

ЧИЖОВА Вера Сергеевна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА
ДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ
РАЗМЕРОМ МЕНЕЕ ДЕСЯТИ МИКРОМЕТРОВ**

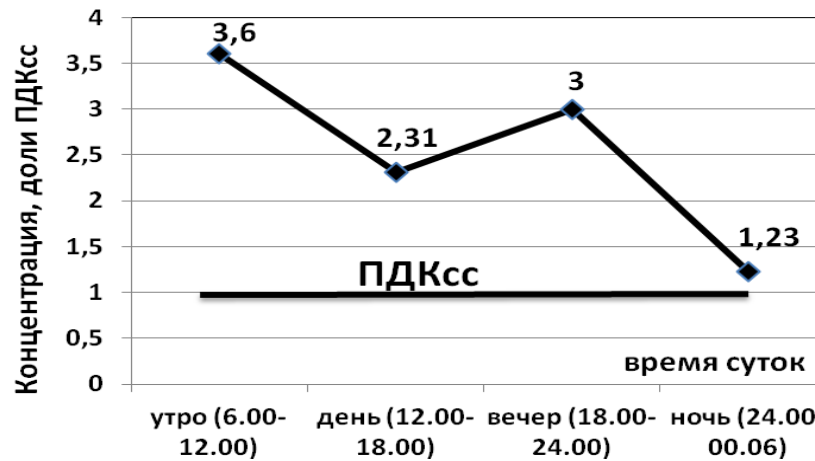
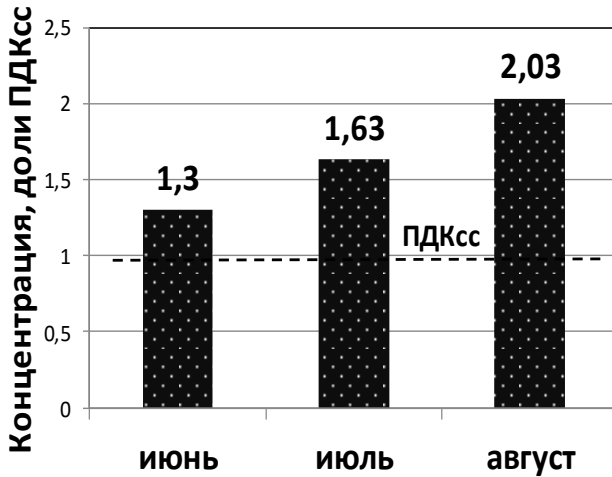
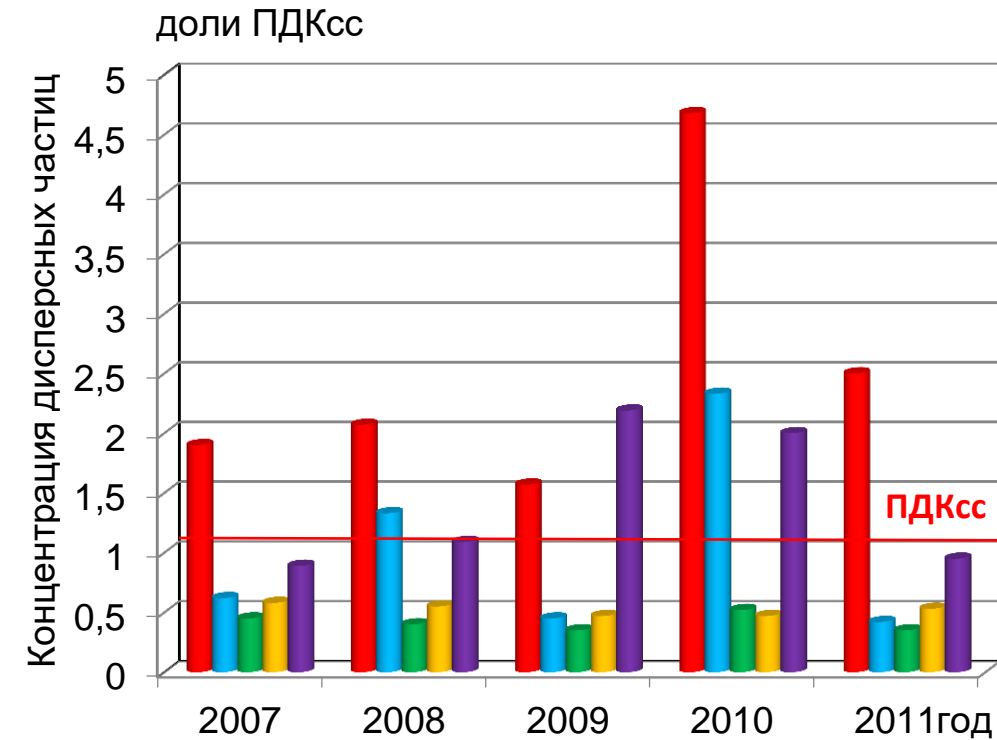
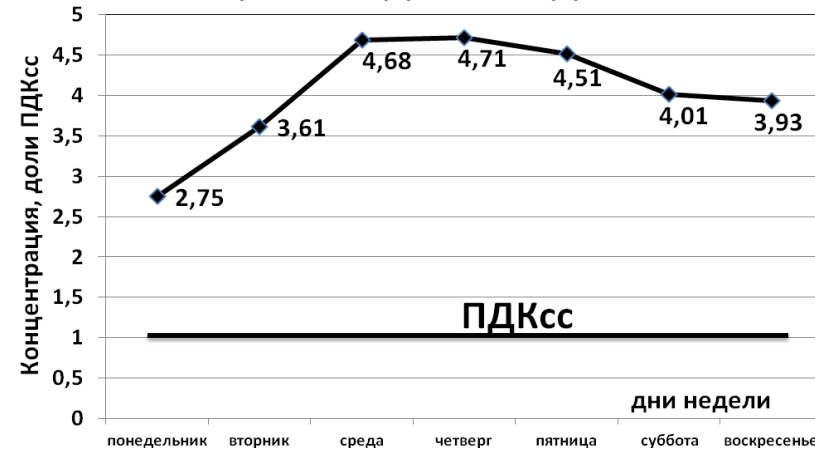
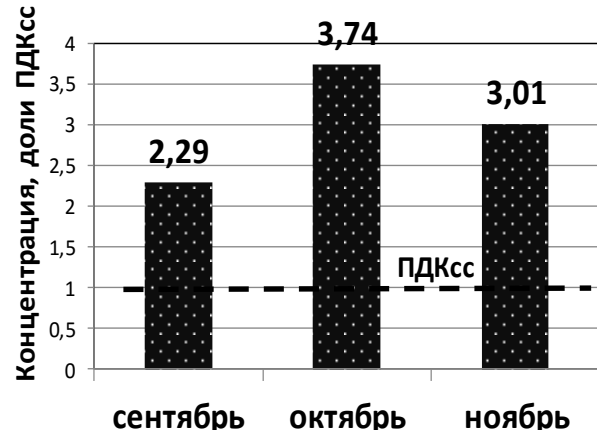
Специальность: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук,
профессор ТРОФИМЕНКО Юрий Васильевич

Результаты мониторинга ДЧ10 в городе Москве

По результатам мониторинга в городе Москва оценили динамику загрязнения атмосферного воздуха ДЧ10 на территории вблизи автомагистрали по месяцам, по дням недели, в течение суток (данные ГБУ «Мосэкомониторинг»).

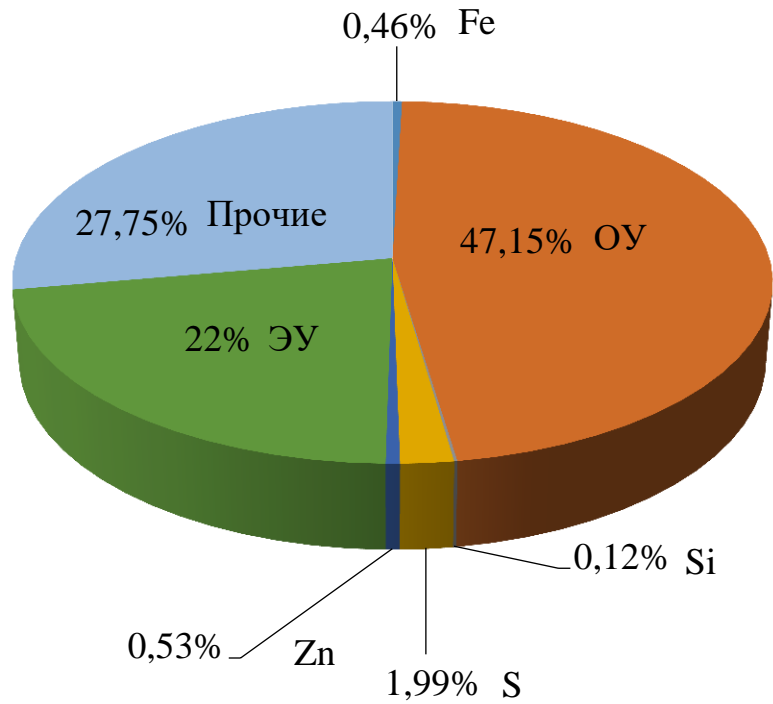


■ Вблизи автомагистрали
 ■ Жилые территории
■ Природные территории
 ■ Смешанные территории

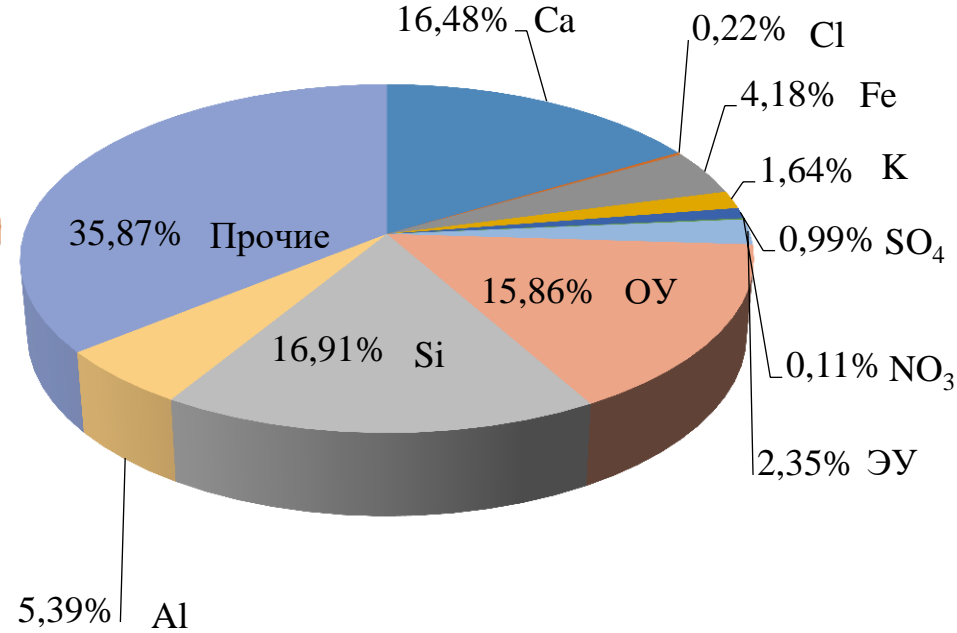
	Параметр	ПДК максимально-разовая мг/м ³	ПДК среднесуточная мг/м ³	ПДК среднегодовая мг/м ³
РФ	ДЧ10	0,3	0,060	0,040
	ДЧ2,5	0,16	0,035	0,025

Состав дисперсных частиц [1]

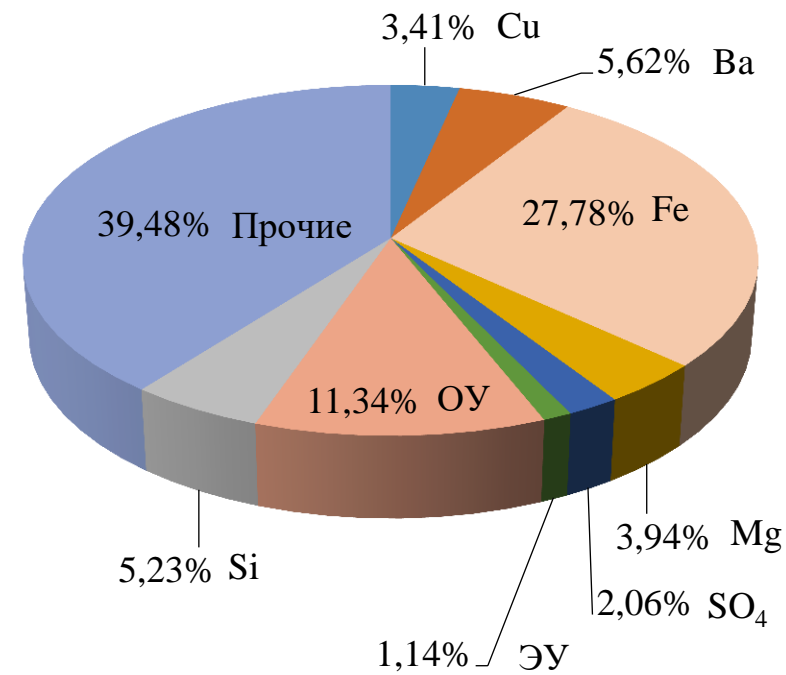
Износ шин ТС



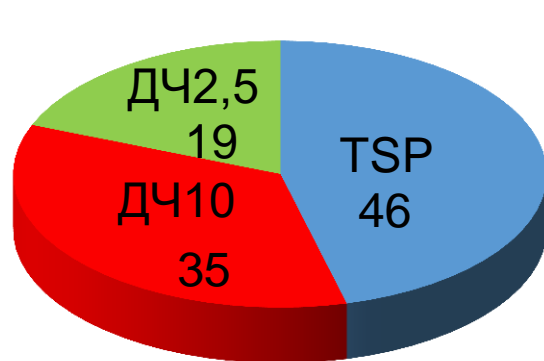
Износ дорожного покрытия



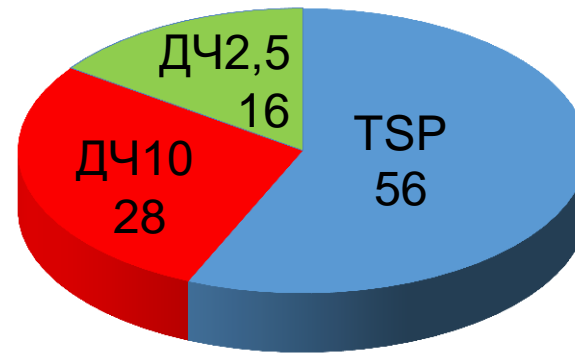
Износ тормозных механизмов



Доля образования ДЧ по размерным фракциям от источников АТК, %



Частицы от износа шин ТС и тормозных элементов



Частицы от износа дорожного покрытия

Отработавшие газы ДВС

Дисперсные частицы	
нерастворимые (сажа, металлы, сульфаты, нитраты)	растворимые (частицы масла, частицы топлива)
75%	25%

[1] – источник SPECIATE (США)
 ЭУ – элементарный углерод
 ОУ – органический углерод

Методики оценки выделения ДЧ10 от источников АТК

4

Фактор	Методика инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС (2009, 2010, 2013 гг.)	Lngenieurbüro Lohmeyer GmbH CO. KG, Radebeul /Karlsruhe, 2008	Методика НАМИ
Пробеговый выброс ДЧ10 от АТС	Коэффициент выброса загрязняющего вещества, зависящий от потребления топлива ТС (г/кг)	Эмиссия ДЧ10 от износа дорожного покрытия i - ой группы транспортного потока (г/(км · авт.))	нет
Экологический класс АТС	частично	Средняя масса автомобиля, кг	нет
Тип дорожного покрытия	нет	Корректирующий фактор зависящий от состояния дорог (хорошее, плохое)	нет
Тип шин АТС	нет	Расчет выброса частиц только от дорожного покрытия	Масса шины, кг
Количество колес АТС	нет	Расчет выброса частиц только от дорожного покрытия	да
Удельный выброс ДЧ10 автомобильными шинами, г/кг·с	Массовый коэффициент выбросов для загрязняющего вещества и категории ТС (г/км)	Расчет выброса частиц только от дорожного покрытия	Расчет выбросов частиц только от износа шин и тормозных колодок

Цель исследования -

разработка комплексной расчетно-экспериментальной методики оценки интенсивности образования ДЧ10 от основных источников в автотранспортном комплексе, концентрации ДЧ10 на придорожной территории и их влияния на здоровье людей.

Задачи исследований

1. Теоретические исследования – разработка алгоритма комплексной методики
2. Разработать методики и провести экспериментальные исследования по оценке влияния различных факторов на интенсивность выделения дисперсных частиц менее 10 мкм на УДС крупного города.
3. Обосновать мероприятия по снижению загрязнения воздуха ДЧ10 от источников АТК.

Блок-схема диссертационного исследования

Этап 1 Расчетная оценка интенсивности образования ДЧ10

Определение источников выбросов ДЧ10

Определение факторов, влияющих на уровень образования ДЧ10

Определение фракции ДЧ10

Разработка методики расчета выбросов ДЧ10

Этап 2 Экспериментальная оценка образования и распространения ДЧ10

Эксперимент по оценке образования ДЧ10 на стенде «Карусель» (полигон МАДИ)

Эксперимент по оценке распространения ДЧ10 в атмосферном воздухе на придорожной территории

Концентрация ДЧ10, мг/м³ при изменении разных факторов

Этап 3 Оценка воздействия ДЧ10 на здоровье людей: оценка риска хронического воздействия, оценка канцерогенного риска. Снижение риска

Риск длительного воздействия (хронический)

Риск специфического воздействия (канцерогенный)

Снижение риска до допустимого уровня

Этап 4 Обоснование мероприятий по снижению выбросов ДЧ10

Алгоритм комплексной методики

Расчёт выбросов ДЧ10 с ОГ

Расчёт выбросов ДЧ10 от износа шин

Расчёт выбросов ДЧ10 от износа дорожного покрытия

Расчёт выбросов ДЧ10 от износа тормозных механизмов

Исходные данные

Характеристики транспортного средства и состояния дорог (численность, структура, марочный состав, пробеги, скорость, тип шин)

Оценка образования ДЧ10 от источников автотранспортного комплекса (валовые, удельные)

Выбросы частиц с ОГ ДВС

$$M_{ij} = \sum_{ij} (P_{ij} \cdot P_i \cdot N_i \cdot E_i)$$

$$PM_{ij} = n_j \cdot \frac{T_i}{t}$$

Выбросы частиц от износа шин

$$M_{\text{шАТCi}} = \frac{K \cdot M_{\text{шиi}} \cdot n_i \cdot P_i}{V \cdot N_i \cdot 10^{-6}}$$

$$K = \frac{c \cdot W}{m \cdot n \cdot t \cdot 1000} = 5,642 \cdot 10^{-7}$$

Выбросы частиц от износа дорожного покрытия

$$e_i = \alpha \cdot k \cdot (sl)^{0,52} \cdot W^{2,14} \cdot \left[\left(\frac{1}{0,85} \right) \cdot (1 - 0,5r) \right] - e_{\text{PM}_{10}(2000)}$$

$$e_{\Sigma} = \sum e_i \cdot N_i$$

Выбросы частиц от износа тормозных механизмов

$$p_i = 4(p_{i\Pi} + n \cdot p_{j3})$$

$$p_{j\Pi3} = p \cdot F_j \cdot \gamma \cdot b_{1000}$$

$$M_j = 0,001 \cdot N_j \cdot p_j$$

Риск длительного воздействия (хронический)

Коэффициент опасности:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

Ингаляционное воздействие:

$$KO = \frac{C}{C_p}$$

Оценка выброса ДЧ10 на участке УДС

$$N_{\text{авт.}i} = P_{\text{ср.}} \cdot \Pi$$

$$M_{\text{общ.}} = N_{\text{авт.}i} \cdot M_{\text{ср.}}$$

Расчет концентраций ДЧ10 на участке УДС

Оценка негативного воздействия ДЧ10 на здоровье людей

Риск специфического воздействия (канцерогенный)

Риск заболевания:

$$R = SF \cdot LADI$$

Ингаляционное воздействие:

$$R = 1 - \exp[-(\beta \cdot C)]$$

Обоснование мероприятий по снижению выбросов ДЧ10

Результаты измерений концентрации ДЧ10 на стенде «Карусель»

8

Цель эксперимента:

Выявить основные факторы, которые необходимо учитывать при расчете выбросов ДЧ10.

Задачи эксперимента:

1. Определить концентрацию ДЧ в атмосферном воздухе на стенде «Карусель».
2. Измерить количественный состав, определить фракцию ДЧ от износа шин покрышки и от износа дорожного покрытия.
3. Определить влияние метеорологических параметров на концентрацию ДЧ в атмосферном воздухе.

Расположение прибора АРМ-2 на стенде «ЛЕГКОВОЙ» (1 - я очередь)

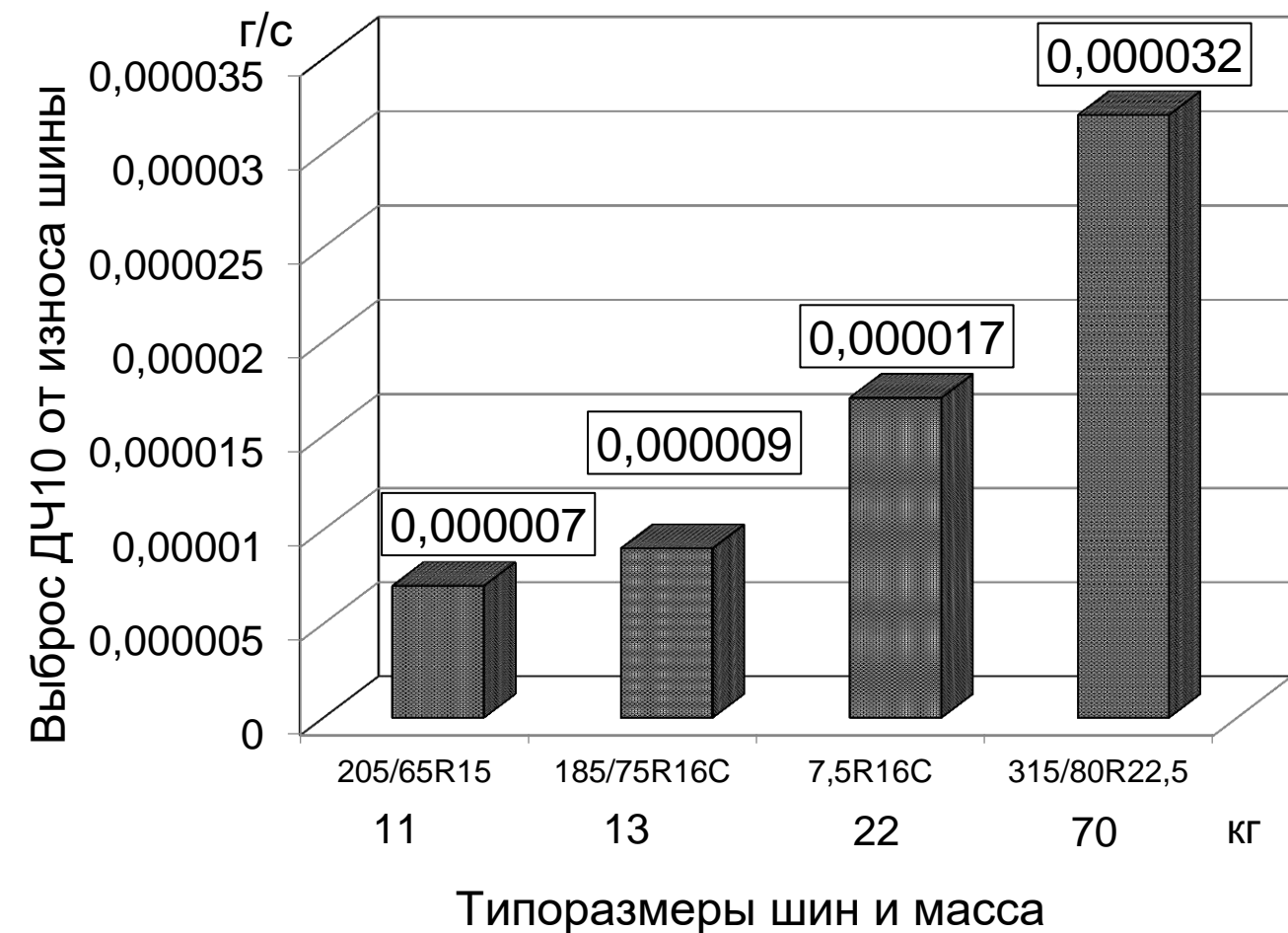


Расположение точек измерения концентрации ДЧ на стенде «Карусель» (полигон МАДИ)

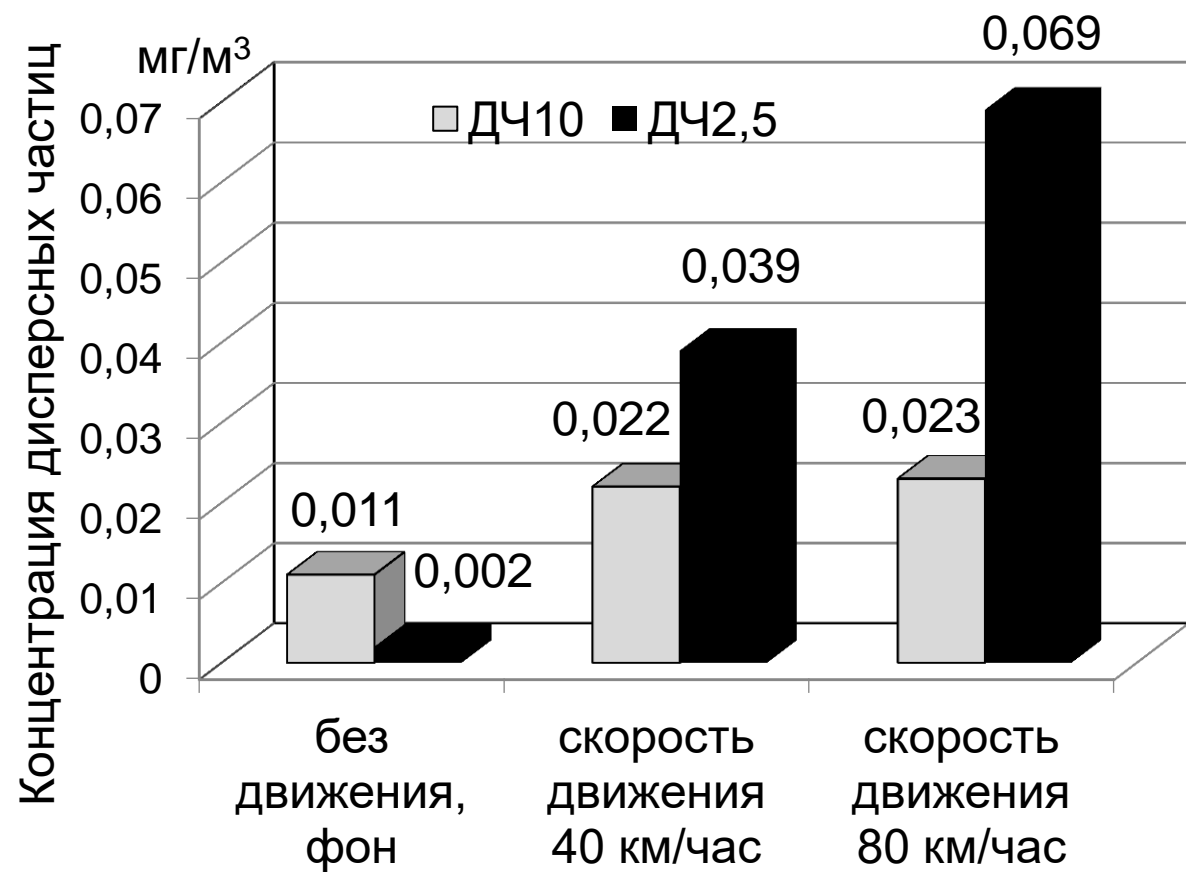


Зависимость выбросов ДЧ10 от типоразмера шин ТС и скорости движения ⁹

Влияние на выбросы ДЧ10 массы шины



Влияние скорости движения на концентрацию ДЧ10 и ДЧ2,5



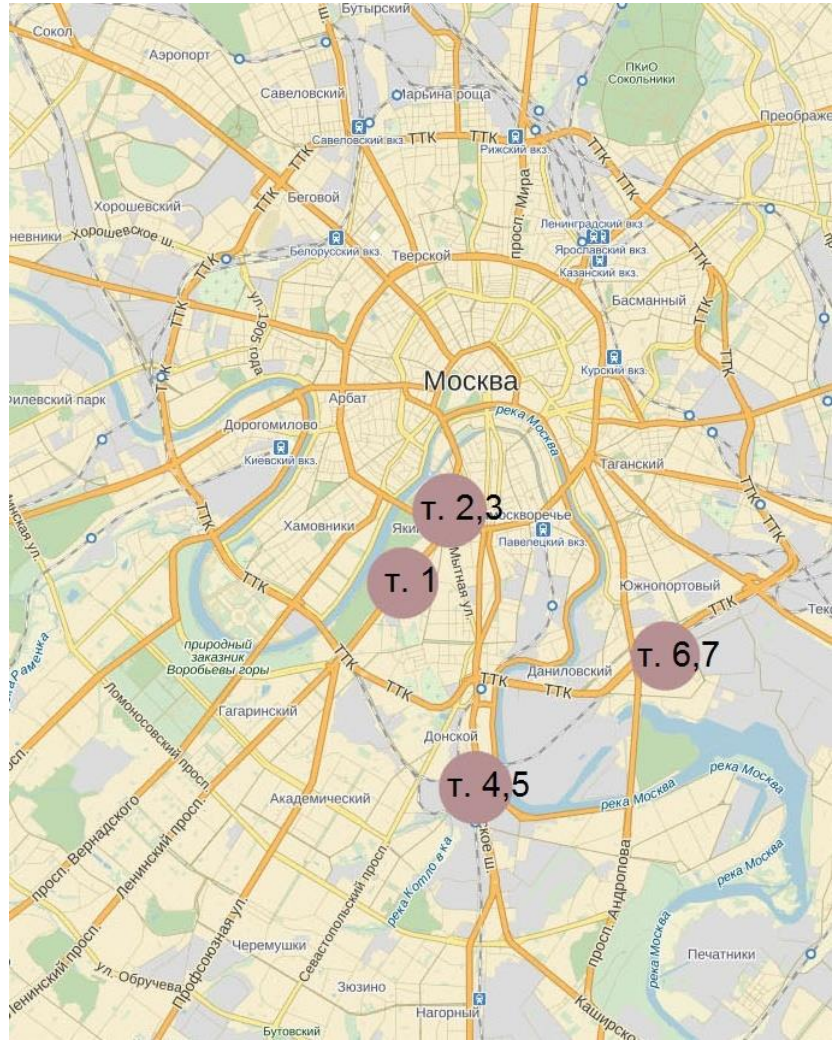
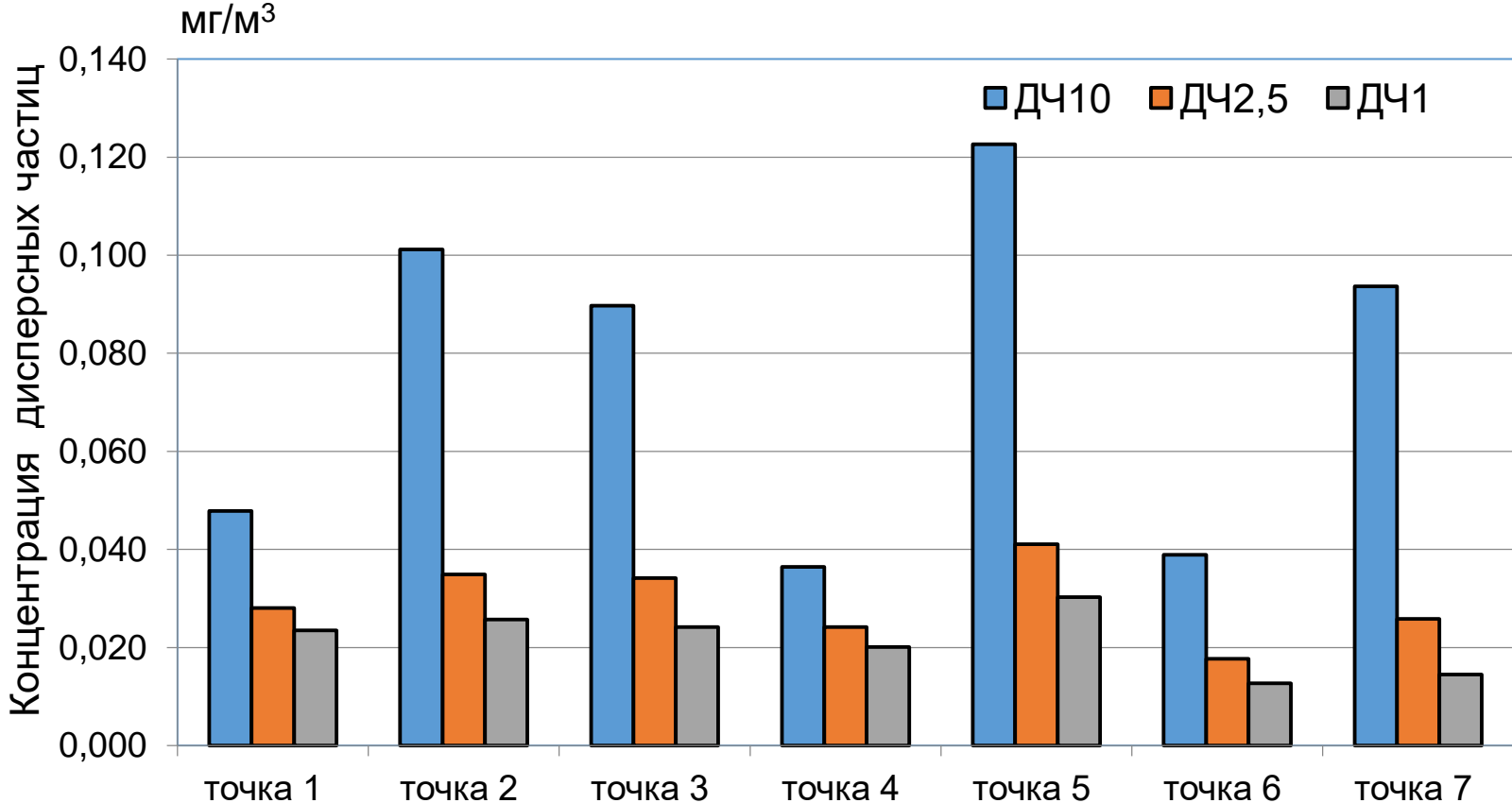
Результаты экспериментальной оценки распространения ДЧ10 в атмосферном воздухе на придорожной территории

Цель эксперимента: определить концентрацию ДЧ10 и ДЧ2,5 в атмосферном воздухе придорожной территории и сравнить с концентрацией дисперсных частиц, полученных расчетным путем.

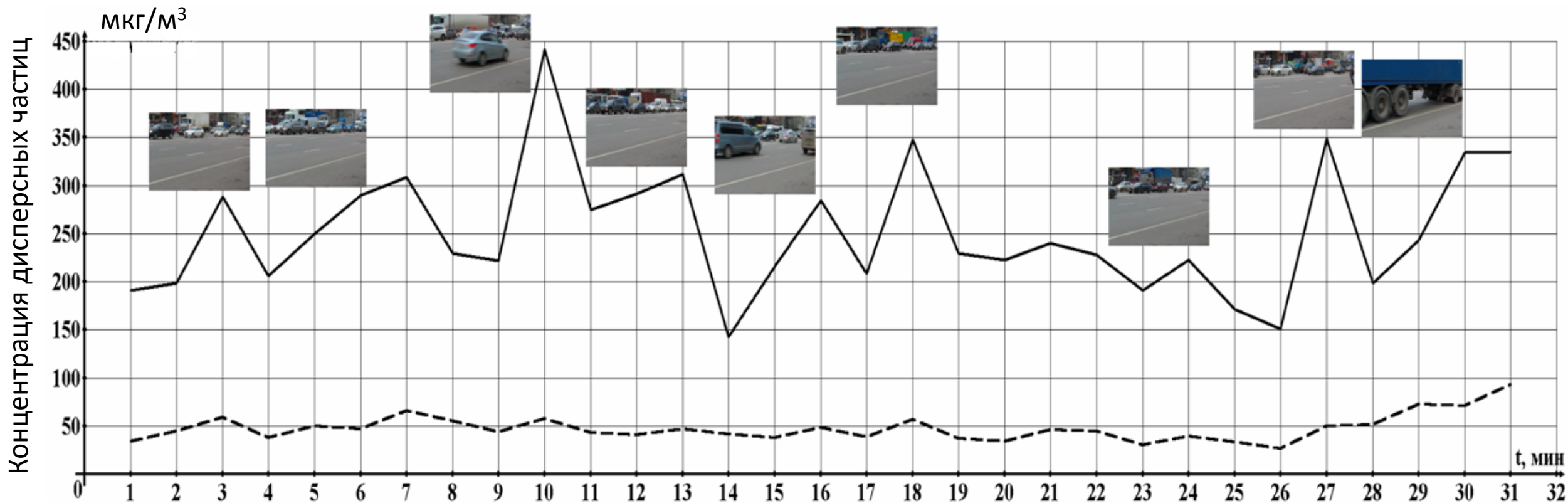
Расположение точек измерения концентрации ДЧ

Задачи эксперимента:

1. Измерить концентрацию ДЧ10 и ДЧ2,5 в атмосферном воздухе на придорожной территории с использованием спектрометра аэрозолей Grimm.
2. Измерить количественный состав, определить фракцию дисперсных частиц.
3. Измерить метеорологические параметры.



Зависимость концентрации ДЧ10 (верхняя линия) и ДЧ2,5 (нижняя линия) от состава транспортного потока в т.5

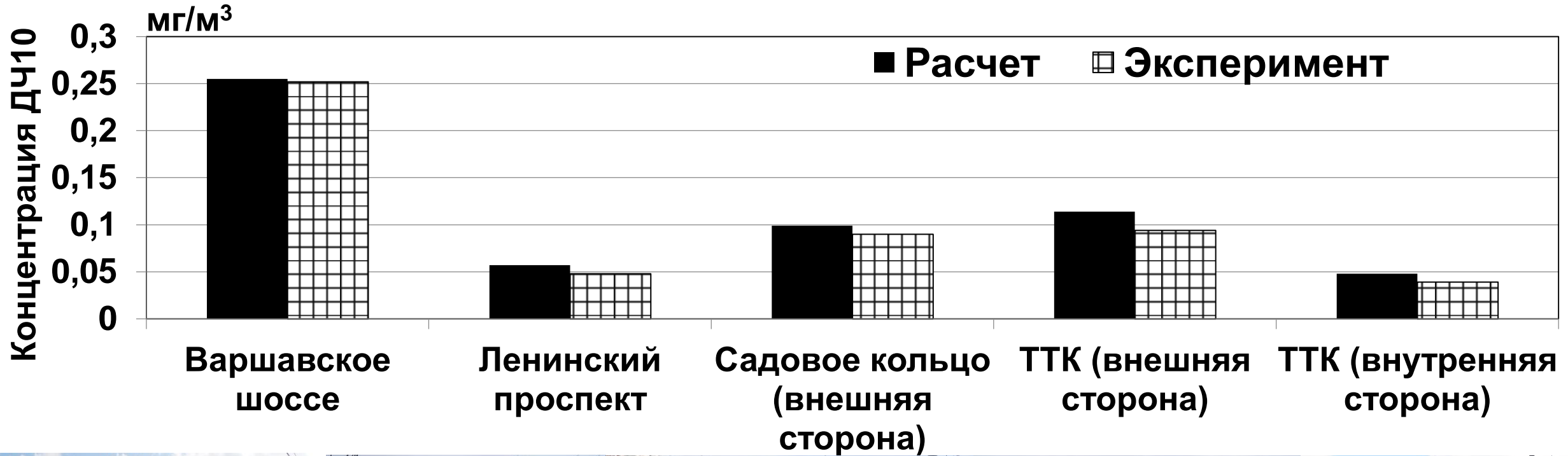


Вывод: При наличии в транспортном потоке грузовых АТС полной массой более 20 т наблюдается резкое увеличение ДЧ10 – 0,45 мг/м³ (в 3 раза) по сравнению с концентрациями ДЧ10 (0,15 мг/м³) при отсутствии в транспортном потоке таких ТС. В обоих случаях концентрации ДЧ2,5 были значительно меньше. На их образование не влияет состав транспортного потока .

Состав транспортного потока, %

Легковые	94
Грузовые малые 3,5 - 7,5 т	4
Грузовые большие 7,5 - 40 т	1
Автобусы	1

Сравнение концентраций дисперсных частиц полученных расчетным путем с результатами натурального эксперимента

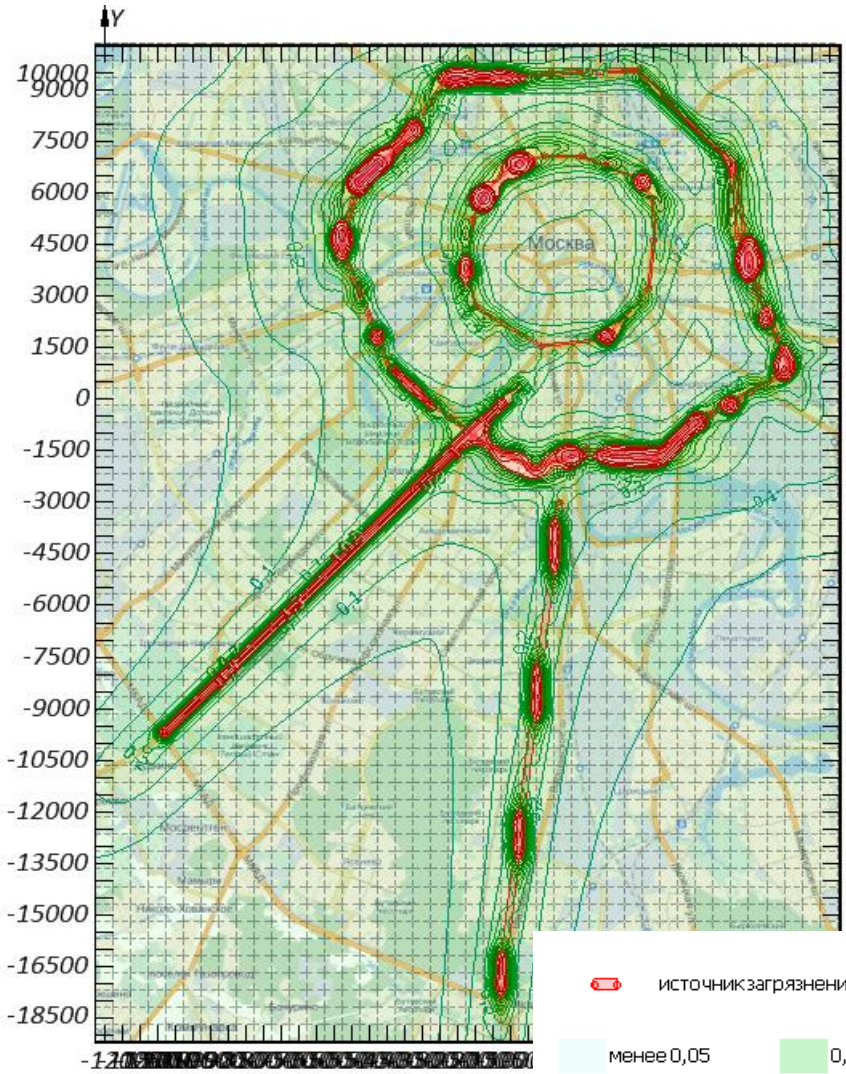


Вывод: Значения концентраций ДЧ, полученных в ходе измерений отличаются от значений концентраций ДЧ полученных расчетным путем на величину 1...19%.

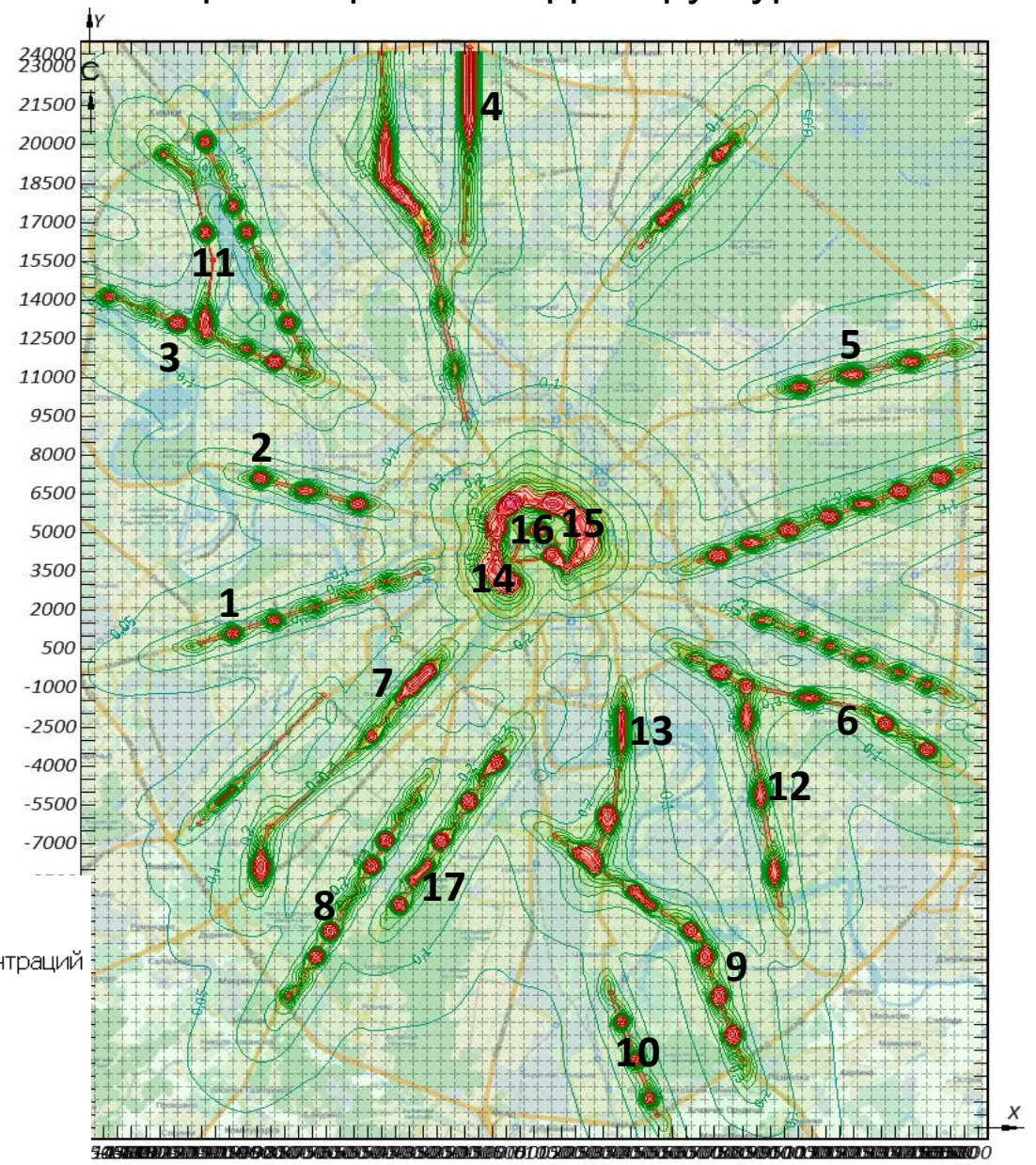
Результаты расчета концентрации ДЧ10 на придорожной территории 13

Варшавское шоссе, Ленинский проспект, Садовое кольцо, ТТК

Объекты транспортной инфраструктуры г.Москвы



Расчет концентраций
с помощью
УПРЗА «ЭКО-центр»



Условные обозначения:

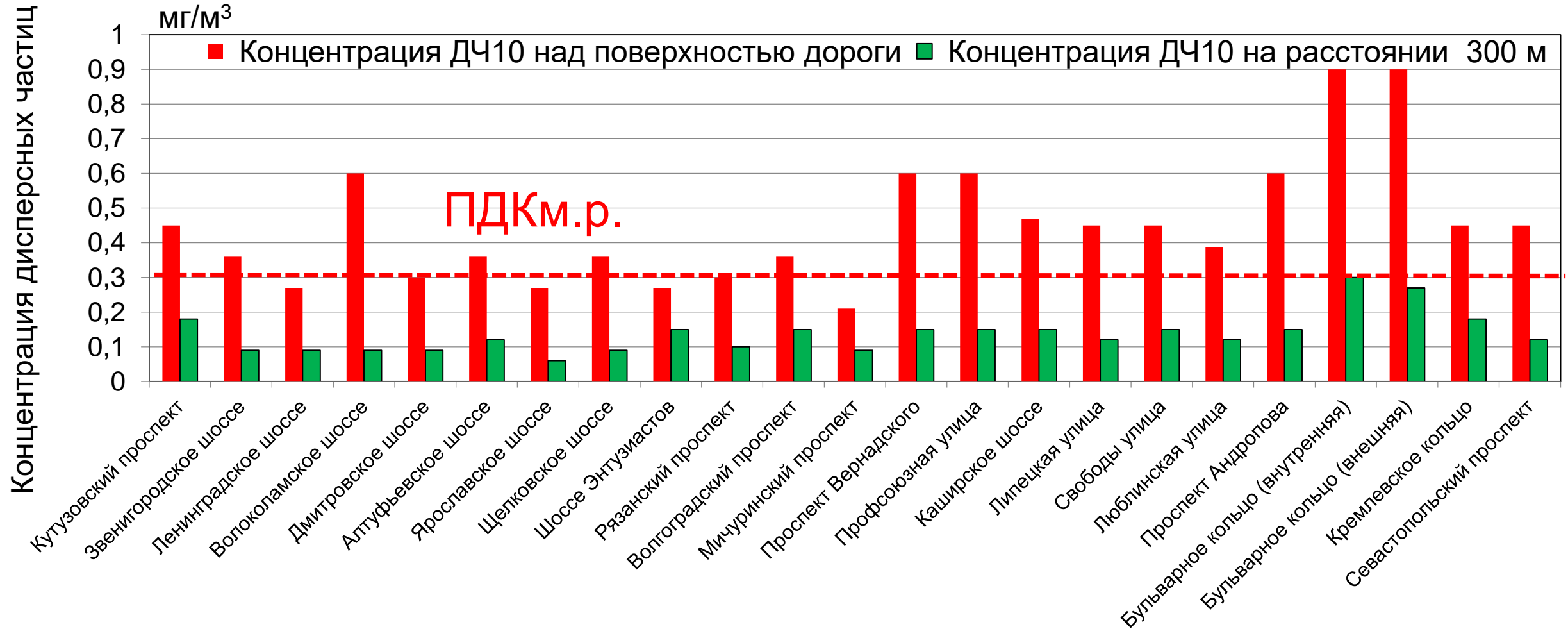
	источник загрязнения атмосферы						
	менее 0,05		0,4 – 0,5		0,9 – 1		3 – 4
	0,05 – 0,1		0,5 – 0,6		1 – 1,2		4 – 5
	0,1 – 0,2		0,6 – 0,7		1,2 – 1,5		5 – 10
	0,2 – 0,3		0,7 – 0,8		1,5 – 2		
	0,3 – 0,4		0,8 – 0,9		2 – 3		

Картограмма значений наибольших концентраций

Масштаб 1:250000

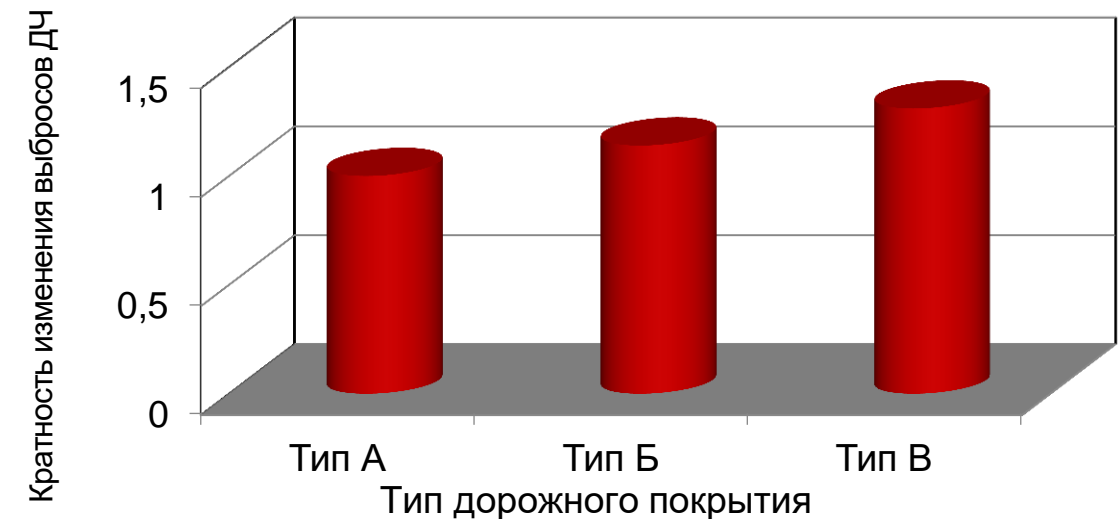
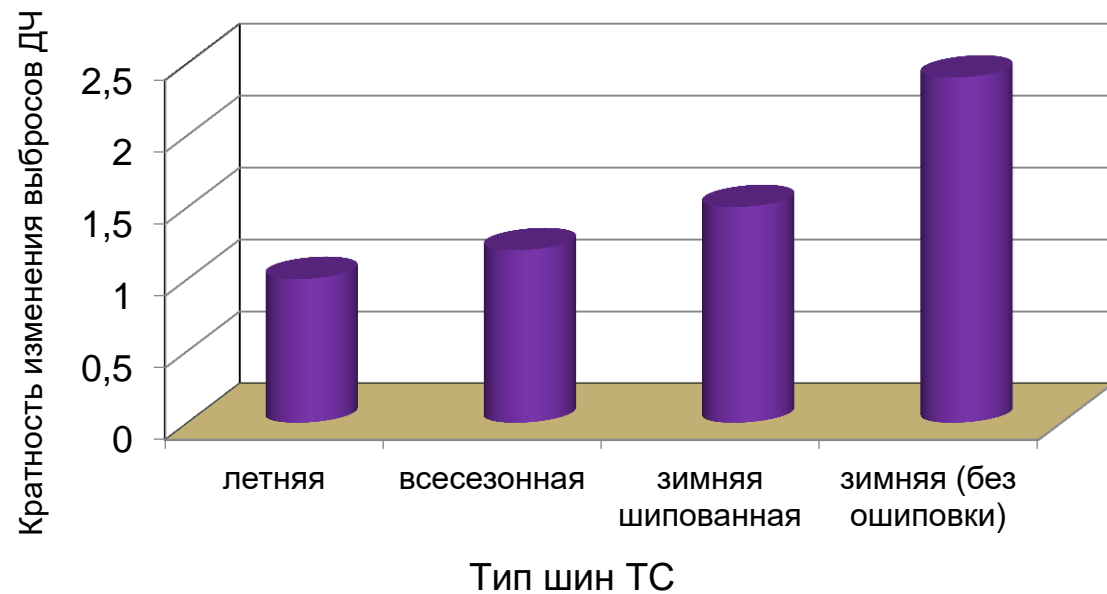
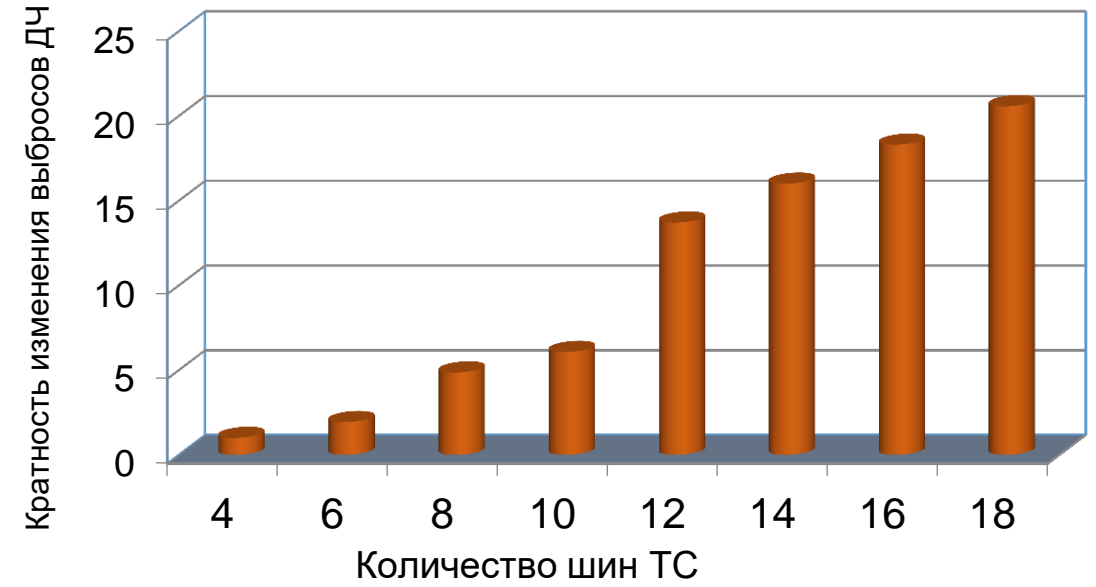
Масштаб 1:250000

Результаты расчета концентраций ДЧ10 в приземном слое атмосферного воздуха на придорожной территории города Москвы



Вывод: Вблизи (до 300 м от проезжей части) на 17 из 23 основных автомагистралей концентрация дисперсных частиц в приземном слое атмосферного воздуха выше ПДК_{м.р.}

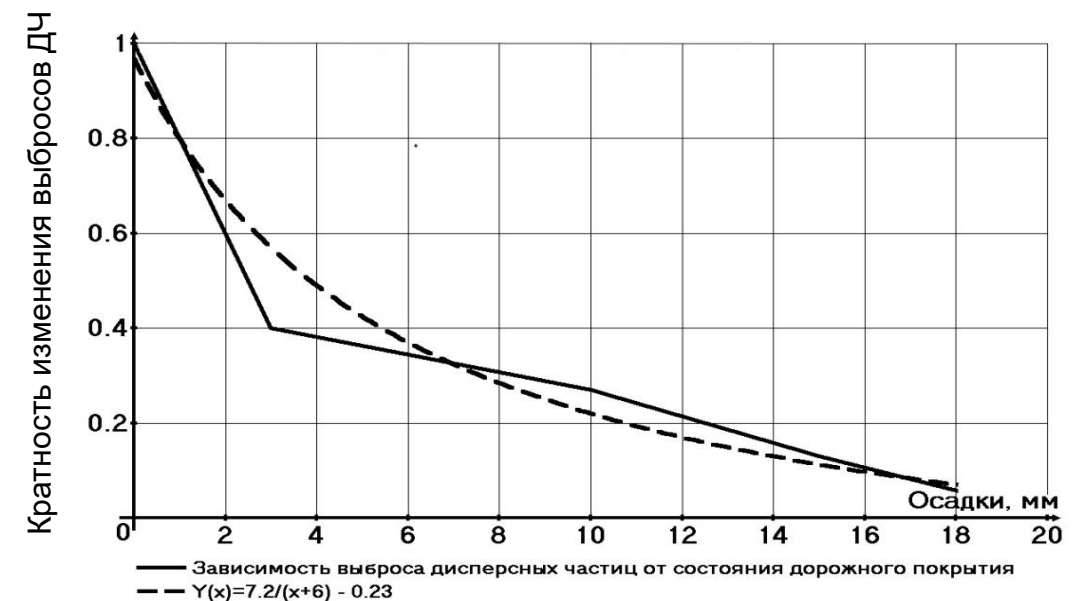
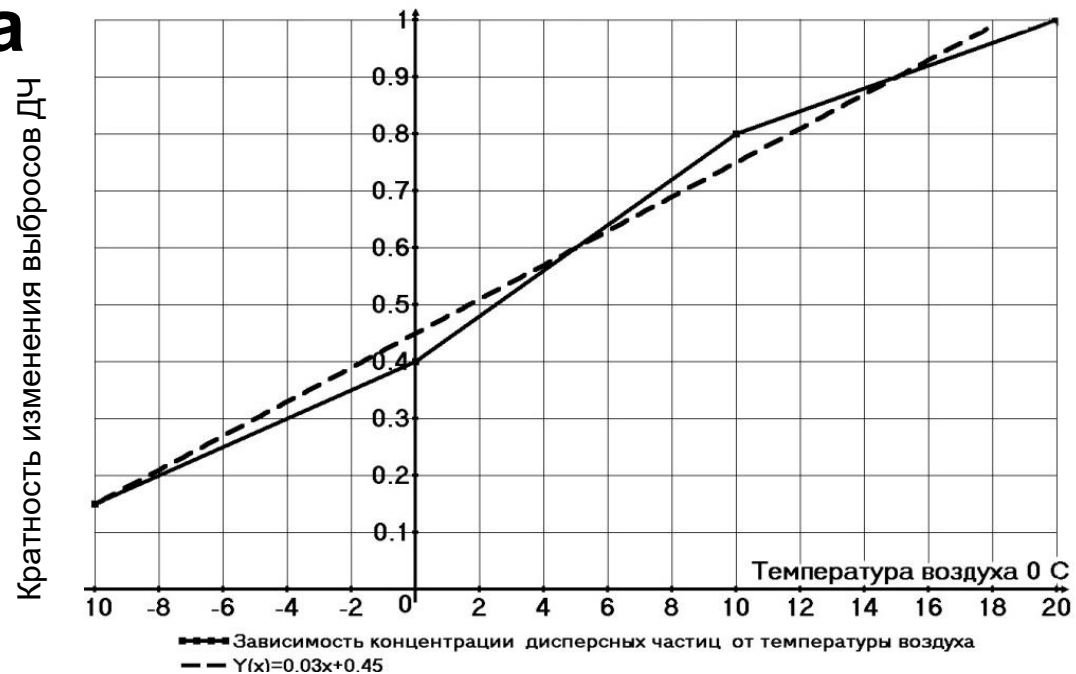
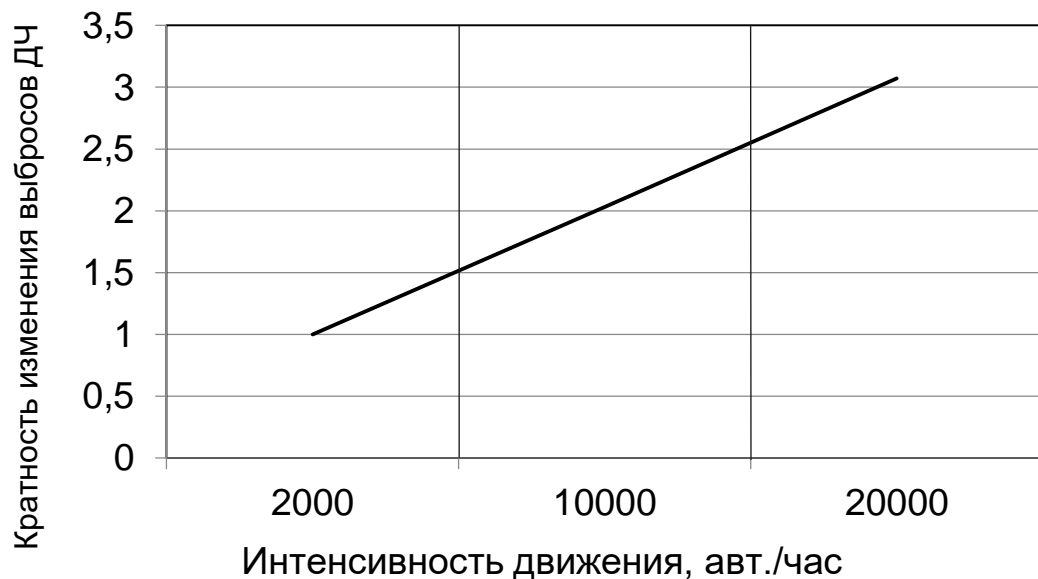
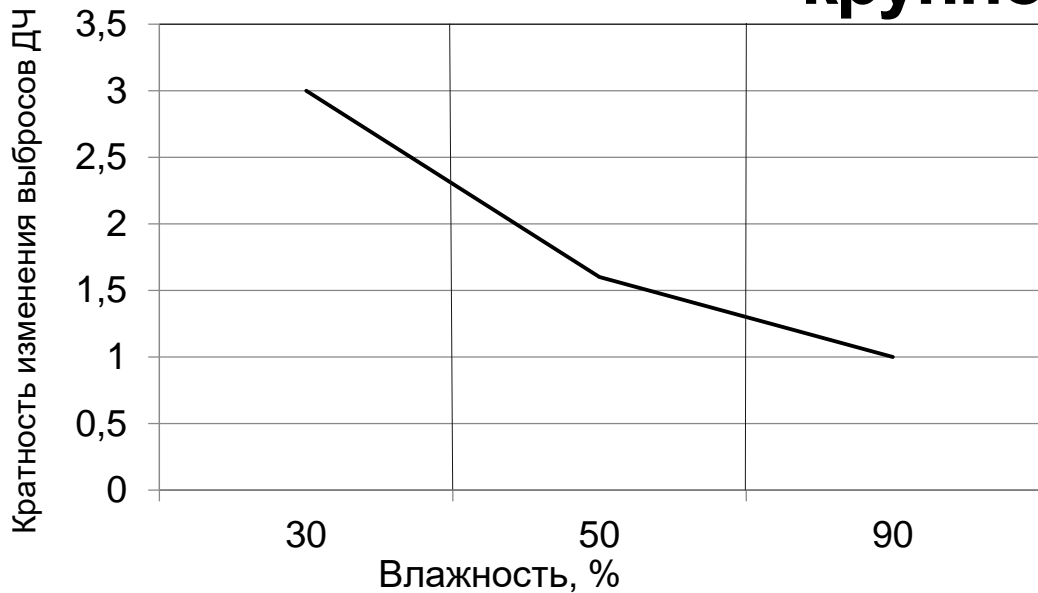
Факторы влияющие на интенсивность выделения ДЧ10 на УДС крупного города



Тип А - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне > 50 %.
Тип Б - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне 40-50%.
Тип В - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне < 40 %.

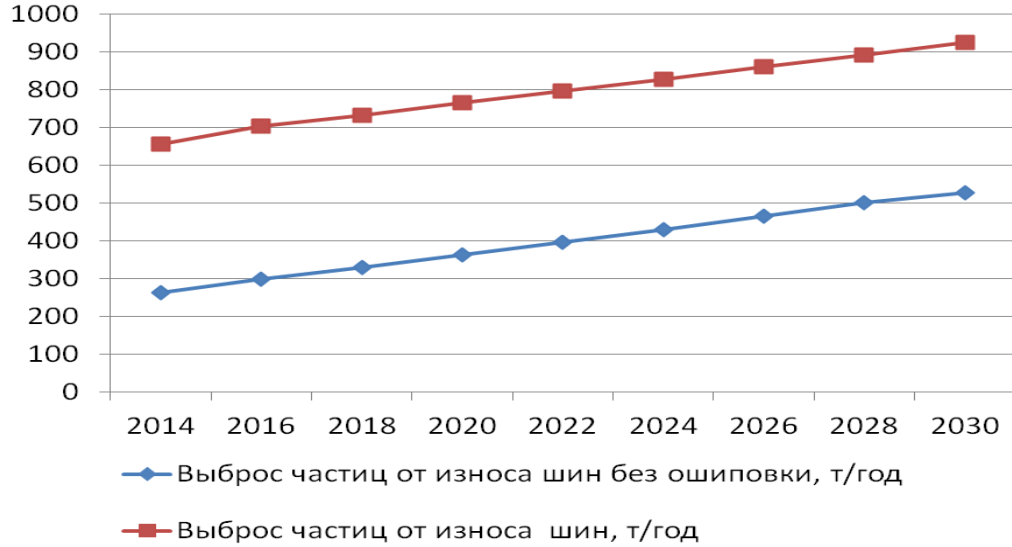
Факторы влияющие на интенсивность выделения ДЧ10 на УДС

крупного города

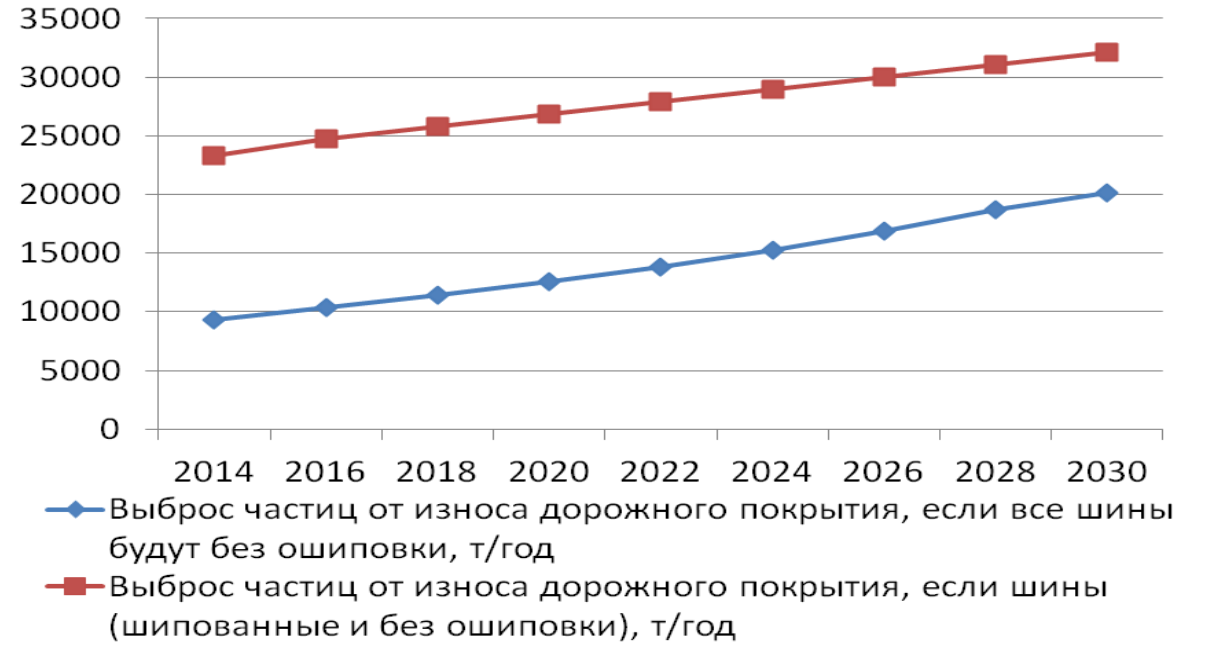


Прогноз выбросов ДЧ10 в атмосферный воздух от источников АТК в городе Москве, т/год

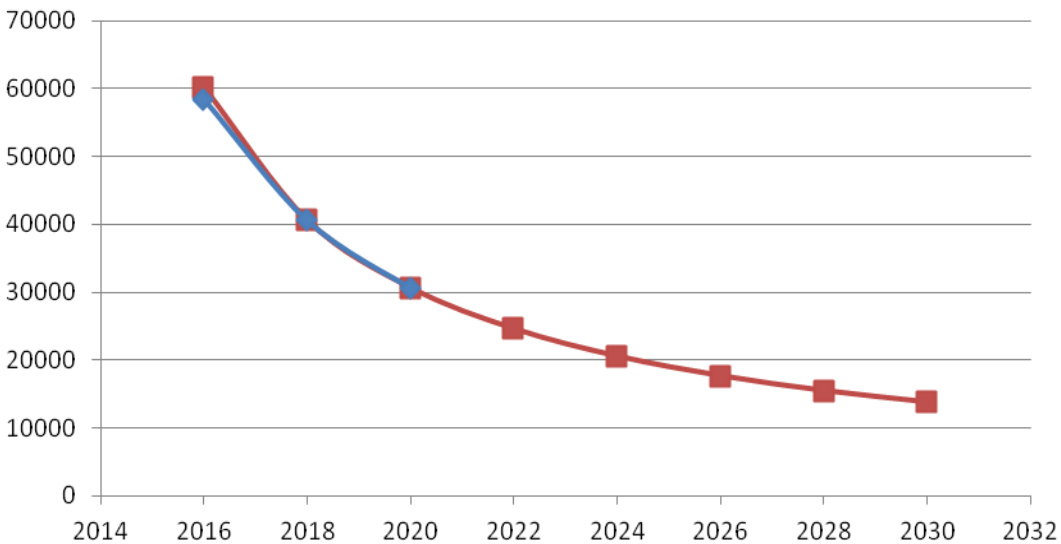
Выброс частиц от износа шин



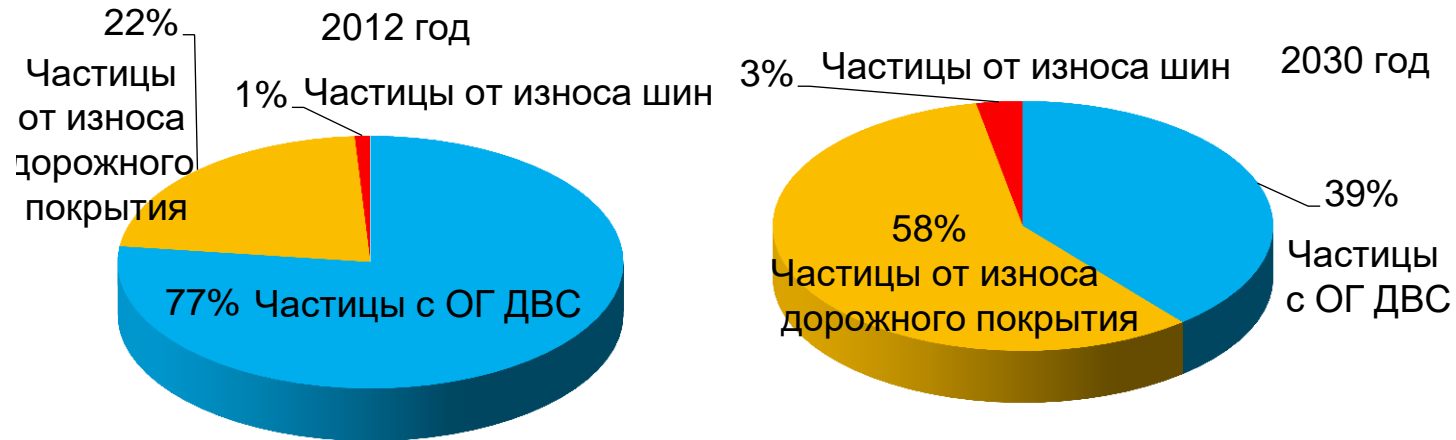
Выброс частиц от износа дорожного покрытия



Выброс частиц с ОГ ДВС



Доля образования ДЧ10 от источников АТК



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ (1)

1. Разработка достоверных методов оценки и снижения концентраций на придорожных территориях дисперсных частиц ДЧ10 и ДЧ2,5, источниками образования которых являются объекты и технологии АТК, представляет актуальную задачу, имеющую важное научно-практическое значение для повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса.
2. Разработана оригинальная комплексная расчетно-экспериментальная методика, позволяющая оценить с приемлемым уровнем адекватности (до 19%) интенсивность образования дисперсных частиц с отработавшими газами автомобилей, от износа тормозных механизмов, шин, дорожного покрытия, концентрации дисперсных частиц в воздухе вблизи городских автомагистралей, а также и их влияние на здоровье людей, живущих на придорожных территориях.
3. Результаты измерения концентраций ДЧ10 и ДЧ2,5 в атмосферном воздухе вблизи крупных автомагистралей г. Москвы показали, что при наличии в транспортном потоке грузовых АТС полной массой более 20 т наблюдается резкое увеличение ДЧ10 (в 3 раза) по сравнению с концентрациями ДЧ10 (0,15 мг/м³) при отсутствии в транспортном потоке таких ТС. В обоих случаях концентрации ДЧ2,5 были существенно меньше и не зависели от состава транспортного потока.
4. Оценка концентраций ДЧ10 в приземном слое атмосферного воздуха на УДС крупного города (Москвы), показала, что вблизи (до 300 м от проезжей части) 17 из 23 основных автомагистралей концентрация дисперсных частиц в приземном слое атмосферного воздуха выше ПДКм.р.

5. Установлено, что наиболее эффективными мероприятиями, направленными на снижение загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами менее 10 мкм на период до 2030 года, являются:
 - замещение в автомобильном парке ТС низких экологических классов на ТС экологических классов 5 и 6 приведет к сокращению выбросов дисперсных частиц с ОГ ДВС на 75%;
 - использование зимних шин без ошиповки в целом по парку крупного города сократит выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия на 37%;
 - переход на использование дорожного покрытия с содержанием щебня в асфальтобетоне больше 50% обеспечит снижение выбросов дисперсных частиц от износа дорожного покрытия на 20 - 25%.
 - переход всего автомобильного парка города на зимние шины без ошиповки сократит выброс частиц от износа шин на 43%.
6. Основным источником образования дисперсных частиц от объектов АТК в крупном городе являются отработавшие газы дизельных двигателей (выброс частиц составил 77%), а также износ дорожного покрытия (22% суммарных выбросов ДЧ10) и износ шин (1%).
7. Оценка риска для здоровья человека от частиц ДЧ10, выполненная по программе Health Risk Assessment показала, что от воздействия дисперсных частиц в воздухе на придорожной территории, есть риск возникновения болезней органов дыхания (0,0531) и кожи (0,0333), а также канцерогенный риск. Проведение предлагаемых мероприятий позволит снизить риск заболеваемости органов дыхания на 45,5% (до 0,0242) и кожных болезней на 19,8% (0,0066); канцерогенный риск - для населения будет на 90% снижен для населения в возрасте 44 ($1,58 \cdot 10^{-6}$) и 70 лет ($2,51 \cdot 10^{-6}$).

Спасибо за внимание!

