

УДК 504.064.3

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В ПРИДОРОЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ГОРОДА ОРЕНБУРГА

Януш Д.Н., Вольнов А.С.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,
e-mail: danil_yanush@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru

Выявлены и систематизированы с применением диаграммы Исикавы факторы, оказывающие наибольшее влияние на результаты измерений концентраций дисперсных частиц в придорожной территории автомобильных дорог города. В программе Process Modeler r7 проведена декомпозиция процесса «Мониторинг концентраций дисперсных частиц в придорожной территории автомобильных дорог города». Приведены результаты инструментального определения массовой концентрации дисперсных частиц размером 2,5 и 10 мкм, содержащихся в придорожной территории автомобильных дорог города Оренбурга. Установлены нелинейные зависимости между интенсивностью автотранспортного потока и концентрациями дисперсных частиц размером 2,5 и 10 мкм, что позволяет прогнозировать уровень загрязнения атмосферы дисперсными частицами. Рекомендовано выполнять непрерывный мониторинг среднесуточных и максимально разовых концентраций дисперсных частиц с учётом их гранулометрического состава вблизи автомобильных дорог с интенсивностью автотранспортного потока свыше 2500 автотранспортных средств в «часы пик». Полученные данные могут быть использованы при расчете рисков для здоровья населения от воздействия выбросов автотранспортных средств, оценке содержания дисперсных частиц размером 2,5 и 10 мкм в придорожной территории автомобильных дорог города, а также для планирования мониторинговых исследований и корректирующих мероприятий на территории крупного промышленного центра.

Ключевые слова: дисперсные частицы, мониторинг, гранулометрический состав, выбросы, автотранспортный поток, атмосферный воздух, автомобильная дорога, придорожная территория

PROPOSALS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF DISPERSE PARTICLES CONCENTRATIONS IN THE ROAD TERRITORY OF AUTOMOBILE ROADS OF ORENBURG CITY

Yanush D.N., Volnov A.S.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: danil_yanush@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru

Identified and systematized using the Issikawa diagram are the factors that have the greatest influence on the results of measurements of the concentrations of dispersed particles in the roadside territory of the city's highways. In the program Process Modeler r7, the decomposition of the process «Monitoring of concentrations of dispersed particles in the roadside territory of the city's highways» was carried out. The results of the instrumental determination of the mass concentration of dispersed particles with a size of 2,5 and 10 microns contained in the roadside territory of the roads of the city of Orenburg are presented. Nonlinear dependences between the intensity of the motor traffic flow and the concentrations of dispersed particles 2,5 and 10 microns in size have been established, which makes it possible to predict the level of atmospheric pollution by dispersed particles. It is recommended to perform continuous monitoring of average daily and maximum one-time concentrations of dispersed particles, taking into account their particle size distribution near the roads with the intensity of the motor traffic of more than 2500 vehicles at peak times. The obtained data can be used in calculating the risks to public health from the effects of vehicle emissions, estimating the content of dispersed particles 2,5 and 10 microns in the roadside area of the city's roads, as well as for planning monitoring studies and corrective measures on the territory of a large industrial center.

Keywords: dispersed particles, monitoring, particle size distribution, emissions, traffic flow, atmospheric air, road, roadside territory

В настоящее время дисперсные частицы (ДЧ), адсорбирующие на своей поверхности токсичные вещества, становятся одними из приоритетных вредных веществ (ВВ), которые необходимо учитывать при организации экологического мониторинга приземного слоя атмосферы [1–4]. Атмосферный мониторинг ДЧ воздушной среды, являясь сложной многоэтапной процедурой, позволяет определить фактические концентрации ДЧ и закономерности их изменения, а также провести оценку степени вреда, наносимого здоровью населения. Основными источниками загрязнения ДЧ, наряду с отработавшими газами (ОГ) и не полностью

сгоревшим топливом от автотранспортных средств (АТС), являются антигололедная смесь, присутствующая на поверхности дороги в зимний период, а также продукты истирания органических материалов, входящих в состав тормозных механизмов, автомобильных шин и дорожного покрытия [5–9]. Для гигиенической оценки вредности ДЧ большое значение имеет определение их размеров. Особое внимание следует уделять содержанию частиц менее 10 мкм [1, 2]. Поэтому одним из приоритетных направлений на сегодняшний день должен стать учет загрязнения ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог города. При этом ва-

жен комплексный подход к определению концентраций и состава ДЧ в воздухе городской среды, для чего необходимо обоснование мест отбора проб, с учетом интенсивности автотранспортного потока, и оценка уровня содержания ДЧ. Для этого требуется разработка методики прогнозирования возможного уровня содержания ДЧ в зависимости от различных факторов.

Цель работы: разработать предложения по экологическому мониторингу ДЧ и провести оценку концентраций ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог г. Оренбурга.

На достоверность результатов контроля качества окружающей среды по концентрациям ДЧ влияет множество факторов, в частности, оценка должна проводиться в таком объеме (количество проб) и с такой периодичностью (временной интервал), чтобы обеспечивалась возможность определения динамических процессов в окружающей среде, вызванных техногенными или природными факторами [3]. Нами проведен анализ, выявлены и систематизированы с применением диаграммы Исикавы факторы (рис. 1), оказывающие наибольшее влияние на результаты оценки концентраций ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог города. Установлено, что к основным влияющим факторам относятся выбор методики и средств измерений ДЧ,

а также климатические условия при проведении отбора проб.

С учётом выявленных факторов (рис. 1) нами проведено функциональное моделирование процесса «Мониторинг концентраций ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог города»; определены входы, выходы, управляющие воздействия и ресурсы (рис. 2).

На рис. 2 представлена «Родительская диаграмма» процесса, выполненная в программе Process Modeler r7. Декомпозиция рассматриваемого нами процесса (рис. 3) позволила детально рассмотреть основные этапы проведения мониторинга ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог города и выявить нормативные документы, регламентирующие мониторинг ДЧ, средства измерений и вспомогательные устройства для оценки ДЧ, ответственных за проведение процесса, исходные данные для мониторинга, и предполагаемые результаты. Применение предлагаемой процессной модели позволит получить достоверные данные о содержании ДЧ₁₀ и ДЧ_{2,5} в воздухе, с последующей разработкой корректирующих мероприятий по уменьшению выбросов ДЧ₁₀ и ДЧ_{2,5} от автотранспортного потока, которые могут применяться службами гигиенического контроля качества атмосферного воздуха.



Рис. 1. Причинно-следственная диаграмма факторов, влияющих на результаты оценки концентраций ДЧ в придорожной территории автомобильных дорог

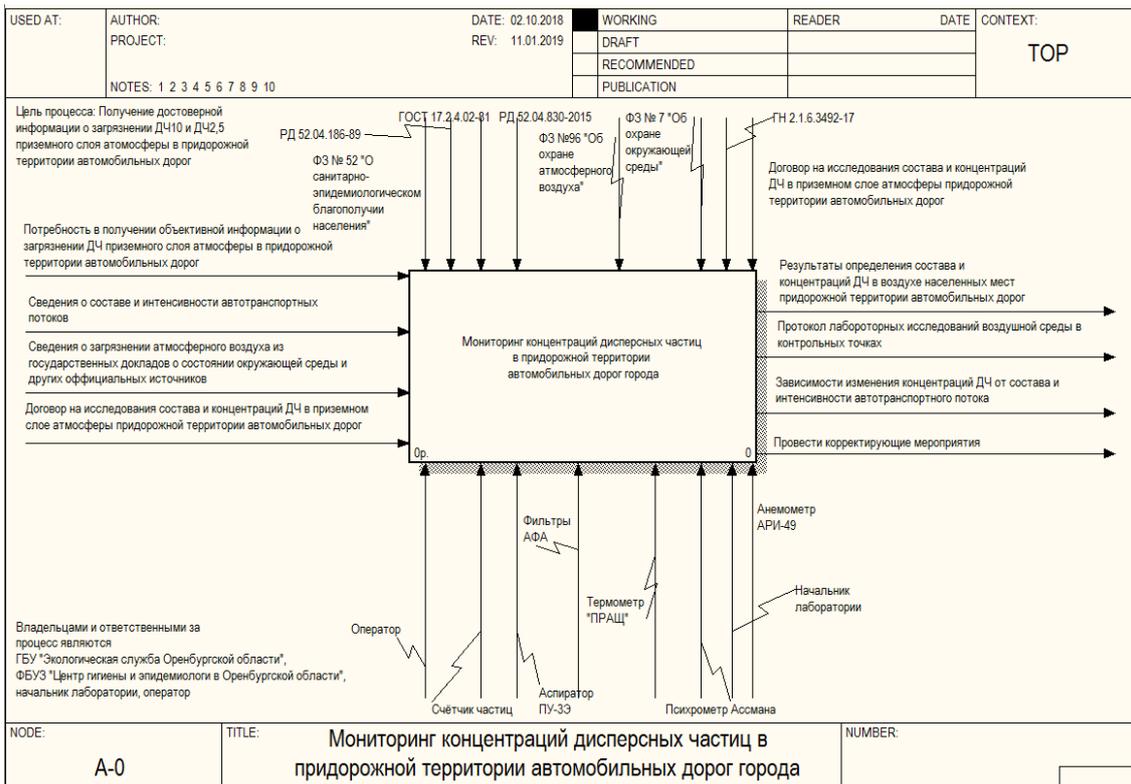


Рис. 2. «Родительская диаграмма» процесса «Мониторинг концентраций дисперсных частиц в придорожной территории автомобильных дорог города»

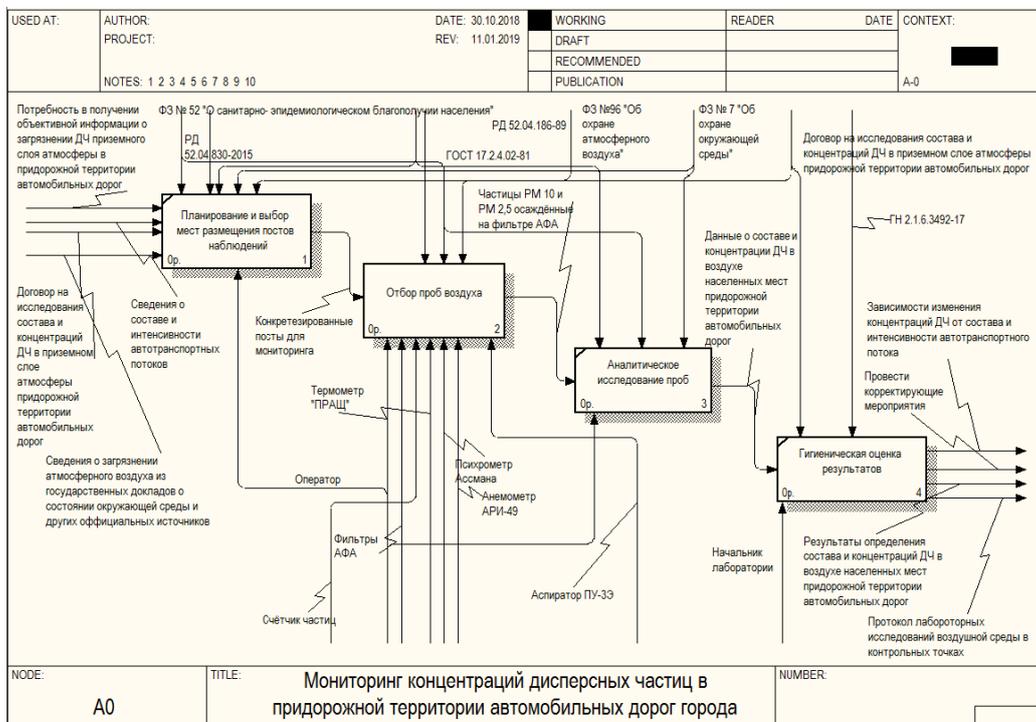


Рис. 3. Схема декомпозиции процесса «Мониторинг концентраций дисперсных частиц в придорожной территории автомобильных дорог города»

Согласно разработанной процессной модели нами проведено измерение концентраций ДЧ на основных перекрестках г. Оренбурга с использованием счётчика частиц Ht-9600. Отбор проб был организован на 36 постах, размещаемых на территориях, примыкающих к асфальтированным автомобильным дорогам с интенсивным движением АТС – свыше 1000 автомобилей в час на исследуемых участках. Причём на каждом из постов было проведено по три измерения ДЧ, с последующим расчетом средних концентраций (таблица).

Общие требования к методам определения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе установлены ГОСТ 17.2.4.02–81 и РД 52.04.186–89. Относительная погрешность метода не должна превышать 25 % во всем диапазоне массовых концентраций и обеспечивать измерение с указанной погрешностью концентраций взвешенных частиц от 0,048 до 0,6 мг/м³ для фракции ДЧ10 и от 0,028 до 0,35 мг/м³ – для фракции ДЧ2,5.

Для указанных фракций ДЧ согласно РД 52.04.830–2015 установлен суточный (24 ч) режим отбора проб, как основной для гравиметрического метода измерений. Допускается вариант определения разовой концентрации, средней за час, но только в случае применения автоматических анализаторов ДЧ. В соответствии с ГН 2.1.6.3492–17 (дополнение № 8) установлены нормативы содержания для ДЧ10: ПДК_{м.р.} = 0,3 мг/м³, ПДК_{с.с.} = 0,06 мг/м³, а для ДЧ2,5

ПДК_{м.р.} = 0,16 мг/м³, ПДК_{с.с.} = 0,035 мг/м³. Согласно требованиям РД 52.04.186–89 для выполнения отбора проб первоначально в каждой контрольной точке определялись климатические условия: температура, атмосферное давление, относительная влажность и скорость ветра (таблица).

Для определения массового выброса ДЧ от АТС на городских автомобильных дорогах и последующего их использования в качестве исходных данных при оценке уровня загрязнения атмосферы анализировались особенности распределения автотранспортных потоков (их состава и интенсивности) по городу и их изменения во времени (в течение суток). Интенсивность движения определялась путем учета числа проходящих АТС. Подсчет АТС (в обоих направлениях) проводился во временном промежутке – один час. При описании структуры автотранспортного потока учитывались основные категории АТС: М₁, М₂, М₃, N₁, N₂, N₃. При высокой интенсивности движения (более 2–3 тыс. автомобилей в час) подсчет проходящих АТС проводился раздельно по каждому направлению движения. Для сбора указанной информации использовались секундомер и предварительно подготовленные формы (таблицы) для учета. Разовые концентрации ДЧ достигали уровня 1,5 ПДК_{м.р.}. Однако за исследуемый период превышений установленных величин ПДК_{с.с.} для мелкодисперсных частиц фракций ДЧ2,5 и ДЧ10 вблизи автомобильных дорог не выявлено.

Средние арифметические концентрации ДЧ на исследованных перекрестках г. Оренбурга (фрагмент)

Название перекрестка	Интенсивность автотранспортного потока, авт./ч	Средние концентрации ДЧ, мкг/м ³		Температура, °С	Давление, мм рт. ст.	Влажность, %	Скорость ветра, м/с
		ДЧ2,5	ДЧ10				
ул. Терешковой/ ул. Орская	5088	6	19	33,800	751	43,767	1,667
пр-т Гагарина/ ул. 60 лет Октября	3912	5	14	33,867	751	38,967	0,333
пр-т Гагарина/ ул. Газовиков	3552	4	12	39,067	752	23,900	1,667
ул. Салмышская/ ул. Родимцева	3588	3	8	41,133	752	20,367	2,000
ул. Волгоградская/ ул. Театральная	3912	5	14	35,033	752	29,967	0,333
ул. Чкалова/ ул. М. Жукова	4116	7	18	32,800	751	47,367	1,333
ул. Восточная/ ул. Карагандинская	3132	4	11	36,067	752	29,733	1,333

Нами установлено, что одним из наиболее загрязнённых участков улично-дорожной сети является перекрёсток ул. Терешковой/ул. Орская. Поэтому на этом участке было проведено более подробное исследо-

вание. После обработки полученных концентраций ДЧ10 и ДЧ2,5 на перекрестке ул. Терешковой/ул. Орская построены графики изменения концентрации ДЧ от интенсивности автотранспортного потока (рис. 4 и 5).

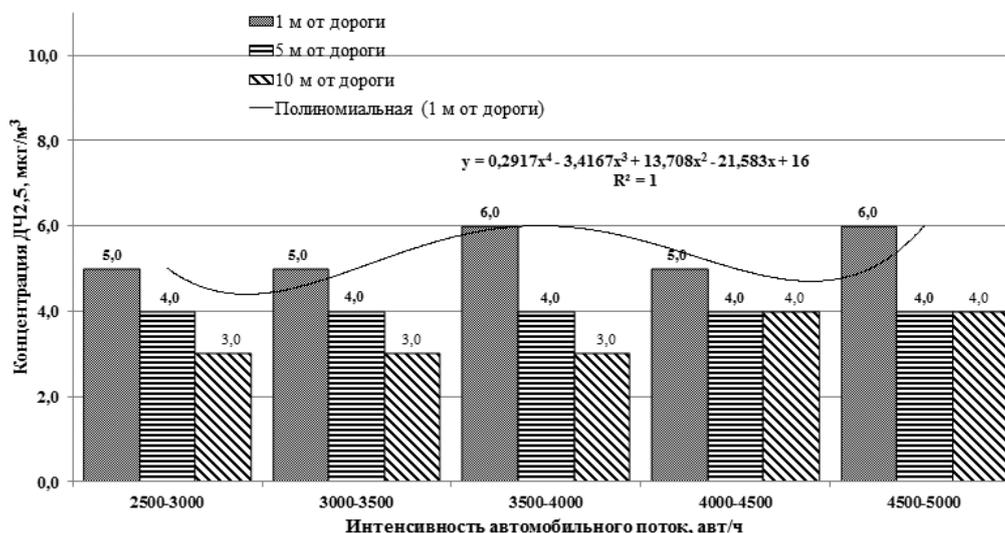


Рис. 4. Изменение концентраций ДЧ2,5 от интенсивности автотранспортного потока на перекрёстке ул. Терешковой и ул. Орская

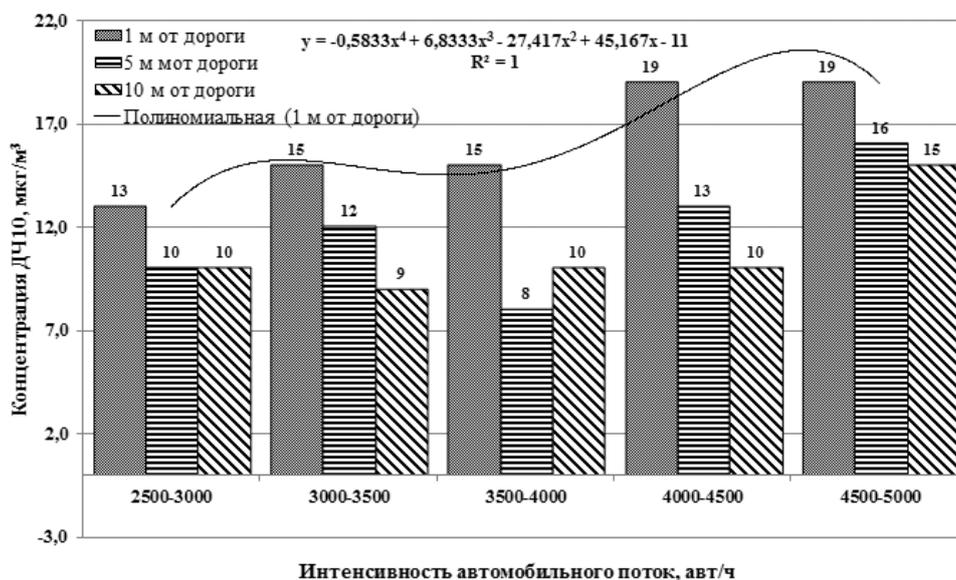


Рис. 5. Изменение концентраций ДЧ10 от интенсивности автотранспортного потока на перекрёстке ул. Терешковой и ул. Орская

Параметры автотранспортных потоков (интенсивность и состав движения) являются одними из наиболее существенных факторов, влияющих на содержание ДЧ в атмосферном воздухе городских улиц. Необходимо отметить, что работа автомобильного транспорта, особенно в городских условиях, характеризуется частой сменой скоростных и нагрузочных режимов (рис. 4, 5). Это существенно влияет на загрязнение воздуха вблизи автомобильных дорог. Гистограмма на рисунке 5 показывает явную зависимость концентрации ДЧ10 от интенсивности автомобильного потока, что нельзя сказать о концентрациях ДЧ2,5, которые почти не изменяются от количества автомобилей в час. В часы пиковой активности автотранспорта концентрация ДЧ возрастает и может достигать для ДЧ10 – 0,045 мг/м³, а для ДЧ2,5 – 0,016 мг/м³.

Таким образом, результаты инструментального определения массовых концентраций ДЧ 2,5 и 10 мкм, содержащихся в придорожной территории автомобильных дорог города Оренбурга, показали, что на их содержание в воздушной среде существенное влияние оказывают интенсивность движения автомобильного транспорта, состав автотранспортного потока, режим движения автотранспорта. Уровень загрязнения воздушного бассейна города ДЧ определяется геометрическими характеристиками улично-дорожной сети, автотранспортного потока, а также качеством регулирования дорожного движения. При этом необходимо дополнительное исследование закономерностей изменения концентраций ДЧ 2,5 и ДЧ10 от времени суток, а также климатических условий, в частности, времени года. Полученные данные могут быть использованы при построении карта рассеивания ДЧ, экологических карт ДЧ по районам города, а также при расчете рисков для здоровья населения от воздействия выбросов автотранспортных средств. Результаты оценки содержания дисперсных частиц размером 2,5 и 10 мкм в придорожной территории автомобильных дорог города дополнительно могут быть применены при планировании мониторинговых исследований и корректирующих мероприятий на территории крупного промышленного центра.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры метрологии, стандартизации и сертификации Оренбургского государственного университета Третьяк Людмилы Николаевны – д.т.н., доцента, члена-корреспондента РАН.

Список литературы

1. Трофименко Ю.В. Оценка загрязнения воздуха аэрозольными частицами менее 10 мкм от транспортных потоков на городских автомагистралях / Ю.В. Трофименко, В.С. Чижова // Экология и промышленность России. – 2012. – № 9. – С. 41–45.
2. Рапопорт О.А. К вопросу о нормировании выбросов мелкодисперсных частиц размерами менее 10 мкм (ДЧ10) и менее 2,5 мкм (ДЧ2,5) / И.Д. Копылов, Г.Н. Рудой // Экологический вестник России. – 2012. – С. 1–6.
3. Чижова, В.С. Повышение экологической безопасности автотранспортного комплекса путём снижения загрязнения воздуха дисперсными частицами размером менее десяти микрон: дис. ... канд. тех. наук: 08.00.13: защищена 17.05.16 / Чижова Вера Сергеевна. – М., 2016. – 166 с.
4. Невмержицкий Н.В. Методика оценки и прогнозирования экстремального загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами РМ10 и РМ2,5: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.02: защищена 27.04.17 / Невмержицкий Николай Владимирович. – СПб., 2016. – 154 с.
5. Вольнов А.С. Методика экологического мониторинга автотранспортных потоков по параметрам комплексного загрязнения приземного слоя атмосферы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.С. Вольнов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург, 2017. – 157 с.
6. Третьяк Л.Н. Современный подход к оценке экологической безопасности автотранспортных потоков на участках улично-дорожной сети / Л.Н. Третьяк, Е.В. Бондаренко, А.С. Вольнов / Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей X международной научно-технической конференции. – 2018. – С. 368–376.
7. Вольнов А.С. Математическая модель для оценки загрязнения автотранспортными потоками приземного слоя атмосферы на перекрестках внутригородских автомобильных дорог / А.С. Вольнов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – №7. – С. 103–111.
8. Третьяк Л.Н. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных потоков путём комплексного учёта выбросов вредных веществ и разработки организационно-технических мероприятий / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Д.А. Косых // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – №11. – С. 40–46.
9. Suleimanov I.F. Justification for the road transport stream parameters on basis of their ecological monitoring / I.F. Suleimanov, D.A. Kharlyamov, G.V. Mavrin, L.N. Tretyak, N.Z. Sultanov, A.S. Volnov // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2018. – Т. 5; № 5. – С. 4423–4429.