



УДК 504.054

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-4-619-629

К вопросу оценки пылевого загрязнения атмосферного воздуха Белгорода

¹Боровлев А.Э., ¹Корнилов А.Г., ²Киселев В.В., ¹Зеленская Е.Я.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

²Белгородский университет кооперации, экономики и права
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

E-mail: borovlev@bsu.edu.ru, kornilov@bsu.edu.ru, kiselev_v@bsu.edu.ru, zelenskaya@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье приведены возможности получения распределения мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе Белгорода путем картографирования результатов пересчета суммарной концентрации взвешенных частиц (PM10 и PM2.5), определяемой на стационарных постах наблюдений с использованием усредненного коэффициента. В городе мониторинг указанных частиц не проводится. Обоснована целесообразность оценки содержания PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе на основе результатов сводных расчетов загрязнения атмосферы. В целях оптимизации их проведения обосновано включение в базу параметров выбросов мелкодисперсных частиц только приоритетных источников выбросов промышленной пыли. Предложено для проведения оценки риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды выбросами мелкодисперсных частиц использовать нейросетевые корректирующие модели, позволяющие обеспечить большую сходимость результатов расчетных и измеренных концентраций загрязняющих веществ.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, твердые загрязняющие вещества, промышленная пыль, PM10, PM2.5, мониторинг сводные расчеты загрязнения атмосферного контроль выбросов

Для цитирования: Боровлев А.Э., Корнилов А.Г., Киселев В.В., Зеленская Е.Я. 2023. К вопросу оценки пылевого загрязнения атмосферного воздуха Белгорода. Региональные геосистемы, 47(4): 619–629. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-619-629

On the Issue of Assessing the Dust Pollution of the Atmospheric Air of the City of Belgorod

¹Andrey E. Borovlev, ¹Andrey G. Kornilov,

²Vladislav V. Kiselev, ¹Evgeniya Ya. Zelenskaya

¹Belgorod State University, Russia,

85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

²Belgorod University of Cooperation, Economics and Law

116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia

E-mail: borovlev@bsu.edu.ru, kornilov@bsu.edu.ru, kiselev_v@bsu.edu.ru, zelenskaya@bsu.edu.ru

Abstract. The possibility of obtaining the distribution of fine particles in the atmospheric air of the city of Belgorod, where monitoring of these particles is not carried out, is shown on the basis of mapping the results of recalculation of the total concentrations of suspended particles determined at stationary observation posts in concentrations of PM10 and PM2.5 using an average coefficient. The expediency of estimating the content of PM10 and PM2.5 in atmospheric air based on the results of summary calculations of atmospheric pollution is substantiated. In order to optimize their implementation, it is justified to include only priority sources of industrial dust emissions in the database of fine particle



emission parameters. It is proposed to use neural network correction models to assess public health risk in case of the urban environment technogenic pollution by fine particles emissions. These models allow ensuring greater convergence of the results of calculated and measured pollutants concentrations.

Keywords: atmospheric air pollution, solid pollutants, industrial dust, PM10, PM2.5, monitoring summary calculations of atmospheric pollution emission control

For citation: Borovlev A.E., Kornilov A.G., Kiselev V.V., Zelenskaya E.Ya. 2023. On the Issue of Assessing the Dust Pollution of the Atmospheric Air of the City of Belgorod. Regional geosystems, 47(4): 619–629. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-619-629

Введение

Атмосферный воздух крупных промышленных центров подвержен высокому антропогенному воздействию пылевых выбросов. Особо опасны для здоровья человека присутствующие в их составе мелкодисперсные частицы (МДЧ) – фракции частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (PM10) и 2.5 мкм (PM2.5), что подтверждается данными Всемирной организации здравоохранения [Health risks ..., 2006]. В настоящее время во многих промышленных центрах страны, в том числе и в Белгороде, мониторинг МДЧ не проводится, а на стационарных постах наблюдений за загрязнением атмосферы (ПНЗ) определяется сумма всех взвешенных частиц. В случае отсутствия мониторинга для получения данных пространственного распределения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенного промышленного центра используются сводные расчеты загрязнения атмосферного воздуха (далее – сводные расчеты), и на основе их результатов дается оценка риска для здоровья населения [Об утверждении правил ..., 2019].

При этом существующая практика показывает, что для повышения качества оценки целесообразно сочетать анализ данных о реальных концентрациях загрязняющих веществ (ЗВ), получаемых на стационарных и передвижных постах наблюдения, и комплексных расчетов загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов [Волкодаева, Гусева, 2019; Карелин и др., 2019; Said et al., 2020].

Однако вопросы оценки пространственного распределения МДЧ в атмосферном воздухе промышленных центров, где отсутствует их мониторинг, а также риска для здоровья населения при техногенном воздействии выбросов PM10 и PM2.5 методически еще недостаточно проработаны [Боровлев, 2020б; Borovlev, Zelenskaya, 2018].

Таким образом, целью работы является на примере такого промышленного центра, как Белгород, используя данные мониторинга пылевого загрязнения, выполнить оценку загрязнения атмосферного воздуха МДЧ и разработать предложения по организации проведения работ по оценке риска для здоровья населения.

Объекты и методы исследования

Для исследования процессов распределения МДЧ в атмосферном воздухе нами использованы данные территориальной сети Росгидромета с четырех ПНЗ Белгорода.

На ПНЗ Белгорода, согласно [РД 52.04.186-89, 2006], с периодичностью шесть дней в неделю и три раза в сутки производится отбор проб воздуха с определением основных приоритетных газообразных ЗВ (азота оксиды, аммиак, водород хлорид, сера диоксид, углерода оксид, фенол, формальдегид), а также суммарной концентрации взвешенных частиц.

ПНЗ города можно весьма условно классифицировать как:

- «промышленные» – ПНЗ № 8, расположенный в восточной части Белгорода на расстоянии 60 м от границы Восточного промышленного узла;
- «городские» – ПНЗ № 6 и ПНЗ № 7, расположенные в жилых районах в центре города;

– «автотранспортные» – ПНЗ № 3, расположенный в центральной части города на расстоянии 46 м от автомагистрали по проспекту Богдана Хмельницкого.

При этом ПНЗ № 3 и ПНЗ № 6 находятся в зоне влияния пылевых выбросов двух предприятий промышленности строительных материалов, а именно:

– ЗАО «Белгородский цемент» (расстояние от границ производства цемента до ПНЗ № 3 составляет 1650 м);

– АО «Стройматериалы» (расстояние от границ производства извести до ПНЗ № 6 составляет 2160 м).

Выброс твердых ЗВ в воздушный бассейн Белгорода (по усредненным данным за последние пять лет) составляет около тысячи тонн в год. Максимальный вред в пылевое загрязнение атмосферы Белгорода (97,3 %) вносят предприятия промышленности.

Для оценки риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды выбросами мелкодисперсных частиц суммарная концентрация взвешенных частиц (total suspended particulate (TSP)) пересчитывается в концентрации PM10 и PM2.5 с использованием усредненного коэффициента равного 0,55 для PM10 и 0,26 – для PM2.5 [Онищенко и др., 2002; Ревич и др., 2004]. При этом необходимо учитывать, что для каждой территории указанные коэффициенты нуждаются в подтверждении в конкретных условиях происхождения пылевого загрязнения атмосферы [Рапопорт и др., 2012; Said, 2017]. Поэтому нами для получения распределения МДЧ в атмосферном воздухе использованы предложенные для Белгорода в работе [Боровлев, 2020а] коэффициенты пересчета: 0,57 – для PM10 и 0,28 – для PM2.5.

Расчетные значения приземных концентраций ЗВ получены на основе базы данных параметров выбросов Белгорода, включающей 2726 источников 56 промышленных предприятий, в т. ч. 1378 стационарных источников пылевых выбросов. Для расчета рассеивания выбросов была использована программа «ЭКОЛОГ» (версия 4.6), разработанная фирмой «Интеграл» на основе методики [Методы расчетов ..., 2017] (далее – МРРВ-2017).

Результаты и их обсуждение

Для того, чтобы оценить загрязнения атмосферного воздуха МДЧ нами рассчитаны среднегодовые приземные концентрации PM10 и PM2.5 на основе данных мониторинга за 2022 год по четырем ПНЗ Белгорода с использованием указанных в работе [Боровлев, 2020а] коэффициентов пересчета из TSP для PM10 и PM2.5. На основе полученных результатов (табл. 1) выполнено картографирование загрязнения атмосферы МДЧ с использованием *ArcGIS* (рис. 1, 2).

Таблица 1
Table 1

Расчетные приземные среднегодовые концентрации мелкодисперсных частиц на стационарных постах наблюдений за загрязнением атмосферы Белгорода
Calculated surface average annual concentrations of fine particles at stationary observation posts for atmospheric pollution in the city of Belgorod

Номер поста	Суммарная концентрация взвешенных частиц (TSP), мг/м ³	Мелкодисперсные частицы			
		PM10		PM2.5	
		мг/м ³	Доли ПДК	мг/м ³	Доли ПДК
3	0,173	0,099	2,46	0,048	1,93
6	0,129	0,073	1,84	0,036	1,44
7	0,117	0,067	1,67	0,033	1,31
8	0,123	0,070	1,75	0,034	1,38

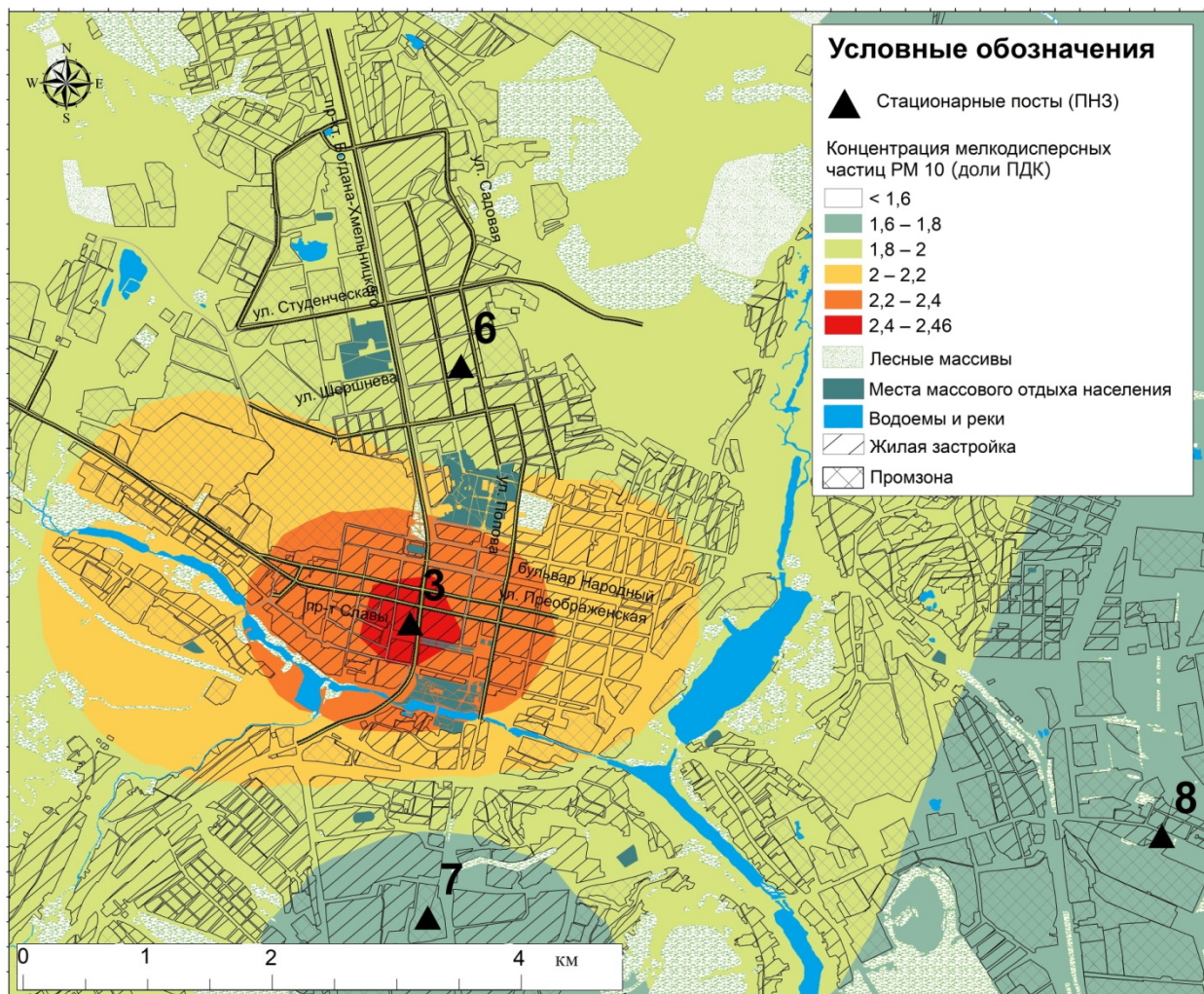


Рис. 1. Распределение среднегодовых приземных концентраций PM10 в атмосферном воздухе Белгорода

Fig. 1. Distribution of average annual surface concentrations of PM10 in the atmospheric air of the city of Belgorod

Исходя из анализа полученных результатов можно утверждать, что превышения среднегодовых ПДК МДЧ наблюдаются на территории жилой застройки по PM10 в 1,6–2,4 раза, а по PM2.5 – в 1,3–1,9 раза. В большей степени загрязнению воздушной среды МДЧ подвержены территории массовых мест отдыха населения Белгорода, к которым предъявляются повышенные требования к качеству атмосферного воздуха (0,8 ПДК). Так показатель ПДК PM10 был превышен на территории парка Победы и набережной реки Везелки в 3 раза, а ПДК PM2.5 – в 2,3 раза.

Превышения величин ПДК МДЧ можно рассматривать как завышенные, т. к. они получены на основе данных на ПНЗ Белгорода, где практикуется трехкратный ручной отбор проб воздуха. Поэтому в дальнейшем для оценки содержания МДЧ в атмосферном воздухе целесообразно использовать расчетную методику МРРВ-2017, предусматривающую для населенных пунктов проведение сводных расчетов. Для этого требуется выполнить инвентаризацию выбросов МДЧ с использованием методики [ГОСТ Р 56929-2016]. Так данные инвентаризации выбросов МДЧ, включающей наиболее крупные источники выбросов PM10, были положены в основу разработки программы управления качеством атмосферного воздуха в городе Дели (Индия) [Gargava et al., 2014].

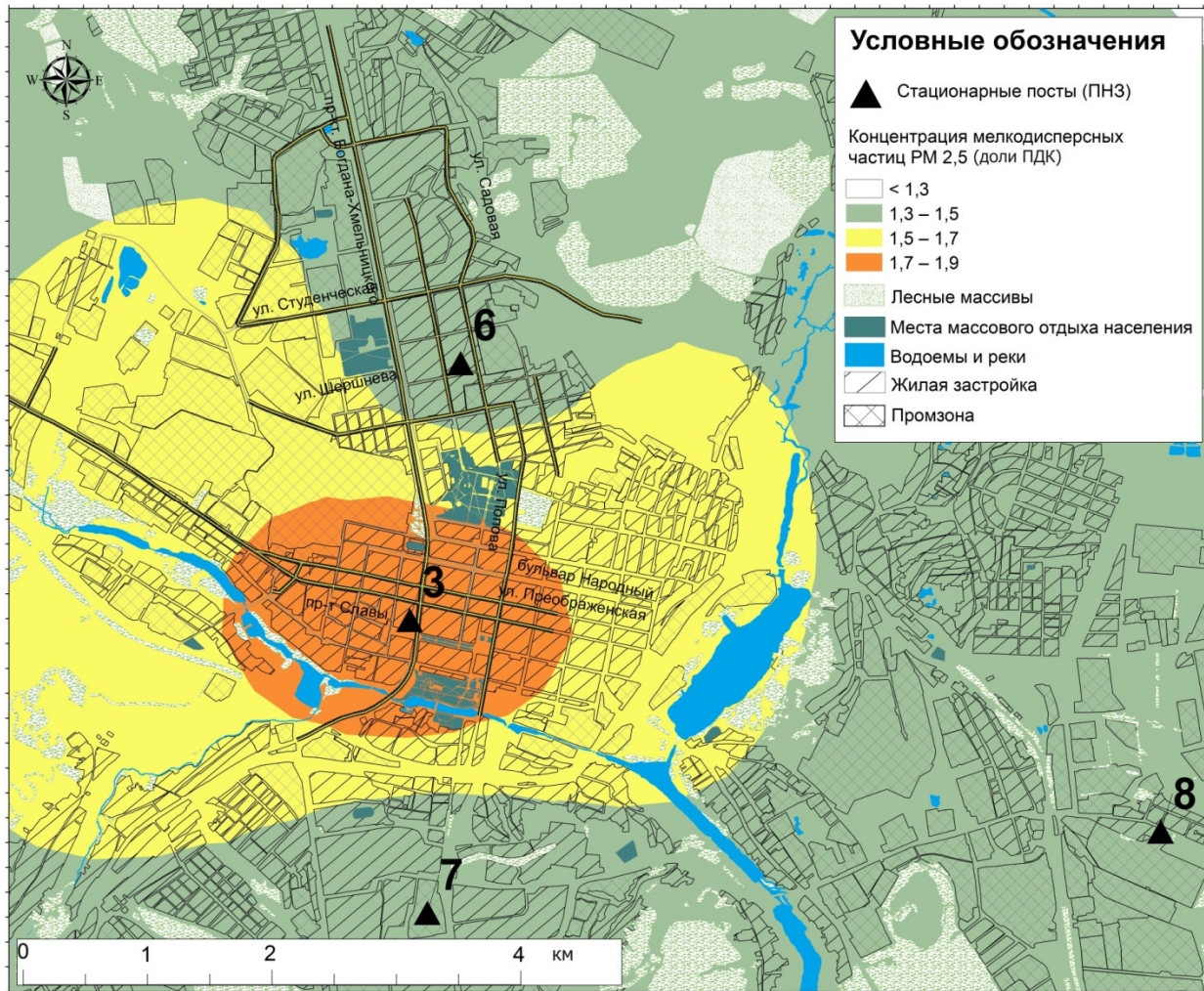


Рис. 2. Распределение среднегодовых концентраций PM2.5
в атмосферном воздухе Белгорода
Fig. 2. Distribution of average annual surface concentrations of PM2.5
in the atmospheric air of the city of Belgorod

В целях оптимизации проведения сводных расчетов нами определен перечень крупных источников выбросов промышленной пыли Белгорода, наиболее загрязняющих атмосферный воздух МДЧ (табл. 2). Указанный перечень разработан на основе анализа литературных данных о дисперсном составе пыли [Атлас промышленных ..., 1981], а также результатов расчетов рассеивания выбросов твердых ЗВ. Указанные расчеты выполнены для определения источников выбросов, формирующих максимальную разовую приземную концентрацию ЗВ более 0,1 ПДК на границе ближайшей жилой зоны и (или) территорий, к которым предъявляются повышенные требования к качеству атмосферного воздуха (0,8 ПДК). Для их выполнения использована ПДК взвешенных веществ, равная 0,5 мг/м³.

Так в табл. 2 из 56 предприятий, выбрасывающих в атмосферу твердые ЗВ, представлены источники выбросов только четырех промышленных предприятий. Указанные источники выбрасывают в атмосферный воздух пыль, образующуюся при работе основного технологического оборудования предприятий металлургии, машиностроения и строительной промышленности (вращающаяся печь, сушильный барабан, узлы выгрузки и пересыпки, упаковочные машины, мельница помола, электродуговая печь и т. п.). Согласно [Атлас промышленных ..., 1981] твердые частицы,



содержащиеся в выбросах указанных источников, в основном относятся к мелкодисперсным. Их вклад в загрязнение воздушного бассейна Белгорода твердыми частицами составляет 51,2 % от суммы всех твердых ЗВ, поступающих в атмосферу от стационарных источников. Из них на предприятия промышленности строительных материалов приходится более половины объема выбросов твердых ЗВ в атмосферный воздух (50,9 %), в т. ч. на высокие источники – 41,2 %, из которых преимущественно и выбрасываются МДЧ. Наибольшее количество источников, представленных в табл. 2 (23 из 35), расположено на промышленной площадке ЗАО «Белгородский цемент».

Таблица 2
Table 2

Перечень приоритетных источников выбросов промышленной пыли Белгорода, наиболее загрязняющих атмосферный воздух мелкодисперсными частицами
The list of priority sources of industrial dust emissions in Belgorod, making the greatest contribution to atmospheric air pollution by fine particles

Номер источника выбросов	Выброс твердых ЗВ, т/г	Вклад источника в суммарный выброс твердых ЗВ, %	Количество источников выбросов (в зависимости от высоты устья источника), шт.			
			Наземные (до 2 м)	Низкие (2–10 м)	Средние (10–50 м)	Высокие (> 50 м)
ЗАО «Белгородский цемент»						
1, 2, 3, 4, 5, 6	311,27	29,2	–	–	–	6
12, 13, 19, 21–24, 27–32, 46, 35, 37, 39, 55, 56, 82–84	94,858	8,9	–	–	17	–
Итого по предприятию:	406,128	38,1	–	–	17	6
АО «Стройматериалы»						
1	128,24	12,0	–	–	–	1
3, 4, 14, 15	1,91	0,2	–	–	4	–
Итого по предприятию:	130,15	12,2	–	–	4	1
АО «Белгородасбестоцемент»						
39–42	6,36	0,6	–	–	4	–
Итого по предприятию:	6,36	0,6	–	–	4	–
ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» (промышленная площадка по проспекту Б. Хмельницкого)						
25, 27, 1000	3,005	0,3	–	–	3	–
Итого по предприятию:	3,005	0,3	–	–	3	–
Итого по 4-м предприятиям	545,643	51,2	–	–	28	7

Таким образом, для оптимизации проведения сводных расчетов в базу параметров выбросов МДЧ из общего количества источников пылевых выбросов (1378 ед.) целесообразно включить только 35 источников четырех промышленных предприятий (ЗАО «Белгородский цемент», АО «Стройматериалы», АО «Белгородасбестоцемент», ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» (промышленная площадка по проспекту Богдана Хмельницкого)).

Для проведения сводных расчетов с учетом фоновых концентраций МДЧ нами также определены их величины (табл. 3) на основании данных территориального органа Росгидромета с использованием указанных в работе [Боровлев, 2020а] коэффициентов пересчета из TSP для PM10 и PM2.5. При этом, фоновые концентрации PM10 и PM2.5 рассчитаны только для стационарных постов (№№ 3, 6), которые находятся в зоне влияния выбросов четырех вышеуказанных промышленных предприятий.

Таблица 3
Table 3Фоновые концентрации PM10 и PM2.5 на стационарных постах Белгорода
Background concentrations of RM10 and PM2.5 at stationary posts in the city of Belgorod

Номер поста	Фоновые концентрации, мг/м ³					
	Максимальная разовая			Среднегодовая		
	TSP	PM10	PM2.5	TSP	PM10	PM2.5
3	0,251	0,1431	0,0703	0,1378	0,0785	0,0386
6	0,177	0,1009	0,0496	0,1068	0,0609	0,0299

В дальнейшем при проведении оценки риска для здоровья населения целесообразно использовать методы искусственного интеллекта, позволяющие обеспечить большую сходимость результатов расчетов и измерений.

В настоящее время разработаны нейросетевые корректирующие модели, способные повысить точность расчетов приземных концентраций по сравнению с МРРВ-2017 в несколько раз (в зависимости от вида примеси – от 4 до 19 раз). Для коррекции используются метеоданные и репрезентативная выборка расчетных и экспериментально измеренных значений ЗВ на автоматических станциях контроля. При коррекции из массива данных замеров исключаются измерения в периоды штиля и слабого ветра до 0,5 м/с. Для дальнейшего анализа из оставшегося массива отбираются измерения, выполненные при направлениях ветра, соответствующих переносу ЗВ с территории промышленного узла [Новикова и др., 2019; Новикова и др., 2020а, б].

Поскольку в Белгороде на ПНЗ практикуется ручной отбор проб воздуха, то для построения нейросетевых корректирующих моделей коррекции результатов расчетов рассеивания выбросов МДЧ предлагается использовать геоинформационную аналитическую систему «Эко-город» (ГИАС «Эко-город»), где предусматривается конвертация необходимых метеоданных и результатов измерений из форматов АИС Росгидромета [Чепелев, Боровлев, 2011].

Заключение

На основании проведенного исследования авторами сделаны следующие выводы:

1. Анализ распределения содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе Белгорода, полученного на основе картографирования результатов пересчета суммарной концентрации взвешенных частиц, определяемой на стационарных постах наблюдений, в значении PM10 и PM2.5 с использованием усредненного коэффициента, показывает, что превышения среднегодовых ПДК наблюдаются на всей территории жилой застройки по PM10 в 1,6–2,4 раза, а по PM2.5 – в 1,3–1,9 раза. Величины превышений ПДК МДЧ можно рассматривать как завышенные, т. к. они получены на основе данных мониторинга, при котором практикуется трехкратный ручной отбор проб воздуха. Поэтому в дальнейшем для оценки содержания МДЧ в атмосферном воздухе целесообразно использовать расчетную методику МРРВ-2017, предусматривающую для населенных пунктов проведение сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха.



2. Для оптимизации проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха предложено в базу параметров выбросов мелкодисперсных частиц из общего количества источников пылевых выбросов в количестве 1378 шт. включить только приоритетные источники выбросов промышленной пыли Белгорода (35 источников четырех промышленных предприятий: ЗАО «Белгородский цемент», АО «Стройматериалы», АО «Белгородасбестоцемент», ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»).

3. Для оценки риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды выбросами мелкодисперсных частиц целесообразно использовать нейросетевые корректирующие модели, позволяющие обеспечить большую сходимость результатов расчетных и измеренных концентраций загрязняющих веществ.

Список источников

- Атлас промышленных пылей. Ч II. Пыли предприятий металлургии, машиностроения и строительной промышленности. 1981. М., ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 39 с.
- ГОСТ Р 56929-2016. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Исследование фракционного состава пыли оптическим методом при нормировании качества атмосферного воздуха. 2019. М., Стандартинформ, 24 с.
- Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. Приказом Минприроды РФ от 06.06.2017 г. № 273). Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456074826?ysclid=loond8flh406440570> (дата обращения 29.06.2023).
- Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29.11.2019 № 813. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564067734?ysclid=looneeyhof132708382> (дата обращения 30.06.2023).
- РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (в ред. РД 52.04.667-2005). 2006. М., Росгидромет, 556 с.
- Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. 2004. Экологическая эпидемиология. М., Академия, 384 с.

Список литературы

- Боровлев А.Э. 2020а. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилой зоны Белгорода. Региональные геосистемы, 44(1): 97–103. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103>.
- Боровлев А.Э. 2020б. Проблемные вопросы оценки риска здоровью населения Белгородской области на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха. Управление городом: теория и практика, 4(38): 53–56.
- Волкодаева М.В., Гусева В.А. 2019. О легитимности методов наблюдений и корректности предоставления информации о состоянии окружающей среды. Вестник науки, 2(8(17)): 21–27.
- Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. 2019. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья. Гигиена и санитария, 98(1): 82–86. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86>.
- Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Кремлева Э.Ш., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. 2019. Использование нейросетевых технологий для зонирования территории на примере г. Казани. Вестник Технологического университета, 22(5): 128–131.
- Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Кузнецова О.Н. 2020а. Использование интеллектуальных расчетных методов для повышения точности результатов расчетного мониторинга основных компонентов выбросов г. Нижнекамска (сообщение 1). Вестник Технологического университета, 23(9): 89–92.

- Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Кузнецова О.Н. 2020б. Использование интеллектуальных расчетных методов для повышения точности результатов расчетного мониторинга основных компонентов выбросов г. Нижнекамска (сообщение 2). Вестник Технологического университета, 23(9): 96–99.
- Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. 2002. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М., НИИ ЭЧ и ГОС, 408 с.
- Рапопорт О.А., Копылов И.Д., Рудой Г.Н. 2012. О нормировании выбросов мелкодисперсных частиц. Экология производства, 8: 38–43.
- Чепелев О.А., Боровлев А.Э. 2011. Опыт создания специализированной геоинформационной системы для решения задач обработки данных экологического мониторинга на муниципальном уровне. Экологические системы и приборы, 9: 52–56.
- Borovlev A.E., Zelenskaya E.Ya. 2018. Use of the Air Pollution Summary Calculations for Industrial Emission Regulation in the City of Belgorod. Biogeosystem Technique, 5(2): 149–158. <https://doi.org/10.13187/bgt.2018.2.149>
- Gargava P., Chow J.C., Watson J.G., Lowenthal D.H. 2014. Speciated PM 10 Emission Inventory for Delhi, India. Aerosol and Air Quality Research, 14(5): 1515–1526. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2013.02.0047>
- Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. 2006. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 113 p.
- Said M. 2017. Analysing Temporal Trends in the Ratios of PM_{2.5}/PM₁₀ in the UK. Aerosol and Air Quality Research, 1: 34–48. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.02.0081>.
- Said M., Mayfield M., Coca D., Mihaylova L., Osammor O. 2020. Analysis of Air Pollution in Urban Areas with Airviro Dispersion Model – A Case Study in the City of Sheffield, United Kingdom" Atmosphere, 11(3): 285. <https://doi.org/10.3390/atmos11030285>.

References

- Borovlev A.E. 2020a. Investigations of Fine Particles Concentrations in the Atmospheric Air of Residential Areas of the City of Belgorod. Regional Geosystems, 44(1): 97–103 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103>
- Borovlev A.E. 2020b. Problematic Issues of Health Risk Assessment in the Belgorod Region Based on Summary Calculations of Air Pollution. Upravleniye gorodom: teoriya i praktika, 4(38): 53–56 (in Russian).
- Volkodaeva M.V., Guseva V.A. 2019. O legitimnosti metodov nablyudeniya i korrektnosti predstavleniya informatsii o sostoyanii okruzhayushchey sredy [On the Legitimacy of Observation Methods and the Correctness of Providing Information about the State of the Environment]. Vestnik nauki, 8(17): 21–27.
- Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Volkodaeva M.V., Yeregin G.B. 2019. The Improvement of Approaches to the Assessment of Effects of the Anthropogenic Air Pollution on the Population in Order to Management the Risk for Health. Hygiene and Sanitation, 98(1): 82–86. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86>.
- Novikova S.V., Tunakova Yu.A., Shagidullin A.R., Kremleva E.Sh., Valiev V.S., Gabdrakhmanova G.N., Kuznetsova O.N. 2019. Using Neural Network Technologies for Territory Zoning, Exemplified by Kazan, Russia. Herald of Technological University, 22(5): 128–131 (in Russian).
- Novikova S.V., Tunakova Yu.A., Shagidullin A.R., Kuznetsova O.N. 2020. The Harnessing of Intelligent Calculation Methods to Increase the Accuracy of Calculated Monitoring of the Main Emission Components of Nizhnekamsk (Message 1). Herald of Technological University, 23(9): 89–92 (in Russian).
- Novikova S.V., Tunakova Yu.A., Shagidullin A.R., Kuznetsova O.N. 2020. The Harnessing of Intelligent Calculation Methods to Increase the Accuracy of Calculated Monitoring of the Main Emission Components of Nizhnekamsk (Message 2). Herald of Technological University, 23(9): 96–99 (in Russian).
- Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. 2002. Osnovy otsenki riska dlya zdorovia naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv.



- zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Fundamentals of Risk Assessment for Public Health Under the Influence of Chemicals Polluting the Environment]. Moscow, Publ. Research Institute of EC and State, 408 p.
- Rapoport O.A., Kopylov I.D., Rudoy G.N. 2012. O normirovanii vybrosov melkdispersnykh chastits [On the Regulation of Emissions of Fine Particles]. *Ekologiya proizvodstva*, 8: 38–43.
- Chepelev O.A., Borovlev A.E. 2011. Experience in Creating a Specialized Geoinformation System for Solving the Tasks of Processing Environmental Monitoring Data at the Municipal Level. *Ecological Systems and Devices*, 9: 52–56 (in Russian).
- Borovlev A.E., Zelenskaya E.Ya. 2018. Use of the Air Pollution Summary Calculations for Industrial Emission Regulation in the City of Belgorod. *Biogeosystem Technique*, 5(2): 149–158. <https://doi.org/10.13187/bgt.2018.2.149>.
- Gargava P., Chow J.C., Watson J.G., Lowenthal D.H. 2014. Speciated PM 10 Emission Inventory for Delhi, India. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(5): 1515–1526. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2013.02.0047>.
- Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. 2006. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 113 p.
- Said M. 2017. Analysing Temporal Trends in the Ratios of PM_{2.5}/PM₁₀ in the UK. *Aerosol and Air Quality Research*, 1: 34–48. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.02.0081>.
- Said M., Mayfield M., Coca D., Mihaylova L., Osammor O. 2020. Analysis of Air Pollution in Urban Areas with Airviro Dispersion Model – A Case Study in the City of Sheffield, United Kingdom" *Atmosphere*, 11 (3): 285. <https://doi.org/10.3390/atmos11030285>.

*Поступила в редакцию 29.09.2023;
поступила после рецензирования 29.10.2023;
принята к публикации 09.11.2023*

*Received September 29, 2023;
Revised October 29, 2023;
Accepted November 09, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Боровлев Андрей Эдуардович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Andrey E. Borovlev, Candidate of Geographical Sciences, Docent of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Корнилов Андрей Геннадьевич, доктор географических наук, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Andrey G. Kornilov, Post-graduate Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Киселев Владислав Викторович, кандидат географических наук, преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

Vladislav V. Kiselev, Candidate of Geographical Sciences, Lecturer of the Department of Natural Sciences, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia



Зеленская Евгения Яковлевна, кандидат географических наук, инженер отдела нормирования источников загрязнения воздуха Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Evgeniya Ya. Zelenskaya, Candidate of Geographical Sciences, Engineer of the Department of Standardization of Air Pollution Sources of the Federal Regional Center for Aerospace and Ground Monitoring of Objects and Natural Resources, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia