

Исследование загрязнения мелкодисперсной пылью воздушной среды урбанизированных территорий юга России

К.А. Трохимчук, В.В. Журавлев

*Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного
технического университета*

Аннотация: Представлены результаты исследования характера возникновения мелкодисперсных частиц пыли в городской среде (на примере города Волгограда). Рассмотрены источники пылевыведения в виде грунтовых дисперсных массивов, представленных лессовыми и глинистыми грунтами. Показаны результаты определения режима изменчивости показателей механического состава, физических свойств в двух направлениях сноса пыли (юго-восточное и северное). Проведены исследования лессовых и глинистых пород на радоносодержание. Выявлено, что рассматриваемые дисперсные грунты характеризуются значительными показателями эффективной удельной активностью радона. Выполнены исследования загрязнения снежного покрова. Получено, что в снежном покрове, помимо техногенных накоплений, присутствуют частицы мелкодисперсной пыли. Результаты исследования помогут в выполнении прогнозных оценок возможных изменений окружающей среды.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, мелкодисперсная пыль, городская среда, дисперсная порода, ветровой поток, грунтовый массив, радоносодержание, тренд сноса мелкозем.

Города юга России расположены на типично равнинных территориях, для которых характерен резкий дефицит влаги в весенне-летний период года, высокая степень ветровой нагрузки, значительные температуры воздуха. Данные процессы способствуют образованию природной пыли. Фракционная концентрация пыли в окружающей среде городских территорий показывает степень воздействия частиц пыли, в частности мелкодисперсной, на здоровье человека [1-3].

В качестве объекта исследований выбран город Волгоград, имеющий большую протяженность вдоль реки Волги, особую атмосферную циркуляцию, низкую влажность в теплый период года, преобладание рыхлых дисперсных горных пород. Такие исследования отражают характер и степень трансформации среды под влиянием компонента инженерно-хозяйственного воздействия [4,5]. Изучение влияния характера горных пород на содержание мелкодисперсной пыли в воздухе города является актуальной задачей.

При вскрытии грунтовых массивов меняются их физико-механические свойства, что способствует процессу пылевыведения. Ветровая нагрузка, высокие температуры, низкая влажность окружающей среды приводят к растрескиванию, расслаиванию и образованию трещин в породах [6]. Для исследований были выбраны два типа пород наиболее характерные для Волгограда – глинистые и лессовые грунты [7]. Данные грунтовые массивы формируют 80% территории юга России и являются важным компонентом природной среды жизнедеятельности человека.

Была поставлена задача, определить режим изменчивости показателей механического состава, физических свойств в двух направлениях сноса. Первое – юго-восточное (Центральный и Дзержинский район Волгограда), второе – северное вдоль долины реки Волги от Тракторозаводского до Красноармейского района Волгограда. На 14 опорных площадках с одинаковой мощностью грунтов отбирались образцы в интервале 2-6 м по 20-30 образцов с каждой опорной площадки.

Проведена статистическая обработка всех характеристик породы. Полученные в результате расчета регионально-коррелированные кривые подтвердили, что в данных направлениях происходит уменьшение показателей песчаной фракции от 38-58% до 20-35%, что ведет к увеличению процентного состава пылеватых частиц от 30-40% до 55-65%. Содержание глинистой фракции с юга на восток практически не изменяется, в южном направлении выявлено снижение процентного содержания с 28-30% до 15-20%. Таким образом, получено, что в выбранных для исследования направлениях процесс пылевыведения при вскрытии лессовых пород увеличивается.

Выполненные исследования показали, что наблюдается отчетливый тренд в изменении показателей физико-механического состава с северо-восточного направления на юго-западное. Менее выражена эта зависимость с

севера на юг. Высокие скорости ветра с северо-востока на юго-запад будут усиливать процентное содержание мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ в воздушном пространстве.

Выполнены исследования данных грунтовых массивов на радоносодержание. Использовался спектрометрический метод, который имеет целый ряд преимуществ: простоту пробоподготовки, быстроту измерения даже в полевых условиях. Гамма-спектрометрический анализ выявил у рассматриваемых массивов высокую степень эффективной удельной активности радона, у глинистых грунтов этот показатель составил 15,6-54,51 Бк/кг, лессовые породы характеризуются эффективной удельной активностью радона, равной 19,8-21,6 Бк/кг, что связано с адсорбционной способностью данных пород. Показатели плотности потока радона в глинистых породах колеблются от 18,5-235,1 Бк/м²ч, в лессовых грунтах составляют от 40,5-58,1 Бк/м²ч.

В лессовых породах дисперсная фракция составляет 12,4%, в глинах может достигать до 85%. Наиболее радоносодержащими ($A_{Ra-226} = 54,61$ Бк/кг) являются глины, залегающие в южных районах г. Волгограда. Данные глины относятся к отложениям Каспийского моря, питающимся за счет речных осадков. Радиоактивные элементы попадали в морской бассейн за счет разрушения речными водами береговых склонов и отложениями дна, сложенных из пород, содержащих изотопы. Данные элементы в растворенном и взвешенном состояниях формировали глинистые породы.

При изменении скорости ветра частицы пыли, особенно мелкодисперсной, способны переноситься на большие расстояния и витать непосредственно в воздушной среде, создавая опасные концентрации [7]. Данный факт подтверждают исследования химического анализа снежного покрова в г. Волгограде. В течении декабря 2021 г. было отобрано 56 проб.

Использовался метод «конверта» площадью 1 м^2 . Масса пробы со снегом составляла 100-150 г (рис.1).



Рис. 1. – Результаты экспериментальных исследований: а – отбор проб, фильтры с осевшими частицами

Отбор проб снега осуществлялся со всей глубины снежного покрова. Каждая проба объединялась и при температуре 20°C растапливались, процедура фильтрования выполнялась сразу после превращения в жидкую фазу, для исключения образования несмываемых жирных пленок углеводородных соединений на стенках сосудов, способных концентрировать тонкодисперсную фракцию частиц пыли. Для растапливания снег переносили в стаканы, при этом из него пинцетом выбирались органические включения (ветки, листья, хвоя, трава). Выбирать их с поверхности фильтра не допускалось.

Проводилось определение твердых механических включений в отобранных пробах снега. Через бумажный фильтр пропускали пробу растаявшего снега объемом 20 мг. Собранные через фильтр частицы были высушены в естественных условиях в течении 2 суток. С помощью микроскопа выявлено, что в массе взвеси присутствуют частицы

мелкодисперсной пыли, песок мелкой и пылевой фракции, глинистые частицы, также в взвесе присутствовали частицы техногенного характера в виде отходов автотранспорта, мусора и сажи. Наличие природных элементов в «пылевом облаке», образующихся в течение зимнего времени, подтверждают исследования [8-10].

Проводились реакции на ионы: Fe^{3+} , S_3^{2-} , Cl^- , в 62% проб выявлено повышенное содержание хлорид-ионов, свыше 350 мг/л, что способствует загрязнению поверхностного слоя, угнетению роста растений, замедлению цветения и т.д. Содержание других ионов находится в пределах нормативных показателей. При определении кислотности снежного покрова получен результат нейтральной реакции и близкой к нейтральной. Определялась экспериментальным путем прозрачность талого снега. Для этого пробы полученной воды наливали в стеклянный цилиндр, под который предварительно помещался текст, набранный 14 шрифтом. Воду наливали до тех пор, пока текст не становился плохо читаемым. Высота столба воды в пробах колебалась от 4 – 25 см.

Для города Волгограда подтверждается, что основным направлением сноса материала является юго-восточное. Открытые степные территории способствуют такому переносу и накоплению при формировании лессовых пород. На дисперсных грунтах процессы выветривания приводят к образованию поверхностной плослойки толщиной 0,5-0,7 м, из которой частички легко переносятся на значительные расстояния, превращаясь в пыль.

Данные исследования рекомендуется использовать: для прогноза изменения атмосферного воздуха при проектировании вновь возводимых сооружений; при разработке рекомендаций по рациональному использованию территории городской агломерации; для оценки уровня техногенного влияния на природно-технические системы; при анализе

процессов пылеобразования в других городах юго-востока Русской платформы, имеющих природно-климатические условия, близкие к городу Волгограду.

Литература

1. Трескова Ю.В. Оценка степени опасности мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе и целесообразность их нормирования // Молодой ученый. Научный журнал. 2016. № 7 (111). С. 291-294.
 2. Шелмаков С.В. Борьба с загрязнением атмосферы дисперсными частицами на автомобильном транспорте. М.: МАДИ, 2018. 164 с.
 3. Гигиенические нормативы 2.1.6.2604-10. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Стандарт, 2010. С.15-38.
 4. Hupfer P. Witterung und Klima. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner, 1998. 167 s.
 5. Сажин А.Н. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 306 с.
 6. Природные условия и ресурсы Волгоградской области /Под ред. Проф. В.А. Брылева. Волгоград: Перемена, 1995. 264 с.
 7. Спурный К.Т. Аэрозоли. М.: Атомиздат, 1964. 360 с.
 8. Köhler M. Hof-, Fassaden- und Dachbegrünung Zentraler Baustein der Stadtökologie. Berlin: Köhler, 1997. 178 s.
 9. Иванова Ю.П., Надер Б.Ю., Мишакова В.А., Шиповалова Ю.А., Иванова О.О., Азаров В.Н. Влияние метеорологических условий на рассеивание вредных выбросов в городской среде // Инженерный вестник Дона, 2020, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6263.
 10. Елисеева Т.П., Ежова И.М., Лакирбая И.Д. Исследование воздействия техногенных факторов на окружающую среду с целью
-

обоснования управленческих решений по обеспечению экологической безопасности регионов России // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/t2y2014/2361.

References

1. Treskova Yu.V. Molodoi uchenii. Nauchnii jurnal. 2016. № 7. 111, pp. 291-294.
2. Shelmakov S.V. Borba s zagryazneniem atmosfery dispersnymi chasticami na avtomobilnom transporte. [Fighting atmospheric pollution with dispersed particles in road transport]. M. MADI. 2018. 164 p.
3. Gigienicheskie normativi 2.1.6.2604_10. Predelno dopustimie koncentracii PDK, zagryaznyayuschih veschestv v atmosfernom vozduhe naselennih mest. [Hygienic standards 2.1.6.2604-10. Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Pollutants in the Atmospheric Air of Populated Areas]. M. Standart. 2010. pp.15-38.
4. Hupfer P. Witterung und Klima. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner, 1998. 167 p.
5. Sajin A.N. Pogoda i klimat Volgogradskoi oblasti. [Weather and climate of the Volgograd region]. Volgograd. VNIALMI. 2010. 306 p.
6. Prirodnie usloviya i resursy Volgogradskoi oblasti [Natural conditions and resources of the Volgograd region]. Pod red. Prof. V.A. Brileva. Volgograd. Peremena. 1995. 264 p.
7. Spurnii K.T. Aerozoli. [Aerosols]. M. Atomizdat. 1964. 360 p.
8. Köhler M. Hof-, Fassaden- und Dachbegrünung Zentraler Baustein der Stadtökologie. Berlin: Köhler, 1997. 178 p.
9. Ivanova YU.P., Nader B.YU, Mishakov V.A., SHapovaiiova YU.A. Ivanova O.O., Azarov V.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6263.



10. Eliseeva T.R., Ezhova I.M., Lakirbaya I.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ ru/magazine/archive/t2y2014/2361](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/t2y2014/2361).