

УДК 551.502(470.325)

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-1-107-117

Влияние синоптических условий на содержание загрязняющих веществ в атмосфере г. Белгорода

Талалай Т.О., Лебедева М.Г., Крымская О.В., Крымская А.А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: lebedeva_m@bsu.edu.ru

Аннотация. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах формируется под влиянием объемов выбросов стационарных и передвижных источников, рассеивающей способности атмосферы в конкретный период, физико-географических особенностей местности. Современные климатические условия характеризуются тем, что неблагоприятные метеоусловия, способствующие накоплению примесей в атмосфере (НМУ) отмечаются в теплое время года – 68,9 % из них зафиксировано с апреля по август. За исследуемый период (2009–2018 гг.) в изменении метеорологических характеристик, определяющих процесс накопления поллютантов в атмосфере города, отмечен лишь один статистически значимый тренд (на уровне 95 %), характеризующий уменьшение повторяемости слабых ветров. В условиях антициклональной погоды при формировании НМУ в Белгороде были отмечены случаи превышения ПДКс.с. взвешенных веществ. 87 % случаев превышения ПДКс.с. зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 29 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация взвешенных веществ зафиксирована в 2018 году – 1,39 ПДК. За этот же период в периоды НМУ в Белгороде было отмечено 45 случаев превышения ПДКс.с. диоксида азота. 82 % случаев превышения ПДКс.с. зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 22 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация зафиксирована в 2014 г. – 1,31 ПДК. В дни НМУ концентрация аммиака по г. Белгороду в 2013–2015 гг. превысила ПДК в 8 случаях. Наибольшая концентрация была отмечена в 2015 г. – 1,11 ПДК. В последующие годы превышений ПДК по аммиаку не отмечалось, причиной чего является закрытие завода лимонной кислоты. Для оценки влияния циклональных условий погоды на концентрации примесей загрязняющих веществ был проанализирован уровень загрязнения воздуха в Белгороде в дни с интенсивными осадками (> 10 мм за сутки). Анализ статистических связей между концентрациями загрязняющих веществ и метеорологическими параметрами в период выпадения интенсивных осадков позволил выявить среднюю корреляционную зависимость между содержанием взвешенных веществ и направлением ветра ($r = 0,55$), слабую корреляцию между концентрацией оксида углерода и направлением ветра, коэффициент корреляции ($r = 0,48$); высокая корреляционная связь с отрицательным значением прослеживается между скоростью ветра и аммиаком: коэффициент корреляции ($r = -0,72$).

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, концентрация загрязняющих веществ, предельно допустимые концентрации (ПДК, ПДКсс), синоптические условия, неблагоприятные метеоусловия.

Для цитирования: Талалай Т.О., Лебедева М.Г., Крымская О.В., Крымская А.А. 2021. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере города Белгорода в различных синоптических условиях. Региональные геосистемы, 45(1): 107–117. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-1-107-117

Influence of synoptic conditions on the content of pollutants in the atmosphere of Belgorod

Tatiana O. Talalay, Maria G. Lebedeva, Olga V. Krymskaya, Anna A. Krymskaya

Belgorod National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: lebedeva_m@bsu.edu.ru

Abstract. During the study period, in the change in meteorological characteristics that determine the process of accumulation of pollutants in the atmosphere of the city, only one statistically significant trend (at the 95 % confidence level) was noted, characterizing a decrease in the frequency of weak winds. For the study period (2009–2018) during the periods of unfavorable meteorological condition in Belgorod, there were cases of exceeding the maximum permissible concentration. suspended solids. 87 % of cases of exceeding MPC registered from April to October, of which 29 % were in October. The highest concentration of suspended solids was recorded in 2018 – 1.39 MPC. During the same period, during the periods of NMU in Belgorod, 45 cases of exceeding the MPC were noted. nitrogen dioxide. In 82 % of cases of exceeding the maximum permissible concentration. registered from April to October, of which 22 % were in October. The highest concentration was recorded in 2014 – 1.31 MPC. During the days of the, the concentration of ammonia in Belgorod in 2013–2015 exceeded the MPC in 8 cases. The highest concentration was recorded in 2015 – 1.11 MPC. In subsequent years, no excess of the maximum permissible concentration for ammonia was noted, the reason for which is the closure of the citric acid plant. To assess the effect of cyclonic weather conditions on the concentration of pollutant impurities, the level of air pollution in Belgorod was analyzed on days with intense precipitation (> 10 mm per day). The analysis of statistical relationships between the concentrations of pollutants and meteorological parameters during the period of intense precipitation made it possible to reveal the average correlation between the content of suspended solids and the direction of the wind ($r = 0.55$), a weak correlation between the concentration of carbon monoxide and the direction of the wind, the correlation coefficient ($r = 0.48$); a high correlation with a negative value is traced between wind speed and ammonia: the correlation coefficient ($r = -0.72$).

Key words: air pollution, concentration of pollutants, maximum permissible concentrations, synoptic conditions, unfavorable meteorological condition.

For citation: Talalay T.O., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Krymskaya A.A. 2021. The content of pollutants in the atmosphere of the city of Belgorod in various weather conditions. Regional Geosystems, 45(1): 107–117. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-1-107-117

Введение

Изучение влияния синоптических условий на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере позволяет прогнозировать экологическую ситуацию в городе, что необходимо для формирования комфортной среды проживания. Особенно это важно для городов, где на сравнительно небольшой площади концентрируется население, большое количество автотранспорта и предприятий [Исаев, 2001; Аджиев и др., 2017; Географический атлас..., 2018].

Климат Белгорода характеризуется умеренной континентальностью: жарким летом и сравнительно холодной зимой. Особенности климатических условий региона позволяют оценить потенциал загрязнения атмосферы города как умеренный, что означает, что в разные периоды года здесь создаются примерно одинаковые условия как для рассеивания, так и для накопления примесей в приземном слое воздуха [Безуглая, 1980; Безуглая и др., 2013; Крымская и др., 2016; Лебедева и др., 2017].

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах формируется под влиянием объемов выбросов стационарных и передвижных источников, рассеивающей способности атмосферы, особенностей рельефа, наличия древесной растительности, водных объектов. При постоянных параметрах выбросов решающее значение для роста приземных концентраций

примесей играют метеорологические условия. В периоды неблагоприятных условий для рассеивания примесей происходит рост концентраций загрязняющих веществ [Климатические характеристики..., 1983; Безуглая, Смирнова, 2008; Акимов и др., 2011].

Целью данной работы является оценка вклада метеорологических условий и характерных синоптических ситуаций в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха Белгорода.

Объекты и методы исследования

Сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городе Белгороде представлена четырьмя стационарными постами: ПНЗ № 3, ПНЗ № 6, ПНЗ № 7, ПНЗ № 8 (ПОСТ №3 – «Автомобильный», пр. Богдана Хмельницкого 79; ПОСТ №6 – «Жилой», ул. Шершнева 2; ПОСТ №7 – «Жилой», ул. Мокроусова 6; ПОСТ №8 – «Промышленный», ул. Макаренко 18) (см. рисунок).

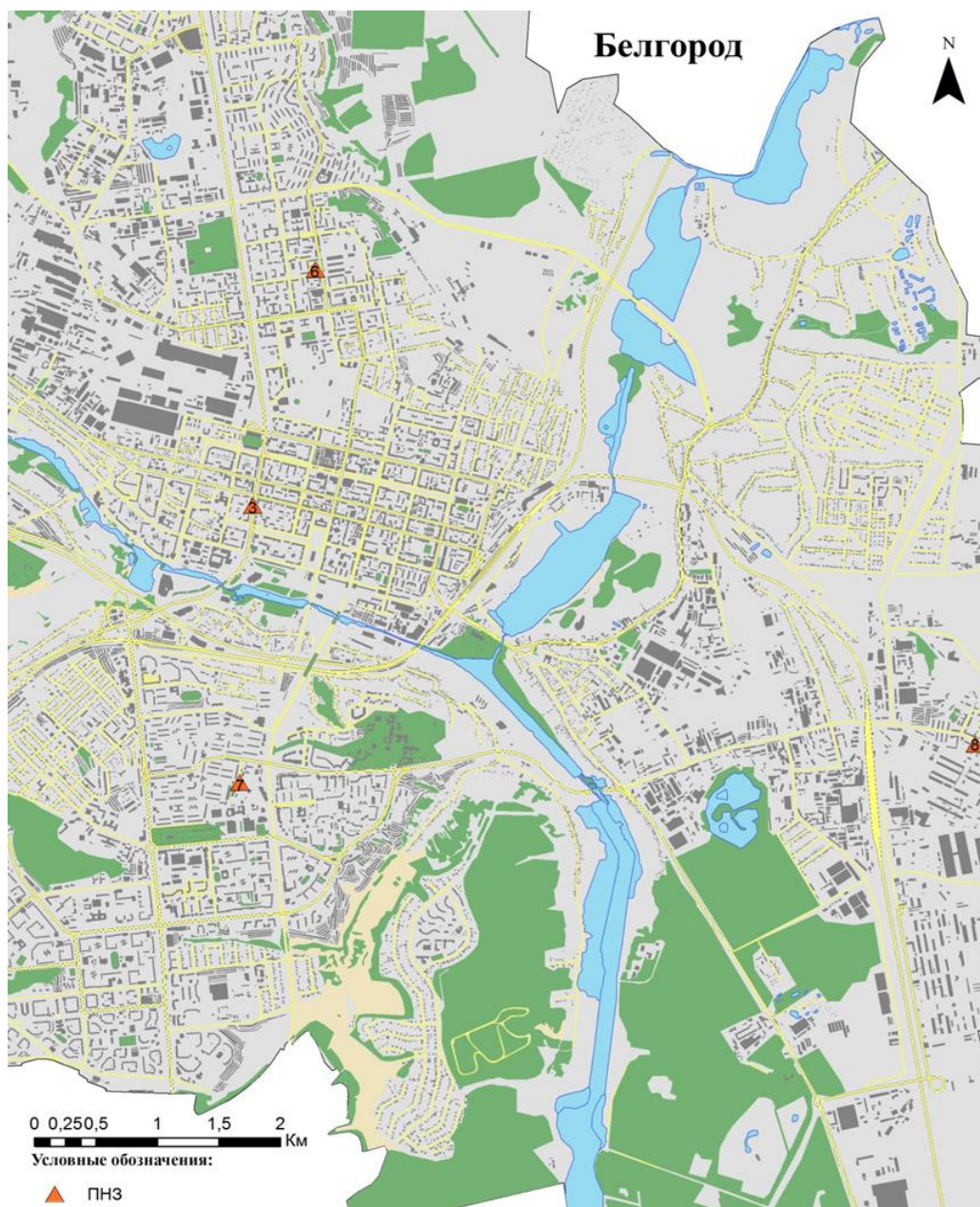


Рис. 1. Стационарные посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на территории города Белгорода

Fig. 1. Stations of air pollution on the territory of the city of Belgorod

Основными источниками загрязнения атмосферы Белгорода являются ЗАО «Белгородский цемент», ОАО «Белгородасбестоцемент», ОАО «Стройматериалы», а также автомобильный и железнодорожный транспорт. Предприятия расположены в основном на западной и восточной окраинах города.

Время сохранения примесей в атмосфере зависит от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит метеорологическим условиям. Уровень концентрации примесей определяется такими аэросиноптическими условиями, как приземные инверсии (повторяемость, мощность и интенсивность), ветровой режим (повторяемость скоростей и застойных явлений), высота слоя перемешивания, продолжительность туманов, наличие или отсутствие осадков [Климатические характеристики..., 1983; Лебедева, Крымская, 2003]. В отдельные периоды, неблагоприятные для рассеяния выбросов, концентрации вредных веществ могут резко возрасти относительно среднего или фоновое городского загрязнения.

Исходная база ежедневных данных по содержанию загрязняющих веществ в атмосфере города представлена Белгородской лабораторией по мониторингу загрязнения атмосферы. В основу работы положены метеорологические характеристики суточной размерности станции Белгород АМСГ № 5063660. Достоверность результатов работы обеспечена использованием данных официальной государственной статистики, современных методов геоинформационного моделирования и картографирования, реализованных лицензионными программными средствами.

Результаты и их обсуждение

Оценивая среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ в атмосфере Белгорода за период 2009–2018 гг., следует отметить, что превышение ПДК_{сс} было отмечено только по диоксиду азота на ПНЗ № 3. ПНЗ № 3 – «автомобильный», по сравнению с другими постами города наиболее подвержен загрязнению диоксидом азота. Среднесезонные значения концентраций указанного вещества находились в пределах 1,1 – 1,2 ПДК.

В табл. 1 представлены обобщенные за 10-летний период метеопараметры, влияющие на процесс накопления и/или рассеяния примесей в атмосфере города Белгорода [Фондовые материалы..., 2020].

Таблица 1
Table 1

Метеорологические характеристики, определяющие процессы накопления
и рассеяния примесей в городе Белгороде с 2009 по 2018 гг.
Meteorological characteristics that determine the processes of accumulation and dispersion
of impurities in Belgorod from 2009 to 2018

Метеорологические характеристики	Годы									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Осадки, дни	198	176	187	194	210	150	170	207	190	168
Скорость ветра, м/с	3,9	4,3	3,9	4,1	4,1	4,1	4,2	3,9	4,2	3,9
Повторяемость ветров со скоростью 0–1 м/с, %	10,3	8,3	12,8	10,5	12,1	10,7	5,5	5,3	4	6
Повторяемость туманов, час	455,3	298,3	144,8	179,2	338,2	271,3	236	230,7	224,7	284,4

За исследуемый период в изменении метеорологических характеристик, определяющих процесс накопления поллютантов в атмосфере города, отмечен лишь один статистически значимый тренд (на уровне 95 %), характеризующий уменьшение

повторяемости слабых ветров. Отрицательный тренд отмечен и в повторяемости туманов, но статистически он не значим. Обе тенденции указывают на улучшение способности атмосферы к рассеиванию примесей, наблюдающееся в последнем десятилетии [Крымская и др., 2016].

В холодный период неблагоприятные метеоусловия, способствующие накоплению примесей в атмосфере (НМУ), чаще отмечаются при распространении на ЦЧР отрога Сибирского антициклона или гребня Азорского антициклона, а также в теплом секторе южного циклона; медленном перемещении по территории северо-западных антициклонов, в западной и юго-западной периферии которых создаются НМУ; в антициклонах, сформированных в арктическом воздухе и сместившихся на ЦЧР, в которых образуются мощные инверсии в нижнем слое воздуха.

В теплый период НМУ формируются в антициклонах, сформированных в теплой воздушной массе, а также в стационарных антициклонах, либо при северо-западных и западных антициклональных вторжениях [Лебедева, Крымская, 2003].

Синоптиками Белгородского ЦГМС – филиала ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» за период 2013–2018 гг. было спрогнозировано 103 случая неблагоприятных метеорологических условий (НМУ): в 2013 и 2014 гг. – 14 случаев, в 2015 году – 6 случаев, в 2016 г. – 17 случаев, в 2017 г. – 24 случая, в 2018 г. – 28 случаев НМУ. Чаще всего НМУ отмечались в теплое время года – 68,9 % из них зафиксировано с апреля по август, 14,5 % – в октябре.

За исследуемый период в периоды НМУ в Белгороде был отмечен 31 случай превышения ПДКс.с. взвешенных веществ. 87 % случаев превышения зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 29 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация ВВ зафиксирована в 2018 г. – 1,39 ПДК [РД 52.04.667-2005..., 2006; Ежегодник состояния ..., 2019].

За этот же период в периоды НМУ в Белгороде было отмечено 45 случаев превышения ПДКс.с. диоксида азота. В 82 % случаев превышения ПДКс.с. зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 22 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация зафиксирована в 2014 г. – 1,31 ПДК.

Концентрация оксида углерода (СО) в целом по городу в 2013–2018 гг., в период НМУ, не превышала допустимый уровень ПДК.

В дни НМУ концентрация аммиака по г. Белгороду в 2013–2015 гг. превысила ПДК в 8 случаях. Наибольшая концентрация была отмечена в 2015 г. – 1,11 ПДК. В последующие годы превышений ПДК по аммиаку не отмечалось, причиной чего является закрытие завода лимонной кислоты.

Для расчёта коэффициента корреляции [Исаев, 1988, Кобышева и др., 2008, Крюкова, 2015] между концентрациями загрязняющих веществ в периоды неблагоприятных метеоусловий, способствующих накоплению примесей и метеопараметрами, была построена корреляционная матрица [x] с восемью переменными (табл. 2).

Исходные данные: средняя концентрация загрязняющих веществ (q_{cp}), влажность воздуха (среднесуточные данные), температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$, среднесуточные данные), направление ветра (в градусах), скорость ветра (м/с, среднесуточные данные). Корреляционная матрица состоит из 8 переменных: А – взвешенные вещества (пыль); В – диоксид азота; С – оксид углерода; D – аммиак; Е – влажность воздуха; F – температура воздуха; G – направление ветра; H – скорость ветра.

Значения коэффициентов корреляции $0,2 < r < 0,5$ (по модулю) свидетельствуют о слабой корреляции, при $0,5 \leq r < 0,7$ – о средней и о высокой корреляции между переменными – при $0,7 \leq r < 0,9$.

Корреляционная матрица указывает на значимость связей между такими веществами, как диоксид азота и оксид углерода. Выбросы данных веществ обусловлены выбросами автотранспорта.



Таблица 2
Table 2

Корреляционная матрица между концентрациями загрязняющих веществ
и метеопараметрами в период НМУ
Correlation matrix between pollutant concentrations and meteorological parameters during
the AWC period

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1,00	0,61	0,44	0,28	0,15	-0,12	-0,16	0,11
B	0,61	1,00	0,84	0,14	0,37	-0,27	-0,15	-0,16
C	0,44	0,84	1,00	0,07	0,36	-0,14	-0,02	-0,13
D	0,28	0,14	0,07	1,00	-0,13	0,12	0,28	0,38
E	0,15	0,37	0,36	-0,13	1,00	-0,70	0,15	-0,19
F	-0,12	-0,27	-0,14	0,12	-0,70	1,00	-0,08	0,29
G	-0,16	-0,15	-0,02	0,28	0,15	-0,08	1,00	0,08
H	0,11	-0,16	-0,13	0,38	-0,19	0,29	0,08	1,00

Средняя корреляция наблюдается между взвешенными веществами и диоксидом азота, что объясняется тем, что на концентрацию взвешенных веществ в воздухе влияет не только автотранспорт, но и другие источники.

Слабая отрицательная корреляция наблюдается между диоксидом азота и температурой воздуха, что является следствием не только увеличения объемов выбросов за счет работы котельных и ТЭЦ в холодное время года, но и ослаблением вертикального переноса примесей за счет приподнятых инверсий.

Слабая положительная корреляция наблюдается между влажностью воздуха и концентрациями диоксида азота и оксида углерода. Чаще всего рост концентраций этих веществ связан с ростом повторяемости туманов в холодное время года.

Для оценки влияния циклональных условий погоды на концентрации примесей загрязняющих веществ был проанализирован уровень загрязнения воздуха в Белгороде в дни с интенсивными осадками (>10 мм за сутки). Выборка данных о днях с осадками различной интенсивности по городу Белгороду представлена в табл. 3.

Таблица 3
Table 3

Число дней с осадками > 10 мм за сутки в Белгороде за 2013–2018 гг.
Number of days with precipitation > 10 mm per day in Belgorod in 2013–2018

Градации, мм	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
10,1–20,0	7	5	4	13	8	10
20,1–30,0	1	1	3	4	1	2
30,1–40,0	1	2	–	–	1	1
> 40,0	–	1	–	–	–	1

Концентрация взвешенных веществ в дни с интенсивными осадками за 2013–2018 гг. по городу Белгороду превысила уровень ПДКс.с. лишь однажды – в августе 2016 г.

За период 2013–2018 гг. концентрация диоксида азота в период выпадения интенсивных осадков (66 дней) превысила уровень предельно допустимой концентрации в 11 случаях, в 45,5 % случаев это наблюдалось с ноября по март, в то время как в периоды

НМУ превышение ПДК_{сс}. диоксида азота приходилось на холодную половину года лишь в 18 % случаев.

Концентрация оксида углерода в период выпадения осадков в 2013–2018 гг. не превысила уровень ПДК.

Концентрация аммиака в период осадков в 2013–2014 гг. превысила уровень ПДК 2 раза, в дальнейшем превышений не наблюдалось.

В целом, на всех исследуемых постах по наблюдению за загрязнением атмосферного воздуха в городе Белгороде, увеличение концентрации взвешенных веществ наблюдается в весенне-летний период, что отражает совместное влияние природных и антропогенных источников пыления.

Наибольшая концентрация взвешенных веществ (в долях ПДК – 1,08 мг/м³) отмечена на ПНЗ № 3 (ул. Б. Хмельницкого, 79) – за счет дополнительного вклада автотранспорта в формирование уровня загрязнения атмосферы.

Также на ПНЗ № 3 загрязнение оксидом углерода и диоксидом азота выше, чем на остальных постах. Но концентрации оксида углерода не превышают уровень ПДК_{с.с}. Концентрация диоксида азота на ПНЗ № 3 в летний период больше, чем в остальные сезоны, составляет – 1,17 ПДК, в осенний, весенний и зимний период также превышает 1 ПДК. На остальных исследуемых постах превышений по диоксиду азота не выявлено. Причиной относительного увеличения концентраций в данной точке города является также увеличение транспортных потоков в теплое время года.

Загрязнение диоксидом серы по городу в целом очень низкое и равно 0,14 ПДК.

Содержание аммиака в городе в различные сезоны примерно одинаково на всех постах города и его средняя концентрация ($q_{ср}$) за год, в целом по городу, не превышает уровень ПДК. Снижение концентрации аммиака в 2000-е годы связано с закрытием в городе завода по производству лимонной кислоты.

Для расчёта коэффициента корреляции между концентрациями загрязняющих веществ и метеопараметрами в период выпадения осадков была построена корреляционная матрица с девятью переменными [Крюкова, 2015].

В табл. 4 представлены коэффициенты корреляции между концентрациями загрязняющих веществ в условиях сильных осадков и метеопараметрами.

Корреляционная матрица состоит из 9 переменных: А – взвешенные вещества (пыль); В – диоксид азота; С – оксид углерода; D – аммиак; Е – влажность воздуха; F – температура воздуха; G – направление ветра; H – скорость ветра; I – количество осадков.

Между диоксидом азота и оксидом углерода существует высокая корреляция, средняя корреляция наблюдается между взвешенными веществами и оксидом углерода, что может свидетельствовать о едином источнике выбросов (в нашем случае сказывается влияние автотранспорта), либо о сходных метеорологических условиях, влияющих на рассеивание этих примесей.

Высокая корреляционная связь со знаком минус отмечена между скоростью ветра и концентрацией аммиака, что связано с тем, что основной источник этого загрязнителя был расположен на территории города, а при слабых скоростях ветра приземные концентрации увеличиваются.

Средняя положительная корреляционная связь отмечена между концентрациями взвешенных веществ и направлением ветра.

Слабая отрицательная корреляция отмечена между концентрациями диоксида азота и оксида углерода и скоростью ветра, что отражает влияние застойных явлений на рост приземных концентраций.



Таблица 4
Table 4

Корреляционная матрица между концентрациями загрязняющих веществ
и метеопараметрами в период выпадения осадков
Correlation matrix between pollutant concentrations and meteorological parameters during
the period of precipitation

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	1,00	0,59	0,76	0,42	−0,04	−0,18	0,55	−0,23	0,06
B	0,59	1,00	0,82	0,40	0,02	0,03	0,30	−0,37	−0,04
C	0,76	0,82	1,00	0,44	0,05	−0,02	0,48	−0,42	−0,17
D	0,42	0,40	0,44	1,00	0,00	0,39	0,27	−0,72	0,04
E	−0,04	0,02	0,05	0,00	1,00	−0,53	0,44	0,06	−0,39
F	−0,18	0,03	−0,02	0,39	−0,53	1,00	−0,14	−0,72	0,46
G	0,55	0,30	0,48	0,27	0,44	−0,14	1,00	−0,31	0,09
H	−0,23	−0,37	−0,42	−0,72	0,06	−0,72	−0,31	1,00	−0,30
I	0,06	−0,04	−0,17	0,04	−0,39	0,46	0,09	−0,30	1,00

Заключение

Впервые изучены изменения содержания загрязняющих веществ в атмосфере города Белгорода в различных синоптических условиях как способствующих накоплению поллютантов, так и в условиях «вымывания» примесей осадками. За период 2013–2018 гг. было исследовано 103 случая неблагоприятных метеорологических условий и 66 случаев с интенсивными (> 10 мм в сутки) осадками.

Современные аэроклиматические условия региона характеризуются тем, что неблагоприятные метеоусловия, способствующие накоплению примесей в атмосфере (НМУ), преимущественно формируются в условиях антициклональной погоды и чаще отмечаются в теплое время года – 68,9 % из них фиксируются с апреля по август. За исследуемый период (2009–2018 гг.) в изменении метеорологических характеристик, определяющих процесс накопления поллютантов в атмосфере города, отмечен лишь один статистически значимый тренд (на уровне 95 %), характеризующий уменьшение повторяемости слабых ветров.

В период неблагоприятных метеоусловий был отмечен 31 случай превышения ПДКс.с. взвешенных веществ и 45 случаев превышения ПДКс.с. диоксида азота. 87 % случаев превышения ПДКс.с. взвешенных веществ зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 29 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация взвешенных веществ зафиксирована в 2018 г. – 1,39 ПДК. 82 % случаев превышения ПДКс.с. диоксида азота зарегистрированы с апреля по октябрь, из них 22 % пришлось на октябрь. Наибольшая концентрация зафиксирована в 2014 г. – 1,31 ПДК.

За аналогичный временной период во время выпадения интенсивных осадков из 66 дней в одном случае зафиксировано превышение уровня ПДКс.с. взвешенных веществ и 11 случаев превышения ПДКс.с. диоксида азота, что связано с интенсивностью транспортных потоков. В дни с НМУ превышение ПДКс.с. диоксида азота наблюдается в четыре раза чаще, чем в дни с существенными осадками.

Анализ статистических связей между концентрациями загрязняющих веществ и метеорологическими параметрами в период НМУ (такими как скорость ветра, температура и влажность воздуха) позволил выявить лишь слабую корреляцию, что связано, на наш взгляд, с тем, что на уровень загрязнения влияет не отдельная метеорологическая характеристика, а комплекс этих характеристик, определяющих синоптическую ситуацию.

Результаты исследования могут служить основой для разработки практических рекомендаций по осуществлению региональной эколого-экономической политики для снижения уровня загрязнения атмосферы как в период неблагоприятных метеорологических условий, способствующих накоплению примесей в приземном слое воздуха, так и в условиях вымывания поллютантов при циклональной погоде.

Список источников

1. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2018 год. Электронный ресурс. URL: http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2019/ejegodnik_zagr_atm_2018+.pdf (дата обращения: 18 декабря 2020).
2. Исаев А.А. 1988. Статистика в метеорологии и климатологии. М., Московский государственный университет, 248 с.
3. Исаев А.А. 2001. Экологическая климатология. М., Научный мир, 458 с.
4. Кобышева Н.В., Стадник В.В., Ключева М.В., Пигольцина Г.Б., Акентьева Е.М., Галюк Л.П., Разова Е.Н., Семенов Ю.А. 2008. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. Электронный ресурс. URL: <http://voeikovmgo.ru/download/publikacii/2008/Rukovodstvo.pdf> (дата обращения: 10 декабря 2020).
5. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Петина В.И., Чендев Ю.Г. 2018. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород, КОНСТАНТА, 200 с.
6. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. 1983. Ленинград, Гидрометеиздат, 328 с.
7. Крюкова С.В. 2015. Контроль загрязнения природной среды: анализ данных загрязнения. СПб., РГГМУ, 46 с.
8. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2003. Экология региона. Ч.1. Качество атмосферного воздуха в городах ЦЧР. Белгород, Изд-во «Политерра», 75 с.
9. РД 52.04.667-2005. Руководящий документ: Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. 2006. М., Метеоагентство Росгидромета, 52 с.
10. Фондовые материалы Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 2000-2019 гг. Электронный ресурс. URL: <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/> (дата обращения: 3 декабря 2020).

Список литературы

1. Аджиев А.Х., Барталев С.А., Беккиев М.Ю., Бирюков М.В., Бирюкова О.Н., Битюкова В.Р., Бобылев С.Н., Богданова М.Д., Божилина Е.А., Бронникова В.К., Бударина О.И., Власов Д.В., Волкова Е.А., Вомперский С.Э., Воробьева Т.А., Гаврилова И.П., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М. 2017. Экологический атлас России. М., Феория, 510 с.
2. Акимов Л.М., Якушев А.Б., Куролап С.А. 2011. Геоэкологическая оценка загрязнения воздушного бассейна города Воронежа автотранспортом в зависимости от состояния атмосферы. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2: 158–165.
3. Безуглая Э.Ю. 1980. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Ленинград, Гидрометеоздат, 184 с.
4. Безуглая Э.Ю., Завадская Е.К., Ивлева Т.П. 2013. Роль климатических условий в формировании изменений загрязнения атмосферы. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 568: 267–279.



5. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. 2008. Воздух городов и его изменения. СПб., Астерион, 253 с.
6. Крымская О.В., Лебедева М.Г., Бузакова И.В., Сторожилова Е.Ю. 2016. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферного воздуха в Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 34 (4 (225)): 124–129.
7. Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г. 2017. Изменения условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX–XXI вв. (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 40 (18 (257)): 157–163.

References

1. Adzhiyev A.Kh., Bartalev S.A., Bekkiyev M.Yu., Biryukov M.V., Biryukova O.N., Bityukova V.R., Bobylev S.N., Bogdanova M.D., Bozhilina E.A., Bronnikova V.K., Budarina O.I., Vlasov D.V., Volkova E.A., Vomperskiy S.E., Vorobyeva T.A., Gavrilova I.P., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M. 2017. *Ekologicheskiy atlas Rossii [Ecological Atlas of Russia]*. Moscow, Feoria, 510 p.
2. Akimov L.M., Yakushev A.B., Kurolap S.A. 2011. *Geoekologicheskaya otsenka zagryazneniya vozdushnogo basseyna goroda Voronezha avtotransportom v zavisimosti ot sostoyaniya atmosfery [Geoeological assessment of air pollution in the Voronezh city by motor vehicles depending on the state of the atmosphere]*. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Geografiya. Geoekologiya, 2: 158–165.
3. Bezuglaya E.Yu. 1980. *Meteorologicheskiy potentsial i klimaticheskiye osobennosti zagryazneniya vozdukha gorodov [Meteorological potential and climatic features of urban air pollution]*. Leningrad, Gidrometeozdat, 184 p.
4. Bezuglaya E.Y., Zavadskaya E.K., Ivleva T.P. 2013. Trends of air pollution and the role of climate conditions. *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*, 568: 267–286. (in Russian)
5. Bezuglaya E.Yu., Smirnova I.V. 2008. *Vozdukh gorodov i ego izmeneniya [The air of cities and it's changes]*. St. Petersburg, Asterion, 253 p.
6. Krymskaya O.V., Lebedeva M.G., Buzakova I.V., Storogilova E.Y. 2016. Meteorological potential of atmosphere self-cleaning in the Belgorod region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 34 (4 (225)): 124–129. (in Russian)
7. Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Yu.G. 2017. Changes in the atmospheric circulation conditions and regional climatic characteristics at the turn of XX–XXI centuries (on example of Belgorod region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 40 (18 (257)): 157–163. (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Талалай Татьяна Олеговна, магистрант кафедры географии, геоэкологии и безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

Лебедева Мария Григорьевна, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatiana O. Talalay, master's Student, Department of Geography, Geoecology and Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Maria G. Lebedeva, associate Professor, Department of Geography, Geoecology and Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



Крымская Ольга Владимировна, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

Olga V. Krymskaya, associate Professor, Department of Geography, Geoecology and Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Крымская Анна Александровна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

Anna A. Krymskaya, post-graduate Student, Department of Geography, Geoecology and Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia