

DOI:10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-169-171

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДОМ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

LANDSCAPE AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT TECHNOGENIC POLLUTION WITH FORMALDEHYDE OF THE AIR BASIN OF THE CITIES OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

Куролап С.А., Клепиков О.В., Рубцова Л.А.

Kurolap S.A., Klepikov O.V., Rubtsova L.A.

e-mail: skurolap@mail.ru

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Аннотация. На примере крупнейших промышленно-развитых городов Центрально-Черноземного региона (Воронежа, Липецка, Белгорода) проведена оценка техногенного загрязнения атмосферы одним из приоритетных загрязняющих веществ - формальдегидом. Установлена зависимость загрязнения городов и экологических рисков для населения, связанная ландшафтно-экологическими условиями, в частности, с динамикой метеорологических условий, в течение суток и по сезонам года, явлениями погоды, геоморфологическими и гидрологическими факторами, влияющими на условия рассеивания загрязняющих веществ и концентрацию формальдегида в воздушном бассейне городов.

Abstract. On the example of the largest industrialized cities of the Central Black Earth region (Voronezh, Lipetsk, Belgorod), an assessment of technogenic pollution of the atmosphere by one of the priority pollutants - formaldehyde was carried out. The dependence of urban pollution and environmental risks for the population, associated with landscape and environmental conditions, in particular with the dynamics of meteorological conditions, during the day and seasons of the year, weather phenomena, geomorphological and hydrological factors that affect the conditions for the dispersion of pollutants and the concentration of formaldehyde in air basin of cities.

Ключевые слова: ландшафтно-экологическая оценка, техногенное загрязнение, формальдегид, воздушный бассейн, город, Центральное Черноземье

Keywords: landscape-ecological assessment, technogenic pollution, formaldehyde, air basin, city, Central Chernozem region

Стремительная урбанизация влечет за собой увеличение техногенной нагрузки, и современные промышленно-развитые города становятся «центрами» экологических проблем, формируя особые условия окружающей среды, которые нередко являются опасными для здоровья человека. Оценка экологического риска для здоровья населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха, является актуальной задачей в связи с большой численностью источников промышленных выбросов на относительно малой площади в крупных промышленных городах и интенсивно развивающимся автотранспортным комплексом. Обзор результатов исследований, выполненных в различных мегаполисах Российской Федерации и за рубежом, достоверно свидетельствует о негативном воздействии загрязнения воздушной среды на заболеваемость населения, а также о том, что рассматриваемая проблема не потеряла своей значимости и актуальности. Источники наиболее опасного техногенного загрязнения - это выбросы промышленных предприятий, прежде всего, теплоэнергетика, особенно связанная с каменным углем; черная металлургия и нефтехимия, обеспечивающие поступление в окружающую среду хрома шестивалентного, полициклических ароматических углеводородов, диоксинов, тяжелых металлов; деревообработка и строительная отрасль, в частности, цементное производство, а также автотранспорт, в выхлопах которого присутствуют такие канцерогены как свинец, формальдегид, бенз(а)пирен и другие. Этим отличаются города и поселения городского типа Южного Прибайкалья (Ангарск, Братск, Иркутск, Шелехов), Южного Урала и Поволжья (Республика Башкортостан: Салават, Уфа, Стерлитамак; Чапаевск Самарской обл. - самый диоксиноопасный город России) [1, 5]. В этой связи, изучение данного вопроса в городах Центрального Черноземья является достаточно актуальным. В воздушный бассейн городов непрерывно поступает множество различных токсических веществ, в том числе канцерогенов, усиливающих риск развития злокачественных новообразований у городских жителей. К одному из таких канцерогенов относится формальдегид – вещество 2-ого класса опасности [3], которое поступает в воздушную среду вместе с выбросами газов от автомобильного транспорта, а также от промышленных предприятий, использующих в циклах производства это соединение.

Целью исследования является ландшафтно-экологическая оценка факторов техногенного загрязнения атмосферы формальдегидом промышленных центров Черноземья. Формальдегид присутствует практически в любом промышленном городе и, по существу, служит индикатором общего техногенного загрязнения воздушного бассейна. В качестве исходных данных нами использованы сведения о результатах мониторинговых лабораторных исследований, выполненных региональными Центрами гигиены и эпидемиологии, также региональными Центрами по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в Воронежской, Липецкой и Белгородской областях за 5-ти летний период (2018-2022 годы), предоставленные в рамках межведомственного сотрудничества. Экологические риски для здоровья населения (канцерогенные и неканцерогенные) оценивались в соответствии с положениями Руководства Р. 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [2].

В качестве факторов риска техногенного загрязнения нами выбраны геоморфологические условия (рельеф городских территорий), наличие водоемов, а также метеорологические параметры, такие как температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость ветра, которые ежедневно измеряются гидрометеослужбой любого крупного города по стационарным постам наблюдений (ПНЗ) 3 раза в сутки (7.00, 13.00, 19.00, а в Липецке - дополнительно в 1.00) совместно с замерах концентраций формальдегида. Причем помимо данных стационарных постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха использованы данные пунктов дополнительного контроля для более полного охвата территории городов (Воронеж - 13, Липецк - 10, Белгород - 4 контрольные точки). Для расчета индивидуального канцерогенного риска использованы средние значения концентраций веществ за период исследований, поскольку ставилась задача оценки хронического воздействия. По территориям городов для сравнения в итоге при расчете рисков использованы средние значения концентраций канцерогенов.

Методическая схема исследования состояла из следующих этапов.

1. Оценка влияния рельефа и водоемов (внутригородского водохранилища) на концентрацию формальдегида в атмосфере.

2. Формирование баз данных, отражающих метеорологические параметры и концентрации приоритетных загрязняющих веществ по метеорологическим постам наблюдений (ПНЗ) на следующих территориях:

- города Воронежа (по ПНЗ №7 и ПНЗ №8, расположенным в юго-восточном промышленном левобережном секторе города по ул. Лебедева 2, и в юго-западном жилом секторе по ул. Ворошилова 30, соответственно);
- города Липецка (по ПНЗ №4 и ПНЗ №8, расположенным в Октябрьском округе в промышленном секторе района Тракторного завода по ул. Коммунистической, и в Советском округе в жилом секторе по ул. 60 лет СССР, соответственно);
- города Белгорода (по ПНЗ №8 и ПНЗ №7, расположенным в Восточном округе по ул. Макаренко 18, и в Западном округе по ул. Мокроусова 8, соответственно).

3. Анализ динамики концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе исследуемых городов ЦЧР в ежедневном, ежемесячном, сезонном и годовом аспектах по стандартным срокам наблюдений (7.00, 13.00, 19.00).

4. Расчет корреляционных связей для оценки влияния метеорологических параметров на характер атмосферного загрязнения городской среды.

5. Анализ связи концентраций формальдегида с явлениями погоды (ясно, снег, дождь, туман).

6. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением воздушного бассейна.

Проведенные исследования позволили установить следующие закономерности в формировании аэротехногенного загрязнения на примере формальдегида в сравнительном аспекте в городах Центрального Черноземья.

Влияние геоморфологического фактора. Сопоставление показателей аэротехногенного загрязнения атмосферы с учетом фактора рельефа в целом подтверждает закономерность увеличения загрязнения воздушного бассейна в левобережных секторах городов, прежде всего, Воронежа и Липецка, как за счет промышленного потенциала, так и за счет непосредственно «рельефного фактора». Наиболее четко эта ситуация прослеживается в Воронеже: так, левобережный низменный сектор, представляющий собой надпойменную террасу реки Воронеж, где сосредоточена интенсивная промышленно-транспортная инфраструктура (ТЭЦ-1, АО «Воронежсинтезкаучук» и др.) служит в определенной степени «приемником» отходящих выбросов возвышенного правобережья города, что усиливается вследствие розы ветров с преимущественным ветропереносом воздушных масс с запада на восток. Аналогичная, но менее выраженная ситуация, отмечается и в городе Липецке.

Влияние гидрологического фактора. Установлено, что Воронежское внутригородское водохранилище - фактор существенного снижения техногенного загрязнения воздушного бассейна города. Его субмеридиональное расположение в городе Воронеже обеспечивает достаточно ощутимый «аэродинамический коридор» шириной около 1-1,2 км, способствующий хорошему рассеиванию загрязняющих веществ и минимальным концентрациям формальдегида в воздухе правобережного сектора вблизи водоема несмотря на достаточно высокие концентрации левобережного промышленного сектора, практически вплотную примыкающего к водохранилищу.

Влияние метеорологического фактора. Отмечается превышение концентраций в промышленных функциональных зонах всех городов практически в течение всего срока наблюдений, в среднем в 1,4 - 1,6 раз по отношению к жилым зонам, а также более ощутимое различие уровня загрязнения в утренние часы (7.00) и в зимний период. Данная тенденция характерна преимущественно для Липецка и Воронежа, а в Белгороде данные закономерности выражены в меньшей степени, различия по сезонам минимальны [4]. В динамике распределения, за весь период наблюдений концентрации формальдегида не превышали ПДК максимально разовые (ПДК_{м.р.} = 0,05 мг/м³) ни в один из сроков наблюдений, хотя нельзя исключить потенциальную опасность, так как ПДК среднесуточные (ПДК_{с.с.} = 0,01 мг/м³) превышались с высокой периодичностью (особенно в теплый весенне-летне-осенний период) [3], что характерно для Воронежа и Липецка в промышленных зонах (рис. 1). В Белгороде превышения данных предельно-допустимых концентраций не были зафиксированы.

Проведен корреляционный анализ, по результатам которого установлена единая тенденция для исследуемых городов Центрального Черноземья: наиболее значимым метеорологическим параметром является температура воздуха, причем отмечаются положительные корреляции (т.е. с ростом температуры возрастает загрязнение атмосферного воздуха), наиболее устойчивые для города Воронежа и наименее достоверные – для города Белгорода. Тенденция связи скорости ветра и относительной влажности воздуха с концентрациями формальдегида в обеих зонах наблюдений значительно менее значима, причем, она обратная в сравнении с температурным фоном: при повышении скорости ветра и относительной влажности воздуха концентрация снижается [6].

Анализ зависимости уровня загрязнения формальдегидом с различными явлениями погоды был проведен для исследуемых городов, за исключением Липецка, в связи с отсутствием данных наблюдения за явлениями погоды. Установлены следующие закономерности: а) в промышленной зоне рост концентраций отмечается в ясную и облачную погоду, особенно в летний период; осадки в виде дождя и снега «промывают» атмосферу, вследствие чего загрязнение снижается; б) в жилой зоне увеличение загрязнения происходит в ясную погоду в летне-осенний период и облачную погоду в зимне-весеннее время года, а снег и дождь способствуют снижению концентраций. В целом, среди исследуемых городов Центрального Черноземья Белгород является самым «чистым» городом, а Липецк и Воронеж загрязнены в большей степени, причем наиболее загрязненным является город Воронеж.

Таблица. Результаты оценки канцерогенного риска в городах ЦЧР

Город	Функциональные зоны					
	промышленная			жилая		
	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00
Воронеж	$6,1 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$
Липецк	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$
Белгород	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$

в промышленной, так и в жилой зоне риски не превышали опасного уровня ни в один из сроков наблюдений. Но, несмотря на допустимый уровень концентраций формальдегида, риски относятся к предельно допустимым, т.е. *рискам, вызывающим беспокойство*. В таблице 1 приведены усредненные значения канцерогенного риска в городах Центрального Черноземья – Воронеже, Липецке и Белгороде по функциональным зонам. Был также рассчитан неканцерогенный риск, по результатам которого установлено, что ни в одном из городов на протяжении всего периода наблюдения риск не превышал опасный порог и носил допустимый характер. Полученные закономерности могут быть использованы для прогноза уровня техногенного загрязнения атмосферы в зависимости от метеорологических условий. Рекомендуется предпринять действия для снижения антропогенной нагрузки в городах Центрального Черноземья. В частности, произвести переход на современные личные электромобили и общественный транспорт с низким выбросом выхлопных газов, а также осуществить модернизацию устаревшего оборудования на производствах и котельных, установку различного рода улавливающих и очищающих фильтров. Также, в качестве оздоровления окружающей среды целесообразно расширить перспективное озеленение городов ЦЧР.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>

Литература

- Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения / Э. Ю. Безуглая, И. В. Смирнова. – Санкт-Петербург : Астерион, 2008. – 254с.
- Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р2.1.10.1920 – 04). – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
- САНПИН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 25.04.2023).
- Урбоэкодиагностика промышленных городов Центрального Черноземья: монография / С.А. Куролап [и др.]; Под общ. ред. С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж : Издательство «Цифровая полиграфия», 2022. – 255 с.
- Человек в мегаполисе : Опыт междисциплинарного исследования / Под ред. Б. А. Ревича и О. В. Кузнецовой. – Москва : ЛЕНАНД, 2018. – 640 с.
- Экологическая оценка влияния метеорологических параметров на техногенное загрязнение канцерогенно опасными химическими веществами воздушного бассейна города Воронежа / С.А. Куролап [и др.] // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 60–65.

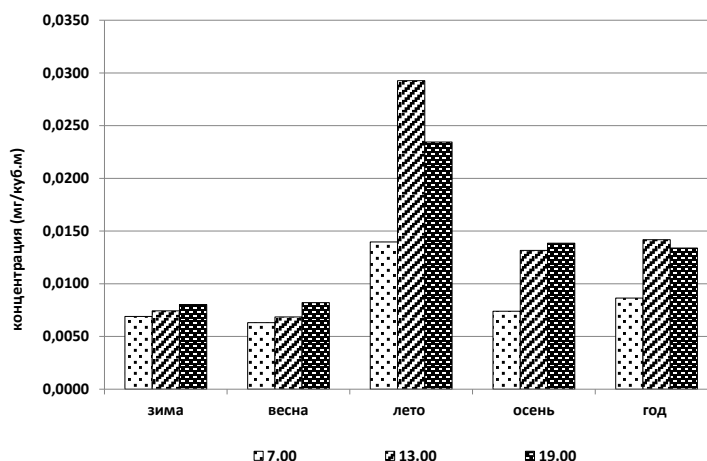


Рис. 1. Внутрисуточная динамика концентраций формальдегида / в среднем по сезонам года и за год в целом / в промышленной зоне города Воронежа