

Опасность воздействия мелкодисперсной пыли со строительной площадки

М.А. Барышникова

Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, Волгоград

Аннотация: Строительные работы создают большое количество пыли и оказывают значительное влияние на качество воздуха в прилегающих территориях. В данной статье приводятся результаты проведенных зарубежными и российскими авторами исследований по оценке опасности воздействия мелкодисперсной пыли со строительной площадки. Показана актуальность защиты человека от мелкодисперсной пыли и проблемы, связанные с ее воздействием на организм человека. Рассмотрены вопросы концентрации пыли, наиболее опасной для здоровья человека. Предложены мероприятия по снижению воздействия РМ на человека.

Ключевые слова: мелкодисперсная пыль, РМ₁₀, РМ_{2.5}, защита окружающей среды, здоровье человека, строительство, смертность, риск, сердечно-сосудистая система, вредный фактор, труд, защита.

Загрязнение воздуха является глобальной проблемой, особенно в городах и городских районах, и имеет множество последствий для здоровья человека и окружающей среды. Особое внимание следует уделить загрязнению атмосферы в тех местах, где наблюдается быстрое развитие и урбанизация [1]. Плохое качество воздуха представляет собой угрозу для здоровья, ставшую причиной примерно 4,2 миллиона преждевременных смертей в 2016 году. Кроме того, загрязнение воздуха вносит значительный вклад в потепление на планете и, как следствие, изменение климата [2].

Строительная промышленность, как и другие отрасли промышленности, выбрасывает в атмосферу загрязнители [1]. В научной литературе недооценивается вклад строительной отрасли в загрязнение воздуха. Исследования [3] подтверждают, что частицы пыли размером 10 мкм способствуют образованию смога в высокоиндустриальных городах, и порядка 30 % пыли из них относится к строительным площадкам [4].

Путем анализа источника твердых частиц было обнаружено, что пыль является одним из основных источников загрязнения атмосферы твердыми

частицами в городах [5 – 6] и что строительство зданий является основным источником образования городской пыли [7]. Большая часть пыли поступает от строительной техники и генераторов, работающих на дизельном топливе, причем 1% представляет собой пыль от работ на стройплощадке, таких как снос.

Взвешенные твердые частицы в виде мелкой пыли представляют наибольшую опасность для здоровья рабочего независимо от продолжительности воздействия, поскольку содержат вдыхаемые частицы [8]. Всемирная Федерация Сердца [9] заявляет, что длительное воздействие загрязнителей воздушной среды отрицательно сказывается на организме человека.

Различают два типа воздействия мелкой пыли на организм человека: при выполнении работ на земной поверхности и при ведении работ в подземных комплексах.

Начальная концентрация мелкой пыли на поверхности, как правило, выше, чем в подземных сооружениях (воздействие дорожно-транспортного комплекса, промышленных предприятий, периодическое снижение влажности и др.).

Однако участки на поверхности обладают высокой подвижностью воздуха, что характерно для нижних слоев атмосферы. Можно наблюдать пассивный перенос взвешенных частиц потоками воздушных масс. Это приводит к диспергированию концентрации мелкой пыли и периодическому снижению ее концентрации на исследуемом объекте. Однако подземные сооружения - это специально оборудованные горные выработки в горном массиве. Это искусственная система, имеющая тенденцию к изоляции. В таких системах есть благоприятные условия для осаждения частиц пыли: высокая влажность и плохое движение воздуха - таким образом, эти системы способны накапливать мелкую пыль.

Это свойство приводит к увеличению риска для здоровья от воздействия мелкой пыли. С увеличением движения воздуха происходит резкое увеличение концентрации взвешенных частиц, например, в подземных туннелях при движении транспорта [10].

Воздействие повышенных уровней твердых частиц (PM) является причиной сердечно-легочных и респираторных заболеваний и продолжительности жизни ниже ожидаемой [11]. Самыми опасными считаются маленькие частички пыли величиной 10 мкм (PM₁₀), а также меньше 2,5 мкм (PM_{2.5}).

Токсикологические исследования подтверждают большую токсичность PM_{2.5} по сравнению с PM₁₀. Риски возникновения дополнительных случаев смерти от сердечно-сосудистых заболеваний при воздействии PM_{2.5} примерно в 2 раза выше, чем от более крупных частиц PM₁₀, и они более значительны для заболеваний органов дыхания [12].

Строительные рабочие подвергаются особенно высокому риску развития проблем со здоровьем в результате длительного воздействия большого количества пыли [13]. Основными пылевыми заболеваниями строителей являются: рак легких; силикоз; хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ); астма [14].

Около 56 % профессиональных раковых заболеваний у мужчин связаны со строительной отраслью. Сюда входит мезотелиома, тип рака, который развивается на слизистой оболочке легких и грудной клетки и единственной известной причиной которого является воздействие асбеста. Частое воздействие пыли и волокон, таких, как кремнезем и асбест, а также паров и газов, выделяемых транспортными средствами и механизмами, объясняет, почему рак легких особенно распространен среди строительных рабочих. По оценкам Управления по охране труда и технике безопасности (HSE), более 500 строительных рабочих ежегодно умирают от воздействия

кремнеземной пыли [13]. Люди, работающие в строительной отрасли, потенциально подвергаются воздействию от 15 до 20 канцерогенов в результате обычной трудовой деятельности [2]. Авторами [15] изучались частицы $PM_{2.5}$ в качестве фактора риска рака легкого при исследовании когорты 360-ти тыс. человек в 17-ти странах ЕС. В этих исследованиях было доказано возрастание случаев заболеваемости раком легкого на 18,0 % при увеличении концентраций $PM_{2.5}$ на каждые 5 мкг/м^3 .

Согласно отчету NIOSH, самый высокий уровень смертности от силикоза был связан со строительной деятельностью среди всех других отраслей в период 1990–1999 гг [16]. За последние пять лет в Китае было зарегистрировано более 500 000 случаев силикоза, около 6000 новых случаев и более 24 000 случаев смерти ежегодно [14].

PM также оказывает влияние на людей, живущих рядом со строительными площадками. Местные жители, находящиеся не в такой непосредственной близости от загрязнителей, как рабочие, могут испытать на себе последствия плохого качества воздуха еще долгое время после завершения проекта. Известно, что длительное воздействие повышенных концентраций PM способствует увеличению частоты приступов астмы у детей на 4,2 % [17].

Мелкодисперсные частицы переносятся ветром на окружающую территорию, а затем оседают [2]. Риск возникновения ДТП увеличивается, если вблизи находится строительная площадка, так как пыль ухудшает видимость. Из-за ветра возможно распыление горючих или взрывоопасных материалов, поэтому присутствует риск пожара или взрыва. Кроме того проникновение пыли внутрь техники способствует быстрому износу и сокращает срок ее службы в 2 -3 раза [4].

Таким образом, особое внимание следует уделить выбросам мелких частиц при технологических процессах строительства с особой степенью

пылеобразования. Контроль и регулирование динамического состояния дисперсных систем, выделяющихся при технологических процессах строительства, с применением ряда защитных мер позволит снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Минимизация рисков для здоровья сводится к тому, чтобы было подходящее оборудование. Двумя наиболее распространенными эффективными способами снижения риска образования пыли при выполнении стандартных задач на строительных площадках являются:

- Увлажнение водой
- Экстракция и фильтрация

Увлажнение водой - эффективный метод, но с ним бывает трудно справиться. Чаще всего используются туманообразующие и дождевальные установки, которые пользуются спросом из-за относительно доступной стоимости и простоты монтажа. Однако этот метод требует, чтобы перед началом работы участок был тщательно пропитан, а во время всего процесса должен поддерживаться постоянный поток воды, чтобы предотвратить попадание частиц пыли в воздух. Следовательно, наличие достаточного количества воды и доступа к ней являются ключевыми элементами.

Второй метод снижения риска попадания пыли в воздух - использование специальных вытяжных и фильтрующих устройств. При наличии правильных систем пылеудаления и фильтрации, а также барьеров и ограждений, строительная пыль может эффективно контролироваться и сдерживаться.

Этот последний метод значительно снижает риск чрезмерного воздействия на персонал на объекте и может снизить потенциальные затраты на очистку, которые могут возникнуть при выполнении работ рядом с чувствительной окружающей средой [18].

Способов устранить пыль не слишком много, хотя могут использоваться специальные и достаточно сложные вентиляционные системы, пылеуловители, основанные на электростатическом действии, сепараторы циклонов вплоть до дождевальных аппаратов и туманообразующих установок. Последние могут распылять простую воду или химические вещества, пену для улавливания частичек пыли. Чаще всего используются туманообразующие и дождевальные установки, которые пользуются спросом из-за относительно доступной стоимости и простоты монтажа.

Защита здоровья персонала строительной площадки имеет первостепенное значение для ежегодного сокращения числа людей, страдающих профессиональными респираторными заболеваниями.

Профилактические и контрольные меры не всегда могут быть достаточными, поэтому необходимы средства индивидуальной защиты, такие, как лицевые маски с электроприводом. Различным типам СИЗ присваивается назначенный коэффициент защиты (APF), который указывает уровень защиты, которую он обеспечивает. APF, равный 20, является общим уровнем для строительной пыли, что означает, что пользователь дышит только одной двадцатой частью количества пыли, содержащейся в воздухе.

СИЗ должны быть подходящими и удобными для работы, совместимыми с другими средствами защиты и должны правильно надеваться работником [13].

Таким образом, присутствие РМ в атмосферном воздухе требует направленных действий по минимизации риска от этой группы токсикантов. Данный обзор предоставляет доказательства того, что влияние РМ на смертность и заболеваемость значительно. Поэтому необходимо проводить и внедрять мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха РМ,

которые в первую очередь должны быть направлены на строительные площадки в урбанизированных городах.

Литература

1. Wieser, A.A.; Scherz, M.; Passer, A.; Kreiner, H. Challenges of a Healthy Built Environment: Air Pollution in Construction Industry. Sustainability 2021. 13. 10469. pp. 1 – 24.
 2. Kristin Guzder Pollution from Construction: What Are the Types & How Can We Prevent It? URL: highspeedtraining.co.uk/hub/pollution-from-construction/
 3. Азаров В. Н., Горшков Е. В. Мелкодисперсная пыль как фактор загрязнения атмосферного воздуха // Социология города. 2018. № 4. С. 5 – 14.
 4. Пылеподавление на производственных и строительных площадках URL: akvatehno.com/pylepodavlenie.
 5. Ren, L.H.; Zhou, Z.E.; Zhao, X.Y.; Yang, W.; Yin, B.H.; Bai, Z.W.; Ji, Y.Q. Source apportionment of PM10 and PM2.5 in urban areas of Chongqing. Res. Environ. Sci. 2014. 27. pp. 1387 – 1394.
 6. Song, N.; Xu, H.; Bi, X.H.; Wu, J.H.; Zhang, Y.F.; Feng, H.H.; Feng, Y.C. Source apportionment of PM_{2.5} and PM₁₀ in Haikou. Res. Environ. Sci. 2015. 28, pp. 1501–1509.
 7. Zhang, R.; Jing, J.; Tao, J.; Hsu, S.; Wang, G.; Cao, J.; Lee, C.S.L.; Zhu, L.; Chen, Z.; Zhao, Y.; et al. Chemical characterization and source apportionment of PM_{2.5} in Beijing: Seasonal perspective. Atmos. Chem. Phys. 2013. 13. Pp. 7053–7074.
 8. Health effects of particulate matter 2013 World Health Organization. URL: euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf.
 9. World Heart Federation. URL: world-heart-federation.org/.
-

10. Risk of pathologies when exposed to fine dust in the construction industry URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/3/032039/pdf.
 11. Кыоукен М.Р. Source deposits to PM_{2.5} and PM₁₀ against the background of city and the adjacent street // Atmospheric environment. 2013. Vol. 71. pp. 26-35.
 12. Ревич Б. А. Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов / Ревич Б. А. // ПЭММЭ. 2018. Том XXIX. № 3. С. 53 – 78.
 13. Construction dust. URL: designingbuildings.co.uk/wiki/Construction_dust#Prevention_or_reduction_of_dust
 14. Dust Hazards in Construction URL: jetblacksafety.com/blog/post/5-dust-hazards-in-construction.html
 15. Raaschou-Nielsen O., Andersen Z., Beelen R. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for air pollution effects (ESCAPE) // Lancet Oncology. 2013. Vol. 14. pp. 813 – 822.
 16. Greenberg MI, Waksman J, Curtis J. Silicosis: a review. Dis Mon 2007. 53(8). pp. 394 – 416.
 17. Huang J., Deng F., Wu S. et al. Acute effects on pulmonary function in young healthy adults exposed to traffic-related air pollution in semi-closed transport hub in Beijing // Environmental Health and Preventive Medicine. 2016. Vol. 21. Issue 5. pp. 312 – 320.
 18. Construction Dust: The Risk to Health and How to Create a Safer Working Environment. URL: safeopedia.com/construction-dust-the-risk-to-health-and-how-to-create-a-safer-working-environment/2/4904.
-

References

1. Wieser, A.A.; Scherz, M.; Passer, A.; Kreiner, H. Challenges of a Healthy Built Environment: Air Pollution in Construction Industry. *Sustainability* 2021. 13. 10469. pp. 1 – 24.
 2. Kristin Guzder Pollution from Construction: What Are the Types & How Can We Prevent It? URL: highspeedtraining.co.uk/hub/pollution-from-construction/
 3. Azarov V. N., Gorshkov E. V. *Sotsiologiya Goroda*. 2018. №. 4. pp. 5 – 14.
 4. Pyleotvedenie na proizvodstvennuh I stroitelnuh ploshadkah [Dust suppression at production and construction sites]. URL: akvatehno.com/pylepodavlenie.
 5. Ren, L.H.; Zhou, Z.E.; Zhao, X.Y.; Yang, W.; Yin, B.H.; Bai, Z.W.; Ji, Y.Q. Source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in urban areas of Chongqing. *Res. Environ. Sci.* 2014. 27. Pp. 1387 – 1394.
 6. Song, N.; Xu, H.; Bi, X.H.; Wu, J.H.; Zhang, Y.F.; Feng, H.H.; Feng, Y.C. Source apportionment of PM_{2.5} and PM₁₀ in Haikou. *Res. Environ. Sci.* 2015. 28, pp. 1501–1509.
 7. Zhang, R.; Jing, J.; Tao, J.; Hsu, S.; Wang, G.; Cao, J.; Lee, C.S.L.; Zhu, L.; Chen, Z.; Zhao, Y.; et al. Chemical characterization and source apportionment of PM_{2.5} in Beijing: Seasonal perspective. *Atmos. Chem. Phys.* 2013. 13. Pp. 7053–7074.
 8. Health effects of particulate matter 2013 World Health Organization. URL: euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
 9. World Heart Federation. URL: world-heart-federation.org/.
 10. Risk of pathologies when exposed to fine dust in the construction industry. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/3/032039/pdf.
 11. Kyoyken M.P. *Atmospheric environment*. 2013. Vol. 71. pp. 26-35.
-



12. Revich B. A. PEMME. 2018. Vol. XXIX. № 3. pp. 53 – 78.
13. Construction dust URL: designingbuildings.co.uk/wiki/Construction_dust#Prevention_or_reduction_of_dust
14. Dust Hazards in Construction URL: jetblacksafety.com/blog/post/5-dust-hazards-in-construction.html
15. Raaschou-Nielsen O., Andersen Z., Beelen R. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for air pollution effects (ESCAPE). Lancet Oncology. 2013. Vol. 14. pp. 813 – 822.
16. Greenberg MI, Waksman J, Curtis J. Silicosis: a review. Dis Mon 2007. 53(8). Pp.394 – 416.
17. Huang J., Deng F., Wu S. et al. Beijing Environmental Health and Preventive Medicine. 2016. Vol. 21. Issue 5. pp. 312 – 320.
18. Construction Dust: The Risk to Health and How to Create a Safer Working Environment. URL: safeopedia.com/construction-dust-the-risk-to-health-and-how-to-create-a-safer-working-environment/2/4904.