АССОЦИАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

Оценка экологической эффективности мероприятий по развитию транспортной системы Москвы в 2011-2018 годах*

Трофименко Ю.В.,
д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Техносферная безопасность» МАДИ,
руководитель рабочей группы АТИ по экологии

ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИЯ «ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ», 16 - 17 АПРЕЛЯ 2020 г.

*) В работе принимали участие к.т.н., доцент Комков В.И., аспирант Кутырин Б.А., магистрант Деянов Д.А.

Методический подход:

– использование транспортного моделирования для оценки характеристик транспортных потоков определенной структуры по экологическому классу, рабочему объему двигателей легковых автомобилей, полной массе грузовых АТС и пассажировместимости (длине и полной массе) автобусов, протяженности, числу полос движения на всех участках УДС, условий организации движения внутри МКАД в ретроспективе на 01.01.2012 г. и с учетом мероприятий по развитию транспортной системы на 01.01.2019;

- оценка валовых выбросов загрязняющих веществ транспортных потоков с их привязкой к конкретной территории соответственно в 2011 г. (при отсутствии) и 2018 г. (при наличии мероприятий);

- оценка эффективности принятых мер транспортной политики.

Классификация современных мер транспортной политики Москвы (НИУ ВШЭ)

Меры, направленные на снижение уровня личного автомобилепользования в городе

1. Организация зоны платной парковки, введение резидентской парковки
2. Создание организованных перехватывающих парковок и транспортно-пересадочных узлов
3. Предоставление приоритета проезда по выделенным полосам для общественного транспорта, обособление трамвайных путей разметкой
4. Сервис краткосрочной аренды автомобилей без водителя (каршеринг)
5. Бесплатная парковка автомобилей каршеринга в зонах платной парковки
6. Ввод нового билетного меню на общественном транспорте и универсального платёжного документа (платежная карта «Тройка»)
7. Отказ от использования турникетов на наземном транспорте
8. Повышение точности работы общественного транспорта
9. Утверждён проект строительства большой кольцевой линии метро (ТПК)
10. Открытие пассажирского сообщения по кольцевой и внутригородской железной дороге (МЦК и МЦД)
11. Реформа маршрутной сети в центре города «Магистраль»
12. Ввод системы эвакуации транспорта, припаркованного с нарушениями
13. Развитие общественных пространств и введение новых пешеходных зон
14. Развитие метро (строительство новых станций, обновление парка подвижного состава, сокращение времени ожидания поезда)

Меры, направленные на снижение выбросов от транспортных средств

1. Новая модель взаимодействия с частными перевозчиками наземного транспорта нового поколения
2. Развитие микромобильности (велосипедной и самокатной инфраструктуры)
3. Внедрение нового типа электрифицированного транспорта (электробусов) на маршрутах наземного городского пассажирского транспорта
4. Обновление парка наземного транспорта (частного и государственного): высокий экологический класс и комфорт для пассажиров
5. Введение бесплатных парковок для электромобилей и мотоциклов, освобождение от транспортного налога владельцев электромобилей
6. Формирование развитой газозаправочной инфраструктуры и увеличение количества общественного автомобильного транспорта, работающего на компримированном природном газе
7. Планы по созданию газозаправочной инфраструктуры
8. Использование газовых автобусов на маршрутах
9. Развитие зарядной инфраструктуры для электромобилей
10. Совершенствование улично-дорожной сети
11. Москва ввела запрет на продажу на АЗС бензина стандарта ниже евро-5
12. Введение интеллектуальной транспортной системы
13. Изменение скоростного режима в городе
14. Введение грузового каркаса

Объект исследований - транспортные потоки в 3 секторах УДС, ограниченных транспортными кольцами и в 22 сегментах территории вблизи школ

- Расчетные оценки валовых выбросов 18 загрязняющих веществ транспортными потоками выполнены для трех секторов УДС, расположенных на территории внутри Садового кольца, между Садовым кольцом и третьим транспортным кольцом и между третьим транспортным кольцом и МКАД, а также в 22 сегментах территории расположения школ, находящихся вблизи участков УДС с высокой интенсивностью движения.

- Территория города разбита на участки размером 580 х 580 м (всего 2849 участков), в каждом из которых определена протяженность приведенных к одной полосе участков УДС (площадь, занимаемая участками автомобильных дорог), а также удельные значения (на 1 км 1-й полосы движения) выбросов веществ в каждом из трех секторов УДС и построены картограммы по каждому веществу в 2011 и 2018 годах.

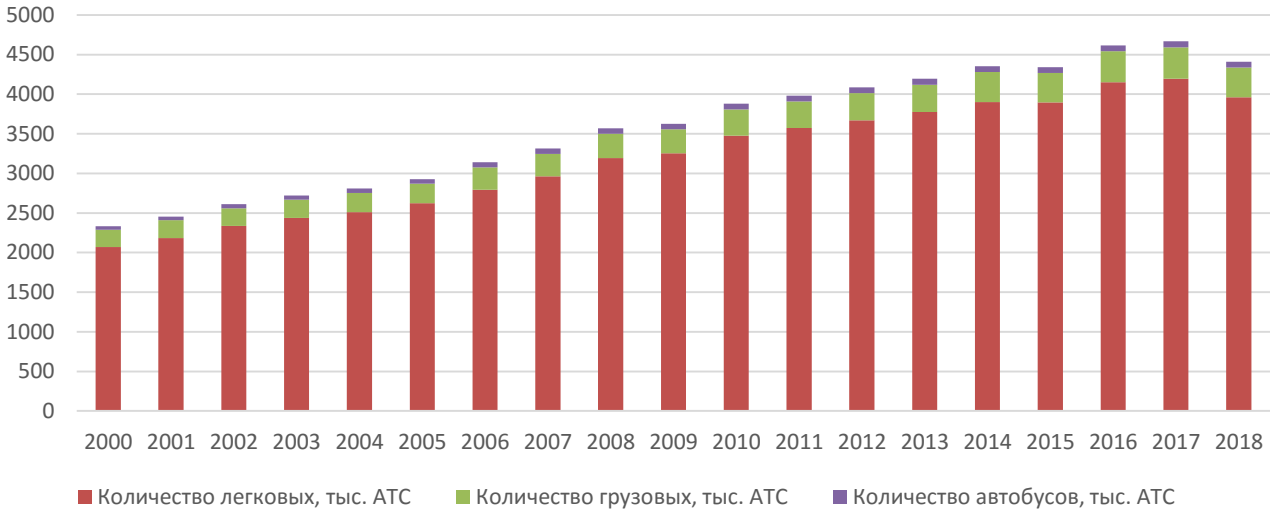
Формирование блока исходных данных для выполнения расчетов

- численность, структура автомобильного парка и транспортных потоков по виду топлива;
- рабочий объем двигателей пассажирских АТС М1, полная масса грузовых АТС N1-N3, полная масса, длина и назначение пассажирских АТС М3;
- экологический класс всех АТС;
- характеристики участков УДС (число полос движения, категория улиц, длина, координатная привязка);
- состав, скорость и интенсивность транспортных потоков на участках УДС вблизи школ в час пик, суточная, недельная, месячная и годовая;
- среднемесячная температура атмосферного воздуха;
- средняя загруженность движением, общая протяженность поездок, средняя скорость всех поездок в каждом секторе УДС по состоянию на 2011 и 2018 год

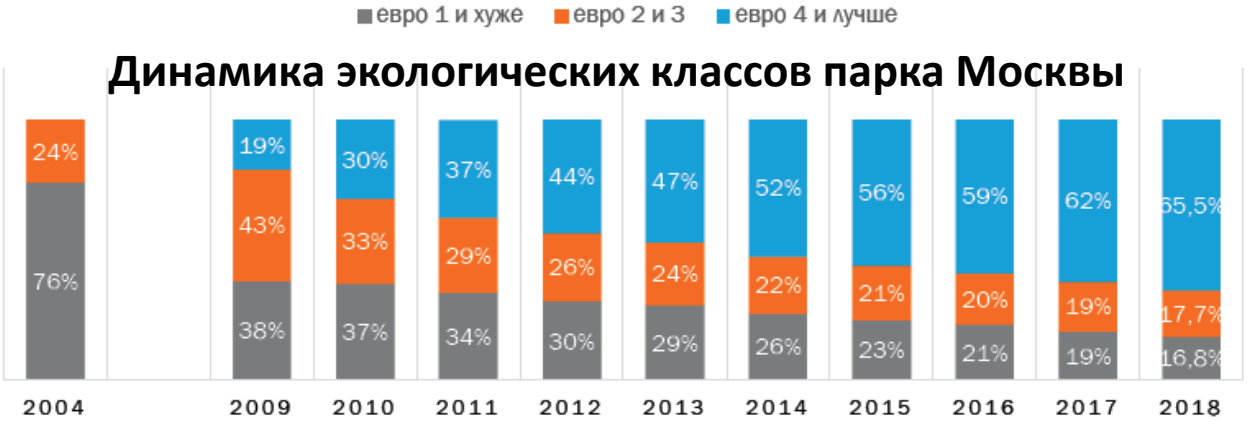
Структура автомобильного парка Москвы по типам (BUS – автобусы) и экологическим классам на 01.01.2012 (данные АА «Автостат») (фрагмент)

Дата среза парка	Тип ТС	Марка	Модель	Год выпуска	Экологический класс	Тип топлива	Регион	Количество
01.01.2012	BUS	ASIA	COSMOS	1997	Евро 1	Дизель	Москва	2
01.01.2012	BUS	ASIA	COSMOS	2000	Евро 1	Дизель	Москва	4
01.01.2012	BUS	BOGDAN	A092	2005	Евро 2	Бензин	Москва	2
01.01.2012	BUS	BOGDAN	A092	2008	Евро 3	Дизель	Москва	127
01.01.2012	BUS	BOGDAN	A092	2010	Евро 3	Дизель	Москва	43
01.01.2012	BUS	BOVA	OTHER	1987	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	BOVA	OTHER	1995	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	BOVA	OTHER	1998	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAEWOO	BH SERIES	1997	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAEWOO	BM SERIES	2001	Евро 2	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAEWOO	OTHER	1998	Евро 1	Нет данных	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAF	OTHER	<1987	Евро 1	Нет данных	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAF	OTHER	1995	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DAF	OTHER	1996	Евро 1	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DONG FENG	6570	2005	Евро 2	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DONG FENG	6720	2006	Евро 2	Дизель	Москва	1
01.01.2012	BUS	DROGMOLLER	E320	<1987	Евро 1	Дизель	Москва	1

Динамика численности АТС Москвы в 2000-2018 гг (Данные ГИБДД), тыс. ед.



Динамика экологических классов парка Москвы



Структура автомобильного парка Москвы по экологическим классам на 31.12., % (ГИБДД, Автостат)

Год	Экологический класс	Легковые	Грузовые	Автобусы
2011	0 – 1	32,5	42,9	51,2
	2	10,8	17,5	17,5
	3	18,1	20,0	27,5
	4	35,7	19,1	3,7
	5	2,8	0,5	0,1
2018	0	13,3	24,1	13,4
	1	2,4	1,7	3,0
	2	5,8	9,4	9,6
	3	10,9	14,8	32,9
	4	35,3	39,0	35,6
	5 и выше	32,3	11,0	5,6

Характеристики УДС в пределах транспортных колец г. Москвы в 2011 и 2018 гг (Данные НИУ ВШЭ)

Основные показатели	2011	2018	Изменения показателя, %
	ВНУТРИ САДОВОГО КОЛЬЦА*		
Общая площадь территории, м^2	20188341,7	20188341,7	0
Периметр, м	16342,9	16342,9	0
Общая длина УДС, км	305	299	-1,97
Общая удельная длина УДС, приведенная к одной полосе, км	679	523	-22,97
Отношение площади УДС к площади территории, %	10,9	8,4	-22,97
	МЕЖДУ ТТК И САДОВЫМ КОЛЬЦОМ**		
Общая площадь территории, м^2	68396674,8	68396674,8	0
Периметр, м	58203,3	58203,3	0
Общая длина УДС, км	840	908	+8,1
Общая удельная длина УДС, приведенная к одной полосе, км	1720	1571	-8,66
Отношение площади УДС к площади территории, %	8,2	7,5	-8,66
	МЕЖДУ МКАД И ТТК***		
Общая площадь территории, м^2	811456145	811456145	0
Периметр, м	174050,6	174050,6	0
Общая длина УДС, км	4864	5726	+17,72
Общая удельная длина УДС, приведенная к одной полосе, км	9199	9798	+6,51
Отношение площади УДС к площади территории, %	4	4,2	+6,51

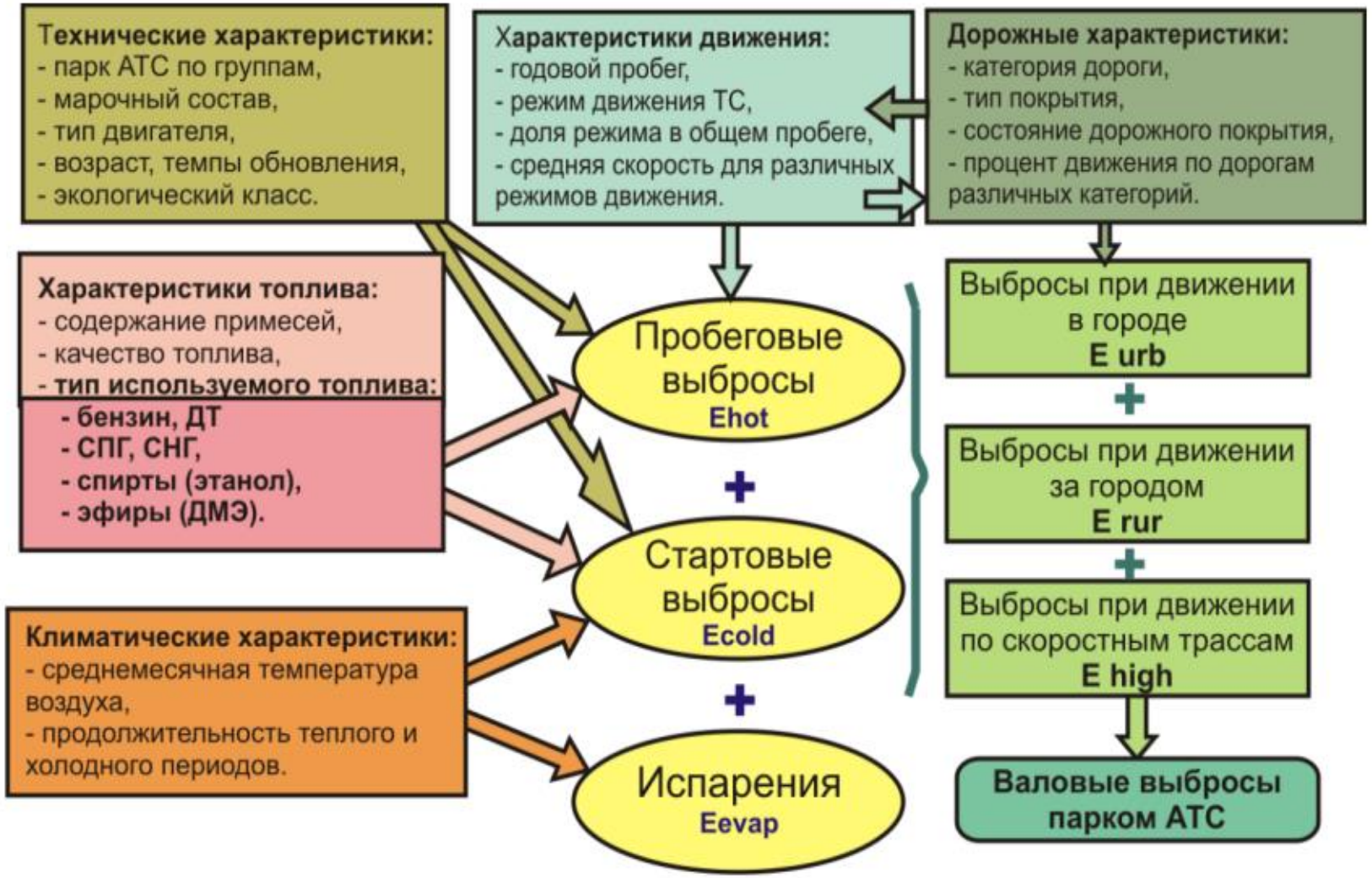
*) – включая оба направления Садового кольца; **) – включая оба направления ТТК; ***) – включая оба направления МКАД

Основные показатели дорожного движения в секторах УДС, ограниченных кольцевыми автомагистралями г. Москвы в 2011 и 2018 гг. (Данные НИУ ВШЭ)

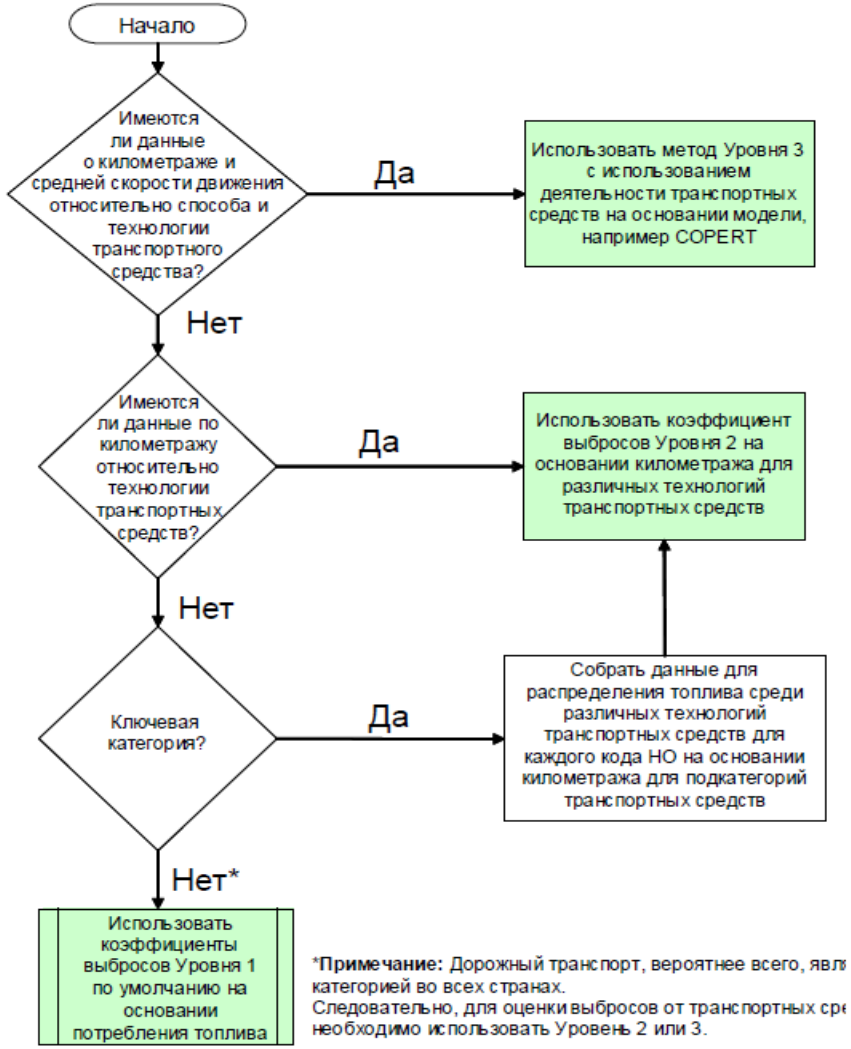
Основные параметры	2011	2018	Изменения параметра, %
	ВНУТРИ САДОВОГО КОЛЬЦА*		
Средняя загруженность сектора УДС, %	48,61	43,58	-10,35
Общая протяженность поездок, км	545 049	435 941	-20,02
Средняя скорость всех поездок, км/ч	10,63	12,28	+15,5
	МЕЖДУ ТТК И САДОВЫМ КОЛЬЦОМ**		
Средняя загруженность сектора УДС, %	46,67	39,08	-16,26
Общая протяженность поездок, км	1 348 070	1 104 820	-18,04
Средняя скорость всех поездок, км/ч	17,03	19,63	+15,28
	МЕЖДУ МКАД И ТТК***		
Средняя загруженность сектора УДС, %	40,55	36,85	-9,14
Общая протяженность поездок, км	6 799 160	6 237 790	-8,26
Средняя скорость всех поездок, км/ч	21,21	22,57	+6,40
Средняя скорость всех поездок внутри МКАД, км/ч	19,9	21,58	+8,42

*) – включая оба направления Садового кольца; **) – включая оба направления ТТК; ***) – включая оба направления МКАД

Блок-схема оценки выбросов загрязняющих веществ по программе COPERT (18 веществ)



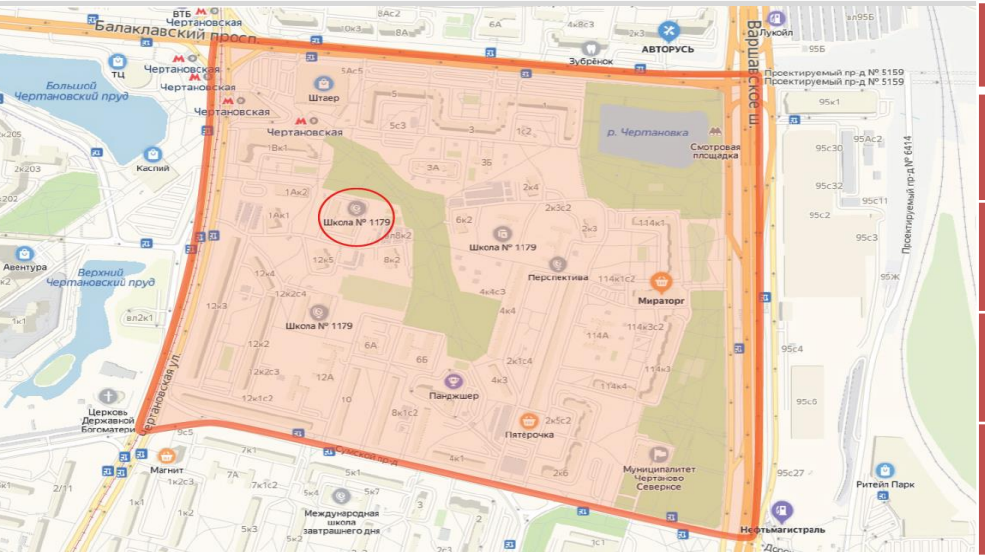
Блок-схема принятия решений для выбросов отработавших газов от дорожного транспорта



Программный комплекс **COPERT V – т**рехуровневая модель, учитывающая максимально возможное количество влияющих на выбросы загрязняющих веществ двигателями внутреннего сгорания транспортных средств факторов.

Оценка выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками на участках УДС в сегменте территории № 43 со школой №1179

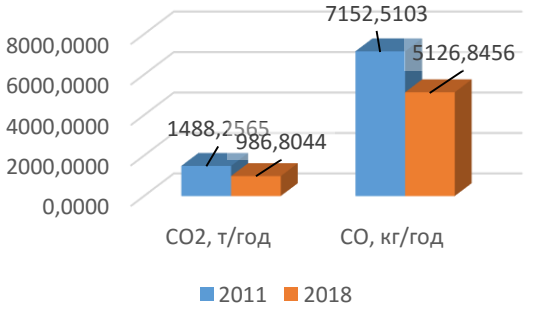
CO2, CO, NO2, Сажа, SO2, ЛОС, PM10, PM2,5, формальдегид, бенз-α-пирен, кадмий, никель, бензол, толуол, акролеин, ацетальдегид, 1,3-бутадиен

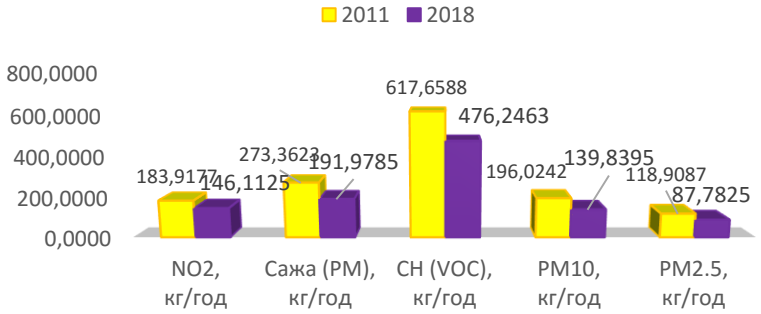


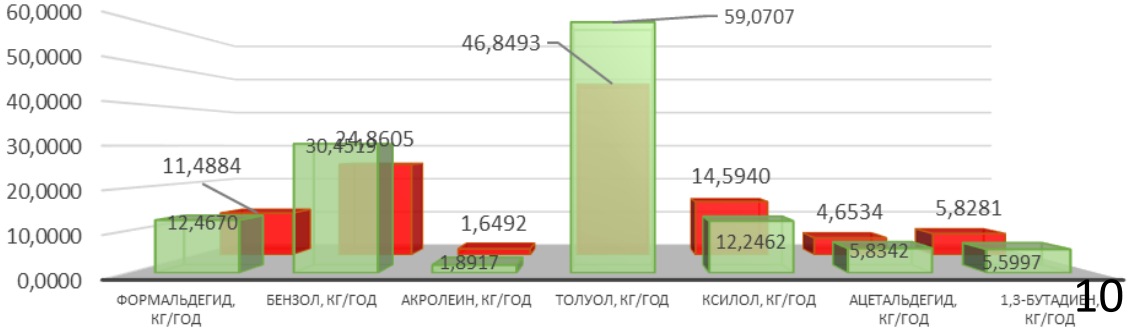
№ п/п	Название	Направление	Категории улиц	Кол-во полос	Длина, м
43.1	Балаклавский пр-т	к Варшавскому ш.	Магистральная	3	934,0
	Балаклавский пр-т	к ул. Чертановская	Магистральная	3	934,0
43.2	Варшавское ш.	в центр	Магистральная	5	935,0
	Варшавское ш.	к Сумскому пр-ду	Магистральная	5	935,0
43.3	Чертановская ул.	в центр	Магистральная	3	817,0
	Чертановская ул.	к Сумскому пр-ду	Магистральная	3	817,0
43.4	Сумской пр-д	к Варшавскому ш.	Районная	1	1104,0
	Сумской пр-д	к ул. Чертановская	Районная	1	1104,0

Изменение характеристик транспортных потоков на участках УДС вблизи школы №1179 (расчет, НИУ ВШЭ)

№ п/п	2011				2018			
	Скорость, км/ч	Интенсивность движения, авт/час пик			Скорость, км/ч	Интенсивность движения, авт/час пик		
		Легковые	Грузовые, массой более 3,5 т	Автобусы		Легковые	Грузовые, массой более 3,5т	Автобусы
43.1	37,8	6 320	182	12	37,6	4 557	146	14
43.2	30,7	11 746	369	52	21,9	10 438	295	68
43.3	16,5	6 836	154	60	25,3	5 435	123	80
43.4	26,6	1 957	90	24	26,9	747	72	32





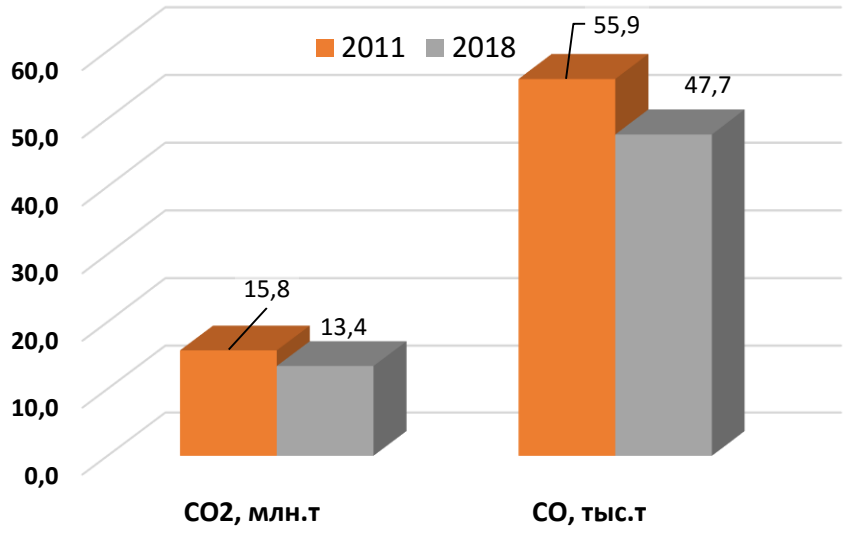


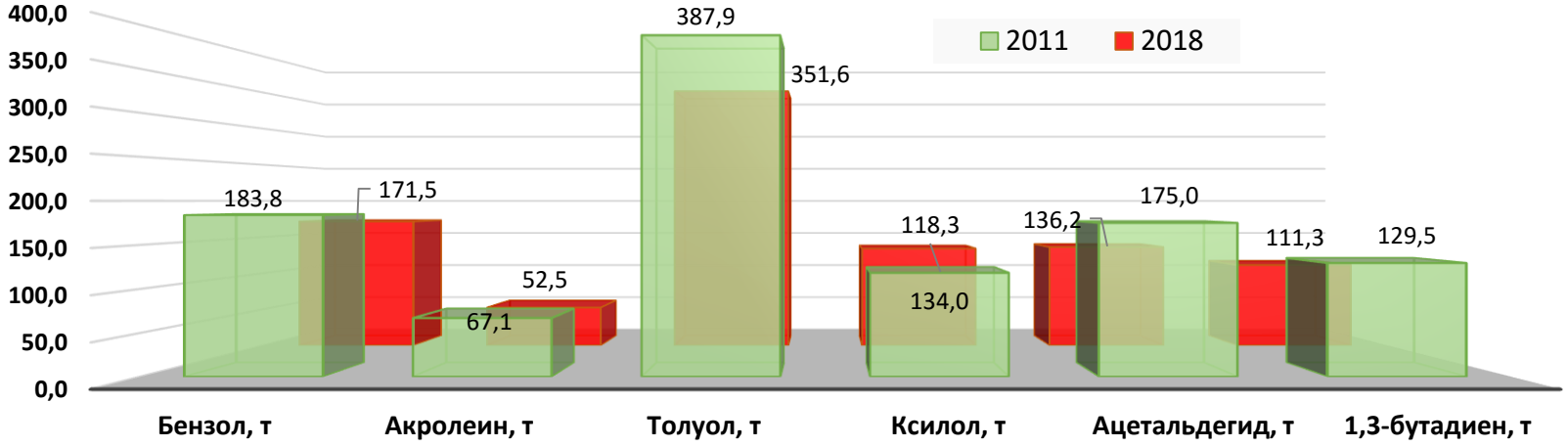
Валовые выбросы загрязняющих веществ автотранспортом в зонах УДС, ограниченных кольцевыми автомагистралями, т/год

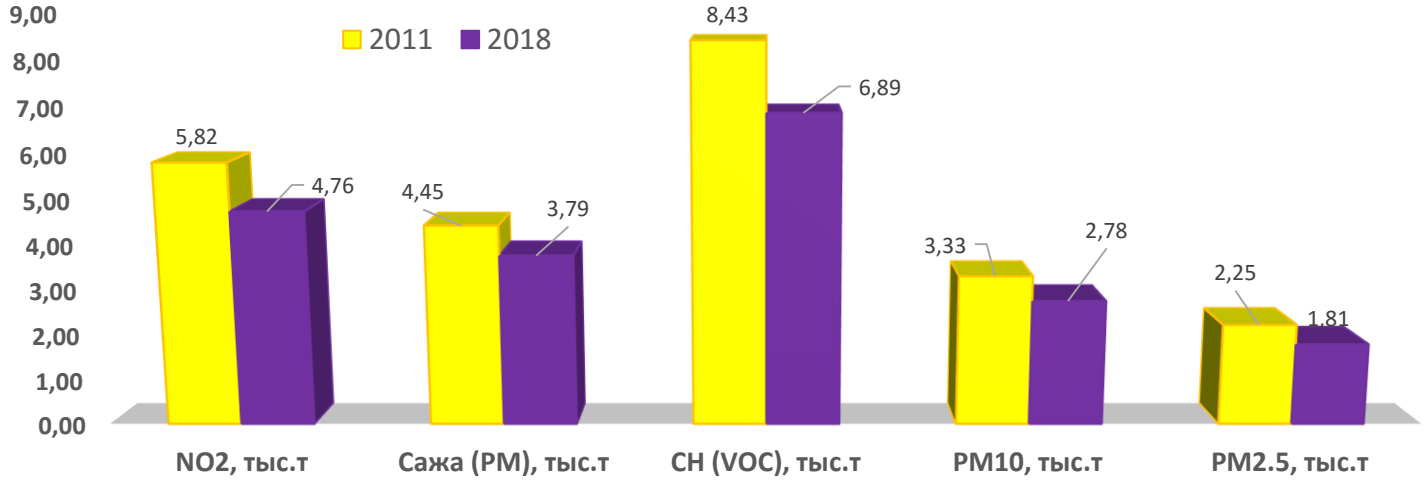
Сектор УДС	Год	CO2 (тыс. т)	CO	NO2	PM	SO2	CH (VOC)	PM10	PM2.5
внутри Садового Кольца (включая оба направления СК)	2011	873,51	3333,7	323,6	239,0	0,0005	421,8	182,3	124,1
	2018	631,80	2319,9	227,2	179,7	0,0004	292,5	133,8	86,6
	Δ	-241,71	-1013,9	-96,3	-59,3	-0,0001	-129,3	-48,4	-37,4
внутри ТТК (включая оба направления ТТК, но не включая СК)	2011	2082,36	7428,1	726,0	574,7	0,0013	1081,6	428,5	286,7
	2018	1471,10	5227,6	490,4	408,2	0,0009	734,8	296,9	192,3
	Δ	-611,26	-2200,5	-235,6	-166,4	-0,0004	-346,8	-131,6	-94,5
между МКАД и ТТК (включая МКАД, но не включая ТТК)	2011	12802,68	45117,6	4769,8	3635,1	0,0077	6926,3	2722,6	1835,6
	2018	11322,03	40140,4	4039,8	3201,5	0,0068	5862,1	2347,5	1527,4
	Δ	-1480,64	-4977,1	-730,1	-433,5	-0,0009	-1064,2	-375,1	-308,1
ВСЕГО (3 кольца в пределах МКАД)	**2011**	**15758,55**	**55879,4**	**5819,4**	**4448,7**	**0,0095**	**8429,7**	**3333,4**	**2246,3**
	2018	**13424,93**	**47687,9**	**4757,4**	**3789,5**	**0,0081**	**6889,3**	**2778,2**	**1806,3**
	Δ	**-2333,61**	**-8191,5**	**-1062,0**	**-659,2**	**-0,0015**	**-1540,3**	**-555,2**	**-440,0**

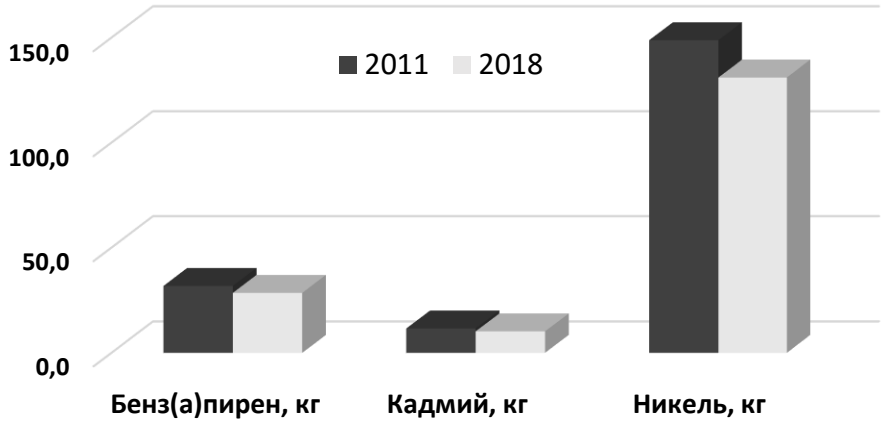
Сектор УДС	Год	Формальдегид	Бенз-α-пирен	Кадмий	Никель	Бензол	Акролеин	Толуол	Ксилол	Ацетальдегид	1,3-бутадиен
внутри Садового Кольца (включая оба направления СК)	2011	20,12	0,00158	0,000639	0,0083	10,11	4,07	19,1659	4,7065	10,6347	7,8850
	2018	13,73	0,00126	0,000513	0,0066	8,11	2,68	15,0561	5,1209	6,9588	5,6913
	Δ	-6,39	-0,00032	-0,000126	-0,0016	-1,99	-1,39	-4,1098	+0,4145	-3,6759	-2,1937
внутри ТТК (включая оба направления ТТК, но не включая СК)	2011	39,26	0,00424	0,001514	0,0194	25,04	7,90	53,2242	16,1188	20,6349	15,3253
	2018	25,51	0,00322	0,001089	0,0139	18,86	4,93	39,4449	15,1223	12,7769	10,6082
	Δ	-13,75	-0,00102	-0,000425	-0,0055	-6,18	-2,97	-13,7793	-0,9965	-7,8580	-4,7172
между МКАД и ТТК (включая МКАД и МЖД, но не включая ТТК)	2011	272,07	0,02596	0,009420	0,1211	148,70	55,10	315,5291	97,4951	143,7411	106,3120
	2018	229,70	0,02400	0,008594	0,1104	144,57	44,90	297,1333	113,7610	116,4174	94,9551
	Δ	-42,38	-0,00196	-0,000826	-0,0107	--4,13	-10,20	-18,3958	+16,2659	-27,3237	-11,3569
ВСЕГО (3 кольца в пределах МКАД)	**2011**	**331,45**	**0,0318**	**0,0116**	**0,1488**	**183,84**	**67,06**	**387,9192**	**118,3203**	**175,0107**	**129,5223**
	2018	**268,93**	**0,0285**	**0,0102**	**0,1310**	**171,54**	**52,51**	**351,6343**	**134,0042**	**136,1531**	**111,2545**
	Δ	**-62,52**	**-0,0033**	**-0,0014**	**-0,0178**	**-12,31**	**-14,56**	**-36,2849**	**+15,6839**	**-38,8576**	**-18,2678**

Суммарные валовые выбросы загрязняющих веществ транспортными потоками на территории г. Москвы внутри МКАД в 2011 и 2018 гг, т(кг)/год



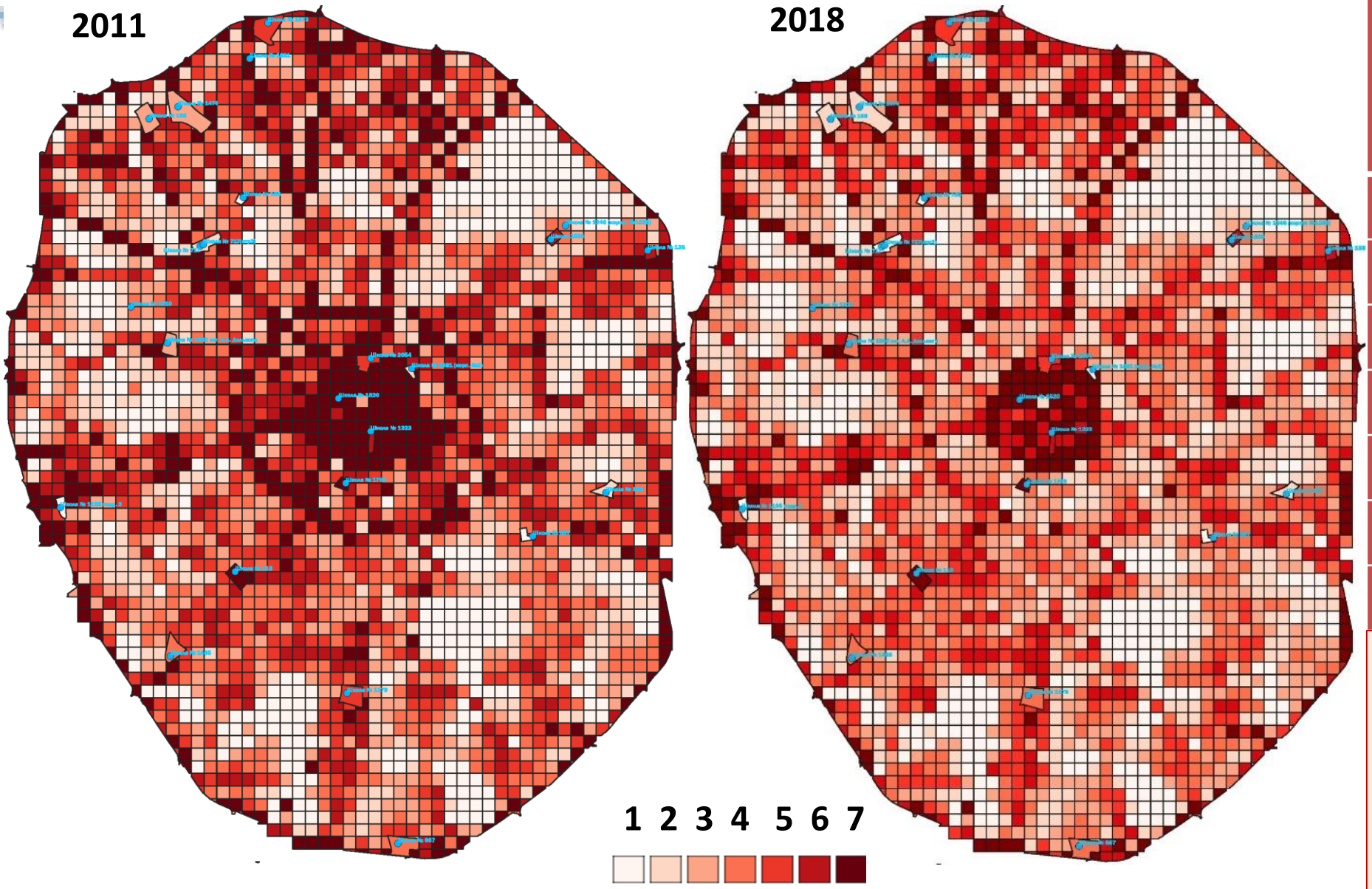






Валовые выбросы CO2 транспортными потоками на картограмме территории г. Москвы*, т/год

*) – синим цветом выделены места расположения школ



№ пп	Диапазоны валовых выбросов CO2, т/год	Кол- во, участков территории (580 х 580 м), шт.		Площадь территории, км2	
		2011	2018	2011	2018
1	0 – 1691	407	430	136,9	144,6
2	1691 – 8693	410	529	137,9	177,9
3	8693 – 13192	405	512	136,2	172,2
4	13192 – 17385	407	460	136,9	154,7
5	17385 – 21972	406	378	136,6	127,1
6	21972 – 29498	409	312	137,5	104,9
7	29498 – 10931	405	228	136,2	76,7

Площадь территории с выбросами CO2 в кластере 7 сократилась на 43,7%, в кластере 6 – на 23,7%, а в кластере 5 – на 7 %. Одновременно возросла площадь территории с низкими значениями эмиссии CO2: в кластере 1 – на 5,6%; в кластере 2 – на 29,5%; в кластере 3 – на 25,9%; в кластере 4 – на 13%.

Изменение валовых выбросов CO2 от транспортных потоков в секторах УДС, ограниченных кольцевыми автомагистралями и сегментах территории вокруг школ, тыс. т/год

№№	Расположение сегментов территории со школами	2011	2018	Изменение выбросов, т/год	Изменение, %	Ранг
	Внутри СК					
	Всего по сектору	**873,51**	**631,797**	**-241,713**	**-27,7**	
-	Б.Ордынка-Пятницкая	1,355	0,975	-0,380	-28,1	9
№41	Малый Кисловский пер.	8,201	4,797	-3,405	-41,5	5
№51	Трубная ул.	31,096	23,312	-7,784	-25,0	11
	Между ТТК и СК					
	Всего по сектору	**2082,358**	**1471,099**	**- 611,259**	**-29,4**	
№45	Новая Басманная ул.	13,270	9,641	- 3,630	-27,4	10
№52	Донская ул.	12,856	8,545	- 4,311	-33,5	7
	Между МКАД и ТТК					
	Всего по сектору	**15758,545**	**13424,930**	**- 2333,614**	**-14,8**	
-	Ленинский (Строителей, 15)	27,924	13,789	- 14,135	-50,6	3
-	Щелковское	7,512	4,268	- 3,245	-43,2	4
№01	Вяземская	5,872	7,209	+ 1,337	+22,8	20
№13	Востряковский пр-д	25,095	19,597	-5,498	-21,9	12
№43	Чертановская ул.	27,342	21,629	- 5,713	-20,9	13
№44	4й Вешняковский пр-д	12,949	13,643	+ 0,695	+5,4	18
№46	Ул. Зои и Александра Космодемьянских	14,616	7,690	- 0,692	-4,7	16
№47	Михалковская ул.	3,055	5,092	+ 2,036	+66,6	22
№48	Валдайский пр-д	17,589	11,899	- 5,690	-32,4	8
№49	Зеленоградская ул.	10,713	13,535	+ 2,823	+26,3	21
№50	Открытое шоссе	4,184	1,679	- 2,505	-59,9	2
№53	1-я улица Текстильщиков	3,666	2,413	- 1,252	-34,2	6
№54	Проспект Вернадского	22,103	18,765	- 3,338	-15,1	15
№55	ул. Народного Ополчения	16,391	18,661	+ 2,269	+13,8	19
№56	Живописная ул.	3,877	3,138	- 0,739	-19,1	14
№57	Псковская ул.	31,460	30,999	- 0,461	-1,5	17

Выводы

В результате реализации мер по развитию транспортной системы Москвы в 2018 по сравнению с 2011 годом:

- **Выбросы диоксида углерода в целом сократились на 15,2%, CO на 14,7%, летучих органических соединений на 18,3%, NOx - на 18,2% и дисперсных частиц (сажи) на 14,8%.**
- **Несмотря на снижение эмиссии практически на всей территории внутри МКАД кардинального сокращения загрязнения воздуха не произошло. Имеются отдельные участки территории, где выбросы загрязняющих веществ транспортными потоками возросли. Объясняется это тем, что интенсивно велось дорожно-мостовое строительство, прежде всего на территории между ТТК и МКАД, а также продолжался рост численности автомобильного парка.**
- **Из 22 локальных секторов территории (вблизи школ) в 6 секторах (между ТТК и МКАД) увеличились выбросы всех рассматриваемых веществ. Это Зеленоградская ул. (сегмент 49), Михалковская улица (сегмент 47), улица Народного Ополчения (сегмент 55), Вяземская улица (сегмент 01), 4й Вешняковский пр-д (сегмент 44), Псковская улица (сегмент 57).**
- **Наибольший экологический эффект имели следующие мероприятия:**
  - **введение и постоянное увеличение площади платного парковочного пространства;**
  - **динамичное развитие общественного пассажирского транспорта;**
  - **создание ТПУ и перехватывающих парковок, обновление автомобильного парка.**
- **Для кардинального улучшения экологической обстановки необходимо переходить от непредсказуемого изменения транспортного спроса и транспортного поведения к управлению мобильностью.**

Спасибо за внимание!

МАДИ

www.eco-madi.ru