



УДК 551.502 (470.325)

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ САМООЧИЩЕНИЯ  
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****METEOROLOGICAL POTENTIAL OF ATMOSPHERE SELF-CLEANING IN  
THE BELGOROD REGION****О.В. Крымская, М.Г. Лебедева, И.В. Бузакова, Е.Ю. Сторожилова  
O.V. Krymskaya, M.G. Lebedeva, I.V. Buzakova, E.Y. Storogilova**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
Belgorod State National Research University, 85, Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: krymskaya@bsu.edu.ru, lebedeva\_m@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* С использованием данных приземных метеорологических наблюдений суточной размерности Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, изучены метеорологические условия рассеивания примесей на территории Белгородской области и установлены внутриобластные различия данных характеристик. Наиболее неблагоприятные параметры формируются в течение всего года на северо-востоке региона, где в районе освоения КМА наблюдается значительная концентрация населения и промышленных объектов, что требует от контролирующихся природоохранных организаций дополнительных мер контроля за экологической ситуацией.

*Resumé.* The problem of air quality is actual due to the need to ensure favorable living conditions of the population and the preservation of ecosystems. In the previously adopted techniques experts in the physics of the atmosphere considered the so-called "air pollution potential", taking into account the meteorological characteristics of the surface air and vertical stratification of the atmosphere. Now due to the reduction of points and the frequency of aerological atmospheric sounding it is not possible to use information about the vertical distribution of temperature with the required discreteness. Specialists began to develop criteria to assess the potential accumulation of pollutants in air on the basis of data of surface meteorological observations.

As initial materials, daily data from daily dimension of the Belgorod center for Hydrometeorology and environmental monitoring during 1998-2010 years were used.

Annual variations of the coefficient of self-purification of  $K'm$  allows to identify seasonal patterns of accumulation and dispersion of pollutants. Favorable conditions for their dispersion ( $K'm \geq 1.2$ ) at all points observed in May – June, in some areas this period increases. In Bogoroditskoye Fenino it lasts from April to September, in Belgorod – from April to August, in Novy Oskol from April to July. The length of the periods of conditions adverse for dispersion of pollutants was also different in these areas ( $K'm < 0.8$ ): in Belgorod it was 4 months (October to January), in Bogoroditskoye Fenino – 5 months (October to February), in Gotnya – six months (September to February), in Novy Oskol and Valuyki – 8 months (August to March).

*Ключевые слова:* загрязнение атмосферного воздуха, метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, коэффициент самоочищения атмосферы.

*Key words:* air pollution, meteorological self-cleaning capacity of the atmosphere, self-purification of the atmosphere factor.

---

### **Введение**

Проблема качества атмосферного воздуха является актуальной в связи с необходимостью обеспечения благоприятных условий проживания населения и сохранения экосистем. Влияние различных видов хозяйственной деятельности в староосвоенном регионе на окружающую среду – один из главных, но не единственный фактор, под влиянием которого формируется определенный уровень загрязнения атмосферы [Корнилов и др., 2005; Чендев, Петин, 2006]. Немаловажное значение при этом имеют природные факторы, главным из которых является способность атмосферы к самоочищению [Лебедева, Крымская, 2003, 2010]. В ранее принятых методиках специалисты по физике атмосферы рассматривали так называемый «потенциал загрязнения атмосферы», учитывающий климатические характеристики приземного воздуха и вертикальную стратификацию атмосферы [Атлас ..., 2005; Безуглая, 1980]. В настоящее время из-за сокращения пунктов и частоты аэрологического зондирования атмосферы не представляется возможным использовать информацию о вертикальном распределении температуры с необходимой дискретностью. Специалисты стали разрабатывать критерии оценки потенциального накопления поллютантов в атмосферном воздухе на основе данных приземных метеорологических наблюдений.

### Объекты и методы исследования

Целью работы является исследование динамики атмосферных характеристик, определяющих способность атмосферы как к накоплению, так и к рассеиванию примесей в промышленных центрах Белгородской области в начале текущего столетия.

В качестве исходных материалов использованы данные приземных метеорологических наблюдений суточной размерности Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция Богородицкое Фенино, расположенная на севере области, Готня – на западе, Белгород – в центре, Новый Оскол – на востоке и Валуйки – на юго-востоке области) за период 1998–2010 гг.

Для оценки экологического состояния атмосферы был предложен коэффициент самоочищения, разработанный Т.С. Селегей [Селегей, 1989], с учетом изменений, сформулированных С.С. Андреевым [Андреев, 2010].

Коэффициент самоочищения атмосферы ( $K_M$ ) по методике Т.С. Селегей определяется как отношение повторяемости условий, способствующих накоплению примесей (слабых ветров и туманов) к повторяемости условий, содействующих удалению примесей (сильных ветров и осадков).

$$K_M = (P_{сл} + P_{тум}) / (P_{сил} + P_{ос}), \quad (1)$$

где  $P_{сл}$  – повторяемость слабого ветра (0–1 м/с);  $P_{сил}$  – повторяемость скорости ветра  $\geq 6$  м/с;  $P_{тум}$  – повторяемость туманов;  $P_{ос}$  – повторяемость осадков  $\geq 0.5$  мм.

С.С. Андреев при расчете потенциала самоочищения атмосферы предложил вместо повторяемости туманов учитывать повторяемость среднесуточной относительной влажности  $\geq 80\%$  ( $P_{f \geq 80\%}$ ).

Очевидно, что в предложенной формуле  $K_M$  характеризует условия накопления примесей, а не рассеивания. Поэтому Ю.П. Переведенцев [Переведенцев, Хабутдинов, 2012] предложил оценивать способность атмосферы к самоочищению с помощью коэффициента, рассчитываемого по следующей формуле:

$$K'_M = (P_{сил} + P_{ос}) / (P_{сл} + P_{f \geq 80\%}). \quad (2)$$

Количественная оценка метеорологических условий по критерию  $K'_M$ :  $K'_M < 0.8$  – неблагоприятные условия для рассеивания;  $0.8 \leq K'_M \leq 1.2$  – ограниченно благоприятные условия рассеивания;  $K'_M > 1.2$  – благоприятные условия самоочищения атмосферы.

Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы учитывает факторы, способствующие как загрязнению атмосферы, так и ее самоочищению. Чем больше по абсолютной величине метеорологический потенциал самоочищения атмосферы  $K'_M$ , тем лучше условия для рассеивания примесей в атмосфере. Если  $K'_M$  больше 1, то повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, содействующих накоплению в ней вредных веществ. Если  $K'_M$  меньше 1, то преобладают процессы, способствующие накоплению загрязняющих веществ.

За период 1998–2010 гг. для исследуемых пунктов по методике Ю.П. Переведенцева рассчитан метеорологический потенциал самоочищения атмосферы (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Среднегодовые значения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы в городах Белгородской области за период 1998–2010 гг.**  
**Annual averages of meteorological potential of self-cleaning of the atmosphere in the cities of the Belgorod region during 1998–2010**

Годы	Белгород	Б.-Фенино	Готня	Новый Оскол	Валуйки
1998	1.68	0.88	0.84	1.64	0.63
1999	1.62	0.76	0.84	0.73	0.56
2000	0.93	0.97	0.64	0.61	0.60
2001	1.38	1.02	0.72	0.68	0.73
2002	1.54	1.18	1.10	0.71	1.45
2003	2.08	1.26	1.43	0.80	0.79
2004	1.24	0.89	0.76	0.73	0.57



Окончание табл. 1

End of table 1

2005	1.60	1.17	1.14	0.76	0.86
2006	0.84	0.97	0.94	0.78	0.79
2007	2.43	1.68	1.02	0.95	1.21
2008	1.74	0.77	1.23	0.92	0.62
2009	2.63	1.93	1.33	0.98	0.74
2010	2.43	0.86	1.33	1.03	0.64

Изменчивость среднегодовых значений  $K'm$  находится в интервале 0.56–2.63. Максимальная изменчивость среднегодовых значений коэффициента самоочищения отмечена в Белгороде (1.7), минимальная – в Готне (0.79) и Валуйках (0.89). Подобные различия обусловлены как орографией местности, так и территориальными различиями в повторяемости элементов циркуляции атмосферы [Лебедева, Крымская, 2008].

Следует отметить, что предлагаемый метод определения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы достаточно информативен и может заменить применение расчетной климатической характеристики потенциала загрязнения атмосферы в условиях сокращения аэрологического зондирования. Территориальные распределения упомянутых характеристик совпадают [Атлас ..., 2005].

Наглядное представление о распределении различных условий для рассеивания примесей в среднем за год даёт рисунок.

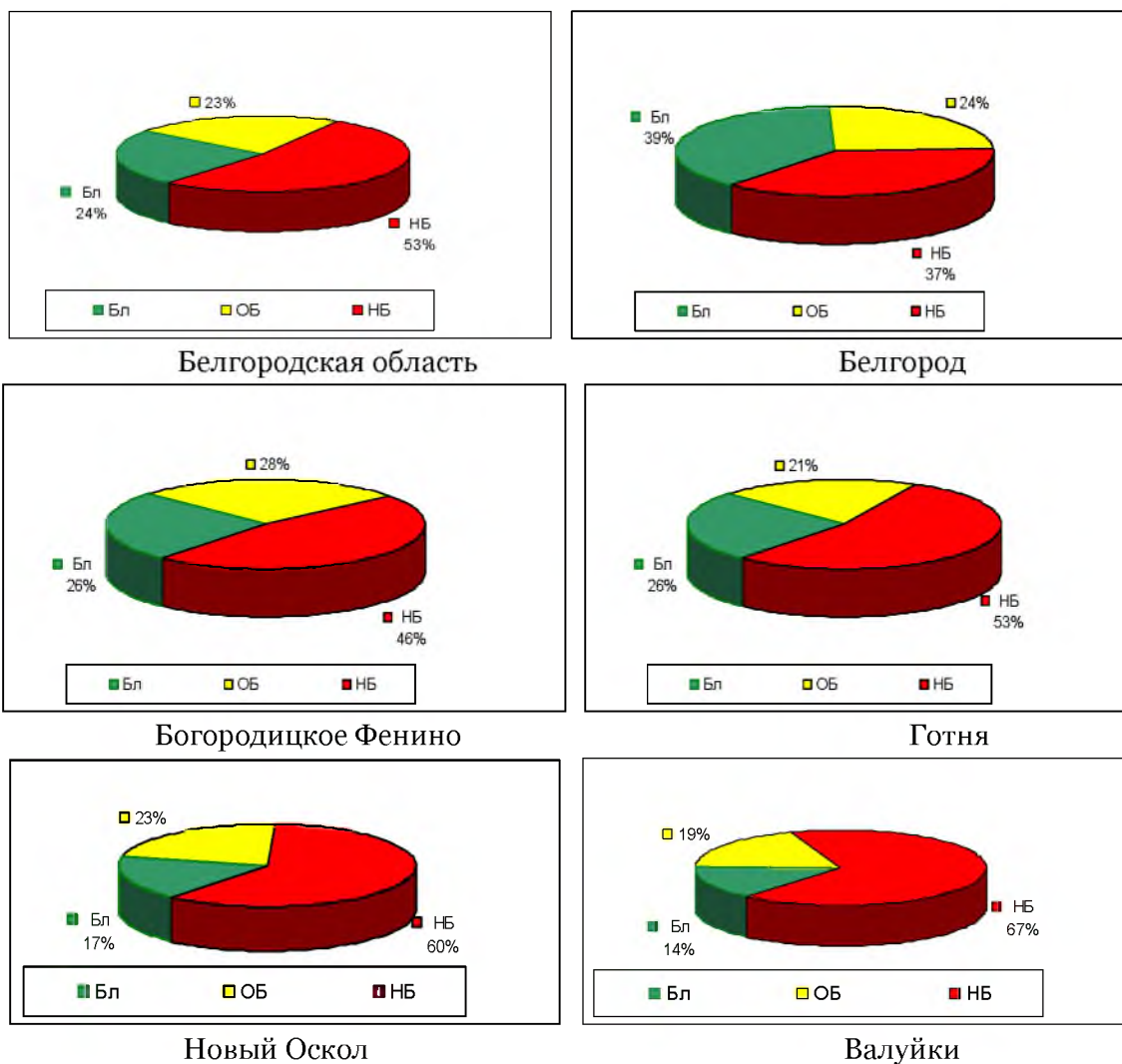


Рис. Повторяемость различных условий для рассеивания примесей:  
 Бл – благоприятные, ОБ – ограниченно благоприятные, НБ – неблагоприятные  
 Fig. Repeatability of various conditions for dispersion of pollutants:  
 Бл – favorable, ОБ – partially favorable, НБ – unfavorable



Исследуемые пункты разделились на три группы: в первую группу можно отнести Белгород, где благоприятные для рассеивания примесей условия наблюдаются в среднем в 39% случаев; вторую группу составляют Готня и Богородицкое Фенино, где такие условия фиксируются в 26% случаев; в Новом Осколе и Валуйках благоприятные условия для рассеивания примесей отмечаются ещё реже – в 17 и 14% случаев соответственно.

Годовой ход коэффициента самоочищения  $K'm$  (табл. 2) позволяет выявить сезонные особенности накопления и рассеивания примесей. Благоприятные условия для их рассеивания ( $K'm \geq 1.2$ ) во всех пунктах наблюдаются в мае – июне, в отдельных пунктах этот период увеличивается: так в Богородицком Фенино он продолжается с апреля по сентябрь, в Белгороде – с апреля по август, в Новом Осколе – с апреля по июль. Различными для этих пунктов оказались и продолжительности периодов неблагоприятных условий для рассеивания примесей ( $K'm < 0.8$ ): в Белгороде он составил 4 месяца (с октября по январь), в Богородицком Фенино – 5 месяцев (с октября по февраль), в Готне – полгода (с сентября по февраль), в Новом Осколе и Валуйках – 8 месяцев (с августа по март).

Таблица 2  
Table 2

**Среднемесячные значения коэффициента самоочищения атмосферы в городах  
Белгородской области (период осреднения 1998–2010 гг.)  
Monthly average values of the coefficient of self-cleaning of the atmosphere in the cities of  
Belgorod region (averaging period 1998–2010)**

Месяцы	Белгород	Б.-Фенино	Готня	Новый Оскол	Валуйки
Январь	0.63	0.54	0.44	0.48	0.38
Февраль	0.85	0.73	0.58	0.59	0.46
Март	1.08	0.89	0.87	0.75	0.65
Апрель	2.33	1.41	1.52	1.3	1.16
Май	3.11	2.78	2.00	1.72	1.98
Июнь	3.11	1.57	2.49	1.72	1.27
Июль	3.01	1.33	1.06	1.38	1.43
Август	3.46	1.26	1.32	0.65	0.60
Сентябрь	1.12	1.22	0.72	0.59	0.47
Октябрь	0.68	0.56	0.52	0.48	0.35
Ноябрь	0.52	0.42	0.43	0.42	0.30
Декабрь	0.54	0.55	0.35	0.41	0.35
Год	1.70	1.10	1.03	0.87	0.78

В целом за год для Белгорода  $K'm = 1.7$  указывает на условия, благоприятные для самоочищения атмосферы города. Для Богородицкого Фенино, Готни и Нового Оскола условия для рассеивания примесей оцениваются как ограниченно благоприятные, а для Валук ( $K'm = 0.78$ ) – как неблагоприятные.

Повторяемость скоростей ветра  $\geq 6$  м/с примерно равна повторяемости штилей в течение всего года, что не влияет на сезонные изменения условий, определяющих процессы самоочищения атмосферы. На межсезонные различия влияют условия выпадения атмосферных осадков (интенсивность ливневых осадков выше в теплый период) и относительная влажность воздуха, которая выше в холодное время года. Совокупность всех этих факторов определила сезонную динамику коэффициента самоочищения атмосферы.

**Выводы**

Метод определения метеорологического потенциала самоочищения атмосферы позволяет в оперативном режиме оценить меняющиеся климатические условия, определяющие помимо номенклатуры выбросов, расположения промышленных предприятий и потоков автотранспорта, степень загрязнения атмосферного воздуха.



Изменчивость коэффициента самоочищения атмосферы существенно различается как внутрисезонно по территории области, так и пространственно. Наиболее неблагоприятные параметры формируются в течение всего года на северо-востоке региона, где в районе освоения КМА наблюдается значительная концентрация населения и промышленных объектов, что требует от контролирующих природоохранных организаций дополнительных мер контроля за экологической ситуацией.

Учитывая плотность расположения предприятий-загрязнителей на северо-востоке области, связанных с добычей и переработкой железной руды в районе Губкинского-Старооскольской агломерации, наличия крупных населённых пунктов, попадающих в зону влияния объектов КМА (г.г. Старый Оскол и Губкин), близкое расположение территории заповедника Белогорье (участок Ямская степь), природоохранным организациям необходимо уделять особое внимание постоянному выполнению комплекса природоохранных мероприятий, связанных со снижением выбросов вредных веществ в атмосферу именно в этой части области.

### Список литературы Reference

1. Андреев С.С. 2010. Климатический ресурс и комфортность территории Южного федерального округа России. Автореф. дис. ... докт. географ. наук. Санкт Петербург, 37.  
Andreev S.S. 2010. Klimaticheskij resurs i komfortnost' territorii Juzhnogo federal'nogo okruga Rossii [Resource and climatic comfort in the southern Federal district of Russia]. Abstract. dis. ... doct. geograph. sciences. St. Petersburg, 37. (in Russian)
2. Атлас Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области. 2005. Белгород, БГУ, 179.  
Atlas Prirodnye resursy i jekologicheskoe sostojanie Belgorodskoj oblasti [The Atlas of Natural resources and the ecological state of the Belgorod region]. 2005. Belgorod, BSU, 179. (in Russian)
3. Безуглая Э.Ю. 1980. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л., Гидрометеиздат, 184.  
Bezuglaya, E. Y. 1980. Meteorologicheskij potencial i klimaticheskie osobennosti zagrjaznenija vozduha gorodov [The potential meteorological and climatic features of urban air pollution]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 184. (in Russian)
4. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н.В. 2005. Проблемы экологической безопасности Белгородской области и управления рациональным природопользованием. Проблемы региональной экологии, (6): 38–52.  
Kornilov A.G., Petin A.N., Nazarenko N.V. 2005. The problems of ecological safety of the Belgorod region administration and environmental management. Problemy regional'noy ekologii [Regional environmental issues], (6): 38–52. (in Russian)
5. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2003. Экология региона. Ч. 1. Качество атмосферного воздуха в городах Центрально-Черноземного региона. Белгород, «Политерра», 74.  
Lebedeva M.G., Krymskaya O.V. 2003. Jekologija regiona. Ch. 1. Kachestvo atmosfernogo vozduha v gorodah Central'no-Chernozemnogo regiona [The ecology of the region. Part 1. Air quality in the cities of Central Chernozem region]. Belgorod, "Politerra", 74. (in Russian)
6. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2008. Экология региона. Ч. 3. Экологическая климатология и климатические ресурсы Центрально-Черноземного региона. Белгород, Изд-во БелГУ, 196.  
Lebedeva M.G., Krymskaya O.V. 2008. Jekologija regiona. Ch. 3. Jekologicheskaja klimatologija i klimaticheskie resursy Central'no-Chernozemnogo regiona [The ecology of the region part 3. Ecological climatology and climate resources of the Central Chernozem region]. Belgorod, Izd-vo BelGU, 196. (in Russian)
7. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2010. Оценка химической активности атмосферы в промышленных центрах Белгородской области. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 10 (3): 117–122.  
Lebedeva M. G., Krymskaya O. V. 2010. Evaluation of chemical activity of the atmosphere in the industrial centers of the Belgorod region. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 10 (3): 117–122. (in Russian)
8. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г. 2012. Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия. Вестник Удмуртского университета, 3: 23–28.



Perevedentsev Yu.P., Khabutdinov Y.G. 2012. Meteorological potential of self-purification and the quality of atmospheric air in Kazan in recent decades. Vestnik Udmurtskogo universiteta [Bulletin of Udmurt University], 3: 23–28. (in Russian)

9. Селегей Т.С. 1989. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района. Труды Западно-Сибирского регионального НИИ Госкомгидромета, 86: 84–89.

Seleguei T.S. 1989. Meteorological potential of atmosphere self-cleaning of the Siberian economic region. Trudy Zapadno-Sibirskogo regional'nogo NII Goskomgidrometa, 86: 84–89. (in Russian)

10. Чендев Ю.Г., Петин А.Н. 2006. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). М., Изд-во Московского университета, 122.

Chendev Yu. G., Petin A. N. 2006. Estestvennyye izmeneniya i tehnogennaya transformaciya komponentov okruzhajushhej sredy staroosvoennyh regionov (na primere Belgorodskoj oblasti) [Natural changes and anthropogenic transformation of the components of the environment long developed regions (with reference to Belgorod region)]. Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta, 122. (in Russian)