

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.31.38.010

УДК 504.3.054 / 504.064.36

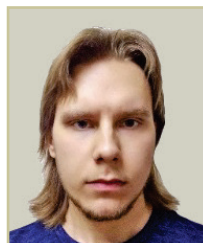
© Д.В. Гусак, 2023

Д.В. ГУСАК

аспирант

ИМКЭС СО РАН, г. Томск

e-mail: vydigus@mail.ru



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СЕТИ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИБОРОВ

Высокое качество атмосферного воздуха необходимо для комфортной жизни и крепкого здоровья людей, нынешнего и последующих поколений. В дополнение к основным стационарным постам наблюдений за качеством атмосферного воздуха возможно добавить сеть малогабаритных приборов, представляющих собой автономные посты с датчиками веществ в качестве рабочего органа. Поскольку методологически вопрос использования таких приборов не проработан, в настоящей статье представлен подход к формированию методического аппарата оценки качества атмосферного воздуха с использованием сети малогабаритных приборов. Подход основан на учете и анализе факторов, оказывающих влияние на распространение загрязнений и измерения приборов. При детальной проработке конечной методики подобный мониторинг будет полезен как на территории населенных пунктов, так и отдельных объектов, в том числе промышленных.

Ключевые слова: КАЧЕСТВО ВОЗДУХА, СЕТЬ НАБЛЮДЕНИЙ, ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТИ, КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, МЕТОДОЛОГИЯ, МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации мониторинг атмосферного воздуха регламентируется следующими документами:

- Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ст. 23) [1];
- ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов;
- ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ;
- РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

Согласно Федеральному закону Правительство Российской Федерации, органы государственной власти регионов и ор-

ганы местного самоуправления организуют государственный мониторинг атмосферного воздуха. ГОСТ 17.2.3.01-86 является основой для РД 52.04.186-89 по части требований расположения и эксплуатации постов, программ наблюдений и отбора проб воздуха [2]. Содержание ГОСТ 17.2.4.02-81 отражено в его названии [3].

РД 52.04.186-89 — это наиболее полный и комплексный документ, регламентирующий проведение мониторинга воздуха и методы анализа проб, отобранных для непосредственных целей мониторинга [4]. Ввиду достаточно давнего срока разработки и морального устаревания руководящего документа в настоящее время многие методики определения веществ обновлены и выпущены под новыми номерами (например, РД 52.04.791-

2014 — РД 52.04.99-2014; РД 52.04.667-2005; РД 52.04.822-2015; РД 52.04.836-2015 — РД 52.04.838-2015 и др.).

Несмотря на обновление многих методик определения веществ в атмосферном воздухе, у них остался общий принцип — отбор пробы воздуха и проведение физико-химических анализов согласно разработанной методике. Такой подход позволяет с высокой точностью определить содержание различных веществ в пробе, но на анализ требуется определенные временные затраты.

РД 52.04.840-2015, регламентирующий применение результатов непрерывного мониторинга качества воздуха также описывает подход с применением газоанализаторов и аспираторов, т. е. принудительный отбор пробы. Сам же газоанализатор — это комплексное устройство, расположенное в павильоне или автомобиле (пункте/посту/станции наблюдений) [5].

Предлагаемая в исследовании методика к организации сети мониторинга является своего рода дополнением к руководящим документам, потому что позволяет обеспечить реагирование в реальном времени на нарастающее загрязнение атмосферного воздуха и выступает дополнением к существующей сети наблюдений. Поскольку в государственной сети наблюдений используют сертифицированное и поверенное оборудование, мы можем перенять иностранный опыт и использовать данное оборудование для корректировки и настройки показаний новых малогабаритных постов. Это не отменяет необходимости калибровать используемые приборы. Реакция на нарастающее загрязнение может быть разной: проверка сроков поверки приборов, направление к месту загрязнения оперативной группы экологов и химиков для оценки причин и отбора проб воздуха для более точного анализа, сообщение о происшествии в компетентные органы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование, описываемое в настоящей статье, нацелено на развитие системы мониторинга атмосферного воздуха с использова-

нием малогабаритных приборов и датчиков. Для этого прорабатываются следующие вопросы: какие технические решения существуют для достижения поставленной цели; что в них можно улучшить; каковы основные методологические подходы к оценке качества воздуха; что в свою очередь можно предложить для развития данного направления

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРИБОРОВ

Обзор информации на предмет обоснований и требований к высоте отбора пробы воздуха для дальнейшего анализа вредного воздействия загрязняющих веществ на организм человека в нормативно-технической документации не дал результатов. Единственным общим регламентом высоты отбора пробы воздуха является требование к отбору пробы на высоте 1,5–3,5 м, указанные в РД 52.04.186-89 и Приказе Минприроды России от 30.07.2020 № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, её загрязнением» [6] без какого-либо обоснования данного диапазона.

В связи с вышеописанным, для оценки воздействия загрязняющих веществ на человека, приборы, регистрирующие концентрации этих веществ предлагается размещать в зоне активного дыхания человека. При среднем росте от 1,65 до 1,75 м люди вдыхают воздух на высоте 1,5–1,6 м. Учтём, что воздушные потоки перемещаются при градиентах температуры и давления, внешнем движении, работе вентиляционного оборудования. Кроме того, в официальных нормативных документах [7], величины ПДК приведены в мг/м³, т. е. содержание массы вещества, выраженной в мг, в кубическом метре воздуха (1 х 1 х 1 м). Тогда зону измерений допустимо увеличить до максимальной высоты 2,5 м. Центр анализируемого куба воздуха следует располагать в центре измерительной части поста наблюдений.

Дополнительным преимуществом увеличения высоты расположения прибора является снижение риска вандализма и порчи имущества ввиду меньшей досягаемости. Высоту

расположения прибора следует оценивать по границам корпуса, ориентируясь на сторону, в которой расположены датчики веществ. Базой для установки малогабаритных приборов могут служить различные объекты и поверхности: осветительные и другие столбы, стены зданий (об особенностях ниже), маркизы (козырьки), фасады одноэтажных строений, заборы, остановки, транспорт.

С точки зрения возникновения, разделим факторы, влияющие на особенности расположения приборов, на природные и искусственные. К природным факторам отнесем розу ветров и рельеф местности. К искусственным факторам отнесем городскую застройку, зелёные насаждения, движение транспорта.

Перечисленные природные факторы могут изменяться с течением времени в результате деятельности человека, однако скорость их изменения значительно ниже, и они существуют как в присутствии, так и при отсутствии искусственных факторов. Рассмотрим каждый из факторов.

При выборе места расположения малогабаритного прибора необходимо учитывать розу ветров, и причин тому несколько. Во-первых, с учетом розы ветров выбирают места строительства промышленных объектов. Во-вторых, данные о направлении и скорости

ветра необходимы для более точного определения источника загрязнения. В-третьих, некоторые датчики веществ необходимо устанавливать с учётом розы ветров, поскольку направление ветра влияет на качество измерений.

Следует понимать, что по розе ветров можно определить преимущественное направление ветра, по направлению которого следует размещать большую часть приборов, а по остальным — меньшую. Они также потребуются для наблюдений, а их данные будут крайне востребованы при загрязнении воздуха.

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНОСТИ НА РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПРИБОРАМИ

В связи с тем, что на распространение загрязняющих веществ влияет направление и сила ветра, а на характер движения самого ветра влияет в том числе рельеф местности, последний фактор необходимо учитывать при организации сетей наблюдений за состоянием атмосферного воздуха. Влияние рельефа местности выражается в изменении скорости распространения и в целом движения ветра. В табл. 1 приведены коэффициенты изменения скорости ветра на различных участках местности [8].

Таблица 1

Влияние рельефа местности на скорость распространения ветра

Форма рельефа		Скорость ветра на равнине, м/с			
		3–5		6–20	
		Н	У	Н	У
Открытые возвышения (холмы)					
Вершины	Высотой менее 50 м	1,3 – 1,4	1,6 – 1,7	1,1 – 1,2	1,3 – 1,4
	Высотой более 50 м	1,4 – 1,5	1,6 – 1,8	1,2 – 1,3	1,4 – 1,5
Наветренные склоны 3–10°	Верхняя часть	1,2 – 1,3	1,4 – 1,6	1,3 – 1,2	1,5
	Средняя часть	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	1,1 – 1,2
	Нижняя часть	1,0	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	1,0
Подветренные склоны 3–10°	Верхняя часть	0,8 – 0,9	0,7 – 0,8		
	Средняя часть	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0
	Нижняя часть	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9
Возвышения с плоскими вершинами и пологими в верхней части склонами					
Вершины, верхние части наветренных и подветренных склонов 1–3°		1,2 – 1,4	1,4 – 1,6	1,1 – 1,2	1,4 – 1,5
Средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов 4–10°		1,1 – 1,2	1,1 – 1,2	1,1 – 1,2	1,2 – 1,3

Форма рельефа		Скорость ветра на равнине, м/с			
		3–5		6–20	
		Н	У	Н	У
Возвышения с плоскими вершинами и пологими в верхней части склонами					
Средние и нижние части подветренных склонов 4–10°		0,7 – 0,9	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0
Долины, лощины, овраги					
Дно и нижние части склонов	Продуваемых ветром	1,1 – 1,2	1,3 – 1,5	1,2 – 1,3	1,4 – 1,5
	Не продуваемых ветром	0,7 – 0,8	< 0,6	0,7 – 0,8	< 0,6
	Замкнутых	0,6 и менее	0,6 и менее		
Средние и верхние части склонов	Продуваемых ветром	1,2 – 1,3	1,4 – 1,5	1,1 – 1,2	1,3 – 1,5
	Не продуваемых ветром	0,8 – 0,9	0,6 – 0,7	0,8 – 0,9	0,6 – 0,7
	Замкнутых	0,6 и менее	0,6 и менее		

Приведенные изменения скорости ветра на различном рельефе местности необходимо учитывать при планировании расположения оборудования и анализе получаемых данных. Они позволят детальнее оценить обстановку, понять причины того или иного уровня концентраций веществ, их накопления или рассеивания. Дополнительно выводы, полученные в ходе анализа, будут востребованы при проработке градостроительной политики. Рассмотрим следующий фактор — застройка и зелёные насаждения.

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ЗАСТРОЙКИ НА РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРИБОРОВ И ИНТЕРПРЕТАЦИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

При строительстве городов, здания выполняют не только свою основную функцию — обеспечение жильем / рабочим местом / местом хранения, но и служат барьером между улицей и дворовой территорией, преграждая путь загрязнения, распространяющимся как от автомобильных дорог, так и от промышленных источников. Образующиеся в результате строительства «городские каньоны», т. е. автомобильные дороги с зелёными насаждениями, ограниченные с боковых сторон зданиями, способствуют накоплению

продуктов горения и трения от движущихся машин внутри себя. Однако в результате того же движения автомобилей часть этих загрязнений распространяются дальше по направлению движения. Зелёные насаждения обеспечивают защиту пешеходов, задерживая часть образующихся веществ.

Соответственно, в зависимости от того, какие характеристики необходимо получить при оценке городской среды, т. е. непосредственное воздействие автомобильных дорог, общее загрязнение улицы или фоновое состояние атмосферного воздуха, следует тщательно подбирать место установки приборов. Рассмотрим влияние указанных ранее факторов детальнее.

В зависимости от направления ветра и его обтекания зданий, городская застройка в определенной степени ограничивает объем поступающих загрязнений со стороны улицы в дворовые территории. Также в зависимости от формы зданий и направления движения ветра, образуются стоячие вихри, содержащие определенное количество загрязняющих веществ и постоянно воздействующие на население. На рис. 1 (а) и (б) представлена схема обтекания ветром зданий и их групп при различном расположении [9].

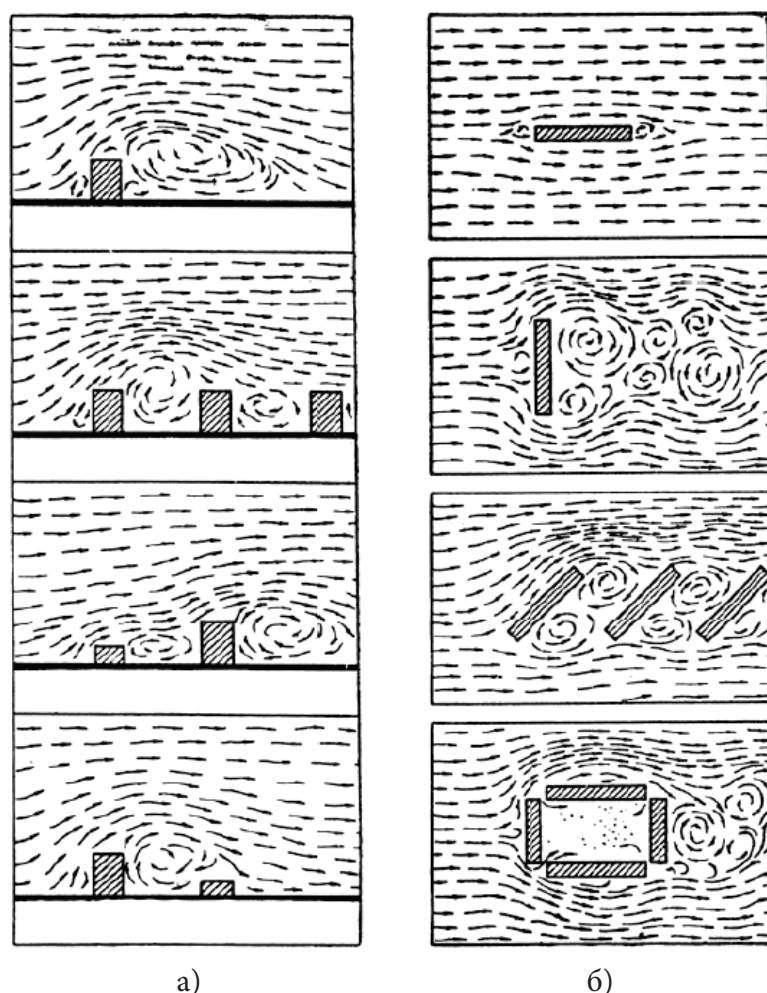


Рис. 1. Обтекание ветром зданий: а — при строчной застройке; б — при различных застройке и направлении ветра

На рис. 1б отчетливо видно, что при расположении здания торцом к ветру, образующиеся малые вихри минимально влияют на движение общей массы воздуха и, соответственно, не будут оказывать значительного воздействия на здоровье населения. Круговая застройка дворовой территории обеспечивает минимальное воздействие ветра внутри ограниченной территории, но не исключает его. Расположение постов внутри таких территорий в большей степени отразит фоновое состояние воздуха как во дворе, так и в целом в городе, поскольку здесь значительно ограничено либо отсутствует прямое воздействие различных источников выбросов, особенно при равном удалении от проезжей части внутри двора.

Однако для более детальной оценки необходимо также учитывать различную форму зданий, образующих застройку. На рис. 2 приведена аэрация ветром жилых зданий разной формы с различных сторон.

Образующиеся вихри не только несут дискомфорт для населения, особенно в ветреную погоду, но и могут нести в себе облако пыли или какого-либо вещества, обеспечивая резкое негативное воздействие на здоровье.

При этом, следует понимать, что на образование вихрей также значительное влияние оказывает скорость, с которой движется ветер, поскольку сами вихри образуются при умеренных и более сильных ветрах. Количественно и качественно оценить силу ветра удобно по шкале Бофорта [9].

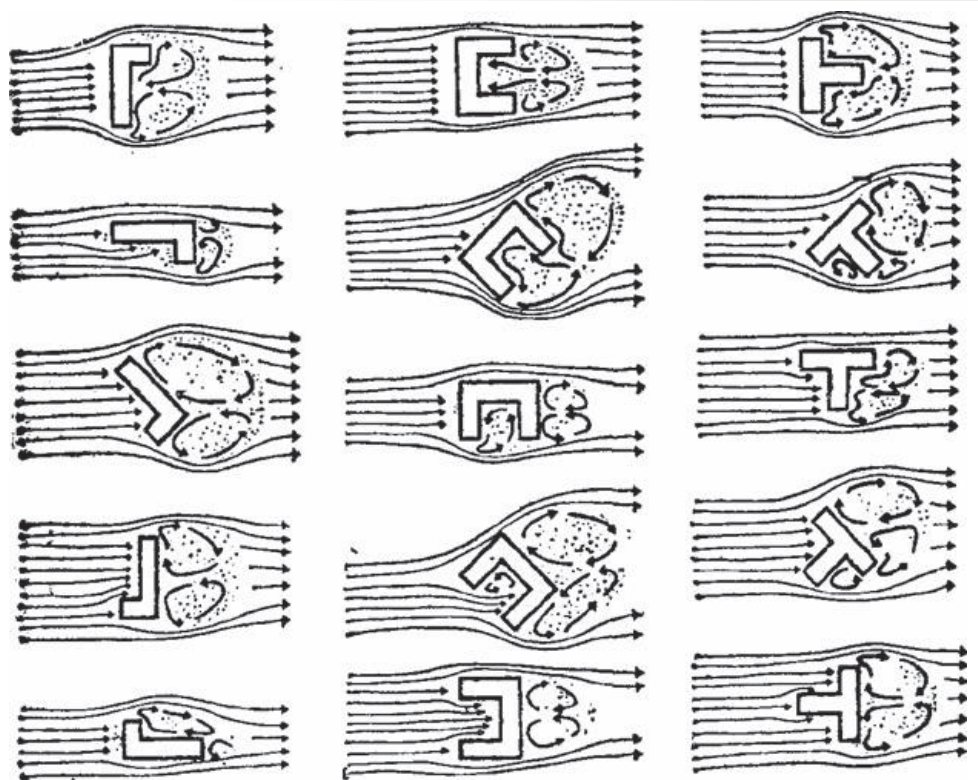


Рис. 2. Аэрация зданий различной формы

Значительным искусственным источником загрязнения атмосферы являются промышленные предприятия. Хотя в производственном цикле предусмотрены методы очистки поступающих в атмосферу выбросов [10–12], износ оборудования, эффективность технологии очистки, человеческий фактор, пиковая нагрузка в технологическом процессе могут послужить причиной увеличения количества выбросов, предусмотренного технологической документацией. Для уменьшения воздействия выбросов на население на предприятии устанавливают высотные трубы, по которым выбросы поступают в атмосферу. Само предприятие располагают в стороне преимущественного направления ветра так, чтобы населенный пункт находился раньше предприятия. Благодаря выбросу загрязняющих веществ в более высоких слоях атмосферного воздуха, происходит их рассеивание и уменьшение концентрации в малом объеме [13, 14]. На рис. 3 проиллюстрирован принцип рассеивания загрязнений от крупного источника на примере ГРЭС с классификацией зон concentra-

ций загрязняющих веществ [15].

Согласно источнику [15], рассеивание загрязняющих веществ и распределение их концентрации неоднородно. Для зоны выброса факела характерно невысокое содержание загрязняющих веществ. Зона неорганизованного загрязнения обуславливает создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий, поскольку в ней присутствует загрязнение от неорганизованных источников, находящихся на предприятии (в результате загрузки / разгрузки материалов, движения транспорта, от невысоких источников и пр.) В зоне задымления обнаруживают максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ, поступающие от значительно рассеянного факела источника. Величина зоны задымления при отсчете от источника составляет от 10 до 40 высот трубы самого источника, однако на это расстояние влияют метеорологические условия. Данная величина получена путем натурного изучения динамики загрязнения атмосферного воздуха в районе организованного источника выброса.

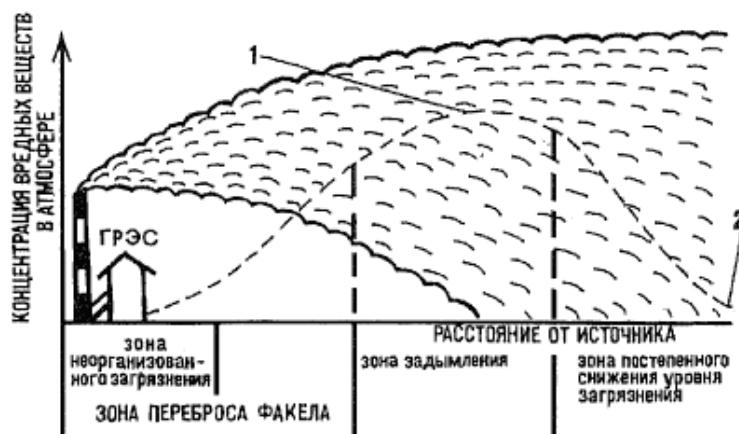


Рис. 3. Распространение загрязнений от промышленного источника: 1 — максимальная концентрация загрязняющих веществ; 2 — оценочные концентрации согласно расчетам по МРР-2017

Для высоких источников выбросов опасной является скорость ветра от 1 до 7 м/с, т. е. ветра от тихого до умеренного, а для низких источников — от 0 до 1 м/с (штиль, тихий ветер) [15], поскольку происходит наибольшее загрязнение атмосферного воздуха ввиду слабого рассеяния загрязняющих веществ. Согласно «Методам расчетов рассеивания выбросов...» [16], источники выбросов относят к наземным при высоте устья до 2 м, к низким — при высоте от 2 до 10 м, к средним — от 10 до 50 м и к высоким при высоте от 50 м.

Дополнительным параметром, влияющим на количество устанавливаемых приборов и их месторасположение, выступает угол раскрытия факела выброса, который зависит как от внешних метеорологических условий, так и от параметров самого выброса. В случае относительного постоянства угла раскрытия и направления распространения факела выброса, несколько постов, установленных на пути распространения выброса, в зоне задымления и зоне постепенного снижения уровня загрязнения, будут отслеживать количество и качество выбросов определенного предприятия.

Обобщая вышеописанное по данному пункту, выбросы от предприятий с высоким устьем труб возможно и необходимо измерять в пределах зоны задымления для оценки степени воздействия вредных веществ на население, в случае расположения предприятия на территории населенного пункта либо частого направления выбросов с предприя-

тия в сторону населенного пункта. Следует также понимать, что такое воздействие предприятия носит систематический характер и концентрации веществ в зоне постепенного снижения уровня загрязнения в совокупности с прочими веществами будут составлять фоновое загрязнение атмосферного воздуха, которое также подлежит оценке. Для выбора оптимального количества используемых приборов необходимо учитывать величину угла раскрытия выбросов от предприятий.

ГРУППИРОВАНИЕ ПРИБОРОВ ПО КЛЮЧЕВЫМ ВЕЩЕСТВАМ

С точки зрения загрязнения атмосферного воздуха, населенный пункт представляет собой комплекс разнородных источников с отдельными специфичными крупными предприятиями с зачастую высокими устьями выбросов, чья отличительная черта основана на богатых залежах природных ресурсов Земли и технологии производства. Ключевые вещества, которые характеризуют определенный источник, различаются в каждой отрасли промышленности и технологии производства. Их измерение необходимо для наблюдений за распространением выбросов определенного источника, более детального понимания процессов рассеяния и фотохимического преобразования, а также оценки долгосрочного воздействия на население малых доз тех или иных веществ (в пределах среднегодовых ПДК).

Согласно [4], такие вещества как CO, NO, NO₂, SO₂, ВЧ являются повсеместно выбрасываемыми (основными) и не могут быть использованы как ключевые. Единственным исключением может быть точно и однозначно известные данные о весовом вкладе нескольких источников, находящихся рядом с основным, и режиме их работы. В источнике также приведены загрязняющие вещества, составляющие выбросы различных отраслей промышленности и транспорта, однако, ввиду давнего срока издания руководящего документа и совершенствования технологий производства, состав выбросов может быть неактуальным.

Для верного определения ключевых веществ необходим анализ состава выбросов и количества каждого выбрасываемого компонента на различных предприятиях. Частично в таком анализе поможет «Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду», который ведет Федеральная служба по надзору в сфере природопользования [17]. Наиболее подходящим инструментом является Единый реестр состава выбросов различных отраслей промышленности и технологий производства. Однако такой реестр необходимо формировать на основе известных или получаемых данных по каждой отрасли с учетом используемых технологий производства. Дополнительным инструментом в таком реестре выступит калькулятор объема годового выброса выбранного производства в зависимости от объема производства. Данный инструмент необходим для корректного выбора ключевого вещества, поскольку от объема выброса зависят требования к чувствительности используемых приборов.

При близком расположении разнородных предприятий один прибор с подходящим набором датчиков, в том числе на ключевые вещества, предоставит возможность вести как общие наблюдения, так и оценивать вклад отдельного предприятия.

Для объединения приборов в группы, позволяющие отслеживать выбросы определенного предприятия, в их составе должен быть

минимум один прибор с ключевым веществом предприятия, а сами группы должны быть динамичными, т. е. состав группы должен изменяться в зависимости от метеорологических условий как основного фактора, влияющего на характер рассеяния и распространения загрязняющих веществ. Единственной неизменной группой может быть набор датчиков, измеряющих концентрации загрязняющих веществ непосредственно у дороги. Такая группа будет неизменна до тех пор, пока влияние движения транспорта на распространение загрязняющих веществ превышает внешнее действие ветра. При этом, некоторые приборы могут быть включены в группы приборов наблюдений за выбросами предприятий.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗ СЕТИ — РАБОТА С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ

При организации крупномасштабного мониторинга на территории города, единовременно в центр обработки данных будет поступать значительный объем информации. Для большей доступности получаемой информации, её необходимо представлять в нескольких видах: таблица, график, диаграмма, карта. Табличные значения потребуются для дальнейшего статистического анализа, в том числе усреднения значений. Графики являются удобным и полезным инструментом для оценки изменения уровня загрязнения во времени и скорости этого изменения. Диаграмма загрязнения уместна для представления данных о составе загрязнения атмосферного воздуха и вкладе отдельных компонентов по каждому посту. Представление данных на карте необходимо для оценки текущей ситуации в городе. Представление усредненных значений при увеличении масштаба на уровень района и города в целом также способствует быстрой оценке текущего состояния атмосферного воздуха.

В дополнение к карте с расположением постов и мгновенных значений концентраций необходимы карты с полями распространения загрязнения, построенных по данным постов наблюдения. Такие карты полей по-

зволят оценить траектории движения загрязняющих веществ в городе. Однако, исходя из доступных вычислительных мощностей и количества приборов, необходимо выбрать масштаб построения полей: с учетом локальных источников и их влияния (например, дорог), или в целом по территории города.

Для ускорения дальнейшего статистического анализа потребуется создание и сохранение таких данных как: максимальные значения за сутки с указанием номера поста, времени измерения и вещества; усредненные значения за сутки, неделю, месяц, год; превышения в единицах ПДК, частота превышений пороговых значений. Такие данные могут быть собраны отдельной функцией и оформлены в виде отчета с возможностью выбора требуемой информации.

Кроме данных о результатах измерений, из сети должна поступать информация о состоянии постов наблюдения, их работоспособности и ошибках / сбоях в работе. Автоматический отчет, составляемый на основе файлов логирования каждого поста позволит оценить перечень действий, требуемых для устранения неполадок, будь то: принудительная дистанционная перезагрузка, периодическое техническое обслуживание, замена поста ввиду его непригодности для дальнейших измерений.

Все описанные функции должны быть встроены в комплексное программное обеспечение специализированного типа, которое будет по запросу предоставлять или передавать и обрабатывать необходимые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране атмосферного воздуха: федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ: принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 2 апр. 1999 г.: одобр. Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 22 апр. 1999 г. // Российская газета. 1999. 13 мая.
2. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы ССОП. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. Введ. 1987.01.01. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2005. 3 с.
3. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы ССОП. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. Введ. 1982.07.01. Официальное издание Охрана природы. Атмосфера: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 2 с.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Введ. 1991.07.01. Госкомгидромет СССР, Министерство здравоохранения СССР. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 694 с.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги всему вышеописанному, сформулированы следующие выводы:

1. Ввиду не проработанности вопроса использования малогабаритных приборов и датчиков для оценки качества атмосферного воздуха необходимо формировать новые методические рекомендации.

2. При формировании сети крупномасштабного мониторинга для адекватной оценки качества воздуха необходимо учитывать факторы, влияющие на распространение загрязнений в городской среде: розу ветров, рельеф местности, городскую застройку, наличие зеленых насаждений, расположение источников выбросов, в том числе автодорог.

3. В разрабатываемой документации необходимо уделить внимание комплексу источников загрязнения городской среды, куда следует включить автомобильные дороги как значительный источник загрязнения.

4. Сеть мониторинга на основе малогабаритных приборов и датчиков выполняет сигнальную функцию. Их необходимо тарировать с использованием сертифицированного оборудования, однако, контрольные измерения и конечный вывод необходимо делать с использованием сертифицированных приборов. Сеть малогабаритных приборов мониторинга позволяет ускорить реакцию ответственных служб на возникающие явления.

5. РД 52.04.840-2015. Применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений. Введ. 01.03.2016 взамен РД 52.04.186-89 (Часть I, пункты 6.1–6.4). Росгидромет, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. СПб.: 2016. 56 с.

6. Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, её загрязнением: приказ Минприроды России от 30 июля 2020 № 524 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012140051> (дата обращения: 08.12.2022).

7. Санитарные нормы и правила. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. 28.01.2021. № 2 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=603138049&backlink=1&&nd=602092088> (дата обращения: 08.12.2022)

8. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.

9. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки. М.: Стройиздат, 1971. 112 с.

10. Федорядченко Н.Н., Рязанцева Л.Т., Федянин В.И. Перспективы и инновационные методы очистки атмосферы от выбросов промышленных предприятий и транспорта // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2011. № 1(2). С. 84–86.

11. Жабалова Г.Г., Онищенко О.Н., Леликова О.Н. Комплексное снижение вредных выбросов на ТЭЦ // Вестник науки и образования. 2017. Т. 2. № 12 (36). С. 12–15.

12. Ляпков А.А., Ионова Е.И. Техника защиты окружающей среды. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та., 2008. 317 с.

13. Медведев В.Т., Новиков С.Г., Каралюнец А.В., Маслова Т.Н. Охрана труда и промышленная экология. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 416 с.

14. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. 448 с.

15. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: учебное пособие для инженера-эколога. М.: НУМЦ Минприроды России, издательский Дом «Прибой», 1996. 350 с.

16. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708110012?index=1&rangeSize=1> (дата обращения: 11.11.2022).

17. Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: https://uonvos.rpn.gov.ru/rpn/pto-uonvos/onv_registry (дата обращения: 08.12.2022).

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.31.38.010

UDC 504.3.054 / 504.064.36

© D.V. Gusak, 2023

D.V. GUSAK

Postgraduate student

IMCES SB RAS, Tomsk

e-mail: vydigus@mail.ru

METHODOLOGICAL APPROACH TO BUILDING AN ATMOSPHERIC AIR QUALITY MONITORING NETWORK BASED ON SMALL-SIZE INSTRUMENTS

High quality of atmospheric air is necessary for a comfortable life and good health of people, current and subsequent generations. In addition to the main stationary posts for monitoring the quality of atmospheric air, it is possible to add a network of small-sized devices, which are autonomous posts with substance sensors as a working organ. Since the issue of using such devices has not been worked out methodologically, this article presents an approach to the formation of a methodological apparatus for assessing the quality of atmospheric air using a network of small-sized devices. The approach is based on accounting and analysis of factors affecting the spread of pollution and measurement of instruments. With a detailed study of the final methodology, such monitoring will be useful both in the territory of settlements and individual objects, including industrial ones.

Keywords: AIR QUALITY, OBSERVING NETWORK, NETWORKING, POLLUTION CONTROL, METHODOLOGY, MULTIVARIATE ANALYSIS.

REFERENCES

1. On atmospheric air protection: Federal law from 4 may 1999. N 96-ФЗ: accepted State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation 2 April 1999: approved by the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation 22 April. 1999 // Russian newspaper. 1999. 13 May. [In Russ.].
2. GOST 17.2.3.01-86. Nature Conservation NCSS. Atmosphere. Rules for air quality control of settlements. Publ. 1987.01.01. Official publication. Moscow: Standartinform, 2005. 3 p. [In Russ.].
3. GOST 17.2.4.02-81. Nature Conservation NCSS. Atmosphere. General requirements for pollutant determination methods. Publ. 1982.07.01. Official publication Nature Conservation. Atmosphere: Collection of Interstate Standards. Moscow: IPK Standards Publishing House. 2004. 2 p. [In Russ.].
4. RD 52.04.186-89. Atmospheric pollution control manual. Publ. 1991.07.01. USSR Goskomgidromet, USSR Ministry of health. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1991. 694 p. [In Russ.].
5. RD 52.04.840-2015. Application of atmospheric air quality monitoring results obtained using continuous measurement methods. Publ. 01.03.2016 instead of RD 52.04.186-89 (Part I, clauses 6.1–6.4). Roshydromet, Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. St. Petersburg: 2016. 56 p. [In Russ.].
6. On Approval of Requirements for Environmental Monitoring and Pollution: order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of Russia from 30 July 2020 No. 524 // Official Internet portal of legal information. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012140051> (date of access: 08.12.2022). [In Russ.].
7. Sanitary Standards and Regulations. СанПиН 1.2.3685-21. Hygienic Regulations and Requirements for Human Safety and/or Harmlessness of Habitat Factors. Approved 28.01.2021, No. 2 // Official Internet portal of legal information. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=603138049&backlink=1&&nd=602092088> (date of access: 08.12.2022) [In Russ.].
8. Agroecological land assessment, design of adaptive landscape systems of agriculture and agricultural technologies: methodological guidance. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2005. 784 p. [In Russ.].
9. Serebrovskij F.L. Aeration of residential buildings. Moscow: Strojizdat, 1971. 112 p. [In Russ.].
10. Fedoryadchenko N.N., Ryazantseva L.T., Fedyanin V.I. Prospects and innovative methods of cleaning the atmosphere from emissions from industrial enterprises and transport // Modern technologies for civil defense and emergency response [Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij]. 2011. No. 1(2). P. 84–86. [In Russ.].
11. Zhabalova G.G., Onishchenko O.N., Lelikova O.N. Integrated reduction of harmful emissions

at thermal power plants // Journal of Science and Education [Vestnik Nauki i Obrazovania]. 2017. Vol. 2. No. 12 (36). P. 12–15. [In Russ.].

12. Lyapkov A.A., Ionova E.I. Environmental Protection Technique. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2008. 317 p. [In Russ.].

13. Medvedev V.T., Novikov S.G., Karalyunec A.V., Maslova T.N. Occupational safety and industrial ecology. Moscow, 2012. 416 p. [In Russ.].

14. Devisilov V.A. Occupational Health and Safety. Moscow: FORUM: INFRA-M. 2013. 448 p. [In Russ.].

15. Environmental Quality Assessment and Regulation: Training Manual for Environmental Engineer. Moscow: Scientific and Educational Center of the Ministry of Natural Resources of Russia, Publishing House «Priboy», 1996. 350 p. [In Russ.].

16. On Approval of Methods for Calculating Dispersion of Emissions of Harmful (Pollutants) in the Atmospheric Air: order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of Russia from 06.06.2017 No. 273 // Official Internet portal of legal information. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708110012?index=1&rangeSize=1> (date of access: 11.11.2022) [In Russ.].

17. State Register of Facilities with Negative Impact on the Environment // Federal Service for Supervision of Nature Management. URL: https://uonvos.rpn.gov.ru/rpn/pto-uonvos/onv_registry (date of access: 08.12.2022). [In Russ.].