
Анализ распространения в воздушном бассейне городских территорий загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий топливно-энергетического комплекса

В.Л. Гапонов¹, О.Н. Парамонова²

¹ *Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

² *Ростовский государственный строительный университет*

Аннотация: В статье авторами рассмотрены основные процессы, оказывающие влияние на распространение в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, образующихся при работе предприятий топливно-энергетического комплекса – котельных и ТЭЦ. Проанализированы различные изменения, которым подвергаются газообразные и твердые загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу с отходящими газами, а также факторы, влияющие на рассеивание и их концентрацию в воздушном бассейне городов. Исследованы климатические характеристики, существенно влияющие на формирование загрязнения воздушного бассейна городов. В заключении авторами сделан вывод о том, что, несмотря на расположение установок централизованных котельных в пределах городской территории или близко к ней, наблюдается снижение загрязнения воздушного бассейна городов по сравнению с системами автономного отопления каждого дома.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, предприятия топливно-энергетического комплекса, рассеивание загрязняющих веществ, загрязнение воздушного бассейна городов.

Загрязнение окружающей среды – одна из актуальных проблем в как в мире в целом, так и в нашей стране в частности [1, 2]. Среди стационарных источников загрязнения предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) являются одними из значимых по вкладу объектов, загрязняющим воздушный бассейн городов [3-5].

Загрязняющие вещества (ЗВ), образующиеся при сжигании различных видов органического топлива на предприятиях ТЭК (котельных и ТЭЦ), поступают в воздушный бассейн городов через дымовые трубы [6].

Диоксид углерода и пары воды поступают в воздушный бассейн при полном сгорании органического топлива. Твердые частицы (зола, сажа), оксиды серы, углерода, азота, тяжелые металлы, галогениды (соединения фтора, хлора и т.п.), летучие органические соединения (ЛОС), диоксины, фураны и другие ЗВ попадают в атмосферу при неполном сгорании топлива.

Состав отходящих газов и количество выбрасываемых ЗВ существенно зависит от вида топлива и способа его сжигания [6].

Агрегатное состояние ЗВ, содержащихся в отходящих газах котельных и ТЭЦ, в значительной степени влияет на характер их распространения. Распространение в воздушном бассейне городов газообразных и твердых (размером меньше 10 мкм) ЗВ с незначительной скоростью осаждения, подчиняется законам турбулентной диффузии [7]. Для более крупных твердых частиц преобладающим становится влияние силы тяжести, и скорость их осаждения возрастает. Вместе с тем, для твердых частиц такие общие аэродинамические характеристики, как размер, форма и масса, также влияют на процесс их переноса и седиментации.

Распространение ЗВ в воздушном бассейне городских территорий определяют следующие основные процессы [7, 8]:

- конвективный перенос вследствие усредненного движения воздушных масс в направлении ветра;
- массовая диффузия, связанная с градиентом концентрации;
- турбулентная диффузия, рассеивающая ЗВ во всех направлениях.

При этом поступающие в атмосферу с отходящими газами ЗВ подвергаются различным изменениям (захват каплями облаков и туманов с последующим их вымыванием осадками, вступление в химические реакции с другими ЗВ, содержащимися в воздушном бассейне) [7, 8].

Так, например, диоксид серы, поступая в атмосферный воздух, через некоторое время окисляется до триоксида серы, который может реагировать с водяными парами с образованием сначала сернистой, а затем серной кислоты, либо адсорбируется соединениями, входящими в состав твердых частиц, и участвует в образовании кислой сажи. Диоксид серы может также взаимодействовать с углеводородами или другими соединениями при фотохимических и каталитических реакциях.

Оксид азота, попадая в атмосферный воздух, взаимодействует с кислородом под действием солнечного света с образованием диоксида азота. В дальнейшем диоксид азота может участвовать в образовании фотохимического смога, либо в результате реакции с радикалом гидроксила превращаться в азотную кислоту. Азотная кислота плохо конденсируется, обладает летучестью и способна долгое время оставаться в газообразном состоянии. Капельки облаков или осадки, а также частицы аэрозолей могут поглощать пары азотной кислоты.

Негативное воздействие оксидов азота в атмосфере усиливается в присутствии диоксида серы, так как эти вещества обладают синергизмом.

Оксид углерода интенсивно поглощается почвенными микроорганизмами. В атмосфере он также окисляется до диоксида углерода при наличии окислителей (например, озона), оксидных соединений и свободных радикалов.

Твердые (сажистые) частицы являются поверхностями, на которых адсорбируются газообразные и жидкие ЗВ. Время нахождения твердых частиц в атмосфере зависит от их размера. Тонкодисперсные частицы могут пребывать в атмосфере долгое время (годы) и переноситься на большие расстояния.

На рассеивание ЗВ, содержащихся в отходящих газах котельных, и их концентрацию в воздушном бассейне городов оказывают влияние следующие факторы [9, 10]:

- место расположения источника ЗВ и его устья относительно окружающей застройки;
 - высота источника и диаметр его устья;
 - физические и химические свойства выбрасываемых ЗВ;
 - геометрические параметры зданий (высота, ширина, длина);
 - архитектурно-строительные особенности зданий (проемы, пристройки,
-

надстройки, галереи, секции разной высоты и т.п.);

- плотность застройки;
- расстояние между соседними зданиями;
- ориентация зданий относительно господствующих ветров;
- естественный рельеф местности;
- наличие зеленых насаждений и других препятствий, влияющих на эффективность ветрового потока и прочие.

Исследования показывают [10], что такие климатические характеристики, как ветровой режим, температурная стратификация, солнечная радиация, наличие осадков и туманов существенно влияют на формирование загрязнения воздушного бассейна города. Так, например, чем больше скорость ветра, тем сильнее он будет искривлять факел выбросов отходящих газов, уменьшая высоту выброса, однако при этом сильный ветер будет также обеспечивать более интенсивное рассеивание выбросов, обусловленное турбулентной диффузией [10].

В условиях безветренной погоды выбросы отходящих газов предприятий ТЭК рассеиваются под действием вертикальных потоков [9, 10]. На рост концентраций ЗВ существенно влияет наличие инверсионных слоев. Штиль и приземная инверсия создают максимальные концентрации ЗВ, а отсутствие инверсионных слоев формируют условия для хорошего перемешивания воздушных масс и минимальные концентрации ЗВ.

При неустойчивой стратификации (отрицательная вертикальная разность температур) наибольшее загрязнение наблюдается при скоростях ветра, близких к опасной. При устойчивой стратификации (положительная вертикальная разность температур) загрязнение воздуха в городе уменьшается с усилением скорости ветра [10].

Над туманами может наблюдаться приподнятая инверсия, что способствует усилению загрязнения воздуха. Капли тумана способны

поглощать ЗВ и накапливать их, усиливая загрязнение атмосферы.

Установки централизованных котельных располагают в пределах городской территории или близко к ней. Однако, при этом наблюдается снижение загрязнения воздушного бассейна города по сравнению с системами автономного отопления каждого дома. Происходит это по ряду причин. Во-первых, высокие дымовые трубы котельных способствуют улучшению рассеивания ЗВ, образующихся при сжигании органического топлива. Во-вторых, значительно снизить поступление ЗВ позволяют системы многоступенчатые системы очистки отходящих газов. В-третьих, управление процессом горения органического топлива на котельных существенно снижает образование продуктов неполного сгорания, и, следовательно, их поступление в воздушный бассейн городов.

Литература

1. Goudie A. S. The human impact on the natural environment: past, present, and future // John Wiley & Sons. 2013. 423 p.
 2. Ганичева Л. З. Анализ состояния атмосферного воздуха в промышленных городах Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701/
 3. Paliwal S., Chandra H., Tripathi A. Investigation and analysis of air pollution emitted from thermal power plants: a critical review // International journal of mechanical engineering and technology (IJMET). 2013. Vol. 4, Issue 4. Pp. 2-37
 4. Mikulandric R., Loncar D., Cvetinovic D. Improvement of environmental aspects of thermal power plant operation by advanced control concepts // Thermal Science. 2013. Vol. 16. Issue 3. Pp. 759-772
 5. Зерщикова М. А. Меры борьбы с негативными экологическими последствиями в Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2010, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243
-

6. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988. 312 с.
7. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 278 с.
8. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерон, 2008. 253 с.
9. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 272 с.
10. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие. Сост. Э. Ю. Безуглая, М. Е. Берлянд. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 328 с.

References

1. Goudie A. S. The human impact on the natural environment: past, present, and future. John Wiley & Sons. 2013. 423 p.
2. Ganicheva L. Z. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701/
3. Paliwal S., Chandra H., Tripathi A. International journal of mechanical engineering and technology (IJMET). 2013. Vol. 4, Issue 4. Pp. 2-37
4. Mikulandric R., Lonsar D., Cvetinovic D. Thermal Science. 2013. Vol. 16. Issue 3. Pp. 759-772
5. Zershchikova M. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243
6. Sigal I. Ya. Zashchita vozdushnogo basseyna pri szhiganii topliva [Protection of the air basin from fuel combustion]. L.: Nedra, 1988. 312 p.
7. Byzova N. L., Garger E. K., Ivanov V. N. Eksperimental'nye issledovaniya atmosfernoj diffuzii i raschety rasseyaniya primesi [Experimental studies of



atmospheric diffusion and impurity scattering calculations]. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 278 p.

8. Bezuglaya E. Yu., Smirnova I. V. Vozdukh gorodov i ego izmeneniya [Urban air and its change]. SPb.: Asteron, 2008. 253 p.

9. Berlyand M. E. Prognoz i regulirovanie zagryazneniya atmosfery [Forecast and regulation of air pollution]. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 272 p.

10. Klimaticheskie kharakteristiki usloviy rasprostraneniya primesey v atmosphere [Climatic characteristics of the spread of pollutants in the atmosphere]. Spravochnoe posobie. Sost. E. Yu. Bezuglaya, M. E. Berlyand. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 328 p.