

# Определение зон активного загрязнения атмосферного воздуха от промышленных предприятий и транспорта для организации систем экологического мониторинга урбанизированных территорий

Бахарев В. С.<sup>1</sup>, Маренич А. В.<sup>2</sup>, Саньков П. Н.<sup>3</sup>, Гилёв В. В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Бахарев Владимир Сергеевич / Bakharev Vladimir Sergeevich – кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Маренич Андрей Викторович / Marenich Andrey Viktorovich – аспирант,  
кафедра экологической безопасности и организации природопользования, факультет естественных наук,  
Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского, г. Кременчуг;

<sup>3</sup>Саньков Петр Николаевич / Sankov Petr Nikolaevich – кандидат технических наук, доцент,  
кафедра архитектуры, архитектурный факультет;

<sup>4</sup>Гилёв Владимир Владимирович / Hilyov Vladimir Vladimirovich – кандидат технических наук, старший преподаватель,

кафедра экологии и охраны окружающей среды, факультет технологий жизнеобеспечения и экологии,  
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепр, Украина

**Аннотация:** авторами проведен анализ эффективности работы систем экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха для городов и населенных пунктов. Определены недостатки существующей системы мониторинга. В статье рассмотрен вопрос определения зон активного загрязнения атмосферного воздуха, которые создаются вследствие негативного влияния выбросов промышленных и коммунальных объектов, а также выбросами от автотранспортных магистралей. Обоснованы методы определения зон активного загрязнения, использование которых позволит оптимизировать сеть стационарных постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха для ведения постоянного экологического мониторинга на урбанизированных территориях.

**Ключевые слова:** мониторинг, урбанизированные территории, атмосферный воздух, зона активного загрязнения, стационарный пост.

**Актуальность темы.** Вопросы эффективности работы систем экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха актуальны для всех без исключения населенных пунктов, однако наибольшую актуальность наличие адекватной системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха приобретает в промышленных городах и населенных пунктах с большим количеством жителей и концентрацией разноплановых и разнокачественных промышленных производств. Существующие системы экологического мониторинга атмосферного воздуха являются составной частью государственной системы мониторинга окружающей природной среды. Основным недостатком существующей системы, является отсутствие возможности принятия обоснованных рекомендаций и решений в области охраны атмосферного воздуха, как неотъемлемой функции системы экологического мониторинга. Такой вывод сделан на основании того, что де-факто, в условиях существующей системы отбора и анализа проб воздуха, промышленные объекты не имеют юридических последствий для собственной деятельности при нарушении норм природоохранного законодательства. Так как аргументированное доказательство того, что именно данный промышленный объект (группа объектов) делают определяющий вклад в общее состояние загрязнения, является сложной задачей. Таким образом, решение задач контроля качества атмосферного воздуха в административных границах городских агломераций вопросы организации эффективной комплексной системы экологического мониторинга атмосферного воздуха является очень актуальным. В решении данного вопроса необходимым условием является адекватное и научно обоснованное определение мест расположения и количества стационарных постов отбора проб для оценки качества атмосферного воздуха городов.

**Основная часть.** Сегодня в Украине требования к организации наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и конкретно выбора стационарных точек отбора проб регламентированы рядом нормативных документов:

1. Руководящий документ РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [1] определяет принципы организации системы наблюдений, которые были реализованы в существующей государственной системе мониторинга атмосферного воздуха. П.2.2 этого документа регламентирует организацию размещения и определения количества постов отбора проб. Базовые положения следующие. При выборе места для размещения поста, прежде всего, следует установить, какую информацию ожидают получить: уровень загрязнения воздуха, характерный для данного района города, или концентрацию примесей в конкретной точке, находящейся под влиянием выбросов отдельного промышленного предприятия, крупной автомагистрали. В первом случае пост должен быть расположен на участке местности, который не подвергается воздействию отдельно расположенных источников выбросов. Во втором случае пост размещается в зоне максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника. При этом следует учитывать повторяемость направления ветра над территорией города. Число стационарных постов определяется в зависимости от численности

населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, сосредоточенности мест отдыха.

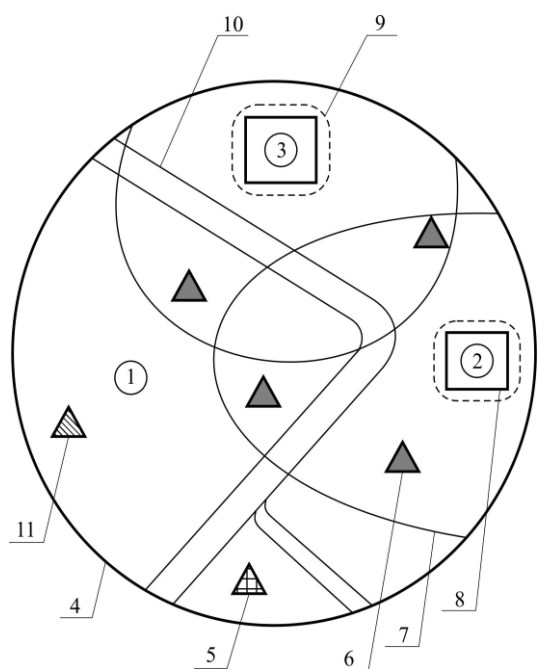
2. Директива 2008/50 / ЕС Европейского Парламента [2]. Этот документ является нормативом европейской системы контроля качества атмосферного воздуха населенных пунктов. По установлению количества постов наблюдений директива дает рекомендации: минимальное количество в зависимости от численности населения, площади участка наблюдений и уровня концентраций загрязняющих веществ.

Можно отметить, что устаревший, но действующий руководящий документ не учитывает требований изменений времени, индивидуальных особенностей каждой городской агломерации для принятия управленческих решений, и самое главное – направлен на контроль выбросов, а не на обеспечение здоровья населения. Требования действующего РД 52.04.186-89 достаточно четкие, особенно в выборе городских «фоновых» постов наблюдений. Так указано, что «фоновые» посты не должны подвергаться прямому негативному воздействию отдельных источников выбросов. Таким образом «фоновый» пост должен располагаться вне зон активного загрязнения, создаваемых источниками негативного влияния. Директива ЕС является базовым документом, основным преимуществом которого является направленность именно на защиту именно здоровье населения. Однако следует учитывать, что директива является установочным документом для организации систем наблюдений без учета всех местных особенностей. К тому же директива не определяет требования к физическим факторам воздействия на окружающую среду.

Анализ патентной базы позволил сделать вывод о том, что ряд ученых проводили системные исследования в данном вопросе. Так авторы работы [3] на основе анализа известных способов организации сети постов для мониторинга атмосферного воздуха, определяют их недостатки, анализируют различные варианты выбора места расположения в зоне действий промышленных и других объектов и предлагают способ двухэтапного выбора параметров оптимальной сети мониторинга (под оптимальной сетью постов понимается сеть, которая при минимальном количестве постов обеспечивает получение информации о концентрации загрязняющих веществ в атмосфере с заданной точностью). Однако этот метод является достаточно сложным для реализации из-за большого стартового списка оборудования и необходимости организации сети мониторинга «с чистого листа» без учета наличия существующей сети.

Следует отметить, что основной задачей, решаемой в процессе разработки новых способов размещения сети постов наблюдений было определение территорий, которые могут подвергаться активному негативному влиянию – зон активного загрязнения (ЗАЗ).

На основании детального анализа вышеуказанных документов нами разработана принципиальная схема расположения постов наблюдений в пределах городских агломераций [4], рисунок 1. Так четко определено, что в системе наблюдений должен быть определен как минимум один городской фоновый пункт мониторинга, что позволит получать репрезентативную информацию об общем уровне загрязнения атмосферного воздуха вне ЗАЗ. Также в системе, учитывая наличие транспортных магистралей целесообразно определять пункт мониторинга, для достоверной информации о вкладе именно автомобильного транспорта в общий уровень загрязнения атмосферного воздуха. Учитывая тот факт, что европейскими нормами устанавливается требование только к минимальному количеству постов, достаточное количество стационарных пунктов отбора проб предлагается определять в зависимости от количества мест компактного проживания населения в пределах ЗАЗ промышленных предприятий I-III классов опасности их групп или узлов.



- ① – Зона селитебной застройки;
- ②, ③ – Промышленные предприятия, объекты;
- ▲ – Стационарные посты наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха;
- ▲ (с диагональными линиями) – «Фоновый» стационарный пост наблюдения;
- ▲ (с горизонтальными линиями) – «Транспортный» стационарный пост наблюдения.

*Рис. 1. Принципиальная схема расположения постов мониторинга атмосферного воздуха на урбанизированной территории:*

*1 – зона селитебной застройки населенного пункта; 2,3 – промышленные объекты; 4 – административная граница городской агломерации; 5 – «транспортный» стационарный пост наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха для определения вклада транспорта в общий уровень загрязнения вне зон активного загрязнения промышленных объектов; 6 – стационарные посты наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха; 7 – границы ЗАЗ; 8 – границы промышленных объектов, узлов 9 – границы санитарно-защитных зон (СЗЗ) промышленных объектов; 10 – транспортные магистрали; 11 – «фоновый» стационарный пост наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха вне зон активного загрязнения промышленных объектов и транспорта.*

Согласно п. 3.4.3 [1] наибольшая вероятность появления максимума концентраций наблюдается на расстояниях от 10 до 40 средних высот источников выбросов. Для выполнения задач нашего исследования, с учетом необходимости установления ориентировочных максимальных размеров зон максимально возможного рассеивания загрязнителей с высокой концентрацией, принято, что зона активного загрязнения (ЗАЗ) от промышленного объекта, имеющего высотные источники выбросов, распространяется на территорию до 40 высот самого источника выброса.

Таким образом, линейный размер ЗАЗ от объектов промышленности можно определить по формуле [1]:

$$L_{ЗАЗ} = 40h, \text{ м} \quad (1)$$

где:  $L_{ЗАЗ}$  – размер зоны активного загрязнения;  $h$  – высота наиболее высокого источника поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории промышленного объекта, м.

Для подтверждения целесообразности использования приведённой зависимости нами с использованием программного комплекса для расчета рассеивания вредных веществ «ЭОЛ» смоделирована ситуация загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха от группы из трех источников предприятий первого класса опасности с наибольшей высотой (180, 180 и 100 метров соответственно), расположенных линейно для учета явления наложения факела выбросов при одинаковом направлении ветра. Смоделирован расчетный прямоугольник 15×15 км, расчет проведен с шагом 500 метров. Для расчета использованы наиболее неблагоприятные метеоусловия – скорость ветра менее 5 м/с, а также данные фактически работающих предприятий. Графический результат в виде карты рассеивания для суммы оксидов азота ( $\text{NO}_2 + \text{NO}$ ) представлен на рисунке 2.

Анализируя карту рассеивания можно сделать вывод, что наибольшие концентрации вредных веществ наблюдаются в пределах 40 высот источников выбросов. При условии, что высота источника 180 метров, ЗАЗ составляет 7200 м.

7500.0

-7500.0

-7500.0

7500.0

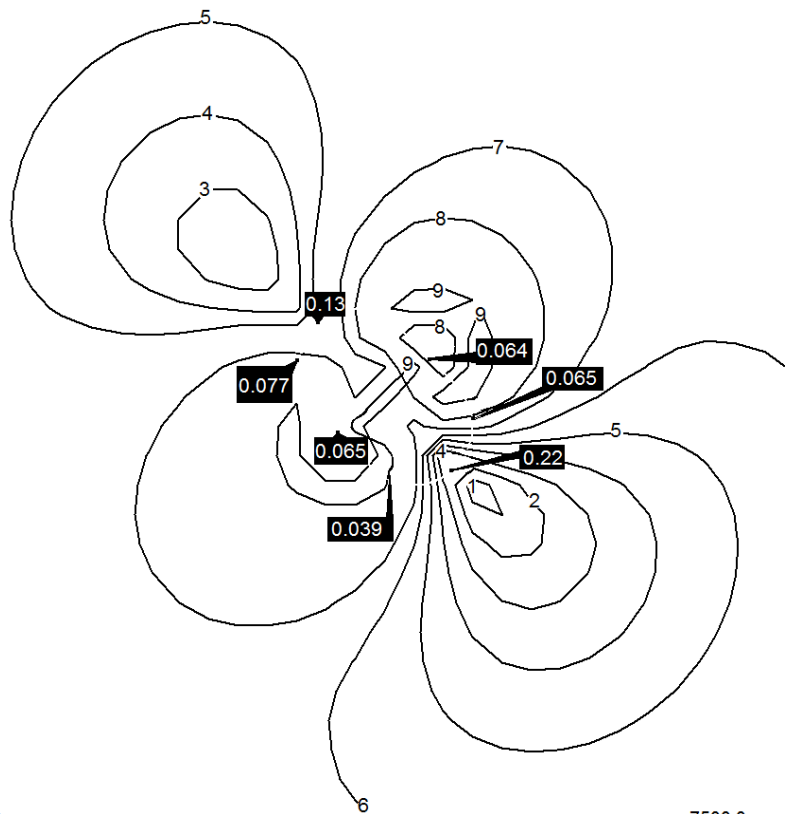


Рис. 2. Ситуационная карта-схема рассеивания вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха

Для определения ЗАЗ от автомобильного транспорта, который движется по магистральным улицам целесообразно использовать расчетные методы определения концентраций вредных веществ на различных расстояниях от кромки проезжей части, в том числе – экспресс-методы.

Так для проведения экспресс-расчета ЗАЗ от автомобильного транспорта на магистральной улице для вещества CO можно использовать метод экспресс-оценки урбанизированных территорий по фактору загазованности выхлопными газами автотранспорта [5]. Учитывая при этом, что территории, на которых размещены промышленные предприятия I-III-го классов опасности, можно отнести к усадебному типу застройки.

Согласно данному методу расстояние, при котором 100% территории жилой застройки будет находиться в зоне комфорта (концентрация монооксида углерода CO не будет превышать ПДК<sub>с.с.</sub>) можно рассчитать по формуле [2]:

$$X = \frac{0,5 \cdot CO_{\max} - CO_X}{0,1}; \text{ м.} \quad (2)$$

где:  $CO_{\max}$ ,  $CO_X$  – концентрация монооксида углерода максимальная (расчетная концентрация на магистральной улице или дороге ( $C_p$ )) и на расстоянии  $X$  соответственно, мг/м<sup>3</sup>.

Если принять  $CO_X = 0,8 \text{ ПДК} = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ мг/м}^3$  (среднесуточная концентрация монооксида углерода для населенных пунктов составляет 3 мг/м<sup>3</sup>), а крайнее расстояние  $X$  – будет определять ширину ЗАЗ, то в этом случае формула 2 будет иметь вид [3]:

$$X_{\text{ЗАЗ}} = \frac{0,5CO_{\max} - 2,4}{0,1}, \text{ м} \quad (3)$$

Для более детальных расчетов концентраций вредных веществ, присутствующих в выбросах автомобильного транспорта на различных расстояниях целесообразно использовать методики раздела 4.3 рекомендаций [6].

**Заключение.** Таким образом, задача определения ЗАЗ от промышленных и коммунальных предприятий, а так же автотранспортных магистралей, как наиболее важная при организации сети

экологического мониторинга урбанизированных территорий может быть решена с использованием простых линейных зависимостей, сократив при этом количество необходимых расчетов, а также с использованием методов экспресс-оценки урбанизированных территорий по фактору загазованности выхлопными газами от автотранспорта.

#### *Литература*

1. РД 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Москва, 1991. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio /normativ/data\\_normativ/44/44486/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio /normativ/data_normativ/44/44486/) (дата обращения: 18.12.2016).
2. Директива 2008/50/ЕС Европейского парламенту та Ради. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950/](http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994_950/) (дата обращения: 15.12.2016).
3. С. 2397514 от 02.06.2009 Российская Федерация. Способ построения сети постов мониторинга загрязнения атмосферы и определения характеристик источников ее загрязнения / Сафатов С. А., Сергеев А. Н., Десятков Б. М. и др.; Федеральное государственное учреждение науки «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» (ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора) (RU). № 2397514; заявл. 02.06.09.
4. *Bakharev V., Marenych A., Zhuravska M.* To the question of stationary air sampling stations location and number determination in urban agglomerations ecological monitoring system // Экологическая безопасность, 2016. № 1 (21). С. 42–45.
5. *Гилёв В. В., Макарова В. Н., Трошин М. Ю., Бахарев В. С.* Метод экспресс-оценки урбанизированных территорий по фактору загазованности выхлопными газами автотранспорта // Наука, техника и образование, 2015. № 10 (16). С. 62–64.
6. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Москва, 1995. 124 с.