодов вытяжных вентиляционных систем в различных медицинских организациях. Форма и размерность пылевых частиц изучена методами сканирующей электронной микроскопии и динамического рассеяния света. Элементный анализ (CHNSO-анализ) проведен посредством высокотемпературного каталитического окисления. Бактериальный состав пыли изучен с помощью биохимического анализатора VITEK®2 Compact (Франция), присутствие вирусов подтверждалось полимеразной цепной реакцией.

Результаты. Выявлены два морфологических типа образцов пыли: с глобулярными частица-

ми и микроразмерными волокнами. Независимо от профиля отделений преобладали образцы пыли с глобулярными частицами. Установлено наличие наночастиц во всех исследованных образцах пыли со средним первым пиком $85,6 \pm 12,6$ нм и средним вторым пиком $307,1 \pm 76,2$ нм. Пыль, отобранная в отделениях нехирургического профиля, содержала больший весовой процент азота, чем пыль отделений хирургического профиля ($p < 0,001$). По другим элементам (водород, сера, углерод) различия не выявлены. Пыль, отобранная в медицинских организациях разных городов, различалась по содержанию азота ($p < 0,033$). По другим элементам (водород, сера, углерод) различия не установлены. Выявлено широкое микробное разнообразие микроорганизмов в образцах пыли и высокая частота ее контаминации (46,34% исследованных образцов). В отделениях хирургического профиля преобладала контаминация пыли мультирезистентными штаммами бактерий (28,57%) с высоким эпидемическим потенциалом, в то время как в отделениях нехирургического профиля – вирусами (23,3%).

Заключение. Пыль, образующаяся в отделениях хирургического профиля, содержит на-

Для цитирования:

Чезганова Е.А., Ефимова А.Р., Сахарова В.М., Ефимова А.Р., Созинов С.А., Исмагилов З.Р., Брустина Е.Б. Оценка роли пыли в формировании резервуара мультирезистентных госпитальных штаммов микроорганизмов в отделениях хирургического профиля. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2020;5(1): <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-1-15-25>

*Корреспонденцию адресовать:

Чезганова Евгения Андреевна, 650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а; E-mail: echezganova1994@mail.ru

©Чезганова Е.А. и др.

норазмерные частицы, контаминирована мультирезистентными микроорганизмами, имеет органический субстрат, определяющий возможность накопления и размножения в ней возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, с последующим воздушно-пылевым путем передачи.

Ключевые слова: хирургические отделения, пыль, наночастицы, госпитальный штамм, резервуар возбудителей, инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, воздушно-пылевой путь передачи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-415-420004 р_а «Оценка роли пыли угольной промышленности в формировании резервуара мультирезистентных госпитальных штаммов микроорганизмов в больничной среде».

Благодарности

Результаты получены с использованием оборудования Кемеровского центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук.

ORIGINAL RESEARCH

PARTICULATE MATTER AS A POSSIBLE RESERVOIR OF MULTIDRUG-RESISTANT MICROORGANISMS IN SURGICAL HEALTHCARE SETTINGS

Evgenia A. Chezganova^{1**}, Olga S. Efimova², Vera M. Sakharova³, Anna R. Efimova⁴, Sergey A. Sozinov², Zinfer R. Ismagilov², Elena B. Brusina¹

¹Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

²Institute of Coal Chemistry and Material Science of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

³Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

⁴Kemerovo Regional Center for Hygiene and Epidemiology, Kemerovo, Russian Federation

English ►

Abstract

Aim. To study the microbial diversity and dust organic component in surgical healthcare settings and to assess the risk of dust-mediated transmission of healthcare-associated infections.

Materials and Methods. Dust sampling (n = 41) was carried out using sterile gloves and containers from ventilation grilles and adjacent air ducts of the exhaust ventilation systems in various healthcare settings. Size and shape of dust particles were studied by means of scanning electron microscopy and dynamic light scattering. Elemental analysis (CHNSO) was conducted employing high temperature catalytic oxidation. Bacterial compo-

sition of the dust was investigated using a VITEK 2 Compact biochemical analyzer while viral diversity was screened by polymerase chain reaction.

Results. Dust in healthcare units consisted of globular particles and/or micro-sized fibers. Regardless of the healthcare setting, globular particles prevailed in the dust structure. Dust nanoparticles were characterized by an average first size peak of 85.6 ± 12.6 nm and an average second peak of 307.1 ± 76.2 nm. Dust collected in non-surgical units contained a higher nitrogen content than surgical settings ($p < 0.001$). Proportions of hydrogen, carbon, and sulfur did not differ between non-surgical and surgical units. The dust collected from healthcare settings in

For citation:

Evgenia A. Chezganova, Olga S. Efimova, Vera M. Sakharova, Anna R. Efimova, Sergey A. Sozinov, Zinfer R. Ismagilov, Elena B. Brusina. Particulate matter as a possible reservoir of multidrug-resistant microorganisms in surgical healthcare settings. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2020;5(1): <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-1-15-25>

****Corresponding author:**

Dr. Evgenia A. Chezganova, 22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation. E-mail: echezganova1994@mail.ru

©Dr Evgenia A. Chezganova et al.

different cities also varied in nitrogen content ($p = 0.033$). A wide microbial diversity was detected in dust samples and a high frequency (46.34%) of its contamination was found. In surgical departments, dust contamination was notable for multidrug-resistant bacteria (28.57%), while viruses prevailed in non-surgical departments (23.3%).

Conclusions. Dust generated in surgical departments contains nanosized particulate matter, multidrug-resistant microorganisms, and a prominent organic component all defining it as a possible reservoir of multidrug-resistant microorganisms which may potentially cause healthcare-associated infections via airborne transmission.

Keywords: surgical units, dust, nanoparticles, hospital strain, reservoir of pathogens, health-

care-associated infections, airborne transmission.

Conflict of Interest

None declared.

Funding

The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research and Kemerovo Region «Coal-derived particulate matter as a possible reservoir of multidrug-resistant microorganisms in a hospital environment», project number № 20-415-420004.

Acknowledgements

The results were obtained using the equipment of the Kemerovo Center for Collective Use of the Federal Research Center for Coal Chemistry and Material Science of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Введение

Микрочастицы пыли и содержащиеся в ней токсические вещества – широко распространенный загрязнитель атмосферного воздуха, представляющий серьезную угрозу для здоровья человека и экосистем [1]. Антропогенные выбросы содержат в основном твердые частицы размерами от 0,5 до 200 мкм [1]. В угледобывающем регионе одним из факторов, способствующих развитию генотоксических эффектов, является присутствие в атмосферном воздухе угольной пыли, образующейся на всех этапах угледобычи. Наибольшую опасность представляют мелкодисперсная пыль и наноразмерные частицы. Наночастица – твердый объект размером до 1 мкм, имеющий сравнительно малый объем при большой площади поверхности, магнитные особенности, часто содержащий полость [2]. Эти характеристики определяют особые свойства наночастиц. В литературе рассмотрены различные аспекты влияния пылевых наночастиц на здоровье человека. Убедительно доказано, что мелкодисперсные частицы являются фактором риска развития заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем, подробно описан патогенез повреждающего действия клеток наночастицами с последующим развитием системных реакций [2, 3].

Вместе с тем отсутствуют фундаментальные исследования о роли пылевых частиц в механизме формирования резервуаров госпитальных клонов микроорганизмов, закономерностях и зависимости распространения пылевых частиц от ряда факторов больничной среды, их вкладе в заболеваемость инфекциями, в том

числе, связанными с оказанием медицинской помощи (ИСМП) [4]. Образование и свойства пыли в медицинской организации зависят как от загрязнений атмосферного воздуха, так и от характера применяемых медицинских технологий и материалов [5].

Особый интерес с позиций вклада воздушно-пылевого пути передачи в эпидемический процесс ИСМП и распространения мультирезистентных клонов микроорганизмов представляют отделения хирургического профиля [6, 7].

Цель исследования

Изучение микробного состава и органического компонента пыли в отделениях хирургического профиля для оценки риска воздушно-пылевого пути передачи возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.

Материалы и методы

Отбор проб пыли ($n=41$) осуществлялся в стерильные емкости стерильной перчаткой с внутренней стороны вентиляционных решеток и непосредственно прилежащих к ним частей воздуховодов вытяжных вентиляционных систем в различных медицинских организациях. Все образцы были дифференцированы на образцы из отделений хирургического профиля ($n=11$) и отделений нехирургического профиля ($n=30$).

Исследование формы, размерности и элементного состава частиц пыли для отделений хирургического профиля ($n = 9$) и для отделений нехирургического профиля ($n = 11$) про-

водили при помощи сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JSM-6390 LA (JEOL, Япония). Частицы исследуемых объектов были нанесены на двусторонний углеродный скотч, приклеенный на алюминиевый предметный столик. Микрофотографии были получены в режиме регистрации вторичных электронов. Определение содержания элементов (C, H, N, S) в составе органической массы было проведено методом высокотемпературного каталитического окисления (CHNSO-анализ) с использованием элементного анализатора Flash 2000 (ThermoScientific, США). Средний размер и распределение размерности частиц пыли в растворе ($n = 15$) были определены методом динамического рассеяния света на лазерном анализаторе ZetasizerNano ZS (MalvernInstruments, Великобритания). Перед проведением съемки исследуемые частицы были ресуспендированы в фильтрованной (220 нм) стерильной бидистиллированной воде и обработаны ультразвуком в течение 20 минут до получения устойчивых дисперсных систем. Далее было проведено удаление крупных частиц фильтрованием через бумажный фильтр и фильтрующие насадки с диаметром пор 450 и 220 нм. Для каждого образца было выполнено от 10 до 50 измерений, осуществлявшихся до получения не менее 5 сходящихся результатов. Температура при проведении измерения составила 25°C (с предварительным 20-минутным термостатированием). Результаты получены с использованием оборудования Кемеровского центра коллективного пользования института углехимии и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук.

Выявление и дифференцирование РНК ротавирусов группы А (Rotavirus A), астровирусов (Astrovirus) и норовирусов 2 генотипа (Norovirus 2 генотип) во всех пробах ($n = 41$) проводилось методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуоресцентной детекцией при помощи тест-системы АмплиСенсRotavirus/Norovirus/Astrovirus-FL (ФБУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора, г. Москва). Аналогичным образом была выполнена идентификация РНК энтеровирусов (Enterovirus) ($n = 41$, тест-система АмплиСенсEnterovirus-FL), РНК вируса гепатита А ($n = 41$, тест-система АмплиСенс HAV-FL), а также ДНК *Shigella spp.*, энтероинвазивных *E. coli*, *Salmonella spp.*

и термофильных *Campylobacter spp.* ($n = 41$, АмплиСенс *Shigella spp.* и EIEC/*Salmonella spp.*/Campylobacter spp.-FL).

Для изучения бактериального состава пробы пыли ($n = 41$) засеивали в 1% сахарный бульон и далее инкубировали при 37°C в течение 24 часов. Затем культуры пересевали на кровяной агар, агар *Candida*, агар Orientation с последующей инкубацией аналогичной температуры и времени. Для выделения чистой культуры возбудителя осуществляли пересев на среду Клигера с дальнейшим выращиванием в термостате по вышеуказанному протоколу. Определение видовой принадлежности бактерий проводили на биохимическом автоматическом анализаторе VITEK®2 Compact (BioMerieux, Франция) с использованием карт VITEK®2GN, предназначенных для идентификации клинически значимых ферментирующих и неферментирующих грамотрицательных палочек и включающих 47 индивидуальных биохимических тестов, а также карт VITEK®2GP, позволяющих идентифицировать 120 грамположительных микроорганизмов. Для заполнения соответствующих карт прибора из полученных культур готовили суспензию с оптической плотностью в 0,5-0,63 стандарта МакФарланда согласно инструкции производителя (BioMerieux, Франция). Время получения результата составляло 5-10 часов. На каждую исследуемую культуру был получен протокол идентификации микроорганизма с подробной информацией об его биохимической активности. Рассчитывалась относительная вероятность, отражающая степень соответствия биохимической активности каждого вида из базы данных анализатора. Система делала единственный выбор при относительной вероятности 85-99%. Чувствительность к антимикробным препаратам определялась на анализаторе VITEK®2 Compact (Франция). Статистическая обработка результатов осуществлялась в программе GraphPad Prism7 (GraphPad Software). Две независимые группы сравнивались по U-критерию Манна-Уитни. Статистические различия считали значимыми при $p < 0.05$.

Результаты

Морфологическая характеристика поверхности образцов пыли. Методом сканирующей электронной микроскопии выявлены два морфологических типа образцов пыли: с глобуляр-

ными частицами и микроразмерными волокнами. Независимо от профиля отделений преобладали образцы пыли с глобулярными частицами (рисунки 1, 2).

Размерность частиц пыли

Интерес представляли наличие и размерность микрочастиц пыли, поскольку микроорганизмы могут длительное время находиться на пылевых частицах и в зависимости от их ха-

рактеристик проникать в нижние отделы дыхательных путей, контаминировать раневые поверхности [4]. Исследование распределения размерности частиц пыли в растворе методом динамического рассеяния, отобранных в отделениях хирургического профиля, выявило наноразмерную фракцию пыли со средним первым пиком $85,6 \pm 12,6$ нм и средним вторым пиком $302,5 \pm 75,6$ нм (таблица 1).

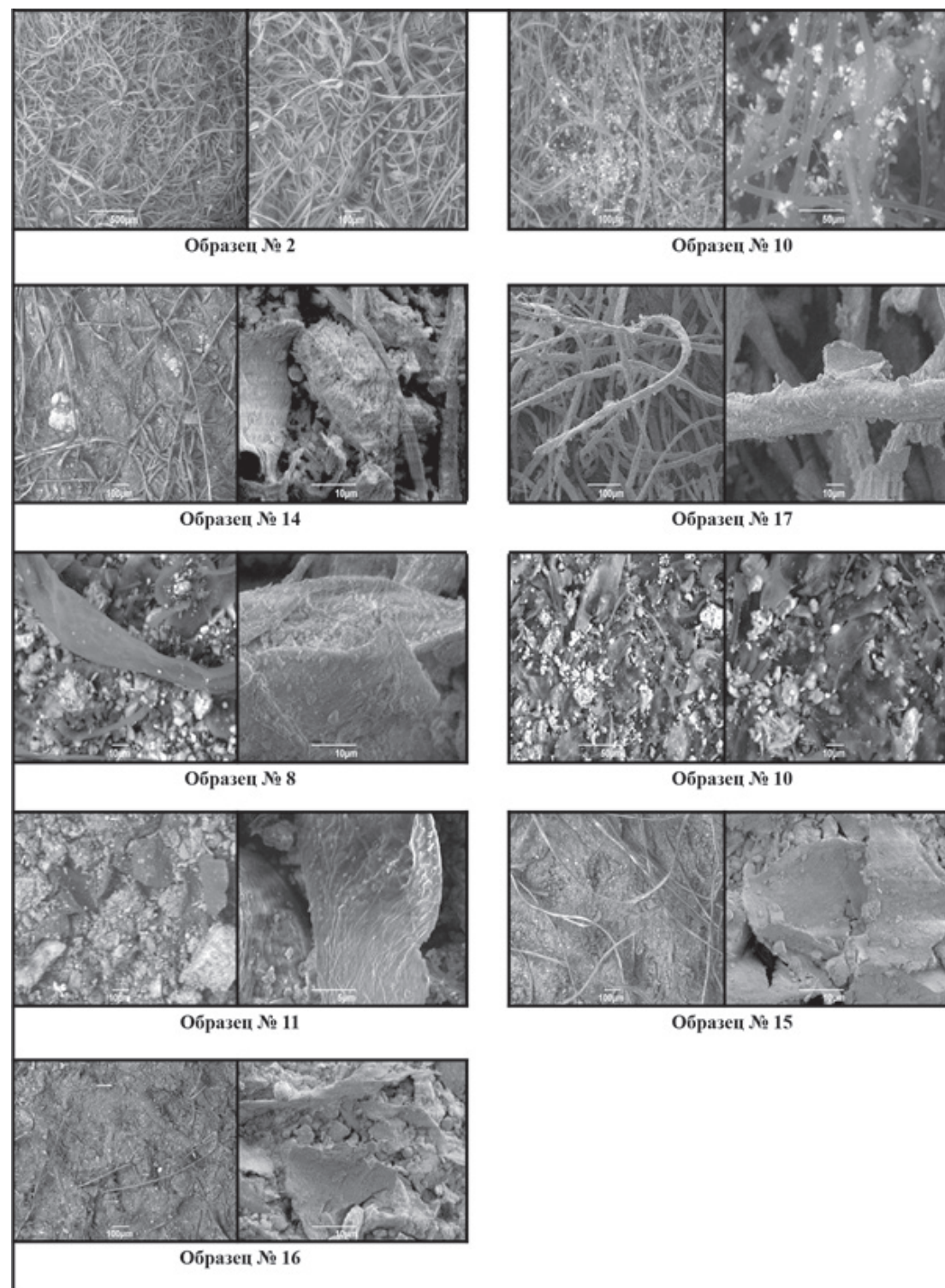


Рисунок 1.

Морфологическая характеристика образцов пыли хирургических отделений

Figure 1.

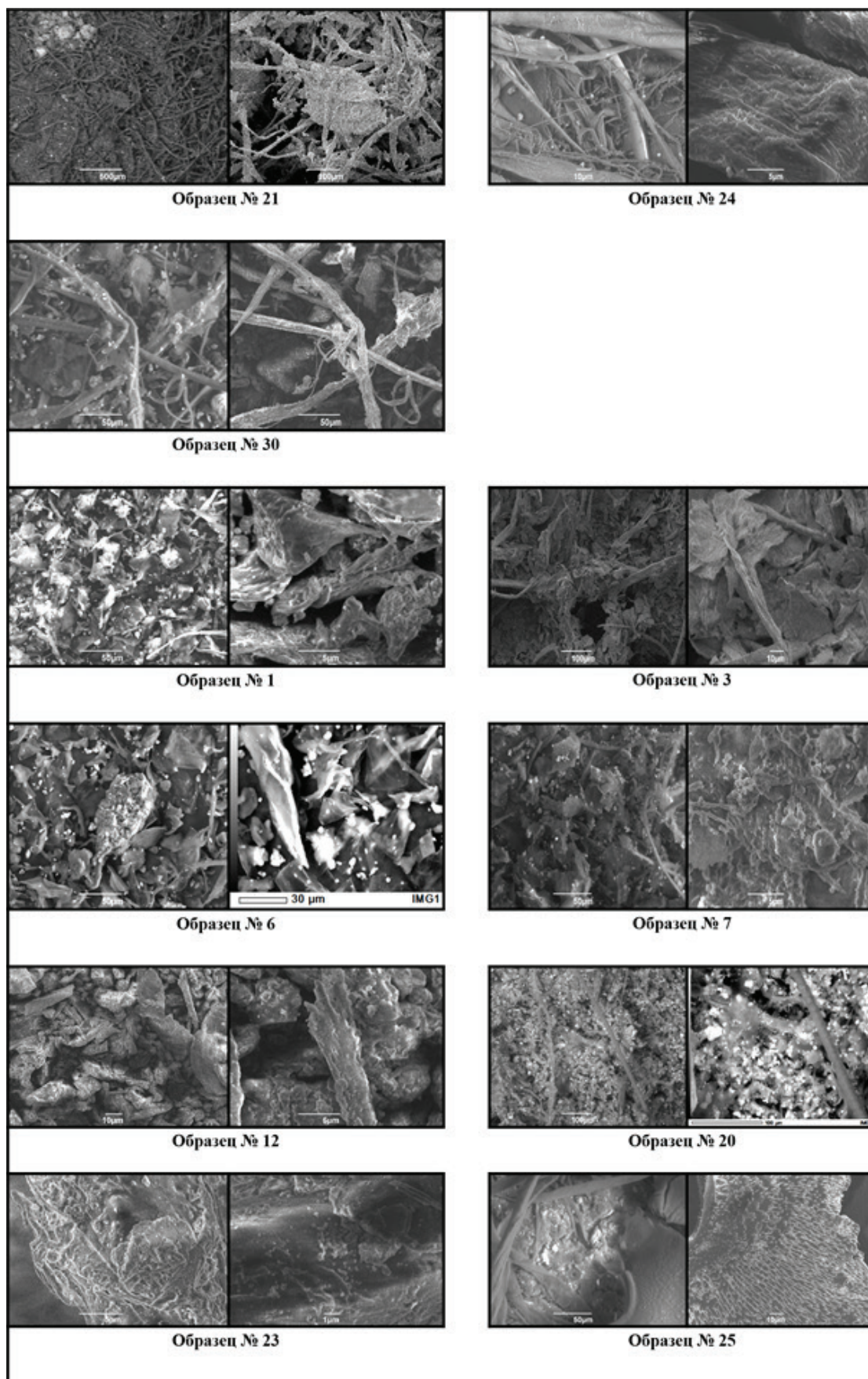
Morphological characteristics of dust samples in surgical units

Рисунок 2.

Морфологическая характеристика образцов пыли отделений нехирургического профиля

Figure 2.

Morphological characteristics of dust samples of non-surgical units



Номер Образца Sample number	Пик 1, нм Peak 1, nm	Пик 2, нм Peak 2, nm
10	58,6 ± 12,5	322,4 ± 138,6
11	125,5 ± 16,5	370,4 ± 63,2
13	47,9 ± 7,5	235,5 ± 51,4
14	77,8 ± 9,6 133,3 ± 23,1	317,7 ± 87,1
15	106,6 ± 14,1	298,9 ± 58,4
16	96,9 ± 15,4	269,9 ± 54,7

Таблица 1.

Распределение пиков наноразмерной фракции частиц пыли, отобранной в отделениях хирургического профиля

Table 1.

Particle-size distribution of nanoscale particulate matter in surgical healthcare settings

Номер образца Sample number	Пик 1, нм Peak 1, nm	Пик 2, нм Peak 2, nm
1	77,2 ± 14,0	419,4 ± 112,4
6	140,0 ± 27,8	402,5 ± 78,1
7	80,7 ± 7,1	302,1 ± 42,9
12	136,0 ± 15,7	393,7 ± 68,3
20	40,3 ± 4,7	164,1 ± 32,3
23	67,1 ± 6,2	241,3 ± 61,2
24	119,3 ± 18,9	319,5 ± 71,9
25	73,8 ± 13,4	253,4 ± 64,2
30	102,4 ± 17,5	267,9 ± 60,1

Таблица 2.

Распределение пиков наноразмерной фракции частиц пыли, отобранной в отделениях нехирургического профиля

Table 2.

Particle-size distribution of nanoscale particulate matter in non-surgical healthcare settings

При этом наноразмерная фракция пыли, отобранной в отделениях нехирургического профиля, имела средний первый пик $92,9 \pm 13,9$ нм и средний второй пик $307,1 \pm 76,2$ нм (таблица 2). Таким образом, установлено наличие наночастиц во всех исследованных образцах пыли.

Органический компонент пыли

Ранее нами был исследован элементный состав образцов пыли, который выявил наличие органического (белкового) субстрата, необходимого для накопления и размножения микроорганизмов [4].

Далее при исследовании органического компонента образцов пыли CHNSO-анализом с использованием высокотемпературного каталитического окисления было установлено, что пыль, отобранная в отделениях нехирургического профиля, содержала больший весовой процент азота, чем пыль отделений хирургического профиля ($p < 0,001$). По другим элементам (водород, сера, углерод) различия не выявлены (рисунок 3).

Вместе с тем установлено, что пыль, отобранная в медицинских организациях города Прокопьевска, содержала больший весовой процент азота, чем пыль, отобранная в медицинских организациях города Кемерово ($p < 0,033$). По другим элементам (водород, сера, углерод) различия не выявлены (рисунок 4).

Контаминация пыли

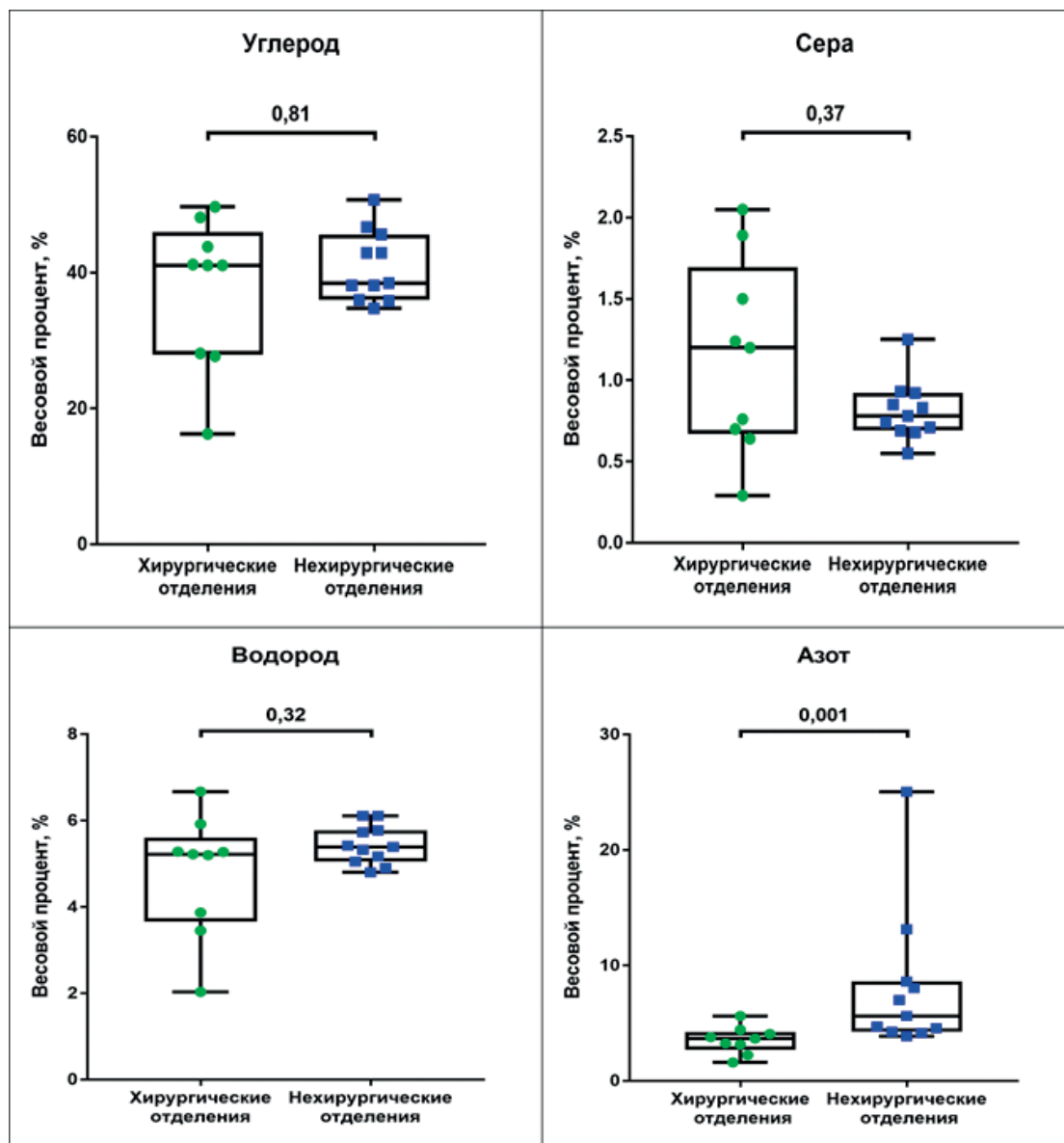
При исследовании 41 пробы пыли установлено, что в 19 пробах (46,34%) обнаружены различные микроорганизмы. При исследовании пыли, отобранной в отделениях хирургического профиля, из 11 проб (26,83%) бактерии обнаружены в 7 пробах (63, 64 %), в 1 пробе (9,09%) была обнаружена РНК Rotavirus A. При этом выделен оксациллинрезистентный штамм *Staphylococcus pseudintermedius*, мультирезистентный штамм *Raoultella ornithinolytica* и штамм *Klebsiella pneumoniae*, карбапенемрезистент-

Рисунок 3.

Содержание углерода, азота, серы, водорода (весовые проценты) в пыли отделений хирургического и нехирургического профиля

Figure 3.

Proportions (weight percent) of carbon, nitrogen, sulfur, and hydrogen in the dust collected in surgical and non-surgical units



ные бактерии рода *Pantoea*, азтреонам- и колистин-резистентный штамм *Shewanella putrefaciens*, азтреонам-резистентный штамм *Sphingomonas paucimobilis* и чувствительные к антибиотикам *Pasteurella canis*, *Aeromonas sobria*, *Chromobacterium violaceum*, *Enterococcus faecium*.

При исследовании пыли отделений нехирургического профиля из 30 проб (40,0%) бактерии обнаружены в 10 (33,33%), в 7 пробах (23,3%) была обнаружена РНК *Rotavirus A*. Бактерии представлены *Salmonella spp.*, термофильными *Campylobacter spp.*, *Cronobacter dublinensis*, ванкомицин- и фторхинолонрезистентным штаммом *Enterococcus faecium*, ампициллин- и фосфомицин резистентным штаммом *Kluyvera intermedia*, резистентными к цефалоспорином III и IV поколений штаммами *Sphin-*

gomonas paucimobilis, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, азтреонам- и колистин-резистентным штаммом *Moraxella lacunata*.

Выявлены различия микроорганизмов, контаминирующих пыль, в зависимости от профиля отделений. В отделениях хирургического профиля преобладала контаминация пыли мультирезистентными штаммами бактерий (28,57%) с высоким эпидемическим потенциалом, в то время как в отделениях нехирургического профиля – вирусами (23,3%).

Обсуждение

Пылевые частицы, осажденные на вентиляционных решетках вытяжных вентиляционных систем и прилежащих к ним частях воздухово-

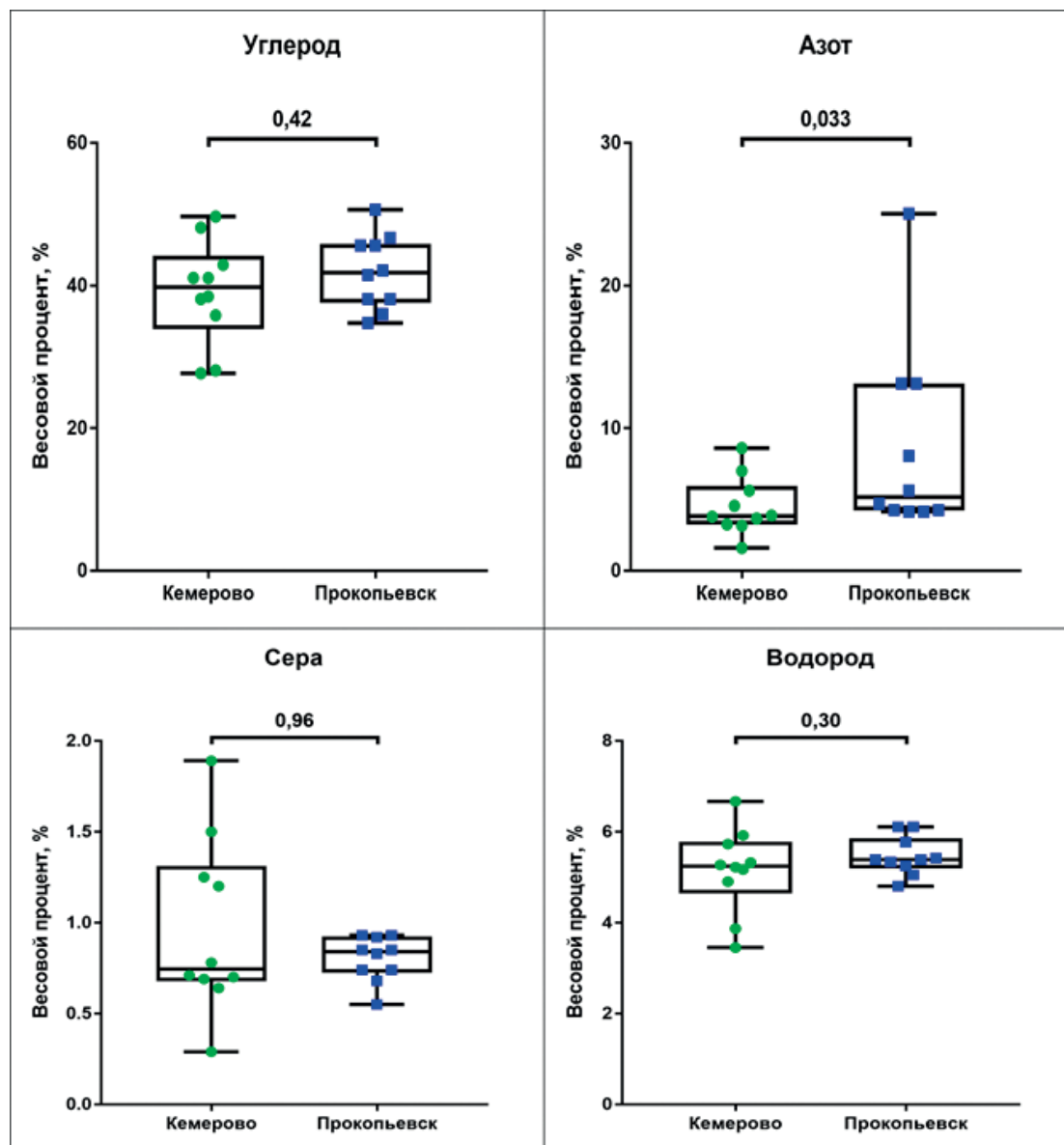


Рисунок 4.

Содержание углерода, азота, серы, водорода (весовые проценты) в пыли в медицинских организациях городов Кемерово и Прокопьевска

Figure 4.

Proportions (weight percent) of carbon, nitrogen, sulfur, and hydrogen in the dust collected in healthcare units in Kemerovo and Prokopyevsk

дов, могут служить дополнительным резервуаром мультирезистентных госпитальных штаммов микроорганизмов.

В публикациях имеются данные, подтверждающие реализацию воздушно-пылевого пути передачи таких возбудителей, как *Salmonella typhimurium*, *Mycobacterium tuberculosis* [8].

Можно предположить, что вероятность формирования резервуара госпитальных клонов микроорганизмов может зависеть от наличия в пыли органических веществ, необходимых для роста и размножения микроорганизмов, от ее структуры, неорганического элементного состава, морфологии поверхности пылевых частиц [4].

Кроме того, от размера частиц зависит их способность к длительной циркуляции во внешней среде медицинских организаций и пе-

ремещение воздушными потоками в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что представляет эпидемиологическую опасность как для пациентов, так и для персонала в связи с возможностью проникновения микроразмерных частиц в нижние отделы дыхательных путей [6].

В литературе риск развития заболеваний, ассоциированных с наноразмерными частицами, достаточно подробно освещен [9]. Однако их возможная связь с мультирезистентными микроорганизмами ранее не обсуждалась.

Современные медицинские технологии и условия медицинских организаций существенно изменились за последнее десятилетие [10]. Это определяет необходимость изучения характеристик пыли, риска реализации воздушно-пы-

левого пути передачи возбудителей в отделениях хирургического профиля, отличающихся по инвазивным технологиям, материалам и условиям от других отделений [11].

По результатам настоящего исследования было выявлено два типа образцов пыли: с глобулярными частицами и микроразмерными волокнами. Однако не было установлено различий в структуре пылевых частиц в отделениях хирургического и нехирургического профиля.

Пыль хирургических отделений содержала меньше азота в сравнении с отделениями нехирургического профиля, однако присутствие органических веществ определяет вероятность возможного сохранения и размножения микроорганизмов.

Содержание углерода в пыли медицинских организаций существенно меньше, чем в угольной пыли, однако это не исключает присутствие ее как одного из компонентов пыли медицинских организаций, проникающей из атмосферного воздуха. Присутствие угольной пыли может увеличивать сорбционные свойства пыли и риск ее контаминации микроорганизмами.

Выявленное в нашем исследовании наличие наноразмерных частиц пыли в отделениях различного профиля, подтверждает опасность длительной циркуляции и проникновения частиц в нижние отделы дыхательных путей [12].

Установлена высокая частота контаминации пыли микроорганизмами. При этом выявлены чувствительные и мультирезистентные формы бактерий как в отделениях хирургического, так и нехирургического профиля [13]. В отделениях нехирургического профиля преобладала частота контаминации вирусами, в отделениях хирургического профиля – бактериями.

Заключение

Пыль, образующаяся в условиях медицинских организаций, а именно в отделениях хирургического профиля, содержит наноразмерные частицы, контаминирована мультирезистентными микроорганизмами, имеет органический субстрат, определяющий возможность накопления и размножения в ней возбудителей ИСМП с последующим воздушно-пылевым путем передачи.

Литература / References:

1. Калаева С.З., Чистяков Я.В., Муратова К.М., Чеботарев П.В. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека. *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2016; 3: 40-63 [Kalaeva S.Z., Chistyakov Y.V., Muratova K.M., Chebotarev P.V. Influencing fine-dispersed dust upon biosphere and human. *Bulletin of Tula State University. Earth Sciences*. 2016; 3: 40-63 (In Russ.).]
2. 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. <https://doi.org/10.1007/s11739-015-1276-7>
3. Кутихин А.Г., Ефимова О.С., Исмагилов З.Р., Барбараш О.Л. Влияние пылевого загрязнения от угольной и углехимической промышленности на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Химия в интересах устойчивого развития*. [Kutikhin A.G., Efimova O.S., Ismagilov Z.R., Barbarash O.L. Air pollution from coal mines and coal chemistry: impact on cardiovascular diseases. *Chemistry and Sustainable Development*. 2018; 26(6): 647-655. (In Russ.).] <https://doi.org/10.15372/KhUR20180612>.
4. Чезганова Е.А., Ефимова О.С., Созинов С.А. и др. Больничная пыль как потенциальный резервуар госпитальных штаммов. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2019; 18 (3): 82–92 [Chezganova E.A., Efimova O.S., Sozinov S.A. et al. Particulate Matter in a Hospital Environment: as Potential Reservoir for Hospital Strains. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2019; 18(4):82-92. (In Russ.).] <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-4-82-92>
5. Baurès E, Blanchard O, Mercier Fetal. Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants. *Sci Total Environ*. 2018; 642: 168-179. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.047>
6. Шестопалов Н.В., Скопин А.Ю., Федорова Л.С. Гололобова Т.В. Совершенствование методических подходов к управлению риском распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя. *Анализ риска здоровью*. 2019. (1): 84-92. [Shestopalov NV, Skopin AY, Fedorova LS, Gololobova TV. Improving methodological approaches to managing the risk of spreading infections with an aerosol pathogen transmission mechanism. *Health Risk Analysis*. 2019. (1): 84-92. (In Russ.).]
7. Noguchi C, Koseki H, Horiuchi H et al. Factors contributing to airborne particle dispersal in the operating room. *BMC Surg*. 2017; 17(1):78. <https://doi.org/10.1186/s12893-017-0275-1>.
8. Акимкин В.Г., Покровский В.И. Нозокомиальный сальмонеллез взрослых. М.: Издательство РАМН; 2002; 136. [Akimkin VG, Pokrovsky VI. Nosocomial salmonellosis in adults. *Publishing House of Russian Academy of Medical Sciences*. 2002; 136 (In Russ.).]
9. Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int*. 2015; 74: 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
10. Брусина Е.Б., Ковалишена О.В., Цигельник А.М. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи в хирургии: тенденции и перспективы профилактики. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2017; 16(4):73-80. [Brusina E.B., Kovalishena O.V., Tsigelnik A.M. Healthcare-Associated Infections: Trends and Prevention Prospectives. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2017; 16(4): 73-80. (In Russ.).] <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-4-73-80>
11. Spagnolo AM, Ottria G, Amicizia D et al. Operating theatre

quality and prevention of surgical site infections. *J Prev Med Hyg.* 2013;54(3):131–137

12. Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Кашинцева Л.В., Волков А.В. Оценки риска загрязнения приземной атмосферы как угрозы устойчивому развитию территорий индустриального природопользования. *Известия Самарского научного центра РАН.* 2016; 2-3 [Khadartsev A.A., Khrupachev A.G., Kashintseva L.V., Volkov A.V. Risk assessments of ground atmosphere pollution as

threats to sustainable development of the territories of industrial nature management. *Bulletin of Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences.* 2016; 2-3 (In Russ.).]

13. Solomon FB, Wadilo FW, Arota AA, Abraham YL. Antibiotic resistant airborne bacteria and their multidrug resistance pattern at University teaching referral Hospital in South Ethiopia. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2017; 12; 16(1): 29. <https://doi.org/10.1186/s12941-017-0204-2>

Сведения об авторах

Чезганова Евгения Андреевна, аспирант кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а).

Вклад в статью: сбор материала, анализ полученных данных, написание статьи.

ORCID: 0000-0003-0770-0993

Ефимова Ольга Сергеевна, кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории высокотемпературных углеродных материалов Института углехимии и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук (650099, г. Кемерово, пр. Советский, 18.)

Вклад в статью: исследование распределения частиц по размерам методом динамического рассеяния света, элементный анализ пылевых частиц.

ORCID: 0000-003-4495-0983

Сахарова Вера Михайловна, врач-бактериолог ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6).

Вклад в статью: микробиологическое исследование образцов пыли.

ORCID: 0000-0002-7458-0621

Ефимова Анна Роняевна, кандидат медицинских наук, врач-вирусолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области» (650002, Россия, г. Кемерово, пр. Шахтеров, 20).

Вклад в статью: микробиологическое исследование образцов пыли.

ORCID: 0000-0002-9319-3053

Созинов Сергей Анатольевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института углехимии и химического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (650099, Россия, г. Кемерово, пр. Советский, 18).

Вклад в статью: сканирующая электронная микроскопия.

ORCID: 0000-0002-2833-1536

Исмагилов Зинфер Ришатович, доктор химических наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Института углехимии и химического материаловедения Института углехимии и химического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (650099, Россия, г. Кемерово, пр. Советский, 18).

Вклад в статью: разработка концепции и дизайна исследования, координация проведения исследований по изучению физико-химических свойств пылевых частиц, анализ результатов.

ORCID: 0000-0002-1520-9216

Брусина Елена Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой эпидемиологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а).

Вклад в статью: разработка концепции и дизайна исследования, координация выполнения работы, анализ результатов.

ORCID: 0000-0002-8616-3227

Authors

Dr. Evgenia A. Chezganova, MD, PhD Student, Department of Epidemiology, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: collected the data; performed a data analysis; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0003-0770-0993

Dr. Olga S. Efimova, PhD, Researcher, Institute of Coal Chemistry and Material Science, Kemerovo, (18, Sovetskiy Avenue, Kemerovo, 650099, Russian Federation)

Contribution: performed a dynamic light scattering and elemental analysis of the particulate matter.

ORCID: 0000-003-4495-0983

Dr. Vera M. Sakharova, MD, Bacteriologist, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

Contribution: performed a microbiological analysis.

ORCID: 0000-0002-7458-0621

Dr. Anna R. Efimova, MD, PhD, Virologist, Kemerovo Regional Center of Hygiene and Epidemiology, (20, Shakhтеров Avenue, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

Contribution: performed a microbiological analysis.

ORCID: 0000-0002-9319-3053

Dr. Sergey A. Sozinov, PhD, Leading Researcher, Institute of Coal Chemistry and Material Science (18, Sovetskiy Avenue, Kemerovo, 650099, Russian Federation).

Contribution: performed scanning electron microscopy analysis.

ORCID: 0000-0002-2833-1536

Prof. Zinfer R. Ismagilov, DSc, Professor, Chief Executive Officer, Institute of Coal Chemistry and Material Science (18, Sovetskiy Avenue, Kemerovo, 650099, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; performed a data analysis.

ORCID: 0000-0002-1520-9216

Prof. Elena B. Brusina, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Epidemiology, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; performed a data analysis.

ORCID: 0000-0002-8616-3227

Статья поступила: 05.02.2020г.

Принята в печать: 29.02.2020г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Received: 05.02.2020

Accepted: 29.02.2020

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.