



УДК 551.510.42:551.58(470.325)

## СОДЕРЖАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ МАЛОГО РАЗМЕРА В ВОЗДУШНЫХ МАССАХ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА В АТМОСФЕРЕ Г. БЕЛГОРОДА<sup>1</sup>

**С.А. Кунгурцев, М.Г. Лебедева,  
И.Р. Ляхов**

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

*E-mail: kungurtsev@bsu.edu.ru;  
lebedeva\_m@bsu.edu.ru;  
axrons15@yandex.ru*

В статье представлены результаты инструментальных наблюдений концентраций взвешенных частиц сверхмалого размера в атмосфере г. Белгорода. Определено различие в содержании сверхмалых взвешенных частиц в воздушных массах различного происхождения.

Ключевые слова: взвешенные частицы сверхмалого диаметра, климат, воздушные массы.

### Введение

Интерес к взвешенным частицам сверхмалого диаметра проявляют многие области науки. Это связано с повышенной активностью сверхмалых частиц в различных природных и антропогенных процессах, что отличает их от пылевых частиц большего размера. Именно сверхмалые частицы принимают активное участие в фотохимических реакциях в атмосфере, способствуя образованию смога. Сверхмалые частицы – наиболее биологически активная часть аэрозоля, за счет высокой проникающей способности, большой суммарной площади поверхности и специфического химического состава. По результатам некоторых исследований было выявлено еще одно свойство взвешенных частиц сверхмалых размеров – участие в парниковом эффекте наряду с парниковыми газами. Это открытие сделало изучение сверхмалых частиц одним из приоритетов в климатологии и физики атмосферы.

В связи с этим была поставлена следующая цель исследования – выявить особенности содержания и динамики взвешенных частиц малого размера в атмосфере Белгорода в различных типах воздушных масс.

Задачи исследования:

- 1) Провести анализ воздушных масс поступавших на территорию Белгородской области в теплый период 2009-2011 годов.
- 2) Проанализировать содержание взвешенных частиц сверхмалого диаметра в различных типах воздушных масс.
- 3) Охарактеризовать ход концентрации взвешенных частиц сверхмалого диаметра.

Как известно, воздушные массы разных типов имеют не только различные условия для рассеивания или накопления взвешенных веществ, но и характерные для каждого типа воздушной массы значения концентраций взвешенных веществ. Это обусловлено многими факторами, например, характером подстилающей поверхности в районе формирования воздушной массы, условиями для накопления взвешенных частиц в районе формирования и на пути следования воздушной массы, интенсивностью поступления взвешенных частиц в приземный слой [3].

Неблагоприятные метеорологические условия зависят от термодинамических характеристик воздушной массы, которая наблюдается в данный момент времени над регионом. На территорию Центрально-Черноземного района может происходить вынос воздушных масс из разных очагов формирования.

Континентальный арктический воздух формируется над льдами Арктики и поступает к нам через Карское море. Зимой континентальный арктический воздух устойчив. Летом и в переходные периоды, вторгаясь на континент, арктический воздух неустойчив, но подвергается быстрой трансформации.

Морской арктический воздух формируется в районе Шпицбергена. Перемещаясь над незамерзающим Норвежским морем, воздушная масса прогревается и на континент приходит неустойчивой. Летом, когда суша гораздо теплее моря, выход этого воздуха на континент приводит к увеличению неустойчивости.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. Госконтракт № 02.740.11.0675



Морской умеренный воздух на Европейскую территорию России распространяется из районов Северной Атлантики. В районе формирования воздушная масса неустойчива. При продвижении на континент в теплое время года, особенно летом, воздух прогревается, его неустойчивость увеличивается. В холодное время года при продвижении на континент приземный слой его значительно охлаждается от подстилающей поверхности и масса приобретает свойство устойчивой.

Континентальный умеренный воздух формируется над континентальными районами умеренных широт Европы. Летом неустойчив, зимой континентальный умеренный воздух устойчив.

Морской тропический воздух формируется в восточной части Центральной Атлантики (Азорский максимум), над Средиземным морем (в летнее время). Смещаясь на континент, морской тропический воздух становится неустойчивым, особенно летом.

Континентальный тропический воздух формируется над Сахарой и в Прикаспии. Над Европейской частью России встречается только летом и характеризуется достаточной устойчивостью.

В данной работе исследованы концентрации взвешенных частиц сверхмалого размера в воздушных массах разного генезиса в атмосфере Белгорода. Исходные материалы получены с помощью пылеанализатора DustTrak MODEL 8520, в котором используется принцип лазерной нефелометрии. Данный прибор позволяет отдельно определять содержание фракций 10 мкм, 4 мкм, 2.5 мкм и 1 мкм (стандарты PM10, PM2.5). Прибор установлен в «Федерально-региональном центре аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов (БелГУ)» [4, 6].

Анализ данных велся таким образом, чтобы максимально исключить влияние антропогенных источников взвешенных веществ в самом Белгороде, и сделать акцент на содержании аэрозоля в поступающей на территорию города воздушной массе.

Для проведения анализа содержания взвешенных веществ в атмосфере были уточнены типы воздушных масс, приходивших в район города Белгорода за тот или иной период. Достаточно достоверно тип воздушной массы можно определить по температуре на изобарической поверхности 850 гПа, являющейся основным признаком воздушной массы [1, 2]. Методика определения типа воздушной массы заключается в изучении карт Т850 и данных радиозондирования за интересующий период и сопоставление их с данными таблицы (Табл.1.)

Таблица 1.  
**Соответствие температуры на изобарической поверхности 850 гПа, основным атмосферным фронтам**

Период	Температура на арктическом фронте	Температура на полярном фронте
15.12-20.02	-16	0
21.02-15.03, 11.12-14.12	-15	+1
16.03-24.03, 05.12-10.12	-14	+2
25.03-05.04, 28.11-04.12	-13	+3
06.04-10.04, 23.11-27.11	-12	+4
11.04-13.04, 17.11-22.11	-11	+5
14.04-17.04, 11.11-16.11	-10	+6
18.04-20.04, 01.11-10.11	-9	+7
21.04-27.04, 24.10-31.10	-8	+8
28.04-30.04, 20.10-23.10	-7	+9
01.05-03.05, 11.10-19.10	-6	+10
04.05-06.05, 05.10-10.10	-5	+11
07.05-11.05, 27.09-04.10	-4	+12
12.05-17.05, 22.09-26.09	-3	+13
18.05-31.05, 16.09-21.09	-2	+14
01.06-08.06, 01.09-15.09	-1	+15
09.06-31.08	0	+16

2.). Взвешенные частицы меньших размеров (менее 2.5 мкм) имеют меньшую амплитуду значений в различных воздушных массах. Особенно это характерно для частиц сверхмалых размеров (менее 1 мкм), содержание которых в тропических и умеренных массах практически одинаково (0.010-0.008 мг/м<sup>3</sup>) но резко падает в арктических воздушных массах (0.002 мг/м<sup>3</sup>).

Первой задачей исследования было выявление содержания взвешенных частиц сверхмалого диаметра в воздушных массах разных типов. Статистическая обработка выявила, что существует тесная связь между температурой на изобарической поверхности 850 гПа и содержанием взвешенных частиц в приземном слое (коэффициент корреляции до 0.73).

Осреднение показателей содержания взвешенных веществ в атмосфере Белгорода дало следующие результаты для различных типов воздушных масс. Концентрация взвешенных частиц размером 10-2.6 мкм в воздушных массах различного происхождения закономерно падает от 0.015 мг/м<sup>3</sup> в континентальной тропической воздушной массе до 0,003 мг/м<sup>3</sup> в арктических массах (табл.

Таблица 2  
**Содержание взвешенных частиц  
 сверхмалого размера (менее 10 мкм)  
 в воздушных массах разного генезиса  
 в атмосфере города Белгорода**

?	Концентрации взвешенных частиц сверхмалого диаметра (менее 10 мкм) мг/м <sup>3</sup>		
	10-2.6 мкм	2.5-1.1 мкм	менее 1 мкм
кТВМ	0.015	0.012	0.010
мТВМ	0.014	0.011	0.010
кУВМ	0.013	0.011	0.010
мУВМ	0.010	0.008	0.008
кАВМ	0.003	0.003	0.002
мАВМ	0.003	0.002	0.002

На рисунке 1 представлен дневной ход концентрации взвешенных частиц малого размера в тропической воздушной массе. Из графика видно, что концентрации частиц диаметром 10-2.6 и 2.5 мкм имеют четкий максимум в утренние часы, но быстро снижается с увеличением высоты солнца, что свидетельствует о разрушении приземных инверсий или изотермий [5]. Концентрация взвешенных частиц размером менее 1 мкм имеет два максимума около 11 и 14-15 ч. В целом во второй половине дня наблюдается повышение концентрации взвешенных частиц всех размеров.

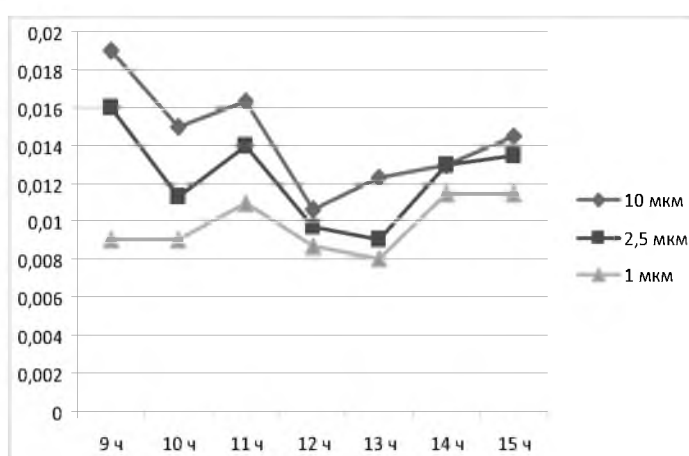


Рис. 1. Изменение концентрации взвешенных частиц малого размера (10-2.6; 2.5-1.1 и менее 1 мкм) в атмосфере г. Белгорода в тропической воздушной массе, мг/м<sup>3</sup>

Дневной ход концентрации взвешенных веществ в умеренной воздушной массе несколько отличается от такового в тропической массе. В целом умеренный воздух менее запылен. Как видно из графика (рис. 2) в умеренном воздухе создаются лучшие условия для рассеивания взвешенных веществ в часы прогрева и разрушения инверсии 11-13 ч.

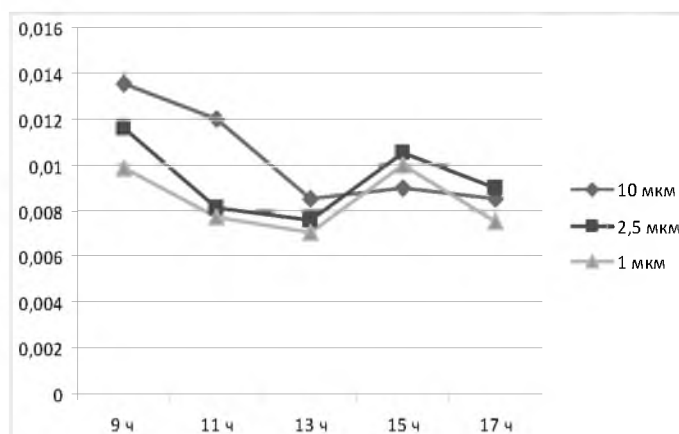


Рис. 2. Изменение концентрации взвешенных частиц малого размера (10-2.6; 2.5-1.1 и менее 1 мкм) в атмосфере г. Белгорода в умеренной воздушной массе, мг/м<sup>3</sup>

В это время различия в содержании аэрозоля в умеренной и тропической воздушной массе становятся максимальными. В дальнейшем, происходит рост концентрации взвешенных частиц сверхмалого диаметра (менее 2.5 мкм), их содержание в умеренной и тропической воз-

душных массах практически выравнивается. Это может говорить о поступлении аэрозоля из местных источников [5]. Роста содержания частиц диаметром 10–2.6 мкм после разрушения инверсии не наблюдается.

В арктической воздушной массе, в связи с высокой турбулентностью и неустойчивой стратификацией в теплое полугодие, утреннего максимума концентрации взвешенных частиц не наблюдается. Пик содержания взвешенных частиц приходится на 11 ч утра (до 0.009 мг/м<sup>3</sup>) и, видимо, связан с источниками загрязнения в черте города, активизирующиеся в эти часы.

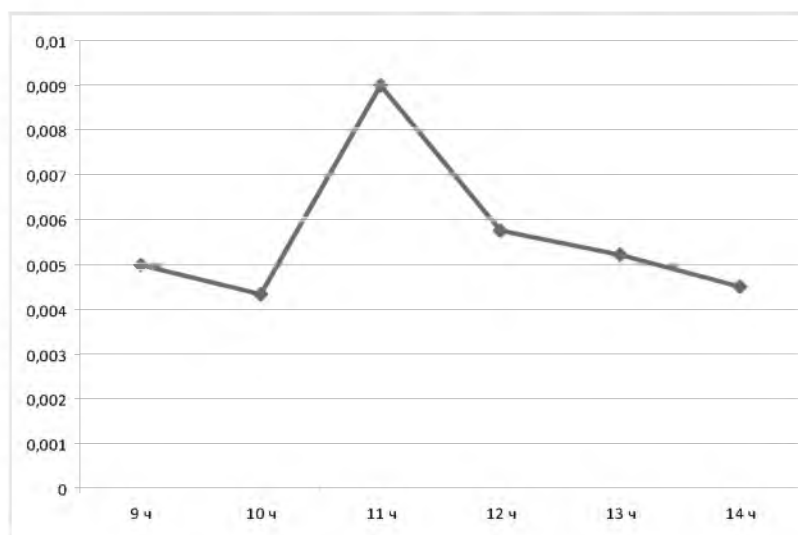


Рис. 3. Изменение концентрации взвешенных частиц малого размера (менее 10 мкм) в атмосфере г. Белгорода в арктической воздушной массе, мг/м<sup>3</sup>

По результатам проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Наблюдается запаздывание изменения концентраций взвешенных частиц малого диаметра по отношению ко времени адвекции теплой тропической воздушной массы. Запаздывание обычно не превышает одних суток.

2. Среднее фоновое содержание взвешенных веществ малого диаметра в г. Белгороде в тропической воздушной массе составило 0.014 мг/м<sup>3</sup>, в умеренной воздушной массе 0.012 мг/м<sup>3</sup>, в арктической воздушной массе 0.003 мг/м<sup>3</sup>.

3. Континентальные воздушные массы в целом имеют большую запыленность, чем морские. Но различия между морскими и континентальными массами одного типа незначительны. Это связано с положением Белгорода на большом удалении от морей, в результате чего морские воздушные массы успевают в значительной степени трансформироваться и приобрести свойства континентальности. Исключение составляет умеренная воздушная масса, где концентрация частиц диаметром 10–2.6 мкм сильно различаются в воздухе морского и континентального происхождения.

4. Концентрации взвешенных частиц сверхмалого диаметра в умеренных и тропических воздушных массах имеют схожий суточный ход – максимумы концентрации взвешенных частиц утром и в послеобеденное время – но тропический воздух в целом более запылен (фоновые концентрации сверхмалых частиц до 0.019 мг/м<sup>3</sup>).

5. В умеренной воздушной массе во второй половине дня содержание сверхмалых частиц превышает содержание частиц диаметром 10–2.6 мкм. Причина такого аномального хода концентраций в активизации источников взвешенных частиц сверхмалого диаметра, так как в естественных условиях концентрации более крупных частиц 10–2.6 мкм всегда больше концентраций более мелких – менее 2.5 мкм. В тропической массе также происходит сближение уровней содержания данных частиц, но превышения не происходит, что видимо связано с большей фоновой запыленностью тропической массы взвешенными частицами диаметром 10–2.6 мкм.

5. И в тропической, и в умеренной воздушных массах, во второй половине дня наблюдается повышение концентрации взвешенных частиц сверхмалого диаметра и выравнивание концентраций в обоих типах воздушных масс. Это свидетельствует об интенсивном поступлении аэрозоля из местных источников. В арктической воздушной массе, в связи с сильными и неустойчивой стратификацией в теплое полугодие, утреннего максимума концентрации взвешенных частиц не наблюдается.



### Список литературы

1. Архив погоды в Белгороде. // Расписание погоды [электронный ресурс]. – URL: <http://gp5.ru> (дата обращения 23.03.2012)
2. Бровкин В.В. Воздушные массы и атмосферные фронты // Метеоцентр. – 2006 [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteocenter.net/meteolib/vm.htm> (дата обращения 06.11.2011)
3. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Качество атмосферного воздуха в городах Центрально-Чернозёмного региона : учеб. пособие для вузов. – Белгород: Политерра, 2003. – 74 с.
4. Материалы наблюдений за содержанием взвешенных веществ в атмосфере города Белгорода Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов (БелГУ).
5. Стулов Е.А., Плауде Н.О., Монахова Н.А. Влияние условий погоды на характеристики аэрозоля в приземном слое атмосферы // Метеорология и Гидрология. – 2010. – № 2. – С. 26-34.
6. Аносов Л.В., Боровлев А.Э., Кунгурцев С.А. Оперативный контроль состояния атмосферы с помощью измерительного комплекса Центра коллективного пользования Белгородского государственного университета // Интеграл. – 2008. – № 3. – С. 26-28.

## CONTENT OF THE SUSPENDED PARTICLES OF THE SMALL DIMENSION IN AIR MASSES OF VARIOUS GENESIS IN ATMOSPHERE OF BELGOROD

**S.A. Kungurtsev, M.G. Lebedeva,**

**I.R. Lyakchov**

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

*E-mail: kungurtsev@bsu.edu.ru;  
lebedeva\_m@bsu.edu.ru;  
axrons15@yandex.ru*

The paper presents the results of tool observation of concentration of the suspended minute particles in the atmosphere of Belgorod. Distinction in the content of the suspended minute particles in air masses of the various origin is defined.

Key words: the suspended minute particles, climate, air masses.