



УДК 551.588.74

## Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове

Н. В. Короткова, Н. В. Семенова

Короткова Надежда Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, fonadia@yandex.ru

Семенова Наталия Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, snv-71@mail.ru

Саратов – один из городов Поволжья, в котором на относительно небольшой территории сосредоточено много промышленных предприятий, выбрасывающих в атмосферу вредные вещества. Эти вещества, поступая в атмосферу, оседают на поверхности, вымываются осадками и переносятся на значительное расстояние от места выброса. Данные процессы зависят от ветра и температуры воздуха, солнечной радиации, атмосферных осадков и других метеорологических факторов. Под влиянием указанных факторов уровень загрязнения приземного слоя воздуха может меняться в очень широких пределах. По данным Главной геофизической обсерватории, Саратов входит в перечень городов России с повышенным уровнем загрязнения воздуха, повышенной повторяемостью инверсий и слабым ветровым режимом.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, атмосферные осадки, ветер, температура воздуха, инверсии.

### The Influence of Meteorological Conditions on Air Pollution in Saratov

N. V. Korotkova, N. V. Semenova

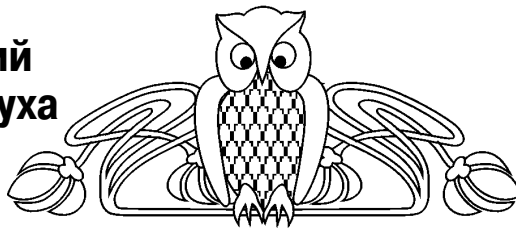
Nadezhda V. Korotkova, <https://orcid.org/0000-0002-4635-0036>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, fonadia@yandex.ru

Natalia V. Semenova, <https://orcid.org/0000-0002-5442-5413>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, snv-71@mail.ru

Saratov is one of the cities of the Volga region where in a relatively small area many industrial enterprises are concentrated emitting into the atmosphere harmful substances which, entering the atmosphere are deposited on the surface, washed out by precipitation and are carried to considerable distances from the place of emission. All of these processes occur with the help of the wind and depend on air temperature, solar radiation, rainfall and other meteorological factors. Under the influence of all these factors, the level of pollution of a ground layer of the air may vary within very wide limits. According to the Main Geophysical Observatory Saratov is included in the list of Russian cities with high air pollution, high frequency of inversions and weak wind regime.

**Key words:** air pollution, atmospheric precipitation, wind, air temperature, inversion.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>



### Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам изучения загрязнения воздуха и законов распространения примесей в атмосфере. Для крупных городов в связи с максимальной концентрацией техногенных нагрузок на окружающую среду характерно направленное изменение почти всех ее компонентов. Изучение этих проблем и поиск путей их решения в каждом регионе – актуальная задача обеспечения устойчивого развития России.

Вредные вещества, поступающие в атмосферу от антропогенных источников, оседают на поверхности домов, растений, почвы, вымываются осадками и переносятся на значительное расстояние от места выброса. Метеорологические факторы оказывают сильное влияние на уровень загрязнения приземного слоя воздуха.

Основой для получения сравнительной информации по антропогенному воздействию на окружающую среду служит фоновый мониторинг – слежение за общебиосферными явлениями. На территории России создана сеть постов наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗ).

На территории Саратова сосредоточено большое количество промышленных предприятий (нефтеперерабатывающих, химических, машиностроения, стройматериалов, военно-промышленного комплекса и др.), выбрасывающих в атмосферу значительное количество вредных веществ [1].

По данным Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО), Саратов входит в перечень городов России с повышенным уровнем загрязнения воздуха [2]. Это обусловлено интенсивным антропогенным воздействием, а также нерациональным природопользованием, недостатками в развитии инфраструктуры города, размещении и эксплуатации промышленных объектов и очистных сооружений, малой эффективностью природоохранных мероприятий. Ситуация осложнена орографическими и климатическими особенностями города – расположением в котловине, значительной расчлененностью рельефа с перепадами высот в городской черте более 200 м, повышенной повторяемостью инверсий и слабым ветровым режимом [1].

В данной статье дается анализ загрязнения атмосферного воздуха Саратова, влияния метеорологических условий на концентрацию вредных примесей. Для



оценки загрязнения воздушного бассейна города использованы материалы наблюдений за 2014–2015 гг. на стационарных ПНЗ, расположенных в разных районах города с разным сосредоточением промышленных предприятий [3]. Для проведения анализа сведений о направлении и скорости ветра взяты данные по температуре воздуха с ПНЗ. Повторяемость приземных инверсий за рассматриваемый период определена по фактическим данным радиозондирования на аэрологической станции «Саратов».

Посты условно подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (ПНЗ-1, ПНЗ-7),

«промышленные» вблизи предприятий (ПНЗ-2, ПНЗ-6) и «авто» – вблизи магистралей с интенсивным движением (ПНЗ-5, ПНЗ-8) [1].

Динамика среднегодовой концентрации примесей за исследуемый период представлена в табл. 1. Следует отметить, что ПДК на формальдегид и класс опасности данного вещества изменены с 01.07.2014 г. и введены в действие (изменение № 10 в ГН 2.1.6.1338–03 «ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», зарегистрировано в Минюсте России 11 апреля 2014 г. № 31909) [4].

Таблица 1

Средняя годовая концентрация примесей в Саратове, мг/м<sup>3</sup>

Год	Примесь						
	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	HF	Фенол	Аммиак	Формальдегид
2014	0,003	2,0	0,05	0,006	0,003	0,07	0,025
2015	0,002	2,0	0,04	0,004	0,002	0,05	0,018
ПДК <sub>с.с.</sub>	<b>0,05</b>	<b>3,0</b>	<b>0,04</b>	<b>0,005</b>	<b>0,003</b>	<b>0,04</b>	<b>0,003 (0,01)</b>

### Динамика загрязнения атмосферного воздуха

Среднемесячная концентрация антропогенных загрязнений в Саратове за исследуемый период отражена на рис. 1. Летом отмечается повышенное значение концентрации загрязняющих веществ. Некоторое повышение концентрации в зимние месяцы частично обусловлено отопительным периодом. Сильное влияние на сезонные изменения концентрации загрязнений оказывают метеорологические условия.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы на всех наблюдательных постах Саратова вносит формальдегид – в среднем 77%, на втором месте диоксид азота (NO<sub>2</sub>) – 8%, на третьем аммиак (NH<sub>3</sub>) – 7%, на четвертом оксид углерода (CO) – 4% и гидрофторид (HF) – 4%.

Расчет степени загрязнения атмосферного воздуха для каждого района города показал, что наибольший его показатель наблюдается в Кировском районе города Саратова (ПНЗ-8). На качество воздуха в этом районе влияют выбросы автотранспорта. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы района вносит формальдегид (81%).

На втором месте по уровню загрязнения находится Заводской район. В этом районе наблюдение за качеством атмосферного воздуха проводится на ПНЗ-1 и ПНЗ-2. Приоритетными примесями здесь являются формальдегид (73%), аммиак (8%), фенол (8%) и диоксид азота (7%). Вклад остальных контролируемых примесей незначителен.

На уровень загрязнения Волжского района (ПНЗ-5) города также в основном влияют выбросы от автотранспорта. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят формальдегид (81%) и диоксид азота (9%). Вклад остальных контролируемых примесей незначителен.

Как показали наблюдения, менее всего загрязнен атмосферный воздух в Ленинском районе города. Наблюдения за качеством воздуха в районе проводятся на ПНЗ-6 и ПНЗ-7. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы района вносят формальдегид (78%) и диоксид азота (7%), вклад остальных веществ незначителен [5].

В 2015 г. количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Саратовской области составило 382,5 тыс. т, в том числе:

- от стационарных источников – 118,2 тыс. т (по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области (Саратовстата));
- от автотранспорта – 264,3 тыс. т (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования).

Вклад передвижных источников (автотранспорта) в суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу по области составил 69,1% [6, 7].

### Метеорологические условия формирования уровня загрязнения атмосферы

В формировании уровня загрязнения атмосферного воздуха важную роль играют метеорологические условия (скорость ветра, инверсии, температура воздуха, осадки и т. п.), поскольку при сильных ветрах концентрация примесей значительно уменьшается в результате рассеивания и возрастает при штилевых условиях с туманами и задерживающими слоями.

Главный фактор, влияющий на распространение примесей в атмосфере, – ветровой режим. Максимум концентрации обычно создается на расстоянии, кратном 10–20 высотам труб источника выбросов. Поэтому при проектировании размещения промышленных предприятий и жилых

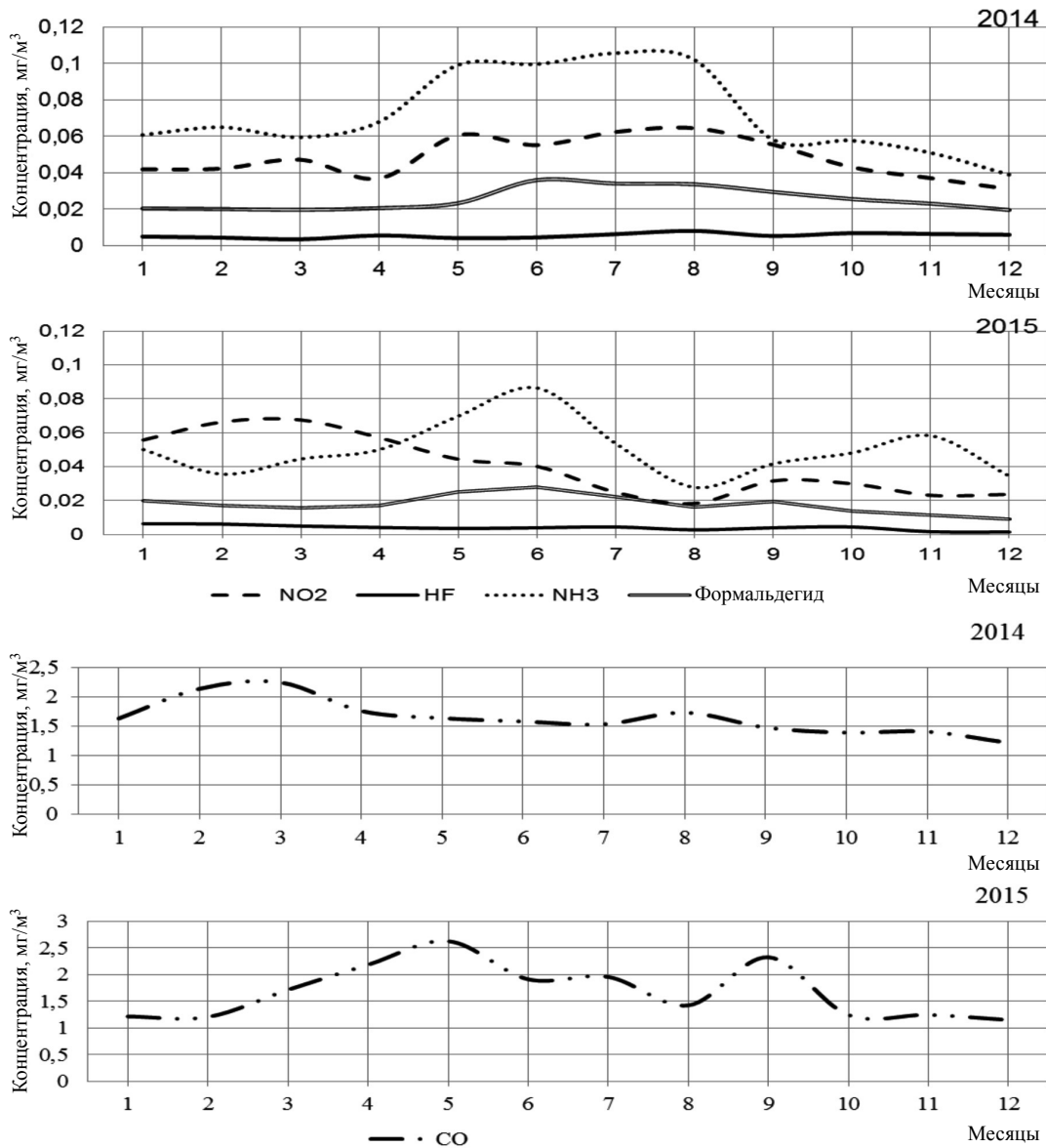


Рис. 1. Сезонная динамика среднемесячной концентрации примесей

кварталов учитываются повторяемость направления ветра, особенно со стороны предприятий, и расстояние до предприятия.

Необходимо принимать во внимание не только направление, но и скорость ветра. Выбросы низких и неорганизованных источников скапливаются в приземном слое при слабых ветрах. Наибольшая концентрация примесей в городах наблюдается в основном при скорости ветра 0–1 м/с [5, 8].

Большую опасность представляет так называемый застой воздуха, т. е. ситуации, когда приземные инверсии температуры наблюдаются при скорости ветра 0–1 м/с. Тогда выбросы вредных веществ не могут подниматься в верхние слои атмосферы и уноситься от источников выбросов. При застое воздуха все вредные вещества скапливаются у источников выбросов [8].

Анализ годового хода метеорологических величин, характеризующих условия накопления и рассеивания примесей, позволяет оценить их вклад. Высокий уровень загрязнения приземного слоя наблюдается при слабых ветрах и штиле. По многолетним данным, в Саратове в годовом ходе повторяемости скорости ветра 0–1 м/с отмечается слабый максимум в летние месяцы и минимум в декабре. Как следует из табл. 2, за исследуемый период годовой ход слабых ветров имеет минимум повторяемости скорости ветра 0–1 м/с в летний период в июне и в холодный период – в октябре, декабре и январе. Максимальная повторяемость отмечалась в феврале, мае и сентябре.

Уменьшению концентрации вредных веществ способствует увеличение скорости ветра. По климатическим данным, в Саратове повторяемость ветра  $\geq 6$  м/с больше в холодный период, она



увеличивается в декабре до 34%. В исследуемый период наблюдалось снижение повторяемости ветра  $\geq 6$  м/с по сравнению с многолетними данными, минимум повторяемости отмечался в сентябре (табл. 2).

При анализе данных наблюдений на ПНЗ выявлено, что при слабом ветре в плотно застроенных районах (ПНЗ-2, 5, 8) концентрация вредных веществ повышается, и лишь на достаточно проветриваемых участках (ПНЗ-1, 6, 7) она меньше средних значений по городу. С увеличением скорости ветра в основном происходит уменьшение загрязнения воздуха, особенно заметное при скорости  $> 6$  м/с. Опасной для большинства источников можно считать скорость ветра 4–5 м/с, так как именно в этом случае происходит некоторое увеличение нормированной концентрации.

Инверсии температуры относятся к числу неблагоприятных погодных ситуаций, характеризующих особенности стратификации нижнего слоя тропосферы. Приземные и приподнятые инверсии температуры, имеющие устойчивую стратификацию, являются задерживающими слоями, так как препятствуют распространению примесей в атмосфере [8].

Из ранее проведенных исследований известно, что в Саратове ночью почти ежедневно наблюдаются приземные задерживающие слои (ПЗС), которые с восходом солнца могут разрушаться [1]. В городской котловине Саратова при наличии большого числа низких источников выбросов опасные условия скопления примесей

создаются при приземных и низких приподнятых инверсиях температуры, поскольку с ними связано ослабление вертикального обмена. Большую опасность представляют «застойные ситуации», когда приземная инверсия сопровождается слабым ветром.

По многолетним данным, в течение года повторяемость ПЗС мало изменяется и в среднем составляет 36–41%, что видно из рис. 2. По фактическим данным наблюдается немного другая картина: наибольшее количество инверсий отмечается в феврале, мае, сентябре и ноябре, а в апреле, октябре и декабре – минимальное значение инверсий. Повторяемость изменяется в пределах 32–45%.

Метеорологическим показателем, способствующим очищению атмосферного воздуха от загрязняющих веществ, являются осадки, влияние которых учитывается через повторяемость числа дней с осадками 0,5 мм и более за сутки (в соответствии с табл. 3). Предполагается, что такое количество осадков способно осадить придорожную пыль и другие аэрозоли. Таким образом, необходимо рассмотреть распределение выпадающих осадков  $\geq 0,5$  мм по территории Саратова и провести анализ этого метеорологического фактора, определяющего потенциал самоочищения атмосферы в городе.

Ливневые осадки больше очищают воздух, чем обложные. Анализ результатов наблюдений показал, что повышенная концентрация пыли и сернистого газа редко наблюдается после дождя, а удаление их из атмосферы в большой степени зависит от интенсивности и количества выпавших

Таблица 2

Повторяемость слабых (0–1 м/с) и сильных ( $\geq 6$  м/с) ветров в Саратове

Год	Скорость, м/с	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	0–1	8,5	26,8	21,3	18,3	27,0	24,6	26,6	28,6	45,4	9,7	37,9	17,3
	$\geq 6$ м/с	10,5	7,6	14,5	15,0	3,2	5,4	2,4	2,8	0,0	15,7	2,5	13,3
2015	0–1 м/с	12,9	26,8	25,8	15,8	25,4	19,2	18,9	21,4	45,4	8,9	12,1	3,6
	$\geq 6$ м/с	10,1	8,1	12,1	15,4	6,8	6,7	7,2	3,6	0,8	12,9	18,3	29,7

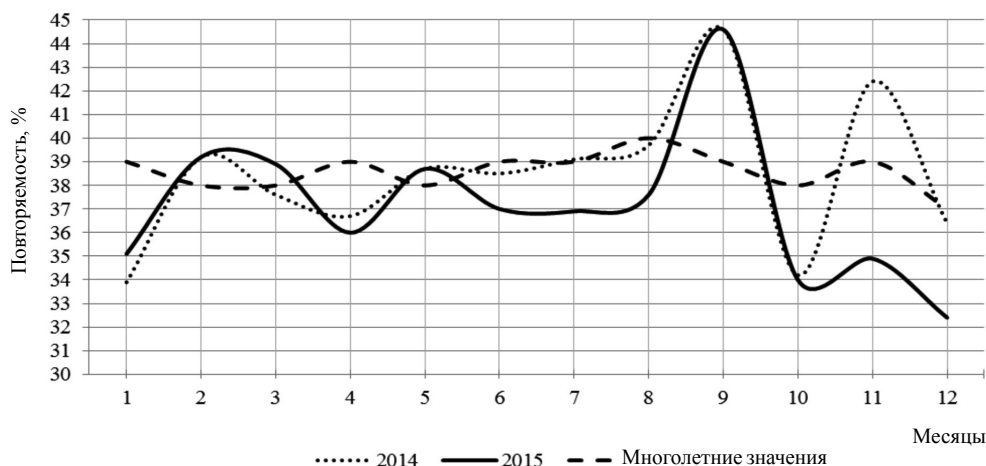


Рис. 2. Повторяемость приземных инверсий в Саратове



Таблица 3

Повторяемость дней с осадками  $\geq 0,5$  мм в Саратове

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	38,7	35,7	22,6	20,0	9,7	50,0	16,1	16,1	3,3	16,1	20,0	35,5
2015	38,7	21,4	9,7	20,0	35,5	26,7	12,9	16,1	6,7	22,6	50,0	29,0

осадков. Скорость уменьшения концентрации сернистого газа увеличивается с возрастанием интенсивности дождя. Концентрация диоксида азота, так же как и сернистого газа, уменьшается при выпадении осадков, а озон и другие окислители в летнее время после дождя исчезают из атмосферы почти полностью. При растворении некоторых вредных примесей в каплях дождя образуются кислоты, что приводит к выпадению на подстилающую поверхность «кислотных» дождей. В случаях переноса примесей со стороны источников загрязнения влияние осадков на очищение воздуха существенно не проявляется [8].

В многолетнем режиме повторяемость осадков  $\geq 0,5$  мм в течение года распределяется почти равномерно с небольшим увеличением в декабре, январе и уменьшением в апреле. В исследуемый период следует отметить увеличение повторяемости осадков  $\geq 0,5$  мм в зимние месяцы на 5–10%, минимум повторяемости отмечался в 2014 г. в мае и сентябре, в 2015 г. еще и в сентябре (см. табл. 3).

В статье приводятся данные о связи загрязнения атмосферного воздуха в Саратове с осадками в зимний (декабрь–февраль) и летний (июнь–август) сезоны 2014–2015 гг. (табл. 4).

Для характеристики уровня загрязнения воздуха по городу в целом в качестве обобщенного показателя по рекомендации ГГО [2] используется параметр фонового загрязнения  $P$ . Он рассчитывается по формуле

$$P = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество наблюдений в течение дня за загрязнением с повышенной концентрацией  $q$ , которая превышает среднесезонное значение  $q_{\text{ср. сез.}}$  более чем в 1,5 раза ( $q > 1,5q_{\text{ср. сез.}}$ );  $n$  – общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных пунктах.

Параметр  $P$  подсчитывается для каждого дня по отдельным примесям и по всем примесям вместе. Для многих городов этот параметр рассчитывается по основным примесям (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота).

Он может изменяться от 1 (все измеренные значения концентрации превышают  $1,5q_{\text{ср. сез.}}$ ) до нуля (ни одно из значений концентраций не превышает  $1,5q_{\text{ср. сез.}}$ ).

Выделяют три уровня загрязнения воздуха в городе: высокий (I группа)  $P > 0,35$ ; повышенный (II группа)  $0,20 < P \leq 0,35$  и пониженный (III группа)  $P \leq 0,20$ . Если значение  $P > 0,35$  встречается

достаточно редко, то высоким уровнем загрязнения считается  $P > 0,30$  (или даже  $P > 0,25$ ), повышенным –  $0,20 < P \leq 0,30$  (или  $0,15 < P \leq 0,25$ ) и относительно пониженным –  $P \leq 0,20$  или  $P \leq 0,15$ .

Для Саратова за высокий уровень загрязнения был принят параметр  $P > 0,25$ , за повышенный –  $0,15 < P \leq 0,25$ , за низкий –  $P \leq 0,15$  [1].

Параметр  $P$  является относительной характеристикой и не зависит от среднего уровня загрязнения воздуха. Следовательно, его значение в основном определяется метеорологическими условиями. Значения параметра фонового загрязнения  $P$  при наличии и отсутствии осадков приводятся в табл. 4.

При выпадении осадков загрязнение атмосферы уменьшается, т. е. значения  $P$  ниже, чем при отсутствии осадков (см. табл. 4). Осадки очищают воздух от примесей тем эффективнее, чем больше их количество и продолжительность [6].

Таблица 4

Среднее значение параметра  $P$  в Саратове при наличии и отсутствии осадков

Год	Месяц / сезон	Осадки	
		наличие	отсутствие
2014	Декабрь	0,06	0,10
	Январь	0,03	0,07
	Февраль	0,06	0,12
	<b>Зима</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>
	Июнь	0,15	0,31
	Июль	0,11	0,23
	Август	0,16	0,25
	<b>Лето</b>	<b>0,14</b>	<b>0,26</b>
2015	Декабрь	0,03	0,06
	Январь	0,09	0,09
	Февраль	0,08	0,15
	<b>Зима</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>
	Июнь	0,08	0,12
	Июль	0,05	0,08
	Август	0,06	0,09
	<b>Лето</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>

Можно также заметить, что при равном числе дней с осадками, но при разном их количестве отмечаются различия и в значениях параметра  $P$ . Например, в июле и августе 2015 г. было зарегистрировано по 6 дней с осадками, но в июне их выпало 39 мм, а в августе 16 мм. Параметр  $P$  имел,



соответственно, значения 0,08 и 0,10. Подобная ситуация отмечалась и в декабре 2013 – январе 2014 г., а также в декабре 2014 – январе 2015 г., т. е. чем больше количество осадков, тем меньше загрязнение атмосферы.

Однако бывают случаи, когда осадков выпадает значительное количество, а параметр  $P$  имеет высокие значения. В основном это связано с видом выпавших осадков. В летний период наблюдаются осадки в основном ливневого характера, примеси быстро вымываются, но и быстро восстанавливаются после выпадения осадков. Кроме того, ливневые осадки обычно распределяются неравномерно по территории города и могут фиксироваться не на всех ПНЗ. Но в целом при наличии осадков параметр  $P$  несколько ниже, чем при их отсутствии.

### Заключение

Расположение промышленных предприятий и других источников выбросов и их интенсивность существенно воздействуют на качество атмосферного воздуха в пункте наблюдений. Однако метеорологические условия в момент наблюдения также оказывают влияние на концентрацию примесей.

В летний сезон концентрация почти всех исследуемых специфических примесей (аммиака, фенола, формальдегида, хлористого водорода, сероводорода) увеличивается с повышением температуры.

Результаты исследования влияния ветрового режима в разных районах на уровень загрязнения воздуха специфическими примесями позволяют конкретизировать понятие «неблагоприятное направление ветра» по районам города и источникам загрязнения. Выявлено, что увеличение концентрации наблюдается при ветрах со стороны промышленных предприятий, а также при штилевых ситуациях. Иными словами, на некоторых ПНЗ Саратова преобладающие ветры не способствуют переносу значительного количества вредных веществ, а наибольшее загрязнение воздуха формируется при ветрах малой повторяемости. В основном концентрация примесей определяется выбросами низких источников (автотранспортом), но нельзя исключать и влияния высоких источников (промышленные предприятия).

Так как большинство ПНЗ расположено вблизи автодорог, максимальная концентрация загрязняющих веществ наблюдается при ветрах, дующих вдоль дороги или перпендикулярно ей.

В Саратове при наличии большого числа низких источников выбросов опасные условия

скопления примесей создаются при приземных и низких приподнятых инверсиях температуры, поскольку с ними связано ослабление вертикального обмена.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать общий вывод, что размещение предприятий в пределах городской территории, наличие в атмосфере большого количества загрязнителей, преобладание выбросов автотранспорта, а также такие региональные особенности, как котловинообразное строение рельефа, континентальность климата, частая повторяемость инверсий, расположение промплощадок в зоне основных воздухопроводов города, приводят к тому, что Саратов постоянно входит в перечень городов с низким качеством воздуха.

### Библиографический список

1. Фетисова Л. М., Пузлякова Г. А., Полянская Е. А. Экология крупного промышленного центра в условиях сложного рельефа. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2004. 136 с.
2. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 2014 году. СПб. : Издательство ГГО, 2015. 288 с.
3. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха г. Саратова [Электронный ресурс]. URL: [http://pogoda-sv.ru/monitoring/ecology\\_aero/sar/sar.php](http://pogoda-sv.ru/monitoring/ecology_aero/sar/sar.php) (дата обращения: 15.05.2019).
4. Качество окружающей среды. Июль [Электронный ресурс]. URL: [http://www.pogoda-sv.ru/docs/ecology\\_info/sar\\_jul\\_2014.pdf](http://www.pogoda-sv.ru/docs/ecology_info/sar_jul_2014.pdf) (дата обращения: 15.05.2019).
5. Короткова Н. В., Семенова Н. В. Пространственно-временное изменение уровня загрязнения атмосферы в Саратове // География и регион : материалы междунар. науч.-практ. конф. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. С. 84–90.
6. Семенова Н. В., Короткова Н. В. Состояние атмосферного воздуха в Саратовской области // Эколого-географические проблемы регионов России. Самара : Издательство ПГСГА, 2015. С. 242–247.
7. Семенова Н. В., Короткова Н. В. Оценка загрязнения воздуха в Саратове // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий : сборник / сост. Т. В. Дымова. Астрахань : Издатель ИП Сорокин Роман Васильевич, 2015. С. 105–109.
8. Короткова Н. В., Семенова Н. В. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы в Саратове // География в Саратовском университете. Современные исследования : сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2014. С. 194–201.

### Образец для цитирования:

Короткова Н. В., Семенова Н. В. Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 168–173. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>

### Cite this article as:

Korotkova N. V., Semenova N. V. The Influence of Meteorological Conditions on Air Pollution in Saratov. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 168–173 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>