

---

## Анализ характеристик пыли природного происхождения степной зоны Волгоградской области

*А.С. Гаспарян, В.Н. Азаров, И.С. Кленин, М.Д. Азарова*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье показаны результаты дисперсного анализа природной пыли степной зоны Волгоградской области, полученные с помощью микроскопического метода. Представлены интегральные функции и распределение мелких частиц в отобранных пробах после применения метода «рассечения» для частиц до 20 мкм.

**Ключевые слова:** частица, пыль, проба, пыль природного происхождения, дисперсный состав, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>20</sub>.

Мелкодисперсные частицы в различных городах могут быть представлены большим разнообразием и происходить от различных видов источников, как техногенного, так и природного характера. К источникам пыли природного происхождения относятся: космос, почва, вулканы, моря и океаны, лесные и степные пожары. В глобальном масштабе на долю природной пыли в загрязнении атмосферы частицами PM<sub>2,5</sub> в среднем приходится 18%, а частицами PM<sub>10</sub> - 22% [1, 2].

Естественные источники выбросов пыли в воздушную среду с поверхности почвы при ветре в основном расположены в гиперзасушливых и засушливых регионах, таких, как пустыня Сахара, Аравия и пустыня Такла-Макан. Эти выбросы составляют 97,3% выбросов естественной пыли в глобальном масштабе [3]. Современная степная зона Евразии является активной ареной выдувания минерального вещества с подстилающей поверхности и включения его в глобальный процесс обмена вещества и энергии [4].

Источником природной пыли в Волгоградской области является пыль, переносимая из других регионов, а также степь, находящаяся на востоке области в зоне Нижнехвалынской морской аллювиальной равнины, представляющей собой осушившиеся морское дно после отступления древнего (Хвалынского) моря. Большая часть поверхности являет собой

---

плоскую равнину (Эльтонская степь) с общим понижением с севера на юг. Естественная пыль в основном связана с ветровой эрозией, в процессе которой происходит разрушение почвенного покрова и перенос микрочастиц почвы под действием ветра на некоторое расстояние. Ветровая эрозия проявляется в различной форме: в виде пыльных бурь, позёмок, пылевых шквалов, в переносе мелкозема со снегом в зимнее время. В степях Восточно-европейской равнины ежегодно отмечается от 2 до 26 дней с пыльной бурей [5].

На территории Волгоградской области пыльные бури наблюдаются почти ежегодно, их продолжительность связана с определёнными погодно-синоптическими условиями. Наиболее часто случаются кратковременные пыльные бури или пылевые явления не продолжительнее 0,5-1,0 ч. Однако иногда они продолжаются до трёх суток и более [6].

Для анализа фракционного состава пыли и определения концентраций частиц PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> и PM<sub>20</sub> проводились отборы проб в 4 зонах в летний период 2020 года, при условиях, указанных в таблице № 1.

Таблица № 1

Условия отбора проб пыли

| № п/п | Место отбора пробы               | Направление ветра | Скорость ветра, м/с | Температура, °С | Влажность, % | Атмосферное давление, кПа |
|-------|----------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| 1     | Р-н оз. Эльтон (Зона 1)          | Северный          | 4-6                 | 29-32           | 35-38        | 100,79                    |
| 2     | Р-н пос. Заря (Зона 2)           | Северный          | 4-6                 | 28-31           | 35-38        | 100,79                    |
| 3     | Парк в г. Знаменск (Зона 3)      | Северный          | 2-4                 | 26-29           | 36-39        | 100,79                    |
| 4     | Волго-ахтубинская пойма (Зона 4) | Северный          | 2-4                 | 25-28           | 38-41        | 100,79                    |

При проведении исследований дисперсного состава применялась методика микроскопического анализа с использованием программного комплекса «Dust-1» [7]. Полученные интегральные функции распределения  $D(d_{\text{ч}})$  массы частиц пыли по эквивалентным диаметрам  $d_{\text{ч}}$  в вероятностно-логарифмической сетке представлены на рис. 1. Результаты дисперсного состава пыли представлены в таблице № 2.

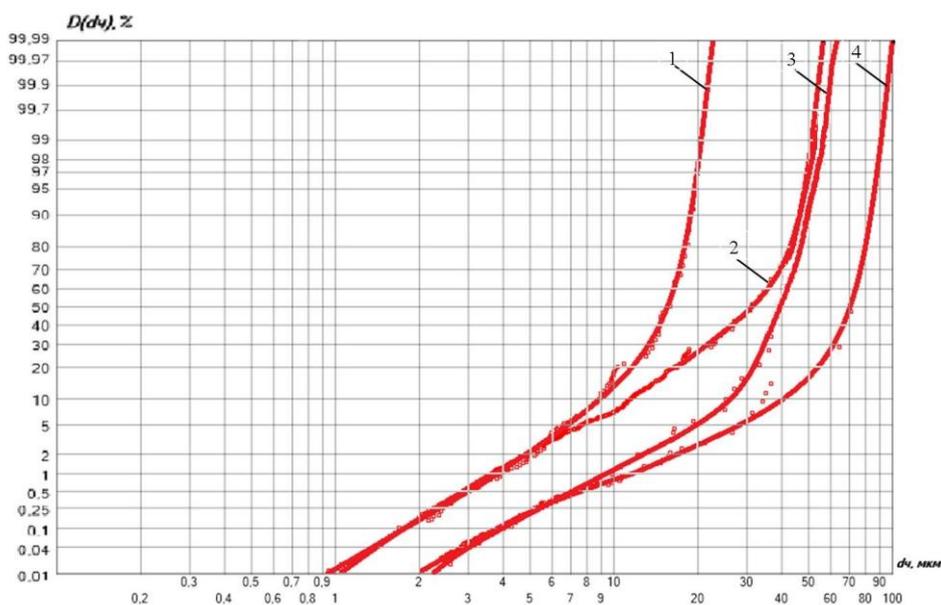


Рис. 1. - Интегральные функции распределения массы частиц пыли в четырех зонах:  $D(d_{\text{ч}})$  – массовая доля частиц пыли в установленном диапазоне; 1 – в зоне №1; 2 – в зоне №2; 3 – в зоне №3; 4 – в зоне №4

Таблица № 2

#### Результаты дисперсного состава пыли

| № п/п | Место отбора пробы | Максимальный размер частицы, мкм | Содержание частиц PM <sub>2,5</sub> в отобранной пробе, % | Содержание частиц PM <sub>10</sub> в отобранной пробе, % | Содержание частиц PM <sub>20</sub> в отобранной пробе, % |
|-------|--------------------|----------------------------------|---|--|--|
| 1     | Зона 1             | 22                               | 0,25  | 14   | 98   |
| 2     | Зона 2             | 58                               | 0,3   | 7  | 28   |
| 3     | Зона 3             | 62                               | 0,02  | 1,1  | 5  |
| 4     | Зона 4             | 100                              | 0,02  | 0,8  | 3  |

При оценке количества пыли, поступающей в атмосферу, не представляется возможным определить долю мелкодисперсной пыли от её общей массы вследствие колебаний результатов ее дисперсного состава. Отделив мелкие фракции от крупных с помощью метода «рассечения», мы наглядно увидели распределение именно мелких частиц в отобранных пробах [8, 9, 10]. Интегральные кривые после применения метода «рассечения» для диаметра PM20 представлены на рис. 2.

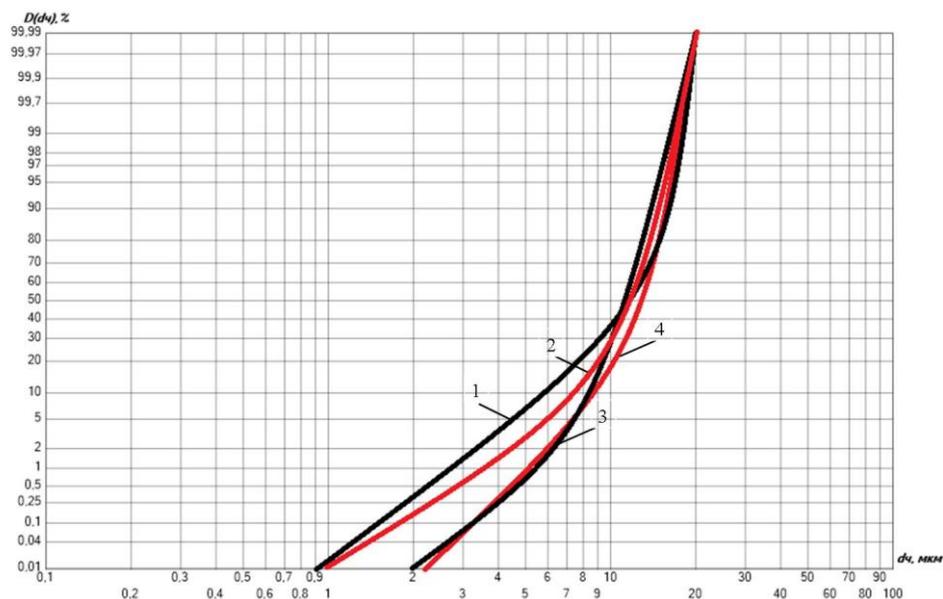


Рис. 2. - Интегральные функции распределения массы частиц пыли для фракций до 20 мкм; 1 – в зоне №1; 2 – в зоне №2; 3 – в зоне №3; 4 – в зоне №4

График на рис. 2 позволяет определить доли частиц пыли PM2,5 и PM10 от объема частиц размером до 20 мкм. Полученные результаты представлены в таблице №3.

Результаты дисперсного анализа пыли от оз. Эльтон до Волго-Ахтубинской поймы показали, что район Эльтонской степи является источником образования мелкодисперсной природной пыли. При ветре северного и северо-восточного направлений дисперсный состав пыли размером не более 20 мкм совпадает в зонах оз. Эльтон и пос. Заря,

находящихся друг от друга на расстоянии 90 км. Волга-Ахтубинская пойма загрязнена крупными частицами, что обусловлено растительностью и более высокой влажностью. Функции распределения отдельно для мелкодисперсных частиц практически одинаковы с точностью до 5%.

Таблица № 3

Доля частиц PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> от массы частиц размером до 20 мкм

| № п/п | Место отбора пробы | Содержание частиц PM <sub>2,5</sub> в отобранной пробе, % | Содержание частиц PM <sub>10</sub> в отобранной пробе, % |
|-------|--------------------|---|--|
| 1     | Зона 1             | 0,75  | 38   |
| 2     | Зона 2             | 0,3   | 30   |
| 3     | Зона 3             | 0,02  | 30   |
| 4     | Зона 4             | 0,03  | 18   |

Результаты дисперсного анализа пыли от оз. Эльтон до Волго-Ахтубинской поймы показали, что район Эльтонской степи является источником образования мелкодисперсной природной пыли. При ветре северного и северо-восточного направлений дисперсный состав пыли размером не более 20 мкм совпадает в зонах оз. Эльтон и пос. Заря, находящихся друг от друга на расстоянии 90 км. Волга-Ахтубинская пойма загрязнена крупными частицами, что обусловлено растительностью и более высокой влажностью. Функции распределения отдельно для мелкодисперсных частиц практически одинаковы с точностью до 5%.

Таким образом, проведенный анализ позволил получить интегральные функции распределения масс частиц по эквивалентным диаметрам для 4 зон: район оз. Эльтон Палласовского района и район пос. Заря Ленинского района Волгоградской области, парковая зона г. Знаменск и район Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области. Метод рассечения показал, что распределение мелкодисперсных частиц (до 10 мкм) в районах оз. Эльтон и пос. Заря совпадают. Также в этом диапазоне совпадает дисперсный состав частиц, отобранных в парке г. Знаменск и Волго-Ахтубинской пойме

Астраханской области. Результаты замера позволили сделать вывод, что во всех четырех зонах измерений интегральные функции подчиняются усеченному логарифмически нормальному закону, а для частиц меньше 10 мкм закон – логарифмически нормальный. Это хорошо иллюстрируется на рис. 2, где все интегральные кривые до  $d_4=10$  мкм в вероятностно-логарифмической сетке близки к прямым линиям.

### Литература

1. Горшков Е.В., Насими М.Х. Исследование загрязнения городской воздушной среды мелкодисперсной пылью природного происхождения // Инженерный вестник Дона. 2016. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896)
2. Karagulian F., Balys C.A., Dora C.F., Prüss-Ustün A., Bonjour S., Adair-Rohani H., Amann M. Contribution (contributions) of the cities of the environment of firm particles (PM): the systematic review of local sources of contributions at the global level // Atmospheric environment. 2015. V. 120. pp. 475-483.
3. Chena S., Jianga N., Huanga J., Xu X., Zhang H., Zang Z., Huang K., Xu X., Wei Y., Guan X., Zhang X., Luo Y., Hu Z., Feng T. Quantifying contributions of natural and anthropogenic dust emission from different climatic regions // Atmospheric Environment. 2018. V. 191. pp. 94-104.
4. Евсева Н.С., Язиков Е.Г., Квасникова З.Н., Батманова А.С., Бучельников В.С. Современный эоловый морфолитогенез: изученность, региональные проявления // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. №11. С. 96-107.
5. Кулик К.Н., Рулев А.С., Сажин А.Н. Методы исследований глобального переноса минерального вещества // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №2 (46). С. 37-43.

6. Лобойко В.Ф., Судаков А.В., Агишева Н.Р. Пыльная буря в нижнем Поволжье 22-23 августа 2017 г. // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. Пенза. 2018. С. 231-236.
7. Азаров В.Н., Юркъян В.Ю., Сергина Н.М., Ковалева А.В. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46–48.
8. Азаров В.Н., Тетерева Е.Ю., Маринин Н.А. Метод «рассечения» как способ оценки дисперсного состава пыли в инженерно-экологических системах строительных производств // Международная научная конференция «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Самарканд–Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. С. 120-126.
9. Азаров В.Н., Козловцева Е.Ю., Евтушенко А.И., Перницкий А.Д., Брехов А.А., Товаренко Е.А. Использование метода рассечения при анализе дисперсного состава пыли городской среды // Экономика строительства и природопользования. 2021. №4. С. 122-127.
10. Богомоллов А.Н., Белогуров Д.В., Нестеренко А.В., Тихонова М.М. Применение метода «рассечения» при дисперсионном анализе пыли, поступающей в атмосферный воздух города // Инженерный вестник Дона, 2016. №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3875](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3875)

### References

1. Gorshkov E.V., Nasimi M.H. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896)
2. Karagulian F., Balys C.A., Dora C.F., Prüss-Ustün A., Bonjour S., Adair-Rohani H., Amann M. Atmospheric environment. 2015. V. 120. pp. 475-483.



3. Chena S., Jianga N., Huanga J., Xu X., Zhang H., Zang Z., Huang K., Xu X., Wei Y., Guan X., Zhang X., Luo Y., Hu Z., Feng T. Atmospheric Environment, 2018. V. 191. pp. 94-104.
4. Evseeva N.S., Jazikov E.G., Kvasnikova Z.N., Batmanova A.S., Buchel'nikov V.S. Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2020. №11. pp. 96-107.
5. Kulik K.N., Rulev A.S., Sazhin A.N. Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №2 (46). pp. 37-43.
6. Lobjko V.F., Sudakov A.V., Agisheva N.R. Sbornik statej IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Penza. 2018. pp. 231-236.
7. Azarov V.N., Jurkjan V.Ju., Sergina N.M., Kovaleva A.V. Zakonodatel'naja i prikladnaja metrologija. 2004. № 1. pp. 46–48.
8. Azarov V.N., Tetereva E.Ju., Marinin N.A. Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhajushhej sredy». Samarkand – Volgograd: VolgGASU, 2010. pp. 120-126.
9. Azarov V.N., Kozlovceva E.Ju., Evtushenko A.I., Pernickij A.D., Brehov A.A., Tovarenko E.A. Jekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovanija. 2021. №4. pp. 122-127.
10. Bogomolov A.N., Belogurov D.V., Nesterenko A.V., Tihonova M.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/387](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/387)