



УДК 504.3.054(43)

Сравнительный анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом в России и Германии (на примере г. Киль)

С. А. Новикова (novikovasveta41@mail.ru)

Аннотация. Рассматривается проблема загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом в России и Германии. Проведен сравнительный анализ парка автотранспортных средств в населенных пунктах России и Германии. С помощью госпитированной методики проведены расчеты выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автомобилей на крупных перекрестках и въездах в г. Киль.

Ключевые слова: Россия, Германия, г. Киль, загрязнение атмосферного воздуха, автотранспорт, динамика, методика расчета.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является проблемой международного масштаба, поскольку атмосферный воздух не придерживается государственных и национальных границ. Автомобильный транспорт – один из крупнейших источников загрязнения атмосферного воздуха городов. Относительная доля автотранспорта в общих антропогенных выбросах загрязняющих веществ от всех отраслей экономики составляет 40 %. Превышение уровней предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ вдоль автотрасс и на прилегающих территориях приводит к росту заболеваемости населения [13]. Анализ динамики роста автопарка более индустриальных стран Европы за последнее десятилетие свидетельствует о том, что в среднем увеличение числа автотранспортных средств составляет 8–10 %, в Испании этот показатель за 10 лет достиг 16,2 % [10].

В период с 01.10.2013 по 31.03.2014 в рамках программы DAAD «Михаил Ломоносов III» автором была пройдена научная стажировка в Германии, во время которой проводились исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств.

Анализ современного состояния атмосферного воздуха в Германии

Загрязнение атмосферного воздуха в Германии за последние 20 лет значительно снизилось, однако оно по-прежнему доходит до превышения нормативов качества воздуха [4]. На рисунке 1 представлены диаграммы выбросов оксидов азота от автотранспорта в европейских странах.

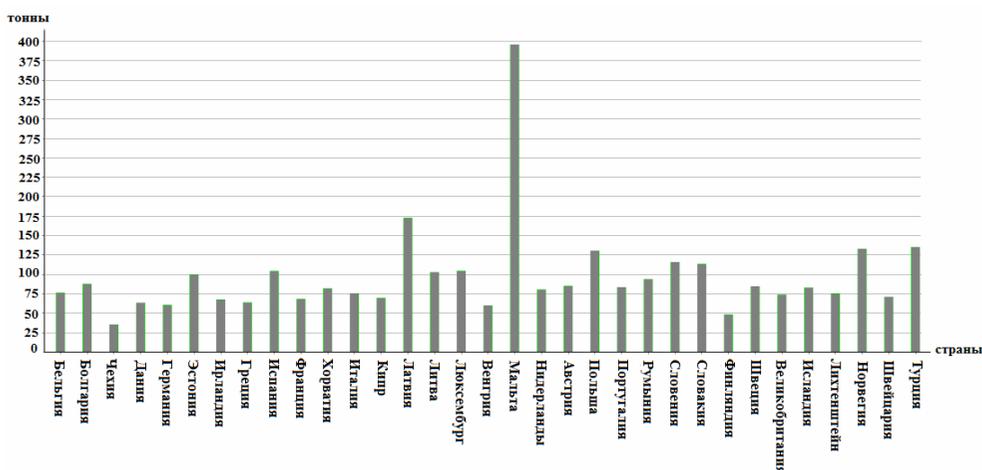


Рис. 1. Выбросы оксидов азота от автотранспорта (по состоянию на 1 января 2012 г.)

На рисунке 2 изображены диаграммы соотношения выбросов оксидов азота по категориям источников в 1995, 2000 и 2007 гг. в Германии [15]. Выбросы оксидов азота в Германии от всех категорий источников с 1995 г. удалось сократить на 15 % к 2000 г. К 2007 г. они сократились еще на 24 %. Выбросы непосредственно от автотранспорта были сокращены на 50 %. Тем не менее на автомобильные перевозки приходится наибольшая доля (44 %) от общего объема выбросов оксидов азота. В настоящее время в Германии значительно меньше загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу благодаря использованию современных фильтров, катализаторов и качественного топлива [7].

На рисунке 3 представлена динамика концентраций оксидов азота, создаваемых в результате выбросов от различных источников в сельских местностях, городах Германии, а также в результате выбросов с выхлопными газами автотранспортных средств [15].

В период с 1995 по 2007 г. среднегодовые концентрации оксидов азота снизились в выбросах городского автотранспорта и в выбросах от других источников городов (см. рис. 3). Начиная с 2000 г. среднегодовые концентрации оксидов азота практически не изменились в сельских местностях. Однако, несмотря на снижение содержания оксидов азота в выбросах различных источников городов и автотранспортных средств, концентрации загрязняющих веществ превышали установленный норматив – ПДКг. (40 мкг/м³) [6].



Рис. 2. Процентное соотношение выбросов оксидов азота (NO, NO₂) по категориям источников в 1995, 2000 и 2007 гг. в Германии [15]

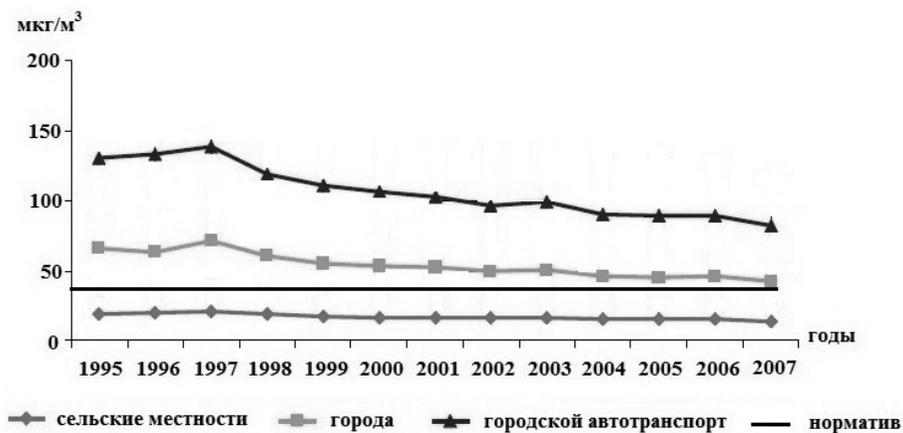


Рис. 3. Динамика концентраций оксидов азота (NO₂, NO) в Германии по данным измерений на станциях наблюдения за качеством атмосферного воздуха в период с 1995 по 2007 г.

«Норматив» – годовая предельно допустимая концентрация (для защиты здоровья человека) – ПДКг. (для защиты здоровья человека)

В таблице 1 представлены установленные значения предельно допустимых концентраций для оксидов азота, углерода и серы в России и странах Европы. В европейских странах приняты единицы измерения предельных значений концентраций загрязняющих веществ – мкг/м³. В России – мг/м³.

Таблица 1

Предельные значения концентраций загрязняющих веществ [7; 9; 11; 12; 14; 16]

Наименование норматива	Средний период	Вещества	Предельное значение
в Европейских странах (в том числе в Германии)			
Почасовая предельно допустимая концентрация (для защиты здоровья человека) – ПДК _ч	1 ч	Диоксид азота (NO₂)	0,2 мг/м³ (200 мкг/м³) – значение не должно быть превышено чаще чем 18 раз в течение календарного года, либо 0,4 мг/м ³ (400 мкг/м ³) в течение не более 3 ч
		Диоксид серы (SO ₂)	0,35 мг/м ³ (350 мкг/м ³) – значение не должно быть превышено чаще чем 24 раз в течение календарного года, либо 0,5 мг/м ³ (500 мкг/м ³) в течение не более 3 ч
		Оксид углерода (CO)	0,01 мг/м ³ (10 мкг/м ³) в течение 8 ч в сутки
Годовая предельно допустимая концентрация (для защиты здоровья человека) – ПДК _г	Календарный год	Диоксид азота (NO₂)	0,04 мг/м³ (40 мкг/м³)
Суточная предельно допустимая концентрация (для защиты здоровья человека) – ПДК _с	Сутки	Диоксид серы (SO ₂)	0,125 мг/м ³ (125 мкг/м ³) – значение не должно быть превышено чаще чем 3 раза в течение суток
Годовая предельно допустимая концентрация (для защиты растительности) – ПДК _г	Календарный год	Оксиды азота (NO ₂ , NO)	0,03 мг/м ³ (30 мкг/м ³)
в России			
Максимальная разовая предельно допустимая среднесуточная концентрация в воздухе населенных мест (для защиты здоровья человека) – ПДК _{м.р}	20–30 мин	Диоксид азота (NO₂)	0,2 мг/м³ (200 мкг/м³)
		Оксид азота (NO)	0,4 мг/м ³ (400 мкг/м ³)
		Диоксид серы (SO ₂)	0,5 мг/м ³ (500 мкг/м ³)
		Оксид углерода (CO)	5,0 мг/м ³ (500 мкг/м ³)

Окончание табл. 1

Наименование норматива	Средний период	Вещества	Предельное значение
Средняя суточная предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе населенных мест (для защиты здоровья человека) – ПДК _{с.с}	Календарный год	Диоксид азота (NO ₂)	0,04 мг/м³ (40 мкг/м³)
		Оксид азота (NO)	0,06 мг/м ³ (60 мкг/м ³)
		Диоксид серы (SO ₂)	0,05 мг/м ³ (50 мкг/м ³)
		Оксид углерода (CO)	3,0 мг/м ³ (3000 мкг/м ³)
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (для защиты здоровья человека) – ПДК _{р.з}	8 ч	Диоксид азота (NO ₂)	2,0 мг/м ³ (2000 мкг/м ³) – значение не должно быть превышено в течение более 41 часа в неделю
		Диоксид серы (SO ₂)	10,0 мг/м ³ (1000 мкг/м ³)
		Оксид углерода (CO)	10,0 мг/м ³ (1000 мкг/м ³)
Максимальная разовая предельно допустимая среднесуточная концентрация в воздухе населенных мест (для защиты растительности) – ПДК _{м.р}	20–30 мин	Оксиды азота (NO ₂ , NO)	0,04 мг/м ³ (40 мкг/м ³)
		Диоксид серы (SO ₂)	0,3 мг/м ³ (300 мкг/м ³)
		Оксид углерода (CO)	5,0 мг/м ³ (5000 мкг/м ³)
Средняя сточная предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе населенных мест (для защиты растительности) – ПДК _{с.с}	Календарный год	Оксиды азота (NO ₂ , NO)	0,02 мг/м ³ (20 мкг/м ³)
		Диоксид серы (SO ₂)	0,015 мг/м ³ (15 мкг/м ³)
		Оксид углерода (CO)	3,0 мг/м ³ (3000 мкг/м ³)

Как видно из табл. 1, предельные значения для загрязняющих веществ в России и в странах Европы отличаются по наименованию нормативов, срокам действия, однако предельные значения для диоксида азота для защиты здоровья человека совпадают (40 мкг/м³, 200 мкг/м³).

Как известно, количество выбросов загрязняющих веществ зависит от количества автотранспортных средств. На рисунке 4 представлен парк автотранспортных средств в землях Германии по состоянию на 1 января 2014 г. В Германии насчитывается 16 земель. Три города Берлин, Гамбург и Бремен приравнены по своему статусу к земле [3].

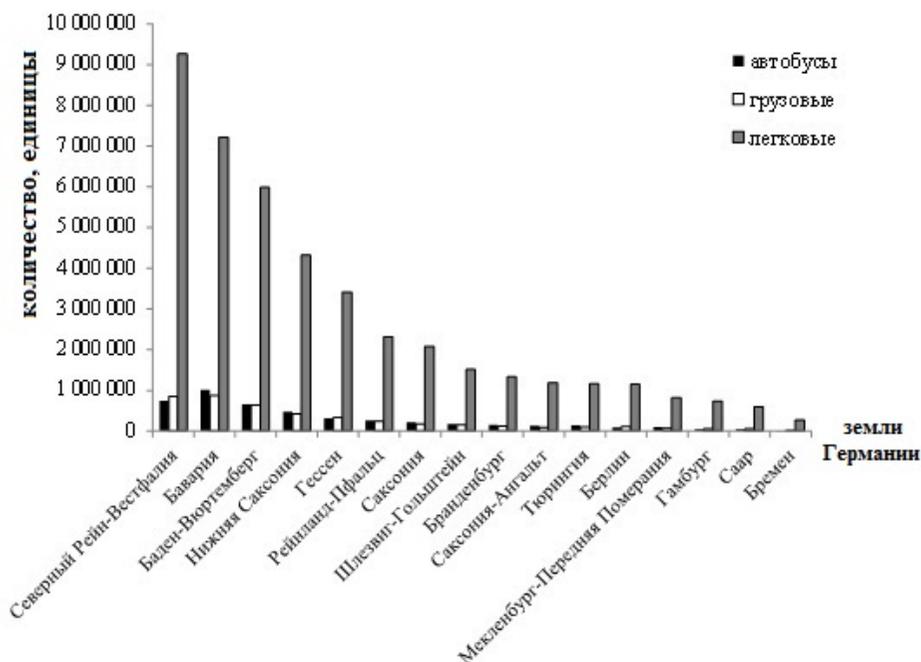


Рис. 4. Парк автотранспортных средств в населенных пунктах Германии (на 1 января 2014 г.)

Как демонстрирует диаграмма рис. 4, наибольшее количество автомобилей зафиксировано в землях Северный Рейн-Вестфалия (Nordrhein-Westfalen), Бавария (Bayern), Баден-Вюртемберг (Baden-Württemberg), Нижняя Саксония (Niedersachsen). В видовом составе преобладают легковые автотранспортные средства, количество грузовых автотранспортных средств и автобусов практически одинаково.

В таблице 2 даны основные характеристики земель Германии.

Таблица 2

Основные характеристики земель Германии [3]

Земля	Столица	Площадь, км ²	Население, чел. (2014 г.)	Кол-во автотранспортных средств, ед. (2014 г.)	Кол-во человек, приходящ. на 1 автомобиль
Северный Рейн-Вестфалия (Nordrhein-Westfalen)	Дюссельдорф (Düsseldorf)	34 092,3	17 538 251	9 264 268	2
Бавария (Bayern)	Мюнхен (München)	70 550,1	12 397 614	7 214 493	2
Баден-Вюртемберг (Baden-Württemberg)	Штутгарт (Stuttgart)	35 751,5	10 486 660	5 989 716	3
Нижняя Саксония (Niedersachsen)	Ганновер (Hannover)	47 612,9	7 777 992	4 320 354	2

Окончание табл. 2

Земля	Столица	Площадь, км ²	Население, чел. (2014 г.)	Кол-во автотранс- портных средств, ед. (2014 г.)	Кол-во человек, прихо- дящ. на 1 авто- мобиль
Гессен (Hessen)	Висбаден (Wiesbaden)	21 114,9	5 971 816	3 414 865	2
Рейнланд-Пфальц (Rheinland-Pfalz)	Майнц (Mainz)	19 854,1	3 989 808	2 320 090	2
Саксония (Sachsen)	Дрезден (Dresden)	18 419,7	4 056 799	2 084 165	2
Шлезвиг-Гольштейн (Schleswig-Holstein)	Киль (Kiel)	15 799,3	2 800 119	1 517 779	2
Бранденбург (Brandenburg)	Потсдам (Potsdam)	29 483,2	2 455 780	1 337 091	2
Саксония-Анхальт (Sachsen-Anhalt)	Магдебург (Magdeburg)	20 449,5	2 287 040	1 190 580	2
Тюрингия (Thüringen)	Эрфурт (Erfurt)	16 172,5	2 188 589	1 162 296	2
Берлин (Berlin)	Берлин (Berlin)	887,7	3 292 365	1 149 520	2
Мекленбург-Передняя Померания (Mecklenburg- Vorpommern)	Шверин (Schwerin)	23 190,8	1 609 982	820 717	2
Гамбург (Hamburg)	Гамбург (Hamburg)	755,2	1 706 696	738 610	2
Саар (Saarland)	Саарбрюккен (Saarbrücken)	2568,8	999 623	599 509	2
Бремен (Bremen)	Бремен (Bremen)	419,3	650 863	273 406	2

Таким образом, практически каждый второй житель Германии владеет личным автомобилем (см. табл. 2).

В таблице 3 представлен перечень регионов Российской Федерации с наибольшими выбросами от автотранспортных средств по состоянию на 1 января 2014 г.

В общем объеме выбросов в Российской Федерации (32 487,5 тыс. т) доля выбросов от передвижных источников составляет 41 %. По данным Росприроднадзора, общий объем выбросов от автотранспортных средств в 2011 г. составил 13 325,18 тыс. т [1]. Из таблицы 3 видно, что в России практически каждый третий житель имеет личный автомобиль. Однако с каждым годом владельцев личных автомобилей у нас в стране становится больше.

Таблица 3

Перечень регионов России с наибольшими выбросами
от автотранспортных средств [2]

Субъект РФ	Федеральный округ	Площадь, км ²	Население, чел. (2013 г.)	Количество автотранспортных средств, ед. (2013 г.)	Кол-во человек, приходящ. на 1 автомобиль	Объем выбросов, тыс. т
Москва	Центральный	2 561	12 108 260	4 200 000	3	913,6
Московская область	Центральный	44 329	7 133 620	2 793 694	3	749,5
Краснодарский край	Южный	75485	5 404 270	1 685 000	3	487,0
Свердловская область	Уральский	194 307	4 320 680	1 561 164	3	423,8
Ростовская область	Южный	100 967	4 245 530	1 458 940	3	418,7
Санкт-Петербург	Северо-Западный	1 403	5 131 940	1 278 578	4	374,8
Нижегородская область	Приволжский	76 624	3 281 500	1 275 165	3	334,2
Республика Башкортостан	Приволжский	142 947	4 069 700	1 099 102	4	333,5
Челябинская область	Уральский	88 529	3 490 050	1 027 706	3	327,6
Самарская область	Приволжский	53 565	3 211 190	1 022 918	3	317,4
Иркутская область	Сибирский	767 900	2 415 695	814 739	3	286,9

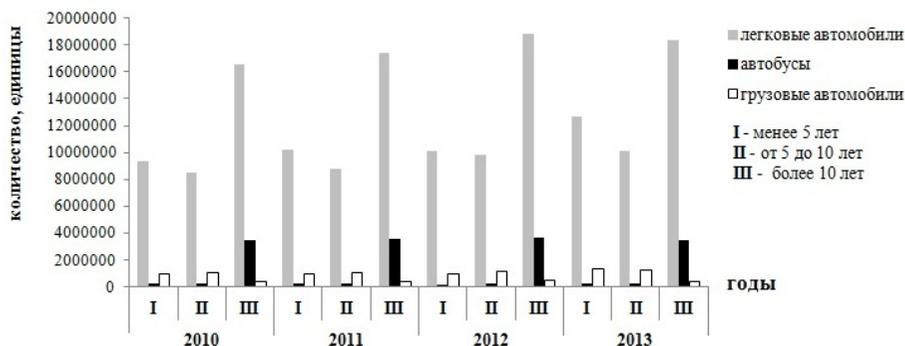


Рис. 5. Возрастная структура парка автотранспортных средств в Российской Федерации

Рост автопарка в России в 2013 г. стал рекордным – составил более 5 млн единиц, или около 10 %. В возрастной структуре парка автотранспортных средств России преобладают легковые автомобили, находящиеся в эксплуатации более 10 лет (рис. 5). Экологический класс таких автотранспортных средств – «Евро-0». Это означает, что такие транспортные средства имеют выбросы загрязняющих веществ в 5–10 раз больше, чем автотранспорт с экологическим классом «Евро-3» и «Евро-4» (см. рис. 5). В России в этом плане прослеживается отставание от европейских стран, поскольку там уже перешли на автотранспортные средства класса «Евро-6».

На рисунке 6 приведена динамика валовых выбросов от автотранспортных средств и численности парка автомобилей за последние 10 лет в России.

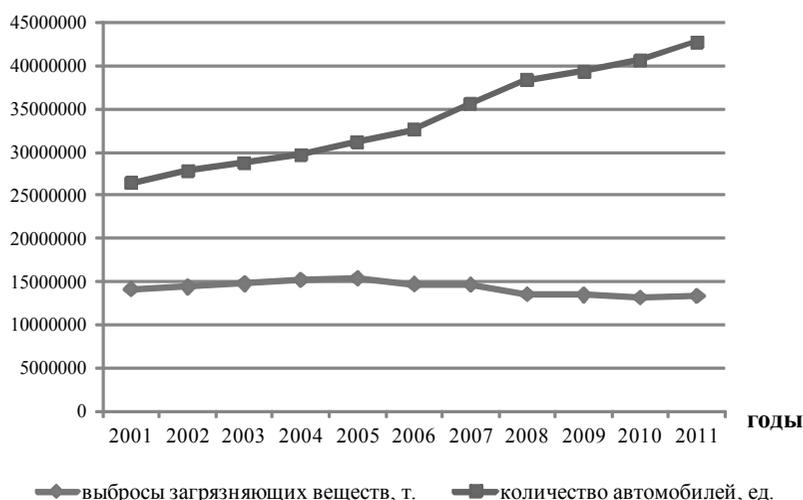


Рис. 6. Динамика выбросов от автотранспортных средств и численности парка автомобилей в России

Темпы снижения выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств замедлились, что обусловлено ростом парка автотранспортных средств (см. рис. 6). Количество выпускаемого в стране низкосернистого топлива постепенно растет, что приводит к снижению выбросов диоксида серы (SO_2). Выбросы SO_2 на одну тонну бензина в 2011 г. снизились на 35 % по сравнению с 2010 г, а на тонну дизельного топлива – на 8 %. Динамика к улучшению качества моторного топлива также замедлилась в связи с неготовностью нефтеперерабатывающих заводов полностью перейти на выпуск низкосернистого топлива (с содержанием серы менее 150 мг/кг топлива).

На рисунке 7 отражена динамика выбросов загрязняющих веществ по компонентам в России в период с 2007 по 2013 г.

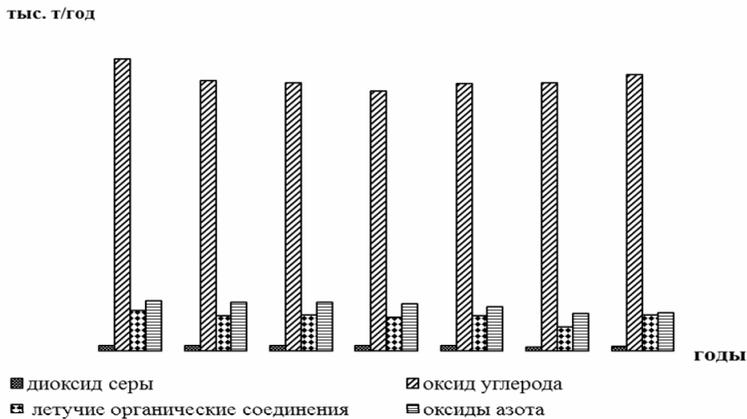


Рис. 7. Динамика выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в России

Как видно из диаграмм рис. 7, выбросы загрязняющих веществ в России за период с 2007 по 2013 г. снизились незначительно.

Как было отмечено ранее, в рамках программы DAAD «Михаил Ломоносов III», автором была пройдена научная стажировка в Германии в г. Киль, входящем в федеральную землю Шлезвиг-Гольштейн (Schleswig-Holstein), во время которой проводились исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств.

В состав земли Шлезвиг-Гольштейн (Schleswig-Holstein) входят 11 районов (1 – Дитмаршен, 2 – Герцогство Лауэнбург, 3 – Северная Фризия, 4 – Восточный Гольштейн, 5 – Пиннеберг, 6 – Плён, 7 – Рендсбург-Эжернфёрде, 8 – Шлезвиг-Фленсбург, 9 – Зегеберг, 10 – Штайнбург, 11 – Штомарн) и 4 свободных города: Киль, Любек, Ноймюнстер, Фленсбург (рис. 8).

На рисунке 9 представлены диаграммы динамики автомобильного транспорта в г. Киль, входящем в землю Шлезвиг-Гольштейн за период с 1992 по 2012 г.



Рис. 8. Административная карта земли Шлезвиг-Гольштейн

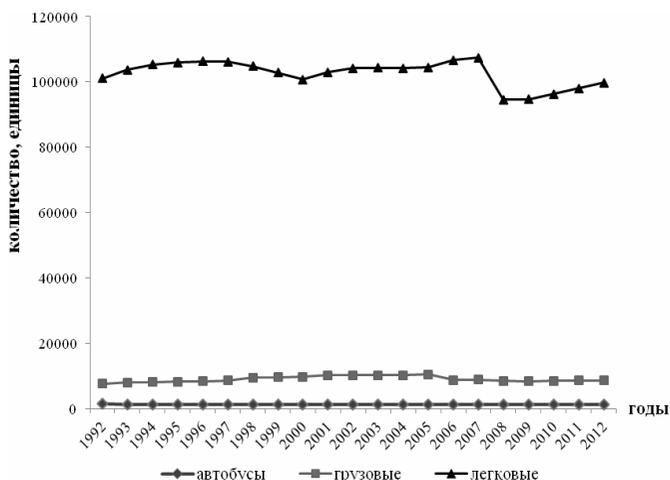


Рис. 9. Динамика автомобильного парка в г. Киль за период 1992–2012 гг.

Диаграммы показывают, что количество легковых автомобилей в г. Киль превышает количество автотранспортных средств других видов. Общее количество автомобилей на 2012 г. составляло 110 тыс., с каждым годом этот показатель изменяется незначительно [6].

В Германии нами были проведены видеонаблюдения за движением автотранспортных средств на семи въездах в г. Киль и крупных перекрестках города в утренние (07:20–07:40), дневные (12:20–12:40) и вечерние (18:20–18:40) часы пик.

На рисунке 10 отображены основные трассы по направлению к г. Киль, крупные перекрестки, где проводилось видеонаблюдение за движением автотранспортных средств.



Рис. 10. Главные перекрестки: 1–6 и трассы-въезды в г. Киль: 76, 503; 502; 202; 404; 215; 210

В таблице 4 отражены данные наблюдений за движением автомобилей на трассах-въездах в г. Киль в часы пик.

Как видно из табл. 4, максимальное количество автомобилей зафиксировано на въездах в г. Киль. Количество автомобилей преобладает в утренние часы по сравнению с дневными и вечерними часами. На рисунке 11 показана трасса 502 на въезде в г. Киль.

Таблица 4

Данные наблюдений за количеством автотранспортных средств в будние дни на трассах г. Киль

	Направление	Тип автотранспортных средств			
		Легковые автомобили	Автобусы	Грузовые автомобили	Сумма
Трассы 503 и 76	Время: 07:20–07:40				
	На въезде в город	1 730	12	280	2 022
	На выезде из города	905	10	150	1 065
	В сумме	2 635	22	430	3 087
	Время: 12:20–12:40				
	На въезде в город	860	10	150	1 020
	На выезде из города	800	8	100	908
	В сумме	1 660	18	250	1 928
	Время: 18:20–18:40				
	На въезде в город	1 150	11	200	1361
	На выезде из города	900	9	120	1 029
	В сумме	2 050	20	320	2 390
	Время: 07:20–07:40				
	На въезде в город	1 480	75	175	1 730
	На выезде из города	1 210	55	95	1 360
	В сумме	2 690	130	270	3 090
	Время: 12:20–12:40				
	На въезде в город	560	60	50	670
На выезде из города	440	50	40	530	
В сумме	1 000	110	90	1 200	
Время: 18:20–18:40					
На въезде в город	1 075	65	55	1 155	
На выезде из города	930	50	50	980	
В сумме	2 005	115	105	2 135	
Трассы 210 и 215	Время: 07:20–07:40				
	На въезде в город	2 105	15	290	2 410
	На выезде из города	1 290	10	140	1 440
	В сумме	3 395	25	430	3 850
	Время: 12:20–12:40				
	На въезде в город	1 010	10	80	1 100
	На выезде из города	750	8	22	780
	В сумме	1 760	18	102	1 880
	Время: 18:20–18:40				
	На въезде в город	1 070	20	100	1 190
	На выезде из города	930	20	40	990
	В сумме	2 000	40	140	2 180

Окончание табл. 4

Трасса 202	Время: 07:20–07:40				
	На въезде в город	1 063	20	149	1 232
	На выезде из города	681	15	77	773
	В сумме	1 744	35	226	2 005
	Время: 12:20–12:40				
	На въезде в город	486	16	56	558
	На выезде из города	398	13	32	444
	В сумме	884	29	88	1 002
	Время: 18:20–18:40				
	На въезде в город	659	19	71	741
	На выезде из города	552	16	42	600
	В сумме	1 211	35	113	1 341
	Время: 07:20–07:40				
	На въезде в город	865	6	140	1 011
	На выезде из города	453	5	75	533
	В сумме	1 318	11	215	1 544
	Время: 12:20–12:40				
	На въезде в город	430	5	75	510
	На выезде из города	400	4	50	454
	В сумме	830	9	125	964
	Время: 18:20–18:40				
	На въезде в город	575	6	100	681
	На выезде из города	450	5	60	515
	В сумме	1 025	10	160	1 195



Рис. 11. Грузопоток на въезде 502 в г. Киль

Результаты расчетов, выполненных по методике [5], представлены в табл. 5.

Суммарные разовые выбросы загрязняющих веществ автомобилями за 20-минутный период на трассах г. Киль

Трасса	Группа автомобилей	Часы наблюдений	Выброс, г/с						
			CO	NO ₂	CH	Сажа	SO ₂	CH ₂ O	C ₂₀ H ₁₂
Трасса 502	Легковые	07:20–07:40	0,90	0,80	0,215	0,002	0,00400	0,00090	0,000000080
		12:20–12:40	0,40	0,30	0,080	0,001	0,00150	0,00030	0,000000030
		18:20–18:40	0,70	0,60	0,160	0,001	0,00300	0,00060	0,000000060
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	0,10	0,30	0,059	0,004	0,00050	0,00020	0,000000020
		12:20–12:40	0,10	0,20	0,050	0,003	0,00050	0,00020	0,000000020
		18:20–18:40	0,10	0,20	0,052	0,003	0,00050	0,00020	0,000000020
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	0,20	0,80	0,176	0,014	0,00200	0,00070	0,000000070
		12:20–12:40	0,10	0,30	0,059	0,005	0,00070	0,00020	0,000000020
		18:20–18:40	0,10	0,30	0,068	0,005	0,00080	0,00030	0,000000030
Трассы 03 и 76	Легковые	07:20–07:40	0,90	0,79	0,210	0,002	0,00400	0,00084	0,000000079
		12:20–12:40	0,60	0,50	0,130	0,001	0,00250	0,00053	0,000000050
		18:20–18:40	0,70	0,62	0,160	0,001	0,00310	0,00066	0,000000062
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	0,01	0,04	0,010	0,001	0,00010	0,00004	0,000000004
		12:20–12:40	0,01	0,04	0,010	0,001	0,00010	0,00003	0,000000003
		18:20–18:40	0,01	0,04	0,010	0,001	0,00010	0,00004	0,000000004
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	0,31	1,22	0,280	0,022	0,00310	0,00108	0,000000112
		12:20–12:40	0,18	0,71	0,160	0,013	0,00180	0,00063	0,000000065
		18:20–18:40	0,23	0,91	0,210	0,016	0,00230	0,00080	0,000000083
Трассы 210 и 215	Легковые	07:20–07:40	1,19	1,02	0,270	0,002	0,00510	0,00109	0,000000102
		12:20–12:40	0,62	0,53	0,140	0,001	0,00260	0,00056	0,000000053
		18:20–18:40	0,70	0,60	0,160	0,001	0,00300	0,00064	0,000000060
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	0,01	0,05	0,010	0,001	0,00010	0,00005	0,000000005
		12:20–12:40	0,01	0,04	0,010	0,001	0,00010	0,00003	0,000000003
		18:20–18:40	0,02	0,08	0,020	0,001	0,00020	0,00007	0,000000007
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	0,31	1,22	0,280	0,022	0,00310	0,00108	0,000000112
		12:20–12:40	0,07	0,29	0,070	0,005	0,00070	0,00026	0,000000027
		18:20–18:40	0,10	0,40	0,090	0,007	0,00100	0,00035	0,000000036

Окончание табл. 5

	Группа автомобилей	Часы наблюдений	Выброс, г/с						
			СО	NO ₂	СН	Сажа	SO ₂	СН ₂ О	С ₂₀ Н ₁₂
Трасса 202	Легковые	07:20–07:40	0,61	0,52	0,140	0,001	0,00260	0,00060	0,000000050
		12:20–12:40	0,31	0,27	0,070	0,001	0,00130	0,00030	0,000000030
		18:20–18:40	0,42	0,36	0,100	0,001	0,00180	0,00040	0,000000040
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	0,02	0,07	0,020	0,001	0,00010	0,00010	0,000000010
		12:20–12:40	0,02	0,06	0,010	0,001	0,00010	0,00010	0,000000010
		18:20–18:40	0,02	0,07	0,020	0,001	0,00010	0,00010	0,000000010
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	0,16	0,64	0,150	0,011	0,00160	0,00060	0,000000060
		12:20–12:40	0,06	0,25	0,060	0,005	0,00060	0,00020	0,000000020
		18:20–18:40	0,08	0,32	0,070	0,006	0,00080	0,00030	0,000000030
Трасса 404	Легковые	07:20–07:40	0,46	0,40	0,110	0,001	0,00198	0,00042	0,000000040
		12:20–12:40	0,29	0,25	0,070	0,001	0,00125	0,00027	0,000000025
		18:20–18:40	0,36	0,31	0,080	0,001	0,00154	0,00033	0,000000031
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	0,01	0,02	0,010	0,001	0,00005	0,00002	0,000000002
		12:20–12:40	0,01	0,02	0,010	0,001	0,00004	0,00002	0,000000002
		18:20–18:40	0,01	0,02	0,010	0,001	0,00004	0,00002	0,000000002
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	0,16	0,61	0,140	0,011	0,00157	0,00054	0,000000056
		12:20–12:40	0,09	0,35	0,080	0,006	0,00091	0,00031	0,000000033
		18:20–18:40	0,12	0,45	0,110	0,008	0,00117	0,00040	0,000000042

Результаты проведенных расчетов показали, что наибольшие выбросы были выявлены по оксиду углерода, диоксиду азота и предельным углеводородам (см. табл. 5) в утренние и вечерние часы пик (легковые и грузовые автомобили).

Кроме въездов в г. Киль, было проведено видеонаблюдение за движением автотранспортных средств на основных перекрестках города. В таблице 6 приведены данные наблюдений за движением автотранспортных средств в районе крупных перекрестков г. Киль в часы пик.

Таблица 6

Данные наблюдений за количеством автотранспортных средств в будние дни в районе регулируемых перекрестков г. Киль

Группа автомобилей	Часы наблюдений	Эккернфёрдерштрассе – Олоф-Пальме-Даммштрассе (Eckernförder – Olof-Palme Damm)	Андреас-Гайкштрассе – Стреземаннплацштрассе (Andreas-Gayk – Streze-mannplatz)	Вестрингштрассе – Гутенбергштрассе (Westringstrasse – Gutenbergstrasse)
		Количество, ед.		
Легковые	07:20–07:40	1 326	996	1 186
	12:20–12:40	1 225	929	1 215
	18:20–18:40	1 761	1 283	1 278
Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	253	138	133
	12:20–12:40	45	116	145
	18:20–18:40	84	150	96
Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	228	36	91
	12:20–12:40	150	61	60
	18:20–18:40	104	33	31

Согласно проведенным наблюдениям, количество грузовых автомобилей и автобусов в утренние часы превышает их количество в дневные и вечерние часы на рассматриваемых перекрестках г. Киль. Количество легковых автомобилей изменяется незначительно в течение дня в часы пик.

С помощью методики [5] были проведены расчеты в районах регулируемых перекрестков для следующих загрязняющих веществ: оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), углеводородов (CH), сажи, диоксида серы (SO₂), формальдегида, бенз(а)пирена. Результаты расчетов даны в табл. 7.

Проведенные расчеты позволили выявить, что наибольшие выбросы были зафиксированы по оксиду углерода, диоксиду азота, предельным углеводородам и диоксиду серы (см. табл. 7) в утренние и вечерние часы пик (легковые автомобили и автобусы), а также в утренние и дневные часы пик (грузовые автомобили), что прямо пропорционально количеству автомобилей, отмеченных на данном перекрестке в часы пик (см. табл. 6).

Таблица 7

Суммарные разовые выбросы загрязняющих веществ автомобилями за 20-минутный период в районах крупных перекрестков г. Киль

	Группа автомобилей	Часы наблюдений	Выброс, г/с						
			CO	NO ₂	CH	Сажа	SO ₂	CH ₂ O	C ₂₀ H ₁₂
Экернфёрдер – Олоф-Пальме Дамм (Eckernförder – Olof-Palme Damm)	Легковые	07:20–07:40	26,5	4,3	5,7	0,4	1,17	0,02	0,000005
		12:20–12:40	24,5	4,0	5,3	0,3	1,08	0,02	0,000004
		18:20–18:40	35,2	5,7	7,6	0,5	1,56	0,03	0,000006
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	12,4	5,6	6,2	3,1	0,10	0,04	0,000005
		12:20–12:40	2,2	1,0	1,1	0,5	0,02	0,01	0,000001
		18:20–18:40	4,1	1,8	2,1	1,0	0,03	0,01	0,000002
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	15,8	7,0	8,1	4,6	0,15	0,06	0,000007
		12:20–12:40	10,4	4,6	5,3	3,0	0,10	0,04	0,000005
		18:20–18:40	7,2	3,2	3,7	2,1	0,07	0,03	0,000003
Андреас-Гайк – Стреземаннплацштрассе (Andreas-Gayk – Strezemannplatz)	Легковые	07:20–07:40	63,7	7,2	13,4	12,2	4,10	0,05	0,000014
		12:20–12:40	59,2	6,6	80,4	1,2	3,90	0,05	0,000013
		18:20–18:40	82,9	9,5	17,5	1,6	5,30	0,07	0,000018
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	27,9	8,8	12,1	7,9	0,20	0,08	0,000012
		12:20–12:40	19,1	2,3	6,4	6,4	0,20	0,05	0,000009
		18:20–18:40	25,3	3,8	8,8	8,3	0,20	0,07	0,000012
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	16,2	10,1	9,8	3,8	0,20	0,06	0,000007
		12:20–12:40	18,9	7,1	9,0	5,8	0,20	0,07	0,000008
		18:20–18:40	11,0	4,8	5,6	3,2	0,10	0,04	0,000005
Вестрингштрассе – Гутенбергштрассе (Westringstrasse – Gutenbergstrasse)	Легковые	07:20–07:40	84,4	7,8	17,5	1,9	6,20	0,07	0,000020
		12:20–12:40	84,1	7,4	17,4	1,9	6,40	0,07	0,000021
		18:20–18:40	96,7	9,9	20,2	2,0	6,70	0,08	0,000022
	Автобусы, свыше 3,5 т	07:20–07:40	32,6	9,1	13,5	9,6	0,30	0,09	0,000015
		12:20–12:40	29,6	2,9	9,5	10,1	0,20	0,08	0,000014
		18:20–18:40	21,0	3,6	7,5	6,8	0,20	0,06	0,000010
	Грузовые, свыше 12 т	07:20–07:40	33,7	11,0	15,2	10,9	0,30	0,12	0,000015
		12:20–12:40	22,2	7,2	10,0	7,2	0,20	0,08	0,000010
		18:20–18:40	12,4	4,9	6,0	3,8	0,10	0,04	0,000006

Заключение

Таким образом, на основании проведенных во время научной стажировки исследований можно сделать вывод, что борьба с загрязнением воздуха в Германии основывается на федеральных законах, международных директивах и конвенциях. Важными элементами, как и в России, являются значения предельно допустимых концентраций для загрязнителей воздуха [8]. Кроме того, в настоящее время во многих европейских странах, в том числе и в Германии, вводятся ограничения по времени движения автотранспорта в отдельных районах города в зависимости от времени суток, дней недели и сезонов года [15].

По результатам проведенных расчетов можно констатировать тот факт, что атмосферный воздух в г. Киль наиболее загрязнен в районах с интенсивным движением автотранспорта: на крупных перекрестках и въездах в город. Близкое расположение магистралей оказывает негативное влияние на загрязнение атмосферного воздуха жилых территорий.

Наибольшее количество загрязняющих веществ было зафиксировано по оксиду углерода, диоксиду азота, диоксиду серы, саже и предельным углеводородам в утренние и вечерние часы пик, что прямо пропорционально количеству автомобилей, зафиксированных на главных перекрестках и въездах в город в эти часы.

Защита от вредных воздействий выбросов автотранспорта на здоровье человека и окружающую среду, а также их профилактика по-прежнему остаются важной задачей для международной политики по борьбе с загрязнением на пути к более чистому атмосферному воздуху. Решение проблемы загрязнения воздуха требует слаженных действий на самых различных уровнях.

Список литературы

1. *Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2011 г.* – М., 2012. – 351 с.
2. *Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2013 г.* – М., 2014. – 463 с.
3. *Земли Германии* [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
4. *Евростат* [Электронный ресурс]. – URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/introduction>.
5. *Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов.* – СПб., 2010. – 10 с.
6. *Технический отчет № 7/2010* [Электронный ресурс]. – URL: http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_TP_7_2010_EU_CLRT.
7. *О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения*: федер. закон РФ № 52-ФЗ от 30.03.1999.
8. *Air quality in Europe – 2012.* European Environment Agency Report. European Union, № 4/2012. – 12 p.
9. *Air quality in Europe – 2014.* European Environment Agency Report. European Union, № 5/2014. – 82 p.

10. *Air Quality Guidelines Global update 2005*. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO Regional Office for Europe, 2005 [Electronic resource]. – URL: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>.

11. *Directive 2008/50/EC* of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe.

12. *Human Exposure Assessment*, Environmental Health Criteria. Document 214, Program of Chemical Safety. WHO, 2000.

13. *Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment*. WHO Regional Publications, European Series, № 85.2. WHO, 1999.

14. *Monitoring carbon dioxide (CO₂) emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2013*. European Environment Agency Report, April 2014. – 24 p.

15. *Trends in Air Quality in Germany*. Air quality assessment. Section II 4.2. Federal Environment Agency, 2009. – 18 p.

16. *Quality Guidelines for Europe* (revision of Air Quality Guidelines for Europe 1987). WHO Regional Office for Europe, Bilthoven Division, 2000 [Electronic resource]. – URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines-for-europe>.

Comparative Analysis of Air Pollution by Auto Transport in Russia and Germany (by the Example of Kiel)

S. A. Novikova

Abstract. The article is devoted to the problem of air pollution due to emissions of pollutants from transport in Russia and Germany. The comparative analysis of vehicle park was carried out in cities of Russia and Germany. The calculations of emissions of vehicles into the atmosphere were carried out with help of the special state method. The observations were made at big crossroads and entrances of Kiel.

Keywords: Russia, Germany, Kiel, air pollution, transport, dynamics, method of calculation.

Новикова Светлана Александровна
аспирант, преподаватель
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: 8(3952) 52-10-72

Novikova Svetlana Alexandrovna
Postgraduate, Lecturer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: 8(3952) 52-10-72