



УДК 551.510.42

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ЗА СОБЛЮЖДЕНИЕМ НОРМАТИВОВ ВЫБРОСОВ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ГОРОДА БЕЛГОРОДА¹

**А.Э. Боровлев, С.А. Кунгурцев,
В.И. Соловьев, Л.В. Мигаль**

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

*E-mail: borovlev@bsu.edu.ru;
kungurtsev@bsu.edu.ru;
solovyev@bsu.edu.ru; migal@bsu.edu.ru*

Для оперативного контроля величин выбросов взвешенных частиц РМ_{2.5} и РМ₁₀ в атмосферу предложен методический подход, основанный на сопоставлении результатов лидарных измерений и математического моделирования распределения концентраций взвешенных частиц.

Ключевые слова: экологический контроль, промышленные выбросы, источник загрязнения атмосферы, взвешенные частицы, лидарные измерения.

Введение

В документах Европейского экономического сообщества многократно указывается важность организации наблюдений за концентрациями взвешенных частиц. Основанием для этого служат исследования, доказывающие их влияние на увеличение случаев смертности среди населения в связи с ростом концентраций взвешенных частиц, а также свидетельства, что взвешенные частицы содержат в своем составе многие вредные компоненты. В настоящее время становится все более общепринятым нормирование взвешенных частиц относительно тонких фракций. Здесь обязательным является измерение концентрации частиц с аэродинамическим диаметром до 10 мкм (РМ₁₀) (от «particulate matter») и фракции с аэродинамическим диаметром до 2,5 мкм (РМ_{2.5}). В России указанная норма была введена в действие в 2010 году гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.2604-10 [1]. С вводом в действие указанных ГН определена необходимость обеспечить качество атмосферного воздуха по РМ_{2.5} и РМ₁₀, а также контроль выбросов в атмосферу мелкодисперсных взвешенных частиц.

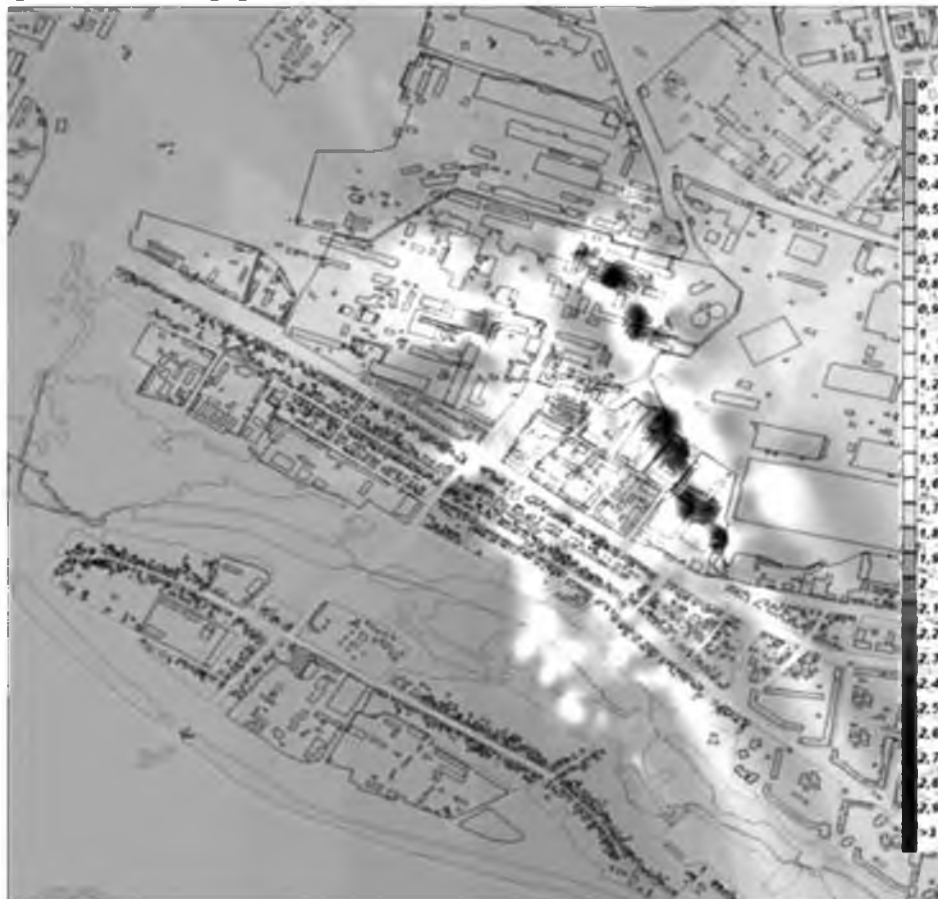
В г.Белгороде (площадь 15,31 тыс. га, численность населения 367,3 тыс. человек) в зону влияния мощных источников пылевых выбросов промышленности строительных материалов попадет около 70% жилой застройки. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы взвешенными частицами в г.Белгороде осуществляется на трех пунктах наблюдения Росгидромета, где концентрации пыли, определяемые массовым методом, характеризуют сумму взвешенных веществ. Анализ пыли на содержание в ней вредных примесей, а также взвешенных частиц РМ_{2.5} и РМ₁₀ не проводится и в ближайшей перспективе не планируется. Поэтому, оценка загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами РМ₁₀ и РМ_{2.5} с установлением вкладов источников выбросов в атмосферу промышленных предприятий, а также контроль наиболее мощных источников выбросов в атмосферу мелкодисперсных взвешенных частиц, является актуальной проблемой для г. Белгорода.

Для решения указанной проблемы нами предложено использовать многоволновые лазерные локаторы (лидары), способные обеспечить высокую оперативность измерений концентрации и спектра размеров взвешенных частиц для высоких источников выбросов. Данные многоволновых лидарных измерений содержат информацию не только о пространственном распределении взвешенных частиц, но также и их микрофизических параметрах, таких как функция распределения частиц по размерам в пределах 0,4–10 мкм [2].

В период с июля 2012 г. по апрель 2013 г. с проведены теоретические и экспериментальные исследования распределения взвешенных частиц в атмосферном воздухе города Белгорода и определению дисперсного состава пылегазовых выбросов мощных источников с использованием УСУ «Измерительный лидарный комплекс БелГУ», состоящий из двух лидаров – МВЛ-60 и МВЛ-60МОБ. Лидар МВЛ-60 расположен под куполом университета и позволяет оперативно, в течение одного часа провести измерения концентрации пыли в заданном секторе города на расстояниях до 10 км. В пределах северо-западного промышленного района

¹ Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт 14.518.11.7048.

г. Белгорода сосредоточено несколько предприятий, имеющих отношение к загрязнению атмосферы пылевым аэрозолем (ЗАО «Белгородский цемент», ОАО «Белгородасбестоцемент», ЗАО «Энергомаш(Белгород)», ЗАО «Гормаш», ОАО «Белгородстройдеталь», ООО «Линдор»). Наиболее мощными источниками загрязнения атмосферы пылевзвешенными частицами являются трубы вращающихся печей ЗАО «Белгородский цемент», высотой 65-98 м, работающие практически непрерывно.



В результате проведения лидарных измерений получены изображения распределения концентрации пылевого аэрозоля в выделенном районе исследований. Измерения проводились в промежутке времени между 12 и 14 часами дня. На рисунке 1 представлены результаты одного из сеансов наблюдений, полученных с помощью лидара МВЛ-60.

Рис. 1. Лидарные измерения 13 марта 2013 г.

Спектральный состав пыли, определенный с помощью лидара МВЛ60МОБ приведен на рисунке 2.

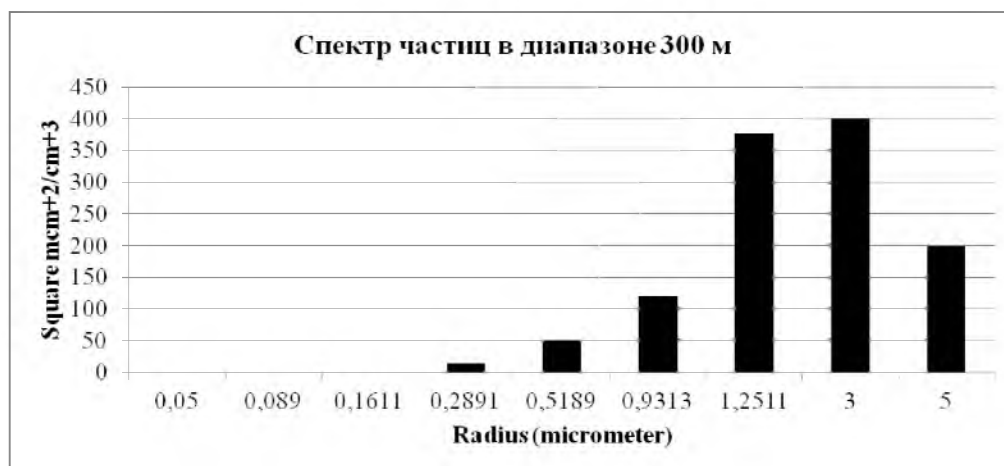


Рис. 2. Спектр размеров частиц, выпадающих из факелов высоких источников цементного завода на расстоянии 300 м

Для обработки результатов мониторинга аэрозольного загрязнения атмосферы города, проводимого посредством измерительного лидарного комплекса НИУ БелГУ, используется



специализированная программа «Скат» для ЭВМ (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2013610570 от 09.01.2013 г.). Программа предназначена для пространственно-временного анализа распределения взвешенных частиц над территорией промышленной зоны. Средствами разработанного программного обеспечения осуществляется визуализация результатов лидарных измерений на высоте 50 м в виде растровой модели совместно с электронной векторной картой местности, детектирование границ аэрозольного облака, соответствующих заданному пороговому значению концентрации загрязняющих веществ, построение 3D модели шлейфа взвешенных частиц в атмосфере по серии горизонтальных контуров (срезов).

Пространственная привязка результатов дистанционных лидарных измерений к векторной карте местности, в большинстве случаев, однозначно позволяет локализовать и выделить источник выбросов загрязняющих веществ, тем самым решая задачу, не решаемую «традиционными» методами контроля – идентификация предприятия с максимальной долей вклада в загрязнение атмосферы взвешенными частицами.

Для решения задачи оперативного контроля величин выбросов взвешенных частиц в атмосферу нами предложен методический подход, основанный на сопоставлении результатов дистанционного лидарного контроля и математического моделирования распределения концентраций взвешенных частиц. Для обеспечения визуализации и анализа результатов дистанционного лидарного контроля взвешенных частиц, ранжированных по контролируемым диапазонам размеров, доработана имеющаяся программа «Скат», а также расширен ее функционал (добавлен сервис расчета загрязнения атмосферы взвешенными частицами, содержащихся в выбросах высоких источников, по методике ОНД–86 [3]).

На рисунке 3 представлена обобщенная схема ресурсов разработанной программы, отображающая конфигурацию блоков данных и обрабатывающих блоков.

Аналитическая часть программного обеспечения на схеме представлена в виде пяти основных блоков. В программном коде Блока 1 реализованы сервисы по считыванию результатов лидарных измерений взвешенных частиц, дифференцированных по диапазонам размеров РМ_{2.5} и РМ₁₀, и представленных в виде пар значений «дистанция – концентрация» в бинарном файле. Программный модуль осуществляет пространственную привязку результатов измерений и наносит их на электронную векторную карту в виде семантических характеристик точечных объектов (реперов) пользовательского слоя. В Блоке 2 производится построение растровой модели распределения полей концентрации ЗВ в виде матрицы качеств, используя механизм двумерной интерполяции и, опираясь на измеренные значения в реперных точках, растровая модель строится отдельно для каждого из диапазонов размеров частиц РМ_{2.5}, РМ₁₀. Блок 3 детектирует контуры горизонтальных сечений аэрозольного шлейфа, согласно введенного оператором граничного значения концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе и визуализирует их на электронной векторной карте местности. Далее оператор производит идентификацию источника выбросов, информация о которых хранится в соответствующей БД, выбрав источник из списка возможных вариантов, определяемых как наименее удаленные от границ аэрозольного облака, с учетом направления ветра и высоты источника. В Блоке 4 осуществляется расчет максимальных значений концентраций взвешенных частиц от высоких источников с заданными параметрами источника выбросов и при известных метеоусловиях. Расчет осуществляется в пространстве по трем координатным осям согласно методике ОНД–86 [3]. Параметры источника выбросов, в том числе, мощность выброса, берутся из базы данных проекта ПДВ для предприятия. Метеоусловия принимаются равными на момент проведения сеанса лидарных измерений и определяются с помощью цифровой метеостанции. Функционал программы также позволяет решать и обратную задачу, а именно расчет фактической мощности выбросов источника по известному значению концентрации ЗВ в атмосферном воздухе. Сравнивая расчетные и нормативные значения мощностей выбросов высоких источников, а также концентрации взвешенных частиц, полученных с помощью дистанционных методов контроля и математического моделирования, можно сделать вывод о соответствии величин фактических выбросов нормативным и оценить их вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Таким образом, разработанное методическое и программное обеспечение обработки результатов лидарных измерений может быть применено для экологического контроля выбросов в атмосферу взвешенных частиц РМ_{2.5} и РМ₁₀ и оценки загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами РМ₁₀ и РМ_{2.5} с установлением вкладов источников выбросов в атмосферу промышленных предприятий.

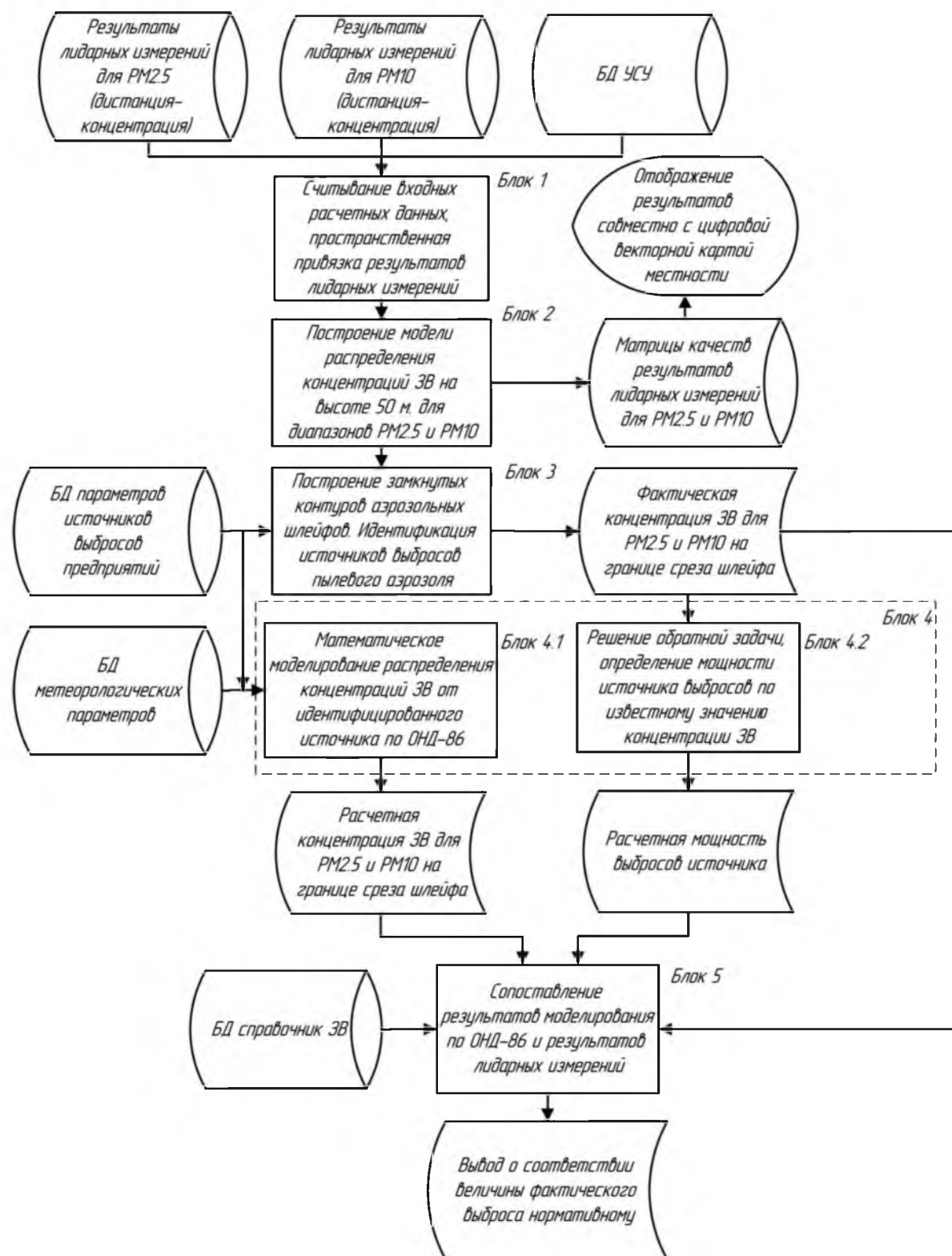


Рис. 3. Обобщенная схема ресурсов ПО обработки результатов лидарных измерений распределения в атмосферном воздухе взвешенных частиц PM_{2.5} и PM₁₀

Список литературы

1. Дополнения №8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19.04.2010 г. №26.



2. Боровлев А.Э., Кунгурцев С.А. Лидарный аппаратно-программный комплекс как элемент геоинформационной аналитической системы г.Белгорода. // Экологические системы и приборы. – 2008. – №11. С. 56–59.

3. ОНД–86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. М.: Госкомгидромет, 1987. – 93 с.

THE USE OF LIDAR MEASUREMENTS FOR THE ORGANIZATION OF MONITORING COMPLIANCE WITH STANDARDS OF EMISSIONS OF FINE PARTICULATE MATTER IN THE AMBIENT AIR OF THE CITY OF BELGOROD

**A.E. Borovlev, S.A. Kungurtsev,
V.I. Solovyev, L.V. Migal**

*Belgorod State National Research
University, 85, Pobedy St., Belgorod,
308015, Russia*

*E-mail: borovlev@bsu.edu.ru;
kungurtsev@bsu.edu.ru;
solovyev@bsu.edu.ru;
migal@bsu.edu.ru*

For an expeditious control of sizes of emissions of suspended particulate matter of PM_{2.5} and PM₁₀ in the atmosphere the methodical approach based on comparison of results of lidar measurements and mathematical modeling of distribution of concentration of suspended particles is offered.

Keywords: environmental control, industrial emissions, source of atmospheric pollution, particulate matter, lidar measurements.