

УДК 504.3.054

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВЛИЯНИЯ ИНВЕРСИЙ НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Крюкова Светлана Викторовна

канд. физ.-мат. наук

Симакина Татьяна Евгеньевна

канд. физ.-мат. наук

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного исследования влияния параметров инверсионных слоев атмосферы на концентрацию загрязняющих примесей воздушного бассейна г. Санкт-Петербурга в холодный и теплый сезоны 2010 г.

Ключевые слова: температурная инверсия; загрязнение воздушного бассейна; корреляция.

SEASONAL DYNAMICS OF INVERSIONS INFLUENCE ON THE ATMOSPHERE POLLUTION LEVEL IN SAINT-PETERSBURG

Kryukova Svetlana Victorovna

candidate of physical and mathematical sciences

Simakina Tatiana Evgenyevna

candidate of physical and mathematical sciences

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

Abstract. The paper presents the results of a comparative study of the atmosphere inversion parameters influence on air pollutant concentration in St. Petersburg for cold and warm seasons of 2010.

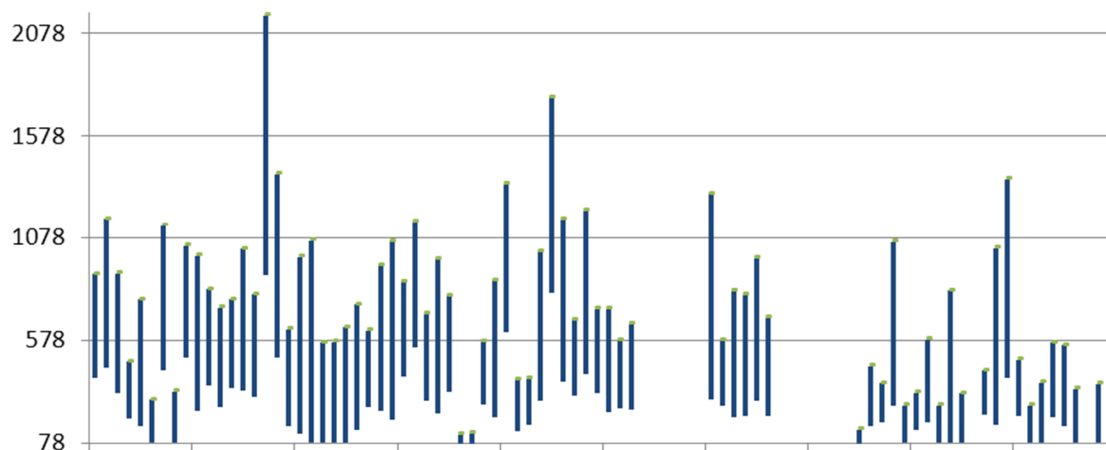
Key words: temperature inversion; air basin pollution; correlation.

На распространение и накопление антропогенных примесей большое влияние оказывает стратификация атмосферы, в частности инверсионные и изотермические слои, препятствующие вертикальному перемешиванию воздуха. Однако в разные сезоны года обусловленность колебаний концентраций загрязняющих веществ инверсионным распределением температуры имеет разное значение. Целью настоящей статьи явилась сравнительная оценка влияния инверсий на уровень загрязнения воздушного бассейна г. Санкт-Петербурга в зимний и летний периоды.

Характеристики инверсионного распределения воздуха исследовались по данным аэрологических зондирований на гидрометеорологической станции Воейково Ленинградской области [1]. В обработку включены наблюдения за два срока (ночь 00 UTC и день 12 UTC), проводимые в течение шести месяцев 2010 г., составляющих два периода – холодный (январь, февраль и март) и теплый (август, сентябрь и октябрь). Были проанализированы такие параметры каждой инверсии как высота $H_{НГ}$ и температура ее нижней границы $T_{НГ}$, мощность инверсии ΔH , интенсивность ΔT и температурный градиент инверсионного слоя γ .

В качестве показателей уровня загрязнения воздуха использовались концентрации основных загрязняющих веществ (ЗВ) за те же периоды холодного и теплого сезонов: оксида углерода CO, оксида азота NO и диоксида азота NO₂. Данные наблюдений получены автоматической станцией мониторинга загрязнения атмосферного воздуха № 4, расположенной на территории Российского государственного гидрометеорологического университета. Проводилось полусуточное осреднение концентраций загрязняющих веществ в интервалы с 0 до 12 часов и с 12 до 0 часов UTC. На рис. 1 представлено распределение высот инверсионного слоя за три месяца холодного сезона и концентраций ЗВ в этот же период.

a)



b)

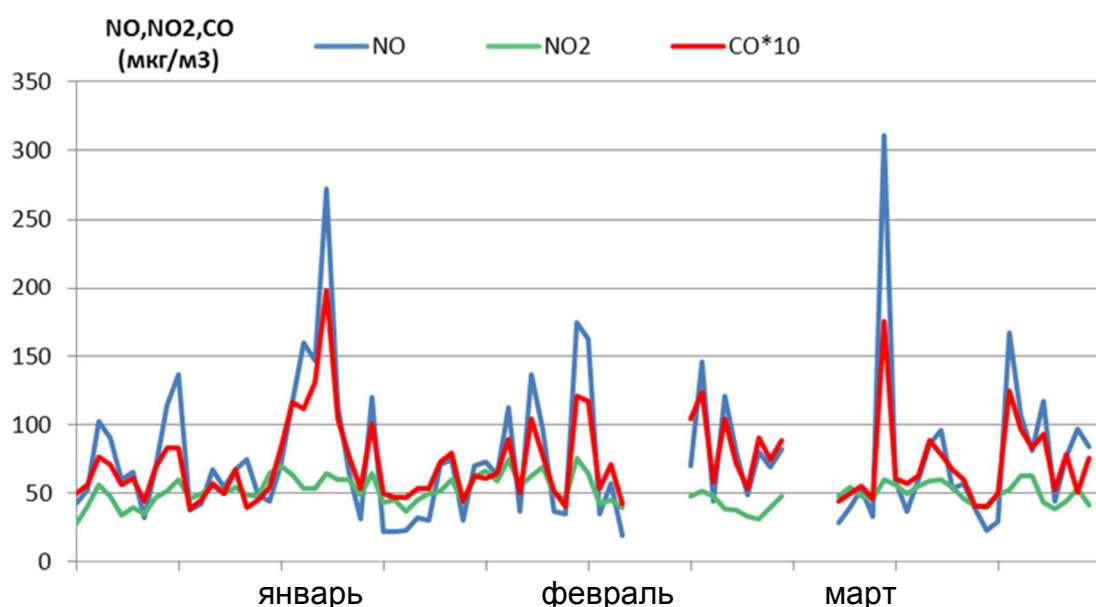


Рис. 1. Высота нижней границы и мощность инверсий в метрах (a) и концентрации оксидов углерода, азота и диоксида азота (b) за холодный период 2010 г.

В целом за 2010 г. в Санкт-Петербурге наблюдалось повышение повторяемости инверсий температуры по сравнению с многолетними данными: приземных инверсий на 15 %, приподнятых – на 10 % [2]. Наряду с этим, средняя скорость ветра в 2010 г. снизилась на 0,9 м/с, повторяемость безветренных дней возросла на 13 %. Тем самым в рассматриваемом году были созданы предпосылки для роста загрязненности воздушного бассейна города вредными примесями.

Количество инверсий за три холодных месяца 2010 г. в два раза превысило число инверсий в теплый период. Повторяемость различных типов инверсий по времени суток (ночная, дневная) и высоте (приземная, приподнятая) в теплый и холодный периоды года отражает гистограмма на рис. 2. Более однородная структура типов инверсий наблюдается в зимний период. В летний период преобладающим типом инверсий являются приземные инверсии, образующиеся в ночные часы, когда большую роль играет радиационное выхолаживание подстилающей поверхности и нижних слоев воздуха. Днем частота приземных инверсий как в теплый, так и в холодный периоды заметно снижена.

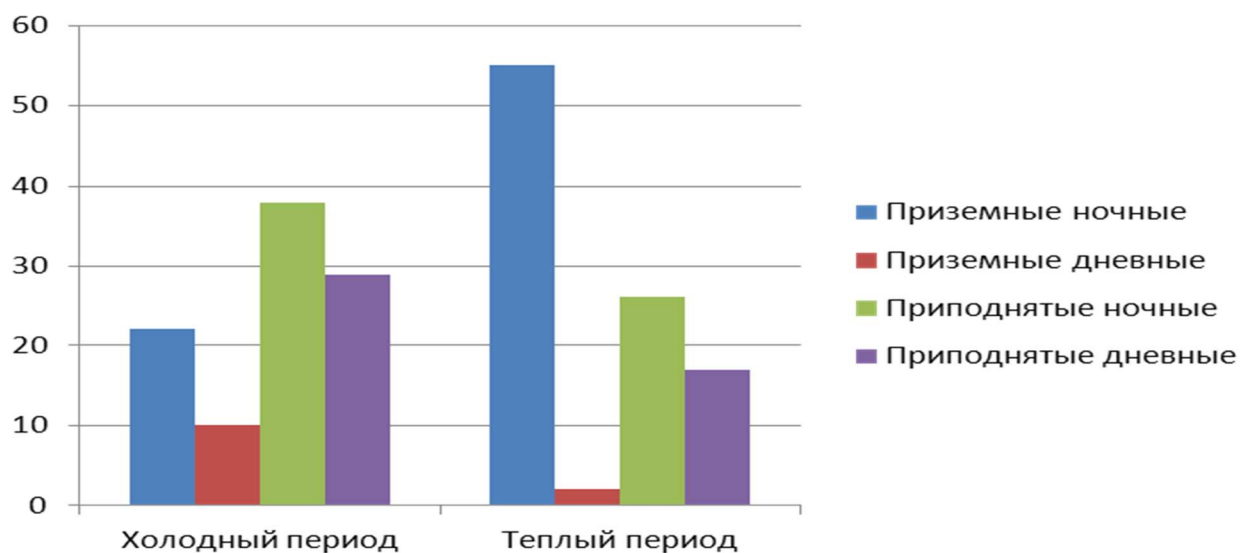


Рис. 2. Сезонная повторяемость (в %) различных типов инверсий

Распределение количества инверсий различной интенсивности и мощности для двух рассматриваемых сезонов представлено в табл. 1. Заметно преобладание инверсий с невысокой интенсивностью $\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$ и мощностью $\Delta H < 300 \text{ м}$. Причем интенсивность и мощность имеют одинаково высокую корреляцию как в холодный период, так и в теплый, что демонстрируют диаграммы рассеяния $\Delta T - \Delta H$, представленные на рис. 3.

Количество инверсий температуры с различными параметрами

Параметры		Холодный период				Теплый период			
		Инверсии				Инверсии			
		Приземные		Приподнятые		Приземные		Приподнятые	
		Н*	Д	Н	Д	Н	Д	Н	Д
ΔT , °C	0-5	17	13	17	11	41	2	18	13
	5-10	7	1	4	3	3	0	1	0
	10-15	3	1	0	1	0	0	0	0
	>15	1	0	0	0	0	0	0	0
ΔH , м	0-300	13	11	10	8	21	2	15	8
	300-600	6	1	6	2	20	0	3	5
	600-1000	8	2	4	3	2	0	1	0
	>1000	1	1	1	2	1	0	0	0

Примечание: * – Н – ночные, Д – дневные.

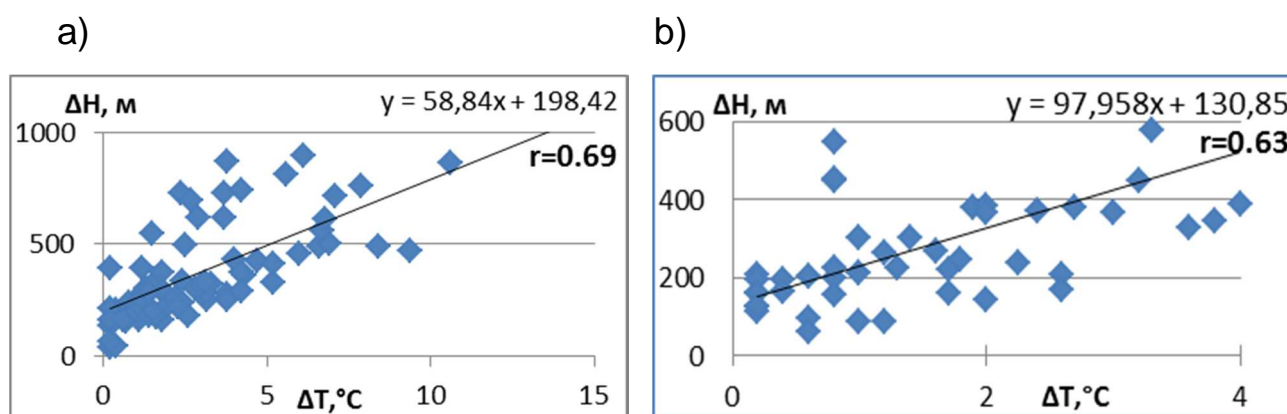


Рис. 3. Диаграммы рассеяния ΔT - ΔH для холодного (а) и теплого (б) периодов

Качество воздуха оценивалось путем сравнения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ со среднесуточной ПДК (ПДК_{сс}). В основном нарушения стандартов качества наблюдались в дни с инверсиями. Концентрация NO в 7,2 раза превысила ПДК_{сс} в теплый период года и в 2,8 раз – в холодный. Концентрация NO₂ составила около 1,9 ПДК_{сс} в теплый период и 1,3 ПДК_{сс} в холодный. Табл. 2 отражает сочетание концентраций ЗВ в долях ПДК_{сс} с типом инверсий. Заметно, что максимальные значения загрязнения наблюдались в основном при ночных приземных инверсиях.

Концентрации ЗВ в долях ПДКсс при различных инверсиях температуры

ЗВ	Холодный период				Теплый период			
	Инверсии				Инверсии			
	Приземные		Приподнятые		Приземные		Приподнятые	
	Н*	Д	Н	Д	Н	Д	Н	Д
СО	0,46	0,2	0,41	0,37	0,7	0,9	0,4	0,3
NO	2,8	0,53	1,65	1,01	7,2	6,5	2,8	1,6
NO ₂	1,3	0,65	1,02	1,25	1,8	1,8	1,9	1,8

Примечание:* – Н – ночные, Д – дневные.

Понижение уровня загрязнения в холодный период можно объяснить активизацией механизмов перемешивания и переноса примесей с резким ростом «потерь» тепла большим мегаполисом при похолодании [3].

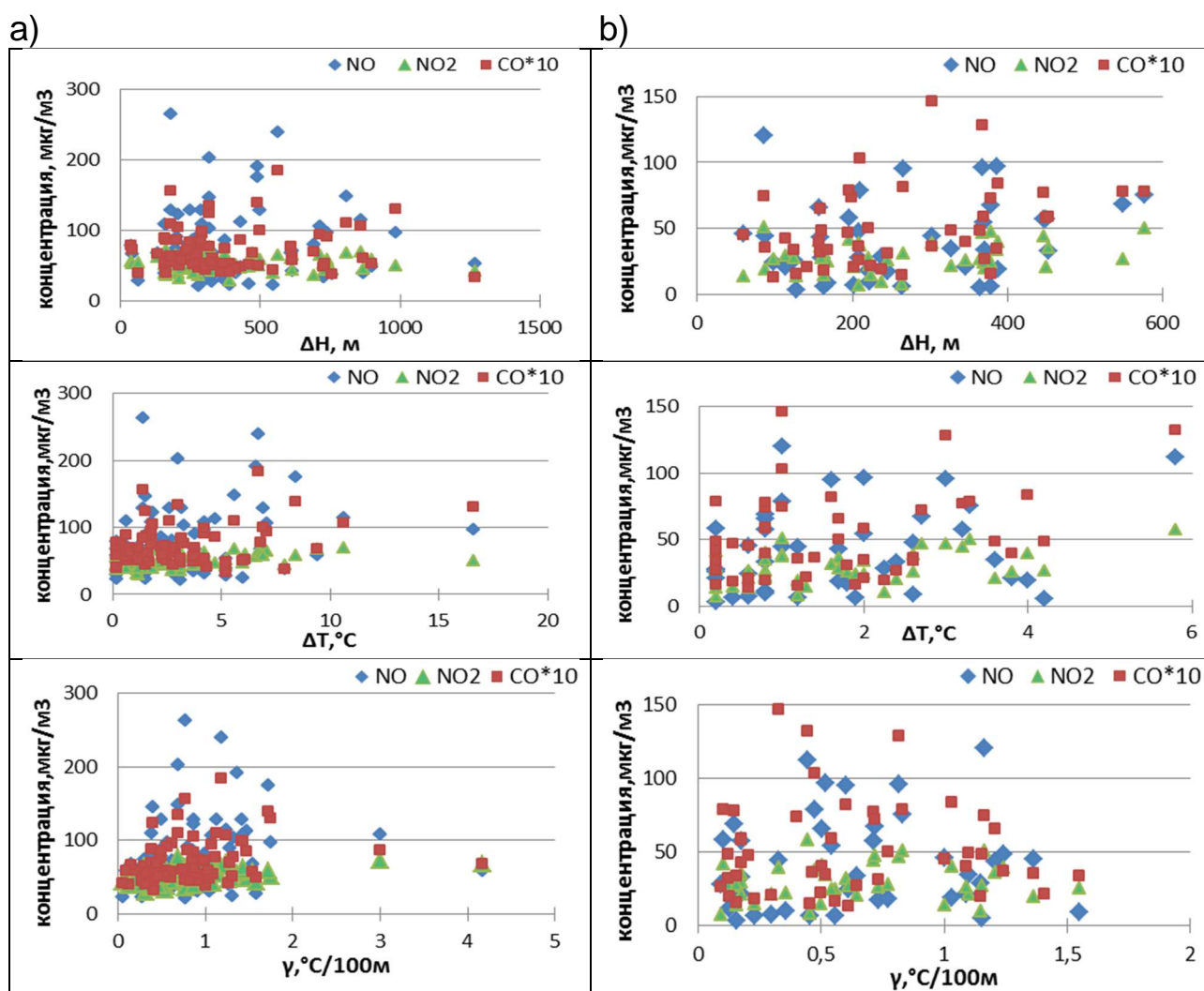


Рис. 4. Диаграммы рассеяния концентраций ЗВ и параметров инверсий для холодного (а) и теплого (б) периодов

Взаимосвязь концентраций ЗВ (CO, NO, NO₂) с параметрами инверсий (ΔH , ΔT , γ) показана на диаграммах рассеяния для двух периодов – рис. 4.

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции между концентрациями ЗВ и параметрами инверсий для двух периодов 2010 г.

Параметры инверсии	Загрязняющие вещества					
	Холодный период			Теплый период		
	CO	NO	NO ₂	CO	NO	NO ₂
H _{нг}	-0,28	-0,25	-0,15	-0,13	-0,34	-0,17
ΔH	0,05	0,02	0,06	0,45	0,35	0,45
T _{нг}	-0,27	-0,19	-0,31	-0,24	-0,09	-0,23
ΔT	0,33	0,22	0,26	0,34	0,23	0,43
γ	0,25	0,20	0,35	-0,02	0,08	0,12

Разброс точек на диаграммах отражает слабую связь ЗВ и параметров инверсий, как в зимний, так и в летний период. Количественная оценка связи производилась с помощью корреляционного анализа Пирсона. Найденные коэффициенты корреляции между концентрациями ЗВ и параметрами инверсий представлены в табл. 3. Значимые коэффициенты (уровень значимости 0,05) выделены жирным шрифтом.

Анализ табл. 3 позволил сделать вывод о большем влиянии параметров инверсий на уровень ЗВ в холодный период, чем в теплый. В холодный период оказалось 73 % значимых коэффициентов, наименьший коэффициент корреляции наблюдается между H_{нг} и NO₂ ($r = -0.19$), а наибольший – для пары γ -NO₂ ($r = 0.35$). В теплый период – 47 % значимых коэффициентов, наименьший из них – между CO и T_{нг} ($r = -0,24$), наибольший – между ΔH и NO₂ ($r = 0,45$).

Обнаружены четыре связи, имеющие слабую и умеренную корреляцию, но наблюдаемые в обоих периодах. Это прямые связи CO – ΔT , NO₂- ΔT и обратные связи CO – T_{нг} и NO – H_{нг}. В целом, в холодный период обнаружена связь между температурным градиентом и интенсив-

ностью инверсионного слоя и всеми ЗВ, в теплый период – между мощностью и всеми ЗВ.

Знание связей между характеристиками инверсии и концентрациями загрязняющих веществ, полученные в разные сезоны, необходимо при формировании комплекса неблагоприятных метеорологических условий, способствующих высокому загрязнению. Такой комплекс позволит предсказать случаи экстремально высоких концентраций, информирование населения о которых способно уменьшить их негативные воздействия.

Список использованных источников

1. University of Wyoming official site, Department of atmospheric science [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 02.04.2015).
2. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2010 год / под ред. Э.Ю. Безуглой. СПб.: «Д'АРТ», 2011. 224 с.
3. Кузнецова И.Н., Нахаев М.И., Шалыгина И.Ю. Метеорологические предпосылки формирования зимних эпизодов высокого загрязнения воздуха в г. Москва // Метеорология и гидрология. 2008. № 3. С. 48-59.