Судовые энергетические установки

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-10>
УДК 629.128:502.3

Ле Хонг Хаи

ЛЕ ХОНГ ХАИ – аспирант Политехнического института (Школы),
e-mail: lehonghai@vmaru.edu.vn
Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Россия

Загрязнение воздуха твердыми частицами в пяти точках Владивостока (морской и автомобильный транспорт)

Аннотация: Проведена оценка влияния автомобильных и судовых транспортных потоков на общую концентрацию взвешенных частиц (РМ) в атмосферном воздухе города Владивостока. В авторском эксперименте делались замеры в пяти контрольных точках, различных по орографическим характеристикам и уровню транспортной нагрузки. Было учтено загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами, которые содержатся в отработанных газах (ОГ) судовых энергетических установок (ССЭУ).

Определено, что транспортные потоки – один из основных источников РМ в атмосферном воздухе Владивостока. Дифференцированная оценка уровня загрязнения РМ транспортными потоками позволила определить диапазон выбросов РМ от ОГ ССЭУ в атмосферу (в зависимости от орографических и климатических характеристик): 15–90%. В двух районах города, наиболее близких к портовым зонам, этот показатель оказался выше почти в 2 раза, чем в контрольной точке, наиболее удаленной от портовых зон.

Ключевые слова: выбросы твердых частиц, водный транспорт, отработанные газы судовых установок, концентрация частиц в воздухе, воздух портового города, загрязнение воздуха частицами.

Введение

Уровень загрязнения атмосферного воздуха многих городов мира превышает пределы, рекомендованные ВОЗ [16]. Для крупных промышленных центров основные источники поступления РМ в атмосферный воздух – предприятия промышленности и энергетики, а также автомобильный транспорт [11, 14]. Но в портовых городах источником загрязнения РМ является еще и судовой транспорт, и это необходимо учитывать, особенно при мониторинге загрязнения мелкими частицами [7, 12].

Для точной оценки воздействия общего количества взвешенных твердых частиц на окружающую среду, а также на здоровье человека в населенных пунктах важно количественно оценить различные их источники, особенно такие, как средства водного и автомобильного транспорта.

За последние два десятилетия исследования загрязнения окружающей среды выбросами частиц от различных видов транспортных средств проводились во многих частях мира [3, 9, 13]: на динамометрических стендах на основе циклов их движения [3, 13]; в реальных условиях движения на дорогах, в туннелях автомагистралей [2, 10] или вблизи этих магистралей [9]. Все исследования основаны на методе расчета коэффициентов выбросов

токсичных веществ в выхлопных газах автомобилей, с помощью которого можно определить их объем на основе лишь характеристик их источника [9].

Джонс и др. [9] рассчитали и предложили в своей работе коэффициенты выбросов твердых частиц по их количеству на транспортное средство на километр (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты выбросов для частиц PM2,5 и PM10 [9]

Загрязнитель	Единицы измерения	Тяжелое транспортное средство		Легкий автомобили	
		Коэффициент выбросов	Стандартное отклонение	Коэффициент выбросов	Стандартное отклонение
PM2,5	g.veh ⁻¹ .km ⁻¹	0.179	0.022	0.010	0.004
PM10	g.veh ⁻¹ .km ⁻¹	0.370	0.032	0.033	0.006

Исходя из предположения, что другие загрязняющие вещества рассеиваются от точки их выброса до точки отбора проб так же, как и NO_x:

$$f\{\mathcal{E}_{O(\text{загрязнитель})} \rightarrow X_{(\text{загрязнитель})}\} = f\{\mathcal{E}_{O(NO_x)} \rightarrow X_{(NO_x)}\}, \quad (1)$$

где

$\mathcal{E}_{O(\text{загрязнитель})}$ – выброс на километр для общего количества транспортных средств, проезжающих за час,

$X_{(\text{загрязнитель})}$ – концентрация на дорогах каждого загрязнителя,

$\mathcal{E}_{O(NO_x)}$ – эмиссия NO_x для всех транспортных средств, проходящих через точки отбора проб,

$X_{(NO_x)}$ – концентрации NO_x на дорогах.

Построив уравнения линейной регрессии, А.М. Джонс и др. [9], определили отношения между $\mathcal{E}_{O(NO_x)}$ и $X_{(NO_x)}$ следующим образом:

$$\mathcal{E}_{O(NO_x)} = 12,48(\pm 0.55) * X_{(NO_x)} + 69.50(\pm 190.56) \text{ гкм}^{-1}, \quad (2)$$

где $X_{(NO_x)}$ (в мгм⁻³) – стандартные отклонения коэффициентов (приведены в скобках). Таким образом, взаимосвязь между общим выбросом любого загрязняющего вещества и его концентрации в точке измерения и на фоновом участке можно определить так:

$$\mathcal{E}_{O(\text{загрязнитель})} = 12,48(\pm 0.55) * X_{(\text{загрязнитель})} + 69.50(\pm 190.56) \text{ гкм}^{-1}. \quad (3)$$

Или, при игнорировании влияния других вторичных источников, –

$$\mathcal{E}_{O(\text{загрязнитель})} = 12,48(\pm 0.55) * X_{(\text{загрязнитель})}. \quad (4)$$

Материалы и методы

Описание района исследования. Город Владивосток, расположенный на юго-востоке Российской Федерации (43°09'57.9" с.ш., 131°59'15.9" в.д.), – один из крупнейших городов Дальнего Востока с населением более 600 000 чел.

Наш эксперимент проходил со 2 июля по 2 сентября 2018 г. во Владивостоке и включал пять точек отбора проб (№ 1, 2, 3, 4, 6, см. рис. 1)*, расположенных в 50 м от крупной транспортной развязки. Точки были выбраны на основе орографических характеристик (расположение на разной высоте относительно моря, с разных наветренных сторон холмов и на дорогах с разной интенсивностью движения – от 50 до 6000 автомобилей в час) (табл. 2).

*Измерения общих выбросов твердых частиц выполнялись в 8 точках, которые были пронумерованы (см. рис. 1). В этой статье мы используем только 5 точек, чтобы их можно было комбинировать с данными интенсивности транспортных потоков, которые можно было напрямую отслеживать в системе «АльянсГлаз». Остальные точки (№ 5, 7, 8) в этой системе отсутствуют.

Рис. 1. Места отбора проб и направления ветра во Владивостоке (источник: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:131.905/centery:43.100/zoom:12>).

Таблица 2

Характеристики точек отбора проб

Точка, №	Местоположение	Высота над уровнем моря (MAMSL), м	Характеристики трафика на участке
1	Фуникулер (ул. Нерасовская)	109	Средняя скорость 45–60 км/ч Транспортный поток средний – 3960, в часы пик – 6300 авто/ч Легковые автомобили: 97–98% Тяжелые транспортные средства и автобусы: 2–3%
2	Некрасовская, 61	26	Средняя скорость 45–60 км/ч Транспортный поток: средний – 5000, в часы пик – 7500 авто/ч Легковые автомобили: 97–98,5% Тяжелые транспортные средства и автобусы: 1,5–3%
3	Пушкинская, 47	73	Средняя скорость 40–45 км/ч Транспортный поток: средний – 1232, в часы пик – 2700 авто/ч Легковые автомобили: 99–99,5% Тяжелые транспортные средства и автобусы: 0,2–0,4%
4	Эргешельд, ул. Морозова, 9	30	Средняя скорость 45–50 км/ч Транспортный поток: средний – 1200, в часы пик – 2000 авто/ч Легковые автомобили: 95–98% Тяжелые транспортные средства и автобусы: 1,6–4,8%
6	Заря	70	Средняя скорость 60–70 км/ч Транспортный поток: средний – 4038, в часы пик – 6000 авто/ч Легковые автомобили: 96,5–98% Тяжелые транспортные средства и автобусы: 1,8–3,5%

Методы отбора проб

Измерения проводились в каждой точке круглосуточно, в течение недели, каждые 30 мин с помощью прибора TSI Aerotrack 9306 V2. Время каждого измерения составляло 1 мин. Общий анализируемый объем воздуха – 2,83 л (30 мин/1 день/7 дней). На каждой точке отбор проб производился в течение недели, летом со 2 июля по 2 сентября, зимой – с 8 января по 4 марта. Температура окружающей среды и влажность воздуха колебались от -22 до -10 °С зимой и от 11 до 28 °С летом, среднемесячная влажность – от 57 до 60% – зимой и от 82 до 92% летом, атмосферное давление – от 773 до 755 мм. Скорость ветра в местах отбора проб составляла от 2 до 11 м/с. Преобладающие направления ветров – север и северо-запад зимой и юго-восток летом (рис. 1).

Дни отбора проб – без осадков, при слабом или умеренном ветре. Устройство для подсчета аэрозольных частиц имело 6 измерительных каналов в диапазоне 0,3, 0,5, 1,0, 3,0, 5,0, 10,0 мкм. Прибор был установлен на высоте 1,5 м над уровнем земли. В зимний период его помещали в автомобиль и образец воздуха забирали через окно с помощью гибкого шланга. Результаты фиксировали в виде размера частиц и показателя массовой концентрации. Расчет концентрации твердых частиц от дорожных транспортных средств определяли коэффициентами выбросов и интенсивностью транспортного потока в соответствующих точках измерения. Количество средств автомобильного транспорта рассчитывалось на основе системы «АльянсГлаз» (рис. 2). Характеристики трафика на участке отбора проб см. в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики трафика на участке отбора проб в течение 1 недели

N	Транспортное средство	Пн		Вт		Ср		Чт		Пт		Сб		Вс	
		Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%	Итого	%
1	ЛА, 1-5 л	91080	97.1	92460	96.9	95580	97.4	102810	97.5	104130	97.8	83340	98	79350	98.1
	БГ, 7-8 л	1260	1.3	1500	1.6	1470	1.5	1350	1.3	1260	1.2	960	1.1	870	1.1
	АВ, 7-12 л	1470	1.6	1350	1.4	1200	1.2	1320	1.3	1050	1	690	0.8	720	0.9
2	ЛА, 1-5 л	119580	97.8	123390	96.9	125190	97.3	130440	97.4	131250	97.3	105330	98.6	84990	97.6
	БГ, 7-8 л	1320	1.1	1830	1.4	1770	1.4	1710	1.3	1800	1.3	420	0.4	750	0.9
	АВ, 7-12 л	1500	1.2	2010	1.6	1650	1.3	1830	1.4	1830	1.4	1050	1	1290	1.5
3	ЛА, 1-5 л	32550	99.6	31980	99.7	34770	100	31410	99.9	37500	100	21720	100	16740	100
	БГ, 7-8 л	120	0.4	90	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	АВ, 7-12 л			30	0.1	0	0	30	0.1	0	0	0	0	0	0
4	ЛА, 1-5 л	28200	95.1	29700	98.4	28710	98.4	30210	98.4	32100	98.4	26340	97.9	21930	97.7
	БГ, 7-8 л	720	2.4	90	0.3	330	1.1	270	0.9	360	1.1	180	0.7	90	0.4
	АВ, 7-12 л	720	2.4	390	1.3	150	0.5	240	0.8	150	0.5	420	1.6	420	1.9
6	ЛА, 1-5 л	90840	96.8	101760	96.7	98640	97.1	102930	97.1	104940	97.5	88950	97.5	71730	98.3
	БГ, 7-8 л	1980	2.1	2160	2.1	1530	1.5	1650	1.6	1710	1.6	1170	1.3	240	0.3
	АВ, 7-12 л	1080	1.2	1350	1.3	1320	1.3	1440	1.4	900	0.8	1050	1.2	990	1.4

Примечание. ЛА – легковые автомобили; БГ – большегрузы; АВ – автобусы.

Рис. 2. Среднесуточный автомобильный транспортный поток зимой в 5 точках отбора проб. По вертикали: транспортные средства.

Обсуждение результатов

Влияние источников выбросов частиц. Результаты измерения общей массовой концентрации взвешенных частиц (МКЧ) во всех точках показывают, что объем суточного загрязнения частицами совершенно разный. Не обнаружено никакой связи между общей МКЧ и интенсивностью транспортного потока в точке измерения (рисунки 2–4), что косвенно свидетельствует: причина этого может быть связана с выбросами судов. Во всех точках измерения (кроме № 4) обычно есть 2–3 периода, когда общее значение выбросов аномально высокое. Эти аномальные значения обычно возникают между 8–10 и 17–20 часами (рисунки 3, 4).

Результаты также показывают, что, за исключением аномальных значений, ежечасные общие МКЧ относительно стабильны, даже когда интенсивность ТП сильно варьируется – от наименьшего значения к пику (табл. 2). Но в случае даже если дорожный транспортный поток небольшой, общая концентрация частиц все равно высокая, что наиболее очевидно в точке № 4 (рис. 3). Причина этих явлений может быть связана с деятельностью судов.

Различие показателей общих МКЧ зимой и летом более очевидно в точках отбора проб № 1–4 (см. рис. 5). Здесь общая МКЧ выше (по сравнению с выбросами летом) более чем в 1,2–2,2 раза для РМ_{2,5} и от 1,7 до 3,8 раза – для РМ₁₀. Во всех точках массовая концентрация РМ_{2,5} ниже допустимых среднегодовых пределов ВОЗ и России (табл. 4, рис. 5). При этом массовая концентрация РМ₁₀ удовлетворяет только допустимому пределу выбросов в России, за исключением точки № 1.

В течение зимы средняя МКЧ составляла приблизительно 9,04 мкг/м³ (1580 частиц/м³) для РМ_{2,5} и 52,20 мкг/м³ (142 частиц/м³) – для РМ₁₀. Эти показатели значительно уменьшаются в течение лета: 5,69 мкг/м³ (994 частиц/м³) для РМ_{2,5} и 26,73 мкг/м³ (72 частиц/м³) для РМ₁₀. Эта тенденция аналогична результатам, полученным в других городских районах мира [8]. Есть несколько причин, объясняющих это изменение. Во-первых, зимой температура окружающей среды ниже, разбавление отработанных газов происходит в более стабильных атмосферных условиях, высота слоя смешения ниже, а концентрация частиц увеличивается.

Напротив, летом коэффициент разбавления увеличивается, а концентрация частиц уменьшается [6]. Во-вторых, более низкие температуры зимой способствуют конденсации и подавляют испарение, что усиливает превращение газообразных соединений в их жидкое или твердое состояние, в результате образуется больше новых частиц [4]. Наконец, когда температура окружающей среды снижается, расход топлива значительно увеличивается [17], как увеличиваются и выбросы от транспортных средств, включая РМ, особенно при холодном пуске [5].

Рис. 3. Распределение частиц PM2.5 в точках № 4 и № 6.

Рис. 4. Распределение частиц PM2.5 и PM10 в точках № 1 и № 3.

Таблица 4

Предельно допустимые концентрации частиц в атмосфере

Частицы	ВОЗ [15]		Россия [1]	
	среднесуточная	среднегодовая	среднесуточная	среднегодовая
PM2.5 (мкг/м ³)	25	10	35	25
PM10 (мкг/м ³)	50	20	60	40

Рис. 5. Средняя концентрация частиц PM_{2,5} и PM₁₀ в зависимости от времени года в точках отбора проб.

В целом общие выбросы загрязняющего вещества в любой точке отбора могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_o = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i, \quad (5)$$

где

$\mathcal{E}_o$ – общие выбросы загрязняющего вещества,

$\mathcal{E}_i$ – выбросы загрязняющего вещества из источника i .

Для портовых районов, если игнорировать другие источники, формулу (5) можно рассчитать следующим образом:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_k + \mathcal{E}_p \text{ или } \mathcal{E}_k = \mathcal{E}_o - \mathcal{E}_p, \quad (6)$$

где

$\mathcal{E}_k$ – выбросы загрязняющего вещества судами и другими источниками,

$\mathcal{E}_p$ – выбросы загрязняющего вещества транспортными средствами.

Рис. 6. Общие выбросы частиц и доля транспортных средств в точках № 4 и № 6.

Разница между общими МКЧ и долей транспортных средств показана на рис. 6. Среднее значение разницы выбросов по дням недели в разных точках измерений приведены в табл. 5 и на рис. 7.

Таблица 5

Средние дифференцированные значения в разных точках зимой

	Точки, №									
	1		2		3		4		6	
	Э _о -Э _р	%	Э _о -Э _р	%	Э _о -Э _р	%	Э _о -Э _р	%	Э _о -Э _р	%
PM2.5, г/км										
Пн	31.822	35	73.307	51	126.072	90	103.791	82	43.934	42
Вт	78.948	57	77.684	49	143.328	91	89.461	85	65.971	49
Ср	53.070	47	68.314	47	120.910	89	120.910	89	35.288	36
Чт	56.220	47	56.525	41	160.190	92	84.652	84	28.839	30
Пт	55.719	48	73.319	47	57.752	79	142.792	89	19.417	24
Сб	14.598	24	12.121	18	88.484	91	115.799	88	23.652	31
Вс	18.002	29	31.026	38	77.529	92	74.765	85	49.155	56
PM10, г/км										
Пн	418.434	71	279.138	57	839.831	95	744.595	92	228.611	57
Вт	911.433	84	767.106	77	625.518	93	518.480	91	250.259	56
Ср	929.053	84	465.709	67	771.851	94	719.187	94	117.452	40
Чт	908.354	83	436.744	65	783.910	95	745.031	94	124.323	40
Пт	879.055	83	637.111	73	363.979	88	1042.213	95	120.105	39
Сб	496.468	78	152.852	48	522.192	95	683.278	94	187.707	55
Вс	472.987	78	215.538	59	425.558	95	428.933	92	183.427	61

Рис. 7. Среднее дифференцированное значение на разных позициях за неделю.

Значение (Э_о-Э_р) в табл. 5 показывает объем выбросов от ССЭУ. Подчеркнем: в табл. 5 зимние значения определяются с преобладающим направлением ветра на север и северо-запад, а летом направление ветра меняется на противоположное, поэтому значения табл. 5 могут быть выше, чем среднегодовое значение (Э_о-Э_р). Иными словами, годовой вклад выбросов от ССЭУ будет ниже значений, указанных в табл. 5.

Точки № 3 и № 4 имеют самые высокие (Э_о-Э_р) значения, поэтому влияние средств водного транспорта на эти районы является самым сильным. Причина в том, что эти две точки – самые близкие к порту территории с самой низкой высотой над уровнем моря, поэтому их легко достигают выбросы ССЭУ. Остальные точки либо расположены выше, либо находятся на больших расстояниях от судового транспортного потока, либо их защищают крутые склоны и направления ветров, которые препятствуют передаче выбросов от судов в эти районы.

Заключение

Итак, мы установили, что выбросы частиц ССЭУ в районе порта оказывают значительное влияние на качество воздуха. Влияние выбросов частиц ОГ ССЭУ от средства водного транспорта определяется расстоянием от судового транспортного потока в контрольные точки и метеорологическими условиями, особенно скоростью и направлением ветра. Выбросы РМ, испускаемые ОГ ССЭУ и дорожными транспортными средствами в атмосферу, приводят к тому, что массовые концентрации РМ₁₀ превышают допустимые среднегодовые пределы ВОЗ.

Под влиянием температуры, направления ветра, влажности и расстояния доля содержания твердых частиц с ОГ ССЭУ варьируется в широких пределах: от 15 до 90%. В точках измерения, расположенных рядом с портом, объем частиц может быть в 2–3 раза выше, чем в других районах города.

Суточные дифференцированные значения ($\bar{E}_o$ - $\bar{E}_p$) также включают выбросы из источников, отличных от транспорта (промышленные предприятия, предприятия энергетики и т.д.). Однако за период отсутствия таких источников (от 0 до 7 часов и от 19 до 24 часов) значение ($\bar{E}_o$ - $\bar{E}_p$) точно отражает выброс частиц ССЭУ. Поэтому указанное в табл. 5 среднее значение ($\bar{E}_o$ - $\bar{E}_p$) можно считать долей твердых частиц ССЭУ в общей массовой концентрации взвешенных частиц (МКЧ).

Автор благодарит К.С. Голохваста, д.б.н., профессора, ведущего научного сотрудника (Институт географии ДВО РАН) и к.б.н. В.В. Чернышева (ДВФУ) за помощь в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. М., 2019. 55 с.
2. Brimblecombe P., Townsend T., Lau C.F., Rakowska A., Chan T.L., Mocnik G., Ning Z. Through-tunnel estimates of vehicle fleet emission factors. *Atmospheric Environment*. 2015;123:180–189.
3. Cadle S.H., Mulawa P., Groblicki P., Laroo C. In-use light-duty gasoline vehicle particulate matter emissions on three driving cycles. *Environmental Science and Technology*. 2001;35:26–32.
4. Charron A., Birmili W., Harrison R.M. Sources and processes that influence particle size, number and mass at a rural site in England (Harwell). Report to DEFRA under contract EPG 1/3/184 “Monitoring of Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the UK”. Univ. of Birmingham and Casella Stanger, the UK, 2005.
5. Chart-asa C., Gibson J.M. Health impact assessment of traffic-related air pollution at the urban project scale: Influence of variability and uncertainty. *Science of The Total Environment*. 2015;506–507:409–421.
6. Cheng N., Li Y., Cheng B., Wang X., Meng F., Wang Q., Qiu Q. Comparisons of two serious air pollution episodes in winter and summer in Beijing. *Journal of Environmental sciences*. 2018;69:141–154.
7. Friedrich A., Heinen F., Kamakaté F., Kodjak D. Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. The International Council on Clean Transportation. 2007(153):3–10. DOI: 10.1080/07266472.2007.10878845
8. Fujitani Y., Kumar P., Tamura K., Fushimi A., Hasegawa S., Takahashi K., Tanabe K., Kobayashi S., Hirano S. Seasonal differences of the atmospheric particle size distribution in a metropolitan area in Japan. *Science of the Total Environment*. 2012;437:339–347.
9. Jones A.M., Harrison R.M. Estimation of the emission factors of particle number and mass fractions from traffic at a site where mean vehicle speeds vary over short distances. *Atmospheric Environment*. 2006;40:7125–7137.
10. Kristensson A., Johansson C., Westerholm R., Swietlicki E., Gidhagen L., Wideqvist U., Vesely V. Real-world traffic emission factors of gases and particles measured in a road tunnel in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*. 2004;38(5):657–673.

11. Lawrence S., Sokhi R., Ravindra K. Quantification of vehicle fleet PM₁₀ particulate matter emission factors from exhaust and non-exhaust sources using tunnel measurement techniques. *Environmental Pollution*. 2016;210:419–428.
12. Miola A., Ciuffo B., Giovine E., Marra M. Regulating air emissions from ships: the state of the art on methodologies, technologies and policy options. JRC Reference Reports. Luxembourg, 2010.
13. Ristovski Z.D., Morawska L., Bofinger N.D., Hitchins J. Submicrometer and supermicrometer particulate emission from spark ignition vehicles. *Environmental Science and Technology*. 1998;32(24):3845–3852.
14. Wang J.M., Jeong C.H., Zimmerman N., Healy R.M., Evans G.J. Real world vehicle fleet emission factors: Seasonal and diurnal variations in traffic related air pollutant. *Atmospheric Environment*. 2018;184:77–86.
15. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide-Summary of risk assessment. WHO Press, World Health Organization. Geneva, Switzerland. 2006.
16. WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. WHO Press, World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2016.
17. Zhu R., Hu J., Bao X., He L., Lai Y., Zu L., Li Y., Su S. Tailpipe emissions from gasoline direct injection (GDI) and port fuel injection (PFI) vehicles at both low and high ambient temperatures. *Environmental Pollution*. 2016;216:223–234.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2020. N 3/44

Marine Engines and Auxiliary Machinery

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-10>

Le Hong Hai

LE HONG HAI, Postgraduate, Politechnical Institute, e-mail: lehonghai@vmaru.edu.vn
Far Eastern Federal University
 Vladivostok, Russia

Air pollution with particulates as measured at five spots in Vladivostok (maritime and road transport)

Abstract: The impact of automobile and maritime traffic flows on the total concentration of suspended particles (RM) in the atmospheric air of the city of Vladivostok was assessed. In the experiment, measurements were made at five control points with different orographic characteristics and levels of traffic load intensity. Also, air pollution with solid particles emitted by exhaust gases (exhaust) of marine power plants (SSEU) was taken into account.

It is determined that traffic flows are one of the main sources of RM in the atmospheric air of the city of Vladivostok. A differentiated assessment of the level of PM pollution by traffic flows showed that depending on the geographical and climatic characteristics, overall contribution of PM from the OG SSEU to the urban atmosphere is in the range of 15–90%. At two spots closest to the port areas, this value was 70% and 80%. This indicator is almost two times higher than at the control point most remote from port areas.

Keywords: particulate emissions, water transport, exhaust gases from ship installations, particle concentration in air, port city air, particle air pollution.

REFERENCES

1. Maximum allowable concentration (MPC) of pollutants in the air of urban and rural settlements in the Hygienic standard GN 2.1.6.3492-17. Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор. Moscow, 2019, 55 p.
2. Brimblecombe P., Townsend T., Lau C.F., Rakowska A., Chan T.L., Mocnik G., Ning Z. Through-tunnel estimates of vehicle fleet emission factors. *Atmospheric Environment*. 2015;123:180–189.

3. Cadle S.H., Mulawa P., Groblicki P., Laroo C. In-use light-duty gasoline vehicle particulate matter emissions on three driving cycles. *Environmental Science and Technology*. 2001;35:26–32.
4. Charron A., Birmili W., Harrison R.M. Sources and processes that influence particle size, number and mass at a rural site in England (Harwell). Report to DEFRA under contract EPG 1/3/184 “Monitoring of Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the UK”. Univ. of Birmingham and Casella Stanger, the UK, 2005.
5. Chart-asa C., Gibson J.M. Health impact assessment of traffic-related air pollution at the urban project scale: Influence of variability and uncertainty. *Science of The Total Environment*. 2015;506–507:409–421.
6. Cheng N., Li Y., Cheng B., Wang X., Meng F., Wang Q., Qiu Q. Comparisons of two serious air pollution episodes in winter and summer in Beijing. *J. of Environmental Sciences*. 2018;69:141–154.
7. Friedrich A., Heinen F., Kamakaté F., Kodjak D. Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. *The International Council on Clean Transportation*. 2007(153):3–10. DOI: 10.1080/07266472.2007.10878845
8. Fujitani Y., Kumar P., Tamura K., Fushimi A., Hasegawa S., Takahashi K., Tanabe K., Kobayashi S., Hirano S. Seasonal differences of the atmospheric particle size distribution in a metropolitan area in Japan. *Science of the Total Environment*. 2012;437:339–347.
9. Jones A.M., Harrison R.M. Estimation of the emission factors of particle number and mass fractions from traffic at a site where mean vehicle speeds vary over short distances. *Atmospheric Environment*. 2006;40:7125–7137.
10. Kristensson A., Johansson C., Westerholm R., Swietlicki E., Gidhagen L., Wideqvist U., Vesely V. Real-world traffic emission factors of gases and particles measured in a road tunnel in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*. 2004;38(5):657–673.
11. Lawrence S., Sokhi R., Ravindra K. Quantification of vehicle fleet PM10 particulate matter emission factors from exhaust and non-exhaust sources using tunnel measurement techniques. *Environmental Pollution*. 2016;210:419–428.
12. Miola A., Ciuffo B., Giovine E., Marra M. Regulating air emissions from ships: the state of the art on methodologies, technologies and policy options. *JRC Reference Reports*. Luxembourg, 2010.
13. Ristovski Z.D., Morawska L., Bofinger N.D., Hitchins J. Submicrometer and supermicrometer particulate emission from spark ignition vehicles. *Environmental Science and Technology*. 1998;32(24):3845–3852.
14. Wang J.M., Jeong C.H., Zimmerman N., Healy R.M., Evans G.J. Real world vehicle fleet emission factors: Seasonal and diurnal variations in traffic related air pollutant. *Atmospheric Environment*. 2018;184:77–86.
15. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide—Summary of risk assessment. WHO Press, World Health Organization. Geneva, Switzerland. 2006.
16. WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. WHO Press, World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2016.
17. Zhu R., Hu J., Bao X., He L., Lai Y., Zu L., Li Y., Su S. Tailpipe emissions from gasoline direct injection (GDI) and port fuel injection (PFI) vehicles at both low and high ambient temperatures. *Environmental Pollution*. 2016;216:223–234.