

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(НИУ «БелГУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Кафедра географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности

**АВТОТРАНСПОРТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ**

Выпускная квалификационная работа
студента очного отделения 4 курса группы 81001202
направления подготовки 05.03.02 География
Полетаева Арсения Олеговича

Научный руководитель:
д.г.н., зав. каф. Корнилов А.Г.

Рецензент:
д.г.н., проф. Голеусов П.В.

БЕЛГОРОД 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ АТМОСФЕРЫ АВТОТРАНСПОРТОМ	5
1.1. Краткий обзор вредного воздействия на окружающую среду автомобильного движения	5
1.2. Особенности автотранспортного загрязнения воздуха в городах всего мира	6
1.3. Особенности автотранспортного загрязнения воздуха в Российской Федерации	9
1.4. Загрязнение воздуха выхлопными газами автотранспорта на территории Белгородской области и г. Белгорода	11
1.5. Наблюдения за автотранспортным загрязнением воздуха	14
1.6. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта	16
1.7. Краткие выводы к первой главе	18
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. БЕЛГОРОДЕ	19
2.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на ул. Щорса	21
2.1.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха в отдельно взятых пунктах	22
2.1.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №1	30

2.1.3. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №2	36
2.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на просп. Богдана Хмельницкого	43
2.2.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха в отдельно взятых пунктах	44
2.2.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №1	51
2.2.3. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №2	57
2.3. Сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ на ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого	64
2.4. Сопоставление профиля №2 по ул. Щорса и профиля №2 по просп. Богдана Хмельницкого	70
2.5. Краткие выводы ко второй главе	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	80

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема автотранспортного загрязнения воздуха является одной из главных экологических проблем современного общества. Вклад автотранспорта в загрязнение воздушных бассейнов городов с развитой транспортной инфраструктурой, сетью дорог, высокой степенью концентрации автотранспортных средств, плотностью застройки городской среды очень велик – свыше 90% (на примере города Белгорода).

Автомобилизация в настоящее время достигла широких масштабов, при этом делаются попытки снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. К ним относятся технические мероприятия по нейтрализации выхлопных газов, внедрение в широкое использование экологически чистых видов топлива, альтернативных источников энергии, оптимизация дорожного движения с помощью архитектурно-планировочных решений и др.

Цель данной выпускной работы – оценка уровня автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха в городе Белгороде.

Задачами выпускной работы являются:

- 1) краткий обзор особенностей автотранспортного загрязнения в городах всего мира, городах Российской Федерации;
- 2) изучение особенностей автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха в Белгородской области и в городе Белгороде;
- 3) обзор способов разрешения проблемы автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха, методов наблюдения за состоянием загрязнения воздуха;
- 4) выявление закономерностей изменения уровней содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха в различные периоды года вдоль главных центральных автотранспортных магистралей города Белгорода – ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого.

Работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованной литературы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ АТМОСФЕРЫ АВТОТРАНСПОРТОМ

1.1. Краткий обзор вредного воздействия на окружающую среду автомобильного движения

Широкое внедрение в повседневную жизнь использования автотранспорта является проявлением прогресса и приносит обществу громадную пользу. При этом автомобилизация имеет не только положительные, но и отрицательные стороны – она неразрывно связана с явлениями, которые наносят немалый вред обществу и природе.

К негативному воздействию автомобильного транспорта на окружающую среду относят следующие явления:

- 1) загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов автомобилей;
- 2) транспортный шум и вибрация;
- 3) электромагнитное излучение;
- 4) загрязнение водоемов и подпочвенных вод стоками.

К первому пункту следует прежде всего отнести загрязнение выбросами соединений свинца, которые происходят одновременно с выбросами отработавших газов при работе двигателей внутреннего сгорания автомобилей на этилированном бензине. Опасность накопления соединений свинца в почве обусловлена высокой доступностью его растениям и переходом по звеньям пищевой цепи в животных, птиц и человека. Предельно допустимая концентрация свинца в почве по общесанитарному показателю с учетом фонового загрязнения установлена 32 мг/кг [19, с. 49].

Транспортный шум возникает при движении автомобильного транспорта. При этом ухудшается качество среды обитания человека и животных на территориях, находящихся в непосредственной близости от автодорожной инфраструктуры. Негативное влияние данного фактора на человека

проявляется в воздействии на нервную систему, снижении трудоспособности, уменьшении сопротивляемости сердечно-сосудистым заболеваниям.

Вибрация возникает при движении автомобиля и воздействует через механическую систему на человека, который пользуется автомобилем, и через конструкцию дороги на здания и сооружения, которые входят в зону влияния дороги. Интенсивность вибрации, передающейся зданиям и сооружениям в придорожной зоне, зависит от количества тяжелых грузовых автомобилей, их скорости, ровности дорожного покрытия, конструкции дорожной одежды, типа подстилающего грунта. Интенсивность вибрации характеризуется ускорением. Частота вибрации от транспортных нагрузок составляет 10...40 Гц [19, с. 49].

Электромагнитное излучение происходит от потерь энергии энергетическими системами и приборами автотранспортного средства. Оно нарастает при интенсивном движении и наличии непрерывных потоков в несколько рядов. Сильные поля высокочастотных излучений оказывают вредное влияние на организм человека. Для электромагнитных излучений высокой частоты установлен предельно допустимый уровень мощности – 1 мкВт/см. Электромагнитное излучение автотранспорта является источником радиопомех [19, с. 49].

1.2. Особенности автотранспортного загрязнения воздуха в городах всего мира

За последние 30 лет в городах по всему миру значительно увеличилось число автомобилей. В 1970 г. в мире было 200 млн легковых автомашин, к 2006 г. эта цифра превысила 850 млн, а к 2030 г. ожидается ее удвоение [16, с. 148].

Чрезмерное заполнение улиц городов автомобилями приводит к появлению пробок, дорожно-транспортных происшествий и снижению качества воздуха. Существуют попытки решения этих проблем традиционным путем, то есть увеличением пропускной способности дорог в ущерб

функционированию общественных видов транспорта, маршрутов для велосипедистов и пешеходов. Это способствует застройке городов преимущественно вдоль основных магистралей, что приводит к увеличению расстояний и повышает актуальность использования автотранспорта.

В городах, планировка которых изначально предполагала использование автотранспорта, активность использования автомобилей выше в 10 раз, чем в других городах. Низкая плотность застройки приводит к зависимости от автомобиля, что сильно затрудняет развитие более экологически безопасных способов передвижения. При этом транспортные проблемы присутствуют как на крупных магистралях, опоясывающих город, так и в центральных районах, большие площади которых используются как автостоянки и где постоянно возникают конфликтные ситуации на дорогах. Также здесь ограничен выбор доступных средств передвижения.

Такая ситуация характерна для городов США, Австралии, Новой Зеландии и Канады, а в последнее время все чаще и в пригородах Европы и в странах с переходной экономикой, где допускается неконтролируемая застройка городских окраин [16, с. 155-156].

В городах с компактной планировкой наибольшее развитие получил общественный транспорт, также увеличилось число пешеходов и велосипедистов. Но здесь ограничено пространство для движения транспорта, что приводит быстрому заполнению автотранспортом улиц. В конечном счете это приводит к снижению качества воздуха, возрастанию уровня шума, возникновению пробок. При этом при реорганизации территорий общественного пользования и их приспособлении под нужды владельцев автомобилей, становится затруднительным курсирование автобусов, сокращается пространство, доступное для пешеходов, велосипедистов, рикшей и др. Все это приводит к снижению использования в таких городах более экологически чистых средств передвижения.

Автомобиль становится наиболее быстрым и надежным транспортным средством даже при интенсивном движении. Подобная ситуация все чаще

наблюдается во многих городах Азии, Африки, Ближнего Востока и Латинской Америки [16, с. 156].

Благодаря совершенствованию технологий в автомобилестроении и топливном секторе большинство промышленно развитых стран удерживают средний уровень загрязнения окружающего воздуха и снижают его, несмотря на увеличение интенсивности движения. Совсем другая ситуация у большинства развивающихся стран, где в городах с высокой плотностью населения проблема загрязнения воздуха является особо опасной, так как ставит под угрозу здоровье миллионов людей.

В таких городах, как Мехико, Дели, Бомбей, Калькутта и Дакка, основу уличного движения составляют трехколесные такси с двухтактным двигателем (в Мехико, к примеру, 55% движения приходится на мини-такси). Несмотря на свою экономичность они сильно загрязняют воздух, и вследствие их использования уровень содержания загрязняющих веществ до 3–5 раз превышает уровни, рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения [16, с. 160].

Основное условие экологизации городского транспорта сводится к предоставлению приоритета развитию общественного транспорта, стимулированию использования немоторизованных видов транспорта в противовес расширению дорожной сети.

Экологизация городского транспорта находится в числе важнейших ожиданий населения. По мнению П. Ньюмана и Дж. Кенурти для достижения этой цели требуется:

- 1) система скоростного общественного транспорта, обеспечивающая более высокую скорость передвижения по сравнению с автотранспортом на всех основных направлениях;
- 2) центры городской застройки вдоль транспортных коридоров, образующие достаточно плотную сеть для обеспечения функционирования системы общественного транспорта;

- 3) пешеходные зоны и создание условий для удобства велосипедистов, в частности облегчение доступа для немоторизованных средств передвижения в различные районы города, в первую очередь – в указанные центры;
- 4) слаженное функционирование транспортной системы, обеспечивающее доступ без лишних временных затрат;
- 5) постепенный вывод из эксплуатации скоростных шоссе и введение налогов на пробки, формирующих средства для финансирования скоростного общественного транспорта и пешеходно-велосипедной инфраструктуры, а также создание зеленых бульваров с низкой интенсивностью движения;
- 6) непрерывное совершенствование автомобильных двигателей и топлива для снижения выхлопов, шумового загрязнения и потребления топлива [16, с. 178-179].

1.3. Особенности автотранспортного загрязнения воздуха в Российской Федерации

В населенных пунктах 80 % вредных веществ выбрасывается автотранспортом. В середине 90-х годов на долю автотранспорта в России приходилось 80 % выбросов свинца, 59 % оксида углерода, 32 % оксидов азота [20, с. 125].

Следует отметить общие особенности автотранспорта:

- 1) темпы роста численности автомобилей значительно превышают рост количества стационарных источников;
- 2) автомобили рассредоточены в пространстве, таким образом создавая общий повышенный фон загрязнения;
- 3) автотранспортные средства близко расположены к жилым районам, заполняют проезды и дворы жилых районов;
- 4) выбросы автотранспорта имеют повышенную токсичность по сравнению с выбросами стационарных источников;

- 5) низкое расположение источников загрязнения от земной поверхности обуславливает скопление отработавших газов автомобилей в зоне дыхания людей;
- 6) слабая подверженность рассеиванию ветром по сравнению с промышленными выбросами, источники которых имеют дымовые и вентиляционные трубы значительной высоты.

Помимо этого, неблагоприятное воздействие автотранспорта на окружающую среду обусловлено:

- 1) отсутствием четких экологических ориентиров, которые должны приниматься во внимание при решении проблем в области развития и обеспечения функционирования транспорта;
- 2) неудовлетворительными экологическими характеристиками производимого автомобильного транспорта;
- 3) недостаточным уровнем качества технического содержания парка машин;
- 4) низким качеством и недостаточным развитием дорог;
- 5) недостатками в организации перевозок и движении транспортных средств [2, с. 8].

Таким образом, именно автотранспорт обуславливает наличие в населенных пунктах территорий, где наблюдаются устойчивые превышения санитарно-гигиенических нормативов загрязнения воздуха.

На территории Российской Федерации загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха от автотранспорта по субъектам распределяется неравномерно. Наибольшее автотранспортное загрязнение замечено в республике Татарстан, Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской, Московской, Ленинградской, Нижегородской, Волгоградской областях.

На долю автотранспорта в ряде регионов приходится свыше 50 % общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе, согласно данным Минздрава РФ, в Пензенской области - 70 %, в Санкт-Петербурге - 71 %, в Воронежской области - 77 %, в Краснодарском крае - 87 %, в Москве - 88

%). Оценки, выполненные для действующего парка автотранспортных средств, показывают, что в целом по России от автотранспорта ежегодно в атмосферу поступает 27 тыс. т бензола, 17,5 тыс. т формальдегида и 1,5 т бенз(а)пирена [20, с. 127].

Загрязнение атмосферы соединениями свинца на большей части территории Российской Федерации связано с использованием автомобилей с карбюраторными двигателями, а также с широким применением этилированного бензина. Грузовой транспорт является основным поставщиком соединений свинца в атмосферу: на его долю приходится 54 % общей массы выброса свинца. В Российской Федерации максимальные выбросы свинца отмечаются в Уральском, Поволжском и Западно-Сибирском регионах [20, с. 127].

1.4. Загрязнение воздуха выхлопными газами автотранспорта на территории Белгородской области и г. Белгорода

На территории Белгородской области выделяются три группы административно-территориальных единиц по интенсивности выбросов от стационарных источников и автотранспорта: 1) с минимальными показателями удельных выбросов (Вейделевский, Красненский, Ровеньской районы); 2) с относительно невысокими уровнем выбросов от стационарных и передвижных источников большая часть административно-территориальных единиц региона); 3) максимальными, с преобладанием выбросов промышленности (города Валуйки, Губкин, Старый Оскол); 4) умеренно высокими, с преобладанием автотранспортных выбросов (город Белгород) [14, с.240].

Постоянные наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в Белгородской области проводятся Белгородской лабораторией по мониторингу загрязнения атмосферы Белгородского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Старооскольской

комплексной лабораторией по мониторингу окружающей среды на 8 стационарных постах в городах: Белгород, Губкин, Старый Оскол.

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта по Белгородской области за 2006 - 2011 годы.

Годы	Количество автотранспортных средств, тыс. шт.	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т/год						Доля в общем выбросе в атмосферу, %
		SO ₂	NO _x	VOC ¹⁾	CO	PM ²⁾	Всего	
2006	323,97	1,84	31,21	16,55	99,72	0,55	149,87	58,9
2007	349,91	2,02	33,51	17,44	101,58	0,63	155,18	55,6
2008	383,53	2,16	36,09	18,99	110,00	0,67	167,91	59,2
2009	390,43	2,05	35,55	19,36	113,13	0,60	170,69	57,5
2010	400,20	2,10	36,41	19,84	115,90	0,62	174,87	56,9
2011	421,60	2,20	38,23	20,98	122,27	0,64	184,32	57,8

1) VOC (volatile organic compounds) – летучие органические вещества.

2) PM (particulate matter) – твердые частицы (сажа).

По данным табл. 1 [18, с.10] можно отметить, что с 2006 по 2011 гг. число единиц автопарка Белгородской области увеличилось на 97,63 тыс. шт. Это привело к увеличению количества выбросов – до 184,32 тыс. т/год в 2011 году, что на 34,45 тыс. т/год больше, чем количество выбросов загрязняющих веществ в 2006 году. Таким образом число выбросов выросло в 1,23 раза.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит угарный газ (CO) – его выброс с 2006 по 2011 увеличился на 22,55 тыс. т/год. Далее в порядке убывания: оксиды азота (NO_x) – выброс увеличился на 7,02 тыс. т/год, летучие органические вещества (VOC) – выброс увеличился на 4,43 тыс. т/год, диоксид серы (SO₂) – выброс увеличился на 0,36 тыс. т/год, и твердые частицы (PM) – выброс увеличился на 0,09 тыс. т/год.

В относительных величинах доля угарного газа составляла среди других веществ 66,54% в 2006 году, незначительно снизилась до 66,34% в 2011 году. Доли других загрязнителей также незначительно снижались в указанный период, и в 2011 году составляли: оксиды азота – 20,74%, диоксид серы –

1,19%, твердые частицы – 0,35%. Исключение составляют летучие органические вещества – их доля выросла за 2006-2011 гг. с 11,04% до 11,38%.

Результаты сводных расчетов загрязнения атмосферы г. Белгород выбросами промышленности и автотранспорта показывают, что автотранспорт вносит основной вклад – 92–99,7 % в общее загрязнение атмосферы города [3, с. 923].

Для уменьшения отрицательного влияния на среду обитания автотранспортных выбросов в Белгородской области за 2006–2011 гг. предприняты следующие меры:

1. Проведение планировки автодорог с целью оптимизации движения транспорта. В частности, в г. Белгород действует программа реконструкции существующей улично-дорожной сети, разработана концепция развития городского автотранспорта, построена объездная дорога «Спутник-Сумская-Чичерина-Ротонда» [17, с.11].
2. Проведение работ по реконструкции городских улиц и транспортных магистралей в ряде городов области.
3. Проведение на автотранспортных предприятиях ремонта, регулировки, технического обслуживания систем и агрегатов, влияющих на выброс вредных веществ.
4. Организация контроля за содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах.
5. Использование неэтилированного бензина для заправки автомобилей.

Несмотря на это сохраняется преобладание автотранспорта в загрязнении атмосферы, что вызвано увеличением количества единиц автотранспорта и отсутствием систем нейтрализации отработавших газов.

Согласно результатам исследований А.Г. Корнилова и Л.Ю. Гордеева, значительный уровень загрязнения автотранспортом воздушного бассейна города Белгорода обусловлен следующими факторами: наличие большого количества автотранспорта, недостаточный уровень развития дорожно-уличной сети, высокая плотность застройки, довольно низкое качество

автомобильного топлива, недостаточное количество зеленых насаждений на городских улицах [13, с. 46]. Выбросы автотранспорта оказывают решающее влияние на превышения ПДК на территории города. Превышения наблюдаются по таким загрязнителям атмосферного воздуха, как бенз(а)пирен, бензин, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, сажа и формальдегид.

Для разрешения этой проблемы был разработан комплекс мероприятий по снижению выбросов автотранспорта для оздоровления воздушного бассейна города. Он включает в себя:

- 1) внедрение новых методов на основе автоматизированных систем управления дорожным движением г. Белгорода;
- 2) архитектурно-планировочные решения (создание шести двухуровневых развязок для основных автомагистралей города, возведение надземных пешеходных переходов);
- 3) новые технологии эксплуатации автотранспорта (улучшение качества топлива путем применения присадок, использование катализаторов (нейтрализаторов)) [3, с. 923].

1.5. Наблюдения за автотранспортным загрязнением воздуха

Для анализа состояния загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях и прилегающим к ним территориям проводится определение концентраций основных компонентов выхлопных газов в воздухе. К ним относят оксид углерода, сумму углеводородов, оксиды азота, соединения свинца, а также озон, формальдегид, акролеин и другие вещества.

В ходе специальных наблюдений, с помощью которых выявляются особенности загрязнения воздуха выбросами автотранспорта, определяются:

- 1) максимальные значения концентраций основных примесей, выбрасываемых автотранспортом в районах автомагистралей, и

- периоды их поступления при различных метеоусловиях и интенсивности движения транспорта;
- 2) границы зоны и характер распределения примесей по мере удаления от автомагистралей;
 - 3) особенности распространения примесей в жилых кварталах различного типа застройки и в зеленых зонах, примыкающих к автомагистралям;
 - 4) особенности распределения транспортных потоков по магистралям города [1, с.108].

При выполнении таких работ, помимо определения содержания в воздухе основных компонентов выхлопных газов, проводится анализ интенсивности движения автотранспорта, с учетом времени суток и на различных участках уличной дорожной сети.

Проведение наблюдений предполагает их регулярность: они проводятся каждый день в рабочую неделю ежечасно с 6 до 13 часов или с 14 до 21 часов. При этом наблюдения проводят с чередованием утренних и вечерних часов. Кроме того, проводят также наблюдения и в ночное время, с частотой 1–2 раза в неделю.

Для оценки загрязнения атмосферы обязательно измеряют метеорологические параметры – температура и влажность воздуха, скорость ветра.

При выборе точек наблюдения обращают внимание на интенсивность движения автотранспорта, их располагают на различных участках улиц в местах высокой концентрации загрязняющих веществ, которым относятся пересечения дорог, регулируемые перекрестки, въезды с прилегающих территорий. Кроме того, пункты организуются в местах скопления вредных примесей из-за слабого рассеяния (под мостами, в туннелях, на узких участках улиц и дорог), а также в зонах пересечения двух и более улиц с интенсивным движением транспорта [1, с.108].

1.6. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта

Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта делят на следующие три группы.

1. Градостроительные мероприятия.

Данная группа мероприятий играет большую роль в снижении автотранспортного загрязнения в населенных пунктах, они направлены на уменьшение концентраций выхлопных газов в местах пребывания человека. К ним относятся специальные приемы застройки, озеленение автомагистралей, размещение жилой застройки с применением зонирования. По мере удаления от автомагистрали, расположение зданий идет в следующем порядке: в первой полосе застройки располагаются малоэтажные здания, затем дома повышенной этажности, затем за ними, в третьей полосе, детские сады, школы, лечебно-оздоровительные учреждения. С помощью насаждения древесно-кустарниковых посадок в несколько рядов решается проблема изоляции тротуаров, пешеходных зон, зданий жилого, торгового и общественного назначения от проезжей части улиц с движением в четыре ряда и более, которые характеризуются напряженным движением.

2. Организация движения городского транспорта.

Среди таких мероприятий немаловажным является сооружение транспортных развязок на различных уровнях, создание дополнительных магистралей, дублирующих основные, постройка кольцевых дорог. В целях экономии пространства городских территорий широко распространено использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей. Постройка автомагистралей в обход городов приводит к перераспределению транспортной нагрузки. В качестве примера можно привести автомагистраль вблизи г. Саратов, которая приняла весь поток транзитного транспорта, который раньше тянулся по городским улицам. Резко снизилась интенсивность движения, уменьшился шум, чище стал воздух [15].

Автомагистрали, которые не пересекаются с другими магистралями на одном уровне, играют важную роль в снижении автотранспортного загрязнения. Это обусловлено отсутствием препятствий (светофоров) на пути свободного движения автотранспортного потока. Таким образом предотвращается ситуация наибольшего выброса продуктов неполного сгорания бензина, которая происходит при задержках машин у светофоров, при остановке с работающим двигателем в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора.

Необходимы переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки больших перекрывающихся потоков транспорта. В Москве, например, в районе площади Маяковского после строительства подземного тоннеля для автомобилей содержание оксида углерода (IV) в воздухе снизилось в 6-10 раз [3].

Организация оптимальной работы светофоров, скорости движения машин (при 60 км/час наименьшие загрязнения) и расширение перевозок пассажиров электротранспортом также способствует снижению автотранспортного загрязнения.

3. Технические мероприятия.

Первоочередное значение имеет нейтрализация (обезвреживание) выхлопных газов и фильтрация выхлопных газов дизелей от сажи. К мероприятиям такого рода также относится регулировка двигателей внутреннего сгорания, определение оптимальный состав смеси, поступающей в цилиндры. Большое значение имеет снижение, замена и полное исключение свинца в топливе; добавление в топливо присадок, снижающих содержание угарного газа, альдегидов, сажи в выхлопных газах; замена бензина метанолом, сжатым и сжиженным газом, или водородом. Наиболее эффективным мероприятием является замена обычных автомобилей электромобилями [15].

1.7. Краткие выводы к первой главе

В результате анализа литературных источников можно сформулировать следующие выводы к первой главе:

- 1) автотранспорт является основным загрязнителем атмосферного воздуха в городах (свыше 90% суммарных выбросов на примере города Белгород);
- 2) удержанию и снижению среднего уровня автотранспортного загрязнения воздуха способствуют совершенствования технологий автомобилестроения и топливной промышленности;
- 3) экологизация городского транспорта возможна при условии приоритетного развития общественного транспорта и совершенствования дорожно-транспортной инфраструктуры;
- 4) в России основными причинами неблагоприятного воздействия автотранспорта на окружающую среду являются неудовлетворительные экологические характеристики производимого автомобильного транспорта и низкое качество и недостатки в организации перевозок и движении транспортных средств;
- 5) в Белгородской области вклад автотранспорта в суммарные выбросы в атмосферу составляет приблизительно 60%, основная доля в автотранспортных выбросах по массе приходится на угарный газ;
- 6) на территории города Белгород превышения ПДК в воздухе таких веществ, как бенз(а)пирен, бензин, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, сажа и формальдегид обусловлены выбросами автотранспорта.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. БЕЛГОРОДЕ

Экологическое состояние атмосферы Белгорода по сравнению с прочими городами Российской Федерации оценивается как удовлетворительное. Белгородская область по массе вредных выбросов в атмосферу находится на 45–60-м месте по всей России, из чего можно сделать вывод, что в Белгороде довольно неплохое экологическое положение [4]. По данным Росгидромета за последние пять лет в Белгороде отмечается снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха с высокого до повышенного [21]. Однако, на фоне снижения общего объема выбросов в городскую атмосферу, продолжается значительное увеличение удельного веса выбросов автомобильного транспорта, который в их общем объеме составляет в 2014 году уже около 80 % [12, с. 28].



Рис. 1. Картосхема расположения ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого в плане города Белгород на спутниковом снимке.

Для оценки состояния уровня загрязнения воздуха в городе были проведены измерения максимальных разовых концентраций угарного газа, оксида и диоксида азота, соединений свинца и формальдегида в приземном слое атмосферного воздуха вдоль ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого (рис. 1).

Проспект Богдана Хмельницкого является основной и наиболее протяженной (7,5 км) и загруженной транспортной магистралью областного центра, связывающей северную и южную части города. Фактически проспект является дублирующей частью федеральной автомобильной трассы М2 с запретом на движение транзитного грузового транспорта. Проспект на значительном протяжении разделяет западную промышленную зону и жилые массивы. Ширина створа улицы составляет от 40 до 200 м. На большей части участка проспекта, где осуществлялись исследования, имеется дублирующая проезжая часть, удаленная от основной на 25-35 м и отделенная от нее прерывистой полосой зеленых насаждений разного возраста. Количество полос для движения на основной проезжей части 6-7 (еще 2 полосы на дублирующей). Практически на всем протяжении проспекта значительно число зеленых насаждений, в том числе древесных молодого и среднего возраста, молодых кустарников. Преобладает среднеэтажная (3-5 этажей) застройка, имеются отдельные участки малоэтажной (1-2 этажа) и многоэтажной (6-14 этажей) застройки [7, с. 169]. Загруженность просп. Богдана Хмельницкого свыше 2880 единиц автотранспорта в час возле пересечения со Свято-Троицким бульваром в час «пик», свыше 2140 автотранспортных средств в час возле пересечения с Белгородским проспектом.

Улица Щорса расположена в южной части города Белгорода, ее протяженность 4 км. Ее особенностью является то, что к ней примыкает преимущественно многоэтажная застройка (имеются отдельные участки малоэтажной), отделенная от проезжей части прерывистой полосой древесных насаждений. Ширина створа улицы составляет от 50 до 120 м. Количество

полос для движения на проезжей части 4-6, местами появляется дублирующая проезжая часть с 2 полосами движения. Загруженность ул. Щорса – свыше 1970 автотранспортных средств в час возле пересечения с ул. Костюкова, свыше 2810 единиц автотранспорта возле пересечения с ул. Архиерейской в час «пик».

2.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на ул. Щорса

Для изучения закономерностей загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на ул. Щорса в г. Белгород были выбраны пункты наблюдений вдоль всей улицы (всего 6 пунктов) на расстоянии дальности пешеходных дорожек с западной и восточной сторон улицы. Также были заложены 2 профиля поперек ул. Щорса в местах с различными особенностями застройки и с различными абсолютными высотами (рис. 2). В каждый профиль входят 6 пунктов наблюдений, 2 из которых расположены непосредственно у краев проезжей части, еще 2 – на расстоянии дальности пешеходных дорожек, и 2 – на дворовых территориях, пункты наблюдений расположены непосредственно за зданиями.

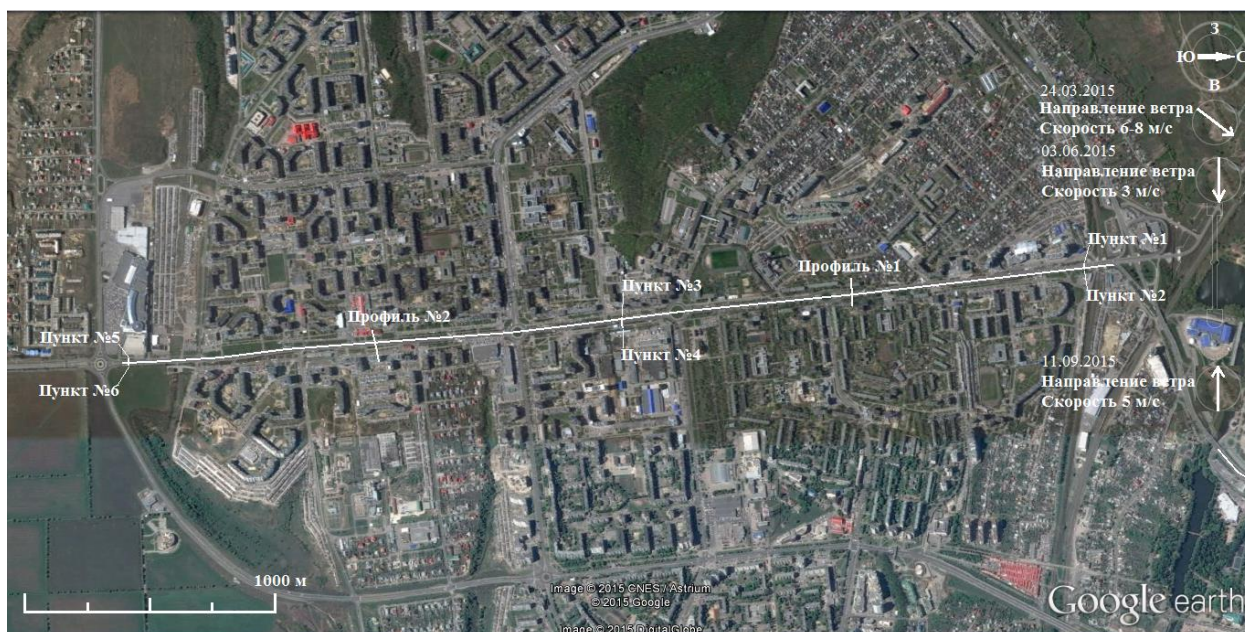


Рис. 2. Картосхема расположения пунктов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на ул. Щорса.

Наблюдения проводились в 2015 году – 24 марта, 3 июня и 11 сентября. Выбор дней проведения наблюдений обусловлен тем, что целью данной работы является анализ изменения уровней содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха в различные периоды года. Согласно ГОСТу 17.2.3.01-86 [8] были получены данные погодных условий в дни проведения наблюдений. Эти данные необходимы для объективной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, так как величина вклада метеорологических условий в формирование среднего уровня загрязнения атмосферы иногда может составлять от 30 до 50% [22]. Данные погодных условий были получены на сайте Gismeteo.ru ([10], [9], [11]) и систематизированы в таблицу (табл. 2).

Таблица 2

Данные погодных условий в дни проведения наблюдений в г. Белгороде.

Дата	Температура воздуха, °С	Облачность	Направление и скорость ветра
24.03.2015	+5	пасмурно	юго-западный, 8 м/с
03.06.2015	+26...+24	малооблачно	западный, 3 м/с
11.09.2015	+16...+12	ясно	восточный, 5 м/с

2.1.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха в отдельно взятых пунктах

Прежде всего был определен средний уровень содержания каждого ингредиента в приземном слое атмосферного воздуха. Для этой цели на основании совокупности значений по отдельным пунктам на ул. Щорса и на просп. Богдана Хмельницкого, отдельно для каждого периода наблюдений (март, июнь и сентябрь) было вычислено среднее значение содержания определенного ингредиента в приземном слое атмосферного воздуха. На графиках оно отображено в виде пунктирной линии. На рис. 3 прослеживается следующая закономерность – в пунктах наблюдений №1 и №2 с течением

времени стабильно растет уровень содержания угарного газа, достигая максимальных значений в сентябре. Для пунктов №3 и №4 тенденция к росту уровня содержания сохраняется лишь до июня, затем наблюдается его уменьшение. Для пунктов №5 и №6 схожих для предыдущих пунктов тенденций не наблюдается – для западной стороны характерно снижение уровня содержания угарного газа с течением времени, для восточной – обратная ситуация. Это отклонение скорее всего вызвано сооружением с восточной стороны сплошного забора, который служит ограждением строительной площадки строящегося здания по ул. Придорожная 2. Максимальное содержание угарного газа (3.82 мг/м^3) в приземном слое атмосферного воздуха наблюдается в пункте №3 в июне, что связано с высокой плотностью автотранспортного потока на момент наблюдений, малой скоростью ветра – 3 м/с , высотой зданий, расположенных с западной стороны (ул. Щорса 26, 28), препятствующей проникновению западного ветра в место проведения наблюдений. Максимальное содержание угарного газа – в пункте №3 в июне (3.82 мг/м^3 , $0.76 \text{ ПДК}_{\text{м.р.}}$) в соответствии с гигиеническими нормативами - $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ для угарного газа составляет 5 мг/м^3 [6]. Минимальное содержание угарного газа – в пункте №1 в марте (1.46 мг/м^3). Это связано с направлением и высокой скоростью ветра (8 м/с), расположением пункта на открытом участке местности.

Таблица 3

Средние значения содержания угарного газа в отдельно взятых пунктах на ул. Щорса, мг/м^3 .

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	1.46	1.97	2.15
№2	1.84	2.43	3.13
№3	1.65	3.82	2.79
№4	1.63	1.99	1.69
№5	1.8	1.72	1.58
№6	1.86	1.88	2.26

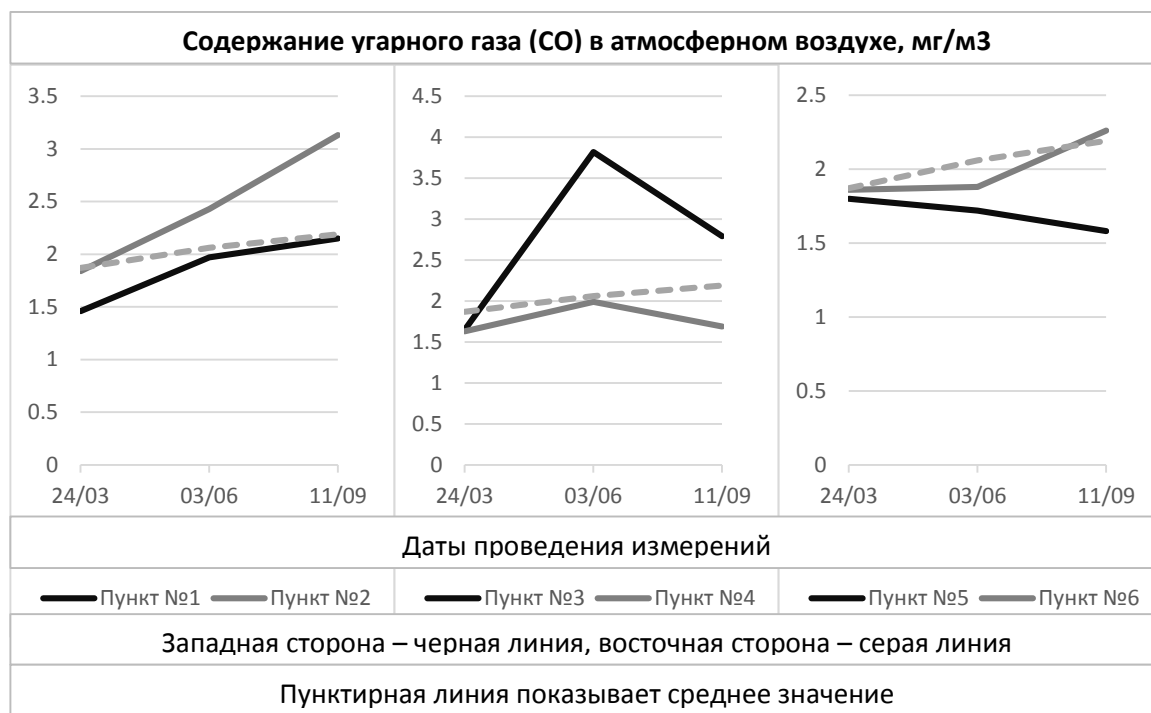


Рис. 3. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

В отношении оксида азота (рис. 4) складывается неоднозначная ситуация. Так, для пунктов №1 и №2 характерно повышение уровня содержания данного ингредиента с течением времени. В пункте №1 наблюдается резкое повышение уровня содержания оксида азота в сентябре, так как в день проведения наблюдений был восточный ветер со скоростью 5 м/с, который способствовал сносу выбросов от автотранспорта в приземном слое атмосферного воздуха в западную сторону. Пункт №3 отличается тем, что с течением времени уровень содержания оксида азота уменьшается. Для пунктов №4, №5, №6 характерен рост уровня содержания оксида азота, максимальное содержание в июне, затем его снижение к сентябрю. Такое явление может быть связано с неблагоприятными условиями для рассеивания выбросов от автотранспорта в июне, а также с высокой степенью загруженности автомобильной дороги в момент проведения наблюдений в данных пунктах. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №5 в июне (0.0289 мг/м³, 0.07ПДК_{м.р.}) в соответствии с гигиеническими нормативами - ПДК_{м.р.} для оксида азота составляет 0.4 мг/м³ [6]. Минимальное содержание оксида азота – в пункте №2 в марте (0.000517 мг/м³).

Средние значения содержания оксида азота в отдельно взятых пунктах
на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.00477	0.00869	0.0281
№2	0.000517	0.00475	0.0095
№3	0.0173	0.0124	0.000587
№4	0.00848	0.0233	0.00934
№5	0.0108	0.0289	0.00717
№6	0.0102	0.0259	0.0117

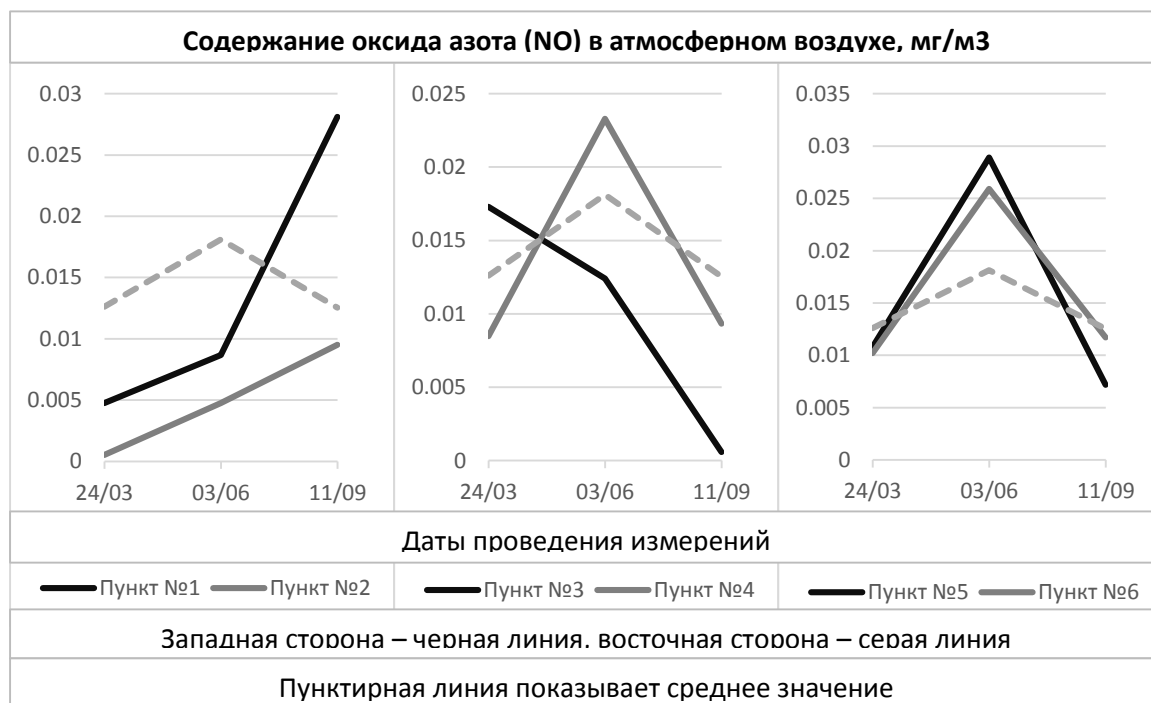


Рис. 4. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

Рис. 5 показывает, что неоднозначная ситуация складывается также и в отношении диоксида азота. В пунктах №1 и №2 складывается похожая ситуация – сначала уровень содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха повышается, достигает максимальных значений в июне и снижается в сентябре до уровня значений, полученных при проведении наблюдений в марте.

В пункте №2, расположенном с восточной стороны от автомобильной дороги, в июне содержание диоксида азота выше чем в пункте №1, так как

западный ветер осуществлял перенос выбросов от автотранспорта на восточную сторону. В пунктах №3 и №4 на июнь приходятся наоборот минимальные значения уровня содержания диоксида азота. В пунктах №5 и №6 складывается противоположная ситуация – к июню содержание диоксида азота с западной стороны незначительно уменьшается, с восточной – возрастает, к сентябрю с западной стороны содержание диоксида азота увеличивается, с восточной – уменьшается. Эта ситуация объясняется влиянием ветра на перенос выбросов от автотранспорта, а также близким расположением к проезжей части забора с восточной стороны. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №6 в июне (0.0265 мг/м^3 , $0.3\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$) в соответствии с гигиеническими нормативами - $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ для диоксида азота составляет 0.085 мг/м^3 [6]. Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №2 в марте (0.00528 мг/м^3).

На рис. 6 прослеживаются следующие тенденции в изменениях содержания соединений свинца в приземном слое атмосферного воздуха: в пунктах №1 и №3, расположенных на западной стороне – незначительное снижение уровня содержания ингредиентов в июне по сравнению со значениями, полученными в марте, затем резкое увеличение уровня содержания в сентябре. Такая ситуация объясняется тем, что в сентябре в день измерений наблюдался восточный ветер, который обусловил перенос выбросов данных веществ на западную сторону.

Таблица 5

Средние значения содержания диоксида азота в отдельно взятых пунктах на ул. Щорса, мг/м^3 .

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.00538	0.0133	0.00578
№2	0.00528	0.0209	0.00546
№3	0.00725	0.00582	0.0118
№4	0.013	0.00718	0.00767
№5	0.00536	0.00532	0.0131
№6	0.0141	0.0265	0.0163

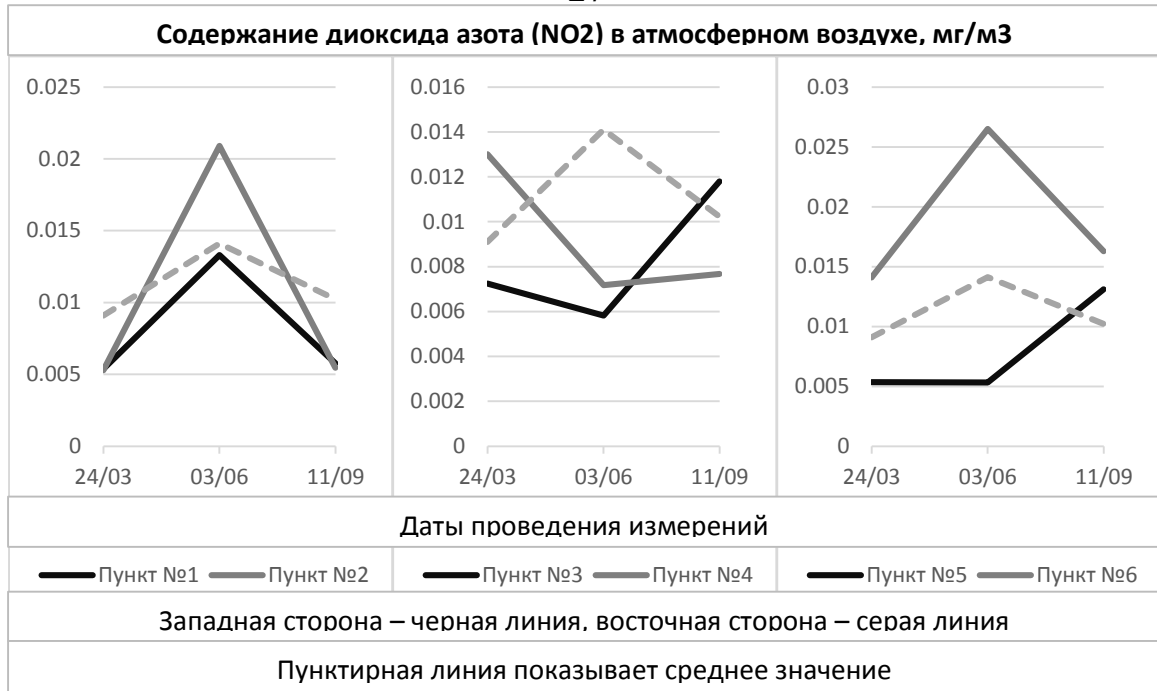


Рис. 5. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

В пункте №5 наблюдается устойчивый незначительный рост уровня содержания соединений свинца в воздухе. Для пунктов, расположенных на восточной стороне складывается следующая ситуация – в пункте №2 наблюдается снижение уровня содержания свинца и его соединений в июне, по сравнению со значениями, полученными в марте, затем повышение уровня содержания ингредиентов в сентябре. Полностью противоположная тенденция характерна для пункта №6, где максимальное содержание приходится на июнь. В пункте №4 – ситуация, схожая с ситуацией в пункте №5 – постепенное незначительное повышение уровня содержания ингредиентов в течение времени. Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №6 в июне (0.000426 мг/м³, 0.4ПДК_{м.р.}) в соответствии с гигиеническими нормативами - ПДК_{м.р.} для свинца и его соединений составляет 0.001 мг/м³ [6]. Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №4 в марте (0.0000374 мг/м³).

Относительно содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха (рис. 7) складывается четкая тенденция с западной стороны. Для пунктов №1, №3, №5 характерно незначительное изменение содержания пыли неорганической в июне, относительно показателей,

полученных в марте, затем проявляются высокие уровни содержания ингредиента в сентябре.

Таблица 6

Средние значения содержания соединений свинца в отдельно взятых пунктах на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0000531	0.0000435	0.000254
№2	0.0000924	0.0000548	0.000102
№3	0.000116	0.0000912	0.000258
№4	0.0000374	0.0000912	0.0000988
№5	0.000103	0.000114	0.000132
№6	0.000102	0.000426	0.000173

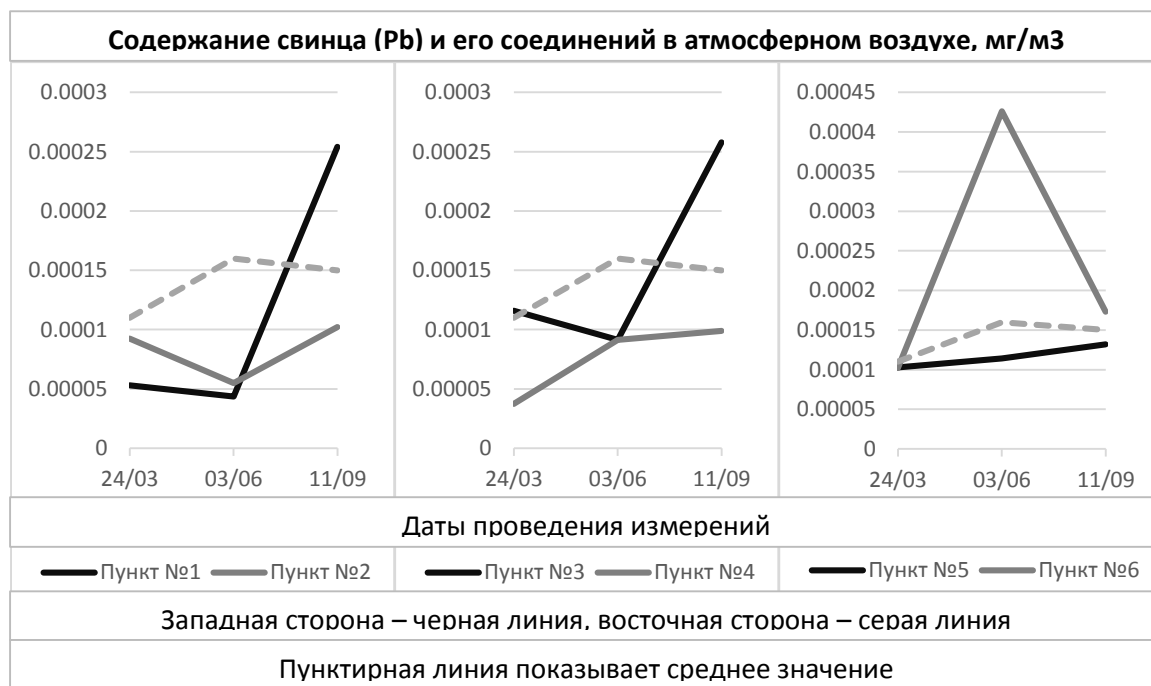


Рис. 6. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

Это явление можно объяснить воздействием восточного ветра на перенос выбросов от автотранспорта на западную сторону.

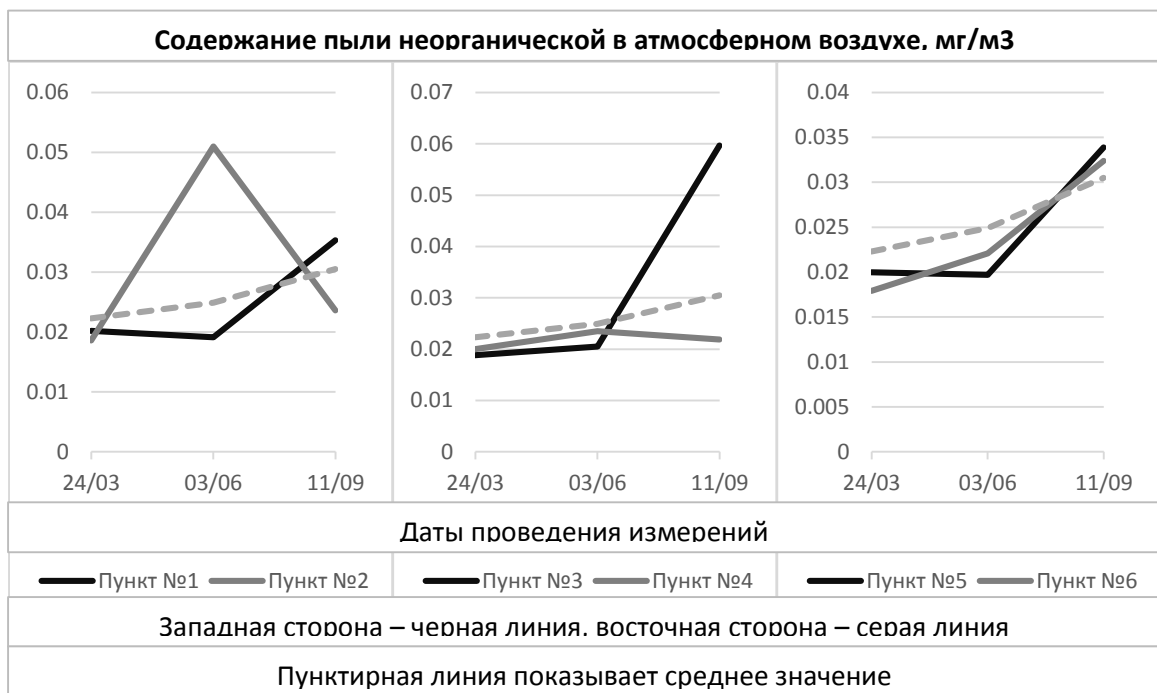
С восточной стороны – в пунктах №2 и №4 – содержание пыли растет, достигая в июне максимального значения (при этом максимальная разница между показателями марта и июня характерна для пункта №2). В пункте №6 наблюдается увеличение содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха с течением времени. Повышенное содержание

ингредиента в пункте №6 в сентябре связано с барьерным эффектом забора, находящегося в непосредственной близости от проезжей части, и препятствующего рассеянию пыли в воздухе восточным ветром. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №3 в сентябре (0.0597 мг/м³, 0.2ПДК_{м.р.}) в соответствии с гигиеническими нормативами - ПДК_{м.р.} для пыли неорганической, содержащей 20-70% диоксида кремния составляет 0.3 мг/м³ [6]. Минимальное содержание пыли неорганической – в пункте №6 в марте (0.0179 мг/м³).

Таблица 7

Средние значения содержания пыли неорганической в отдельно взятых пунктах на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0202	0.0191	0.0353
№2	0.0186	0.051	0.0236
№3	0.0188	0.0205	0.0597
№4	0.02	0.0235	0.0219
№5	0.02	0.0197	0.0339
№6	0.0179	0.0221	0.0324

Рис. 7. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

2.1.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №1

Рис. 8 отражает различия в содержании угарного газа в атмосферном воздухе по профилю №1, пункты которого располагались с западной (пункты №1, №2, №3) и восточной (пункты №4, №5, №6) сторон. Соответственно пункты №1 и №6 – на дворовых территориях, №2 и №5 – на пешеходных дорожках, №3 и №4 – непосредственно у края проезжей части. Четкая тенденция прослеживается в пунктах №1 и №6 – рост уровня содержания угарного газа в приземном слое атмосферного воздуха с марта по июнь, затем к сентябрю темпы роста замедляются, в пункте №6 содержание угарного газа в воздухе даже идет на убыль. Совсем иная ситуация в пунктах №2 и №5 – с западной стороны с марта по сентябрь наблюдается снижение уровня содержания ингредиента в воздухе, с восточной стороны – повышение. Это можно объяснить воздействием ветра, который в большинстве случаев был западным и осуществлял перенос выбросов от автотранспорта на восточную сторону улицы. Состояние уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха угарным газом возле автодороги с западной стороны отличается относительной стабильностью – наблюдается незначительное повышение уровня содержания ингредиента в июне; с восточной стороны подобная тенденция нарушается, в сентябре – значительное повышение уровня содержания угарного газа в воздухе.

Таблица 8

Средние значения содержания угарного газа в пунктах профиля №1 на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	1.26	1.79	1.8
№2	1.95	1.93	1.87
№3	1.9	2.05	1.84
№4	1.67	1.85	3.28
№5	1.64	1.89	2.26
№6	1.35	1.98	1.8

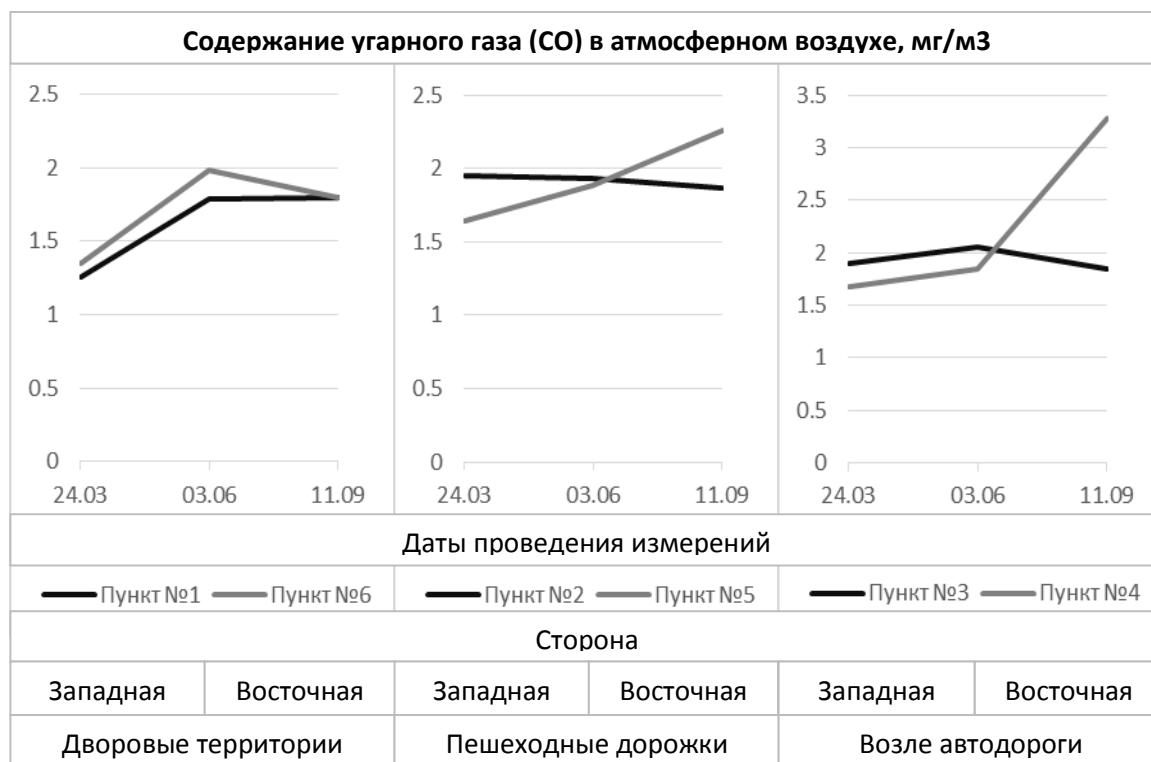


Рис. 8. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

Это может быть связано с высокой плотностью и насыщенностью автотранспортного потока, наблюдавшейся в момент проведения наблюдений. Максимальное содержание угарного газа – в пункте №4 в сентябре (3.28 мг/м³, 0.66ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание угарного газа – в пункте №1 в марте (1.26 мг/м³).

На рис. 9 тенденции распределения содержания оксида азота в приземном слое атмосферного воздуха выглядят следующим образом – на дворовых территориях (пункты №1 и №6) идет постепенное увеличение уровня содержания ингредиента в воздухе, причем содержание с западной стороны в июне и сентябре выше, чем с восточной стороны улицы.

Таблица 9

Средние значения содержания оксида азота в пунктах профиля №1 на ул. Щорса, мг/м³.

Даты Пункты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.00706	0.0232	0.0242
№2	0.00949	0.0534	0.0153
№3	0.00842	0.0139	0.0143
№4	0.0136	0.00985	0.0144

№5	0.0125	0.0126	0.0294
№6	0.00808	0.0124	0.0235

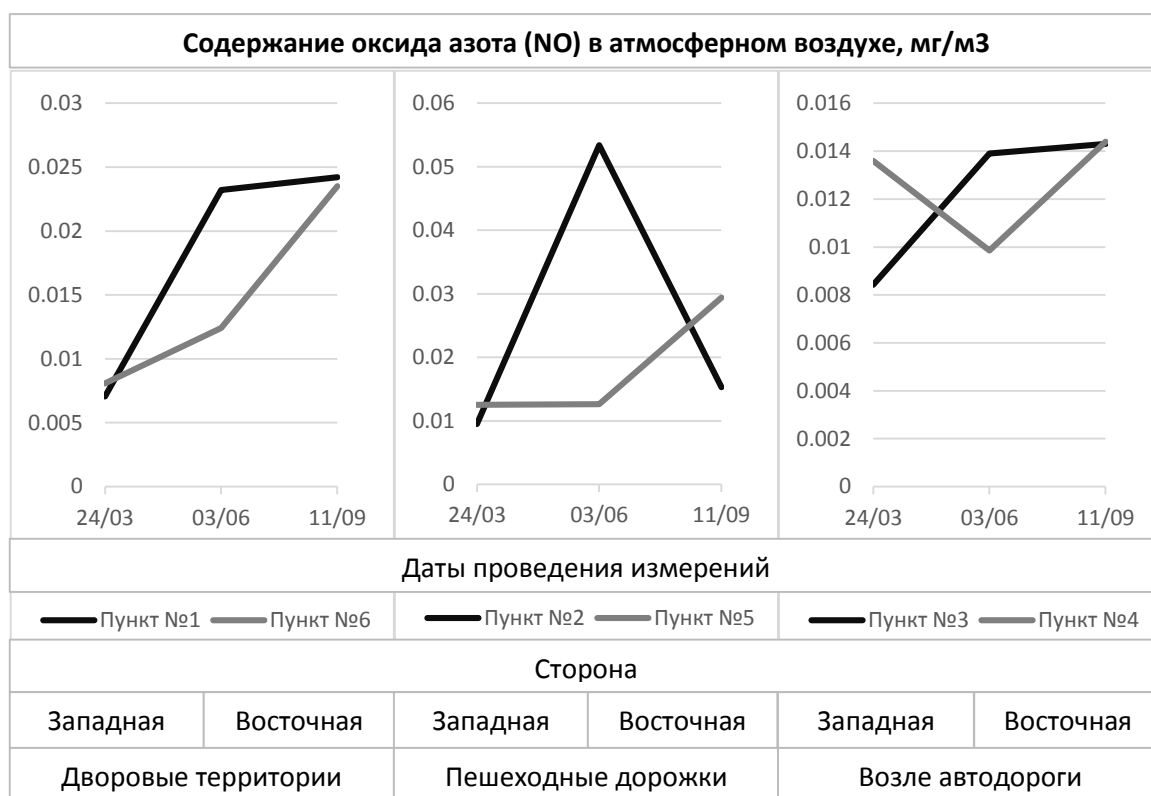


Рис. 9. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

На расстоянии пешеходных дорожек с западной стороны наблюдается ситуация, аналогичная отображенной на рис. 4 (отдельный пункт №5) – пик содержания оксида азота в воздухе приходится на июнь, минимальное содержание ингредиента – в марте и сентябре. С восточной стороны – ситуация, схожая с ситуацией в пункте №6 (рис. 9). Возле автодороги с западной стороны (пункт №3) наблюдается постепенный рост уровня содержания в воздухе оксида азота. С восточной стороны (пункт №4) в марте и сентябре наблюдаются приблизительно одинаковые уровни содержания ингредиента в воздухе, но в июне наблюдается его снижение. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №2 в июне (0.0534 мг/м³, 0.13ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание оксида азота – в пункте №1 в марте (0.00706 мг/м³).

На рис. 10 четкая тенденция прослеживается в пунктах, расположенных с восточной стороны - с течением времени от марта к июню происходит увеличение содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного

воздуха. При этом выявляется закономерность – при удалении от автодороги возрастает уровень содержания диоксида азота в воздухе.

Таблица 10

Средние значения содержания диоксида азота в пунктах профиля №1 на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.019	0.00267	0.00712
№2	0.011	0.0132	0.00714
№3	0.00739	0.0159	0.0149
№4	0.00722	0.0132	0.007
№5	0.0133	0.0159	0.00723
№6	0.0125	0.0151	0.0146

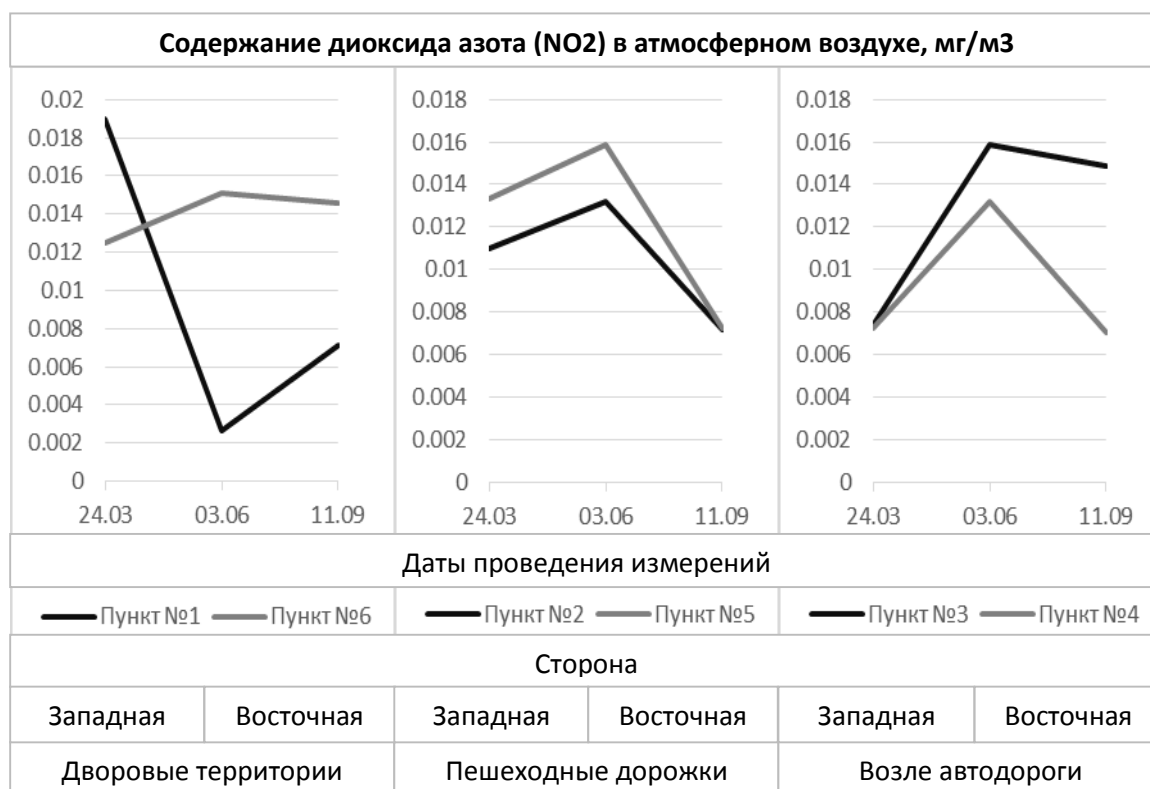


Рис. 10. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

К сентябрю уровень содержания ингредиента в воздухе снижается, на пешеходных дорожках и возле автодороги он становится ниже значений, полученных в марте. С западной стороны ситуация складывается иначе – на дворовых территориях минимальное содержание диоксида азота в воздухе приходится на июнь, максимальное – на март. На пешеходных дорожках и возле автодороги наблюдается тенденция, схожая с тенденцией,

наблюдающейся с восточной стороны, причем возле автодороги содержание ингредиента в воздухе с западной стороны превышает содержание с восточной стороны. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №1 в марте (0.019 мг/м^3 , $0.2\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №1 в июне (0.00267 мг/м^3). Сравнивая графики распределения содержания в воздухе оксида и диоксида азота можно также отметить закономерность – явно прослеживается отрицательная корреляция по отношению к значениям уровней содержания ингредиентов с восточной стороны улицы; с западной стороны, применительно к пунктам, находящимся на пешеходных дорожках и возле автодороги, наблюдается прямая корреляция графиков.

Рис. 11 показывает изменения уровня содержания соединений свинца в приземном слое атмосферного воздуха. Проявляется сходство в изменении уровня содержания ингредиентов в воздухе во всех пунктах с восточной стороны – с марта по июнь содержание уменьшается, с июня по сентябрь – увеличивается. С западной стороны такого явления не наблюдается – на дворовых территориях к июню резко увеличивается уровень содержания свинца в воздухе и незначительно снижается к сентябрю, на пешеходных дорожках – постоянное снижение уровня содержания ингредиентов в воздухе, возле автодороги – снижение к июню, затем резкое повышение в сентябре. Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №3 в сентябре (0.000462 мг/м^3 , $0.46\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №1 в марте (0.0 мг/м^3).

На рис. 12 показаны тенденции, связанные с изменением уровня содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха.

Таблица 11

Средние значения содержания соединений свинца в пунктах профиля №1 на ул. Щорса, мг/м^3 .

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0	0.0000841	0.0000819
№2	0.000117	0.0000749	0.000058

№3	0.000143	0.000065	0.000462
№4	0.000123	0.000114	0.000158
№5	0.000121	0.0000887	0.000129
№6	0.0000822	0.0000783	0.0000949

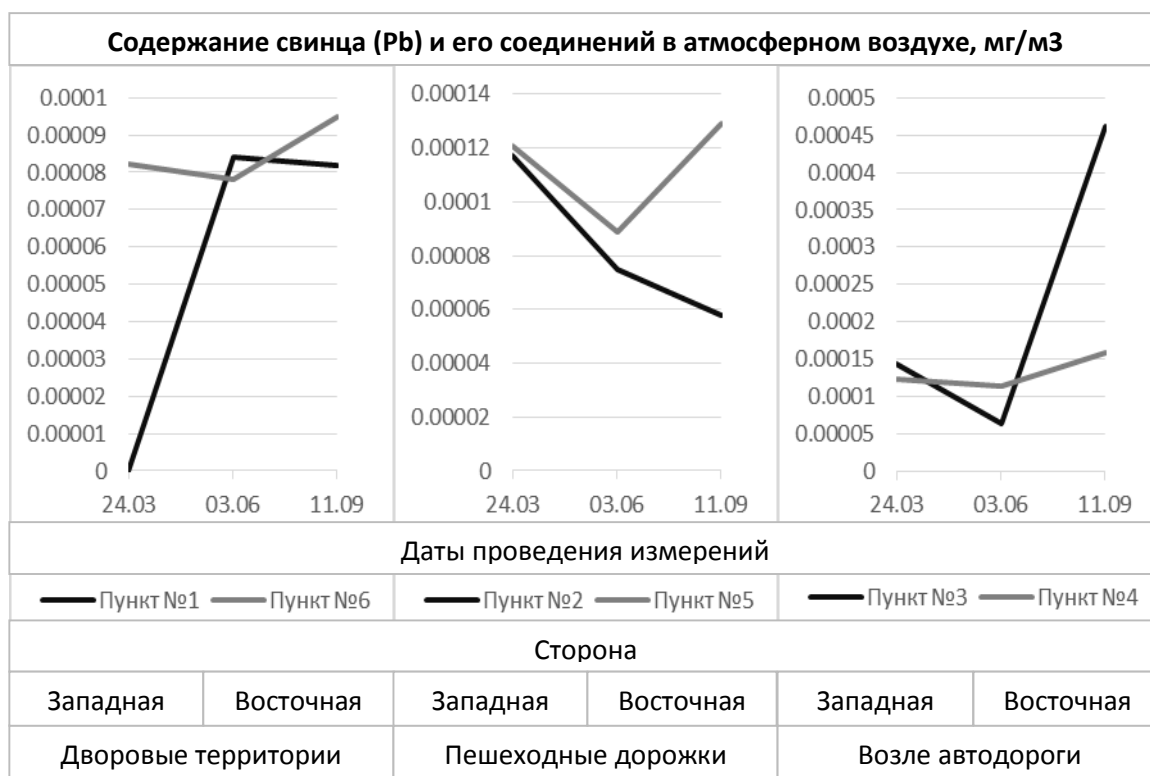


Рис. 11. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

Для восточной стороны улицы характерно увеличение уровня содержания ингредиента с течением времени, причем амплитуда нарастает по мере приближения к автодороге. На западной стороне ситуация складывается неоднозначно – на дворовых территориях постепенно идет повышение уровня содержания пыли неорганической в воздухе, на пешеходной дорожке – снижение к июню, затем незначительный рост к сентябрю, возле автодороги – постепенное снижение уровня содержания пыли неорганической в воздухе. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №4 в сентябре (0.0862 мг/м³, 0.28ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание пыли неорганической – в пункте №1 в марте (0.0178 мг/м³).

Средние значения содержания пыли неорганической в пунктах
профиля №1 на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0178	0.0208	0.0227
№2	0.0301	0.0225	0.0234
№3	0.0339	0.0288	0.0262
№4	0.0204	0.0391	0.0862
№5	0.0226	0.0257	0.0351
№6	0.023	0.0229	0.024

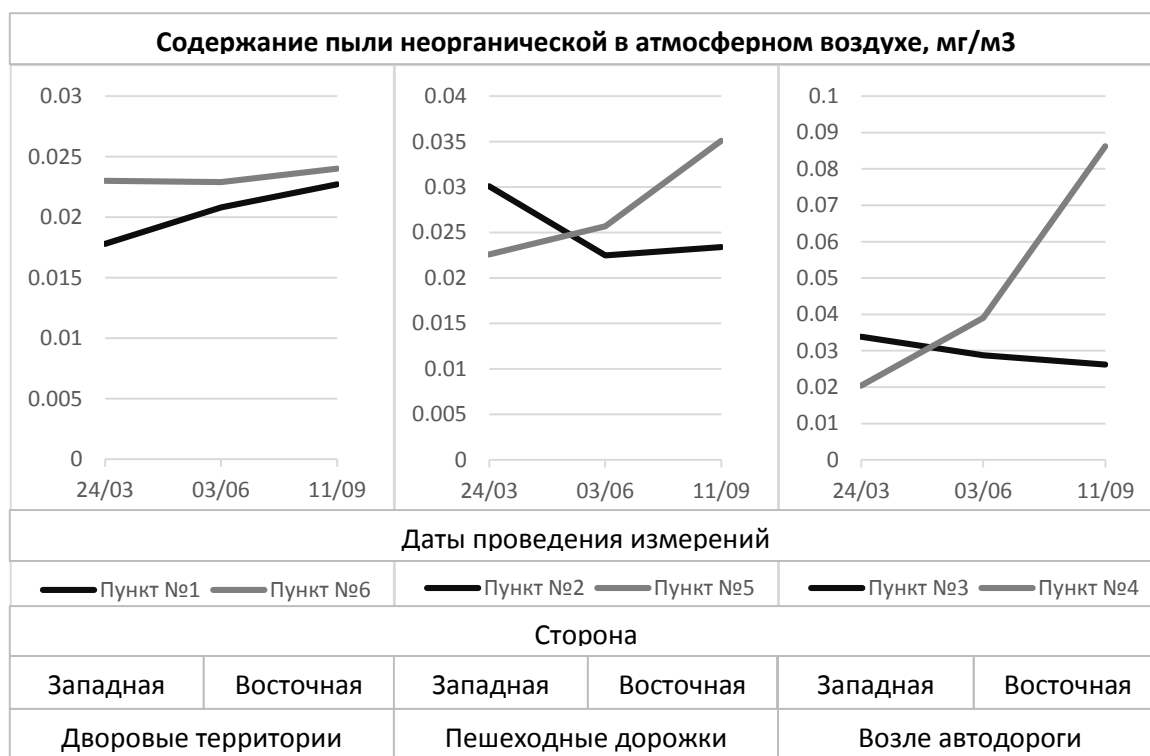


Рис. 12. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

2.1.3. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №2

Профиль №2 был заложен аналогично профилю №1, нумерация пунктов наблюдений такая же – с запада на восток.

На рис. 13 отображены графики изменения содержания угарного газа в приземном слое атмосферного воздуха. Для пунктов, расположенных на западной стороне отмечается наибольшее содержание ингредиента в июне,

пониженные значения в марте и сентябре. Для восточной стороны максимальный уровень содержания характерен для марта, затем он снижается до минимальных значений в сентябре. Принимая во внимание графики, расположенные на рис. 8, можно сделать такой вывод – прослеживается корреляция тенденций для пунктов, расположенных на западной стороне на дворовых территориях (пункты №1 и №6) и возле автодороги (пункты №3 и №4). Максимальное содержание угарного газа – в пункте №3 в июне (2.36 мг/м³, 0.47ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание угарного газа – в пункте №6 в сентябре (1.27 мг/м³).

В отношении к содержанию в приземном слое атмосферного воздуха оксида азота (рис. 14) можно выделить 2 тенденции – для пунктов, расположенных с западной стороны (№1, №2, №3) характерно увеличение уровня содержания ингредиента в воздухе от марта к июню, затем снижение к сентябрю до уровней значений, которые меньше полученных в марте. Для пунктов, расположенных с восточной стороны улицы (№4, №5, №6) характерно уменьшение уровня содержания ингредиента с течением времени от марта к сентябрю. Низкие значения, полученные в сентябре в пункте №5 свидетельствуют о влиянии восточного ветра на рассеяние данного ингредиента в воздухе. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №2 в июне (0.0179 мг/м³, 0.04ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание оксида азота – в пункте №5 в сентябре (0.0013 мг/м³).

Таблица 13

Средние значения содержания угарного газа в пунктах профиля №2 на ул.

Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	1.5	1.71	1.69
№2	1.55	1.83	1.67
№3	2	2.36	1.76
№4	2.03	1.85	1.63
№5	1.72	1.61	1.58
№6	1.73	1.71	1.27

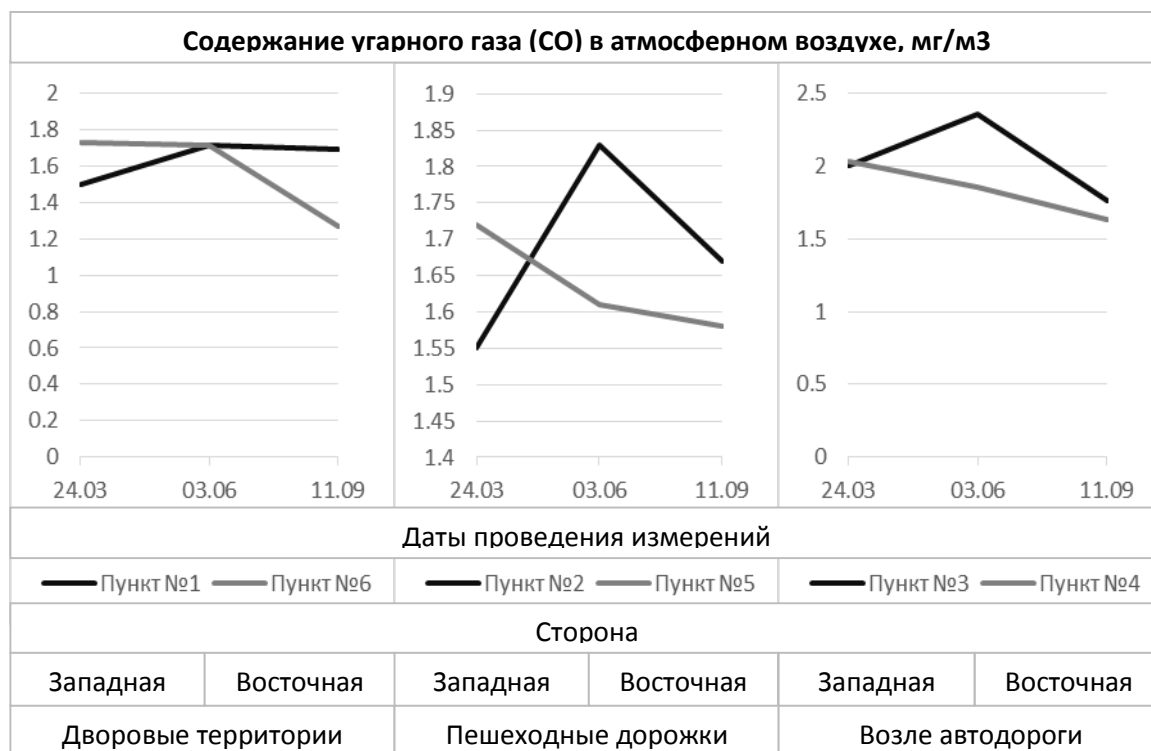
Рис. 13. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

Таблица 14

Средние значения содержания оксида азота в пунктах профиля №2 на ул.

Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0111	0.0163	0.00684
№2	0.0135	0.0179	0.0102
№3	0.0135	0.0172	0.00247
№4	0.012	0.00907	0.00554
№5	0.0168	0.0108	0.0013
№6	0.0126	0.0126	0.00763

На рис. 15 показаны графики изменения уровня содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха. На них отображены следующие тенденции: с западной стороны схожие тенденции проявляются в пунктах №2 и №3 – рост уровня содержания ингредиента от марта к сентябрю; с восточной стороны также рост уровня содержания диоксида азота наблюдается на пешеходной дорожке (пункт №5). В пунктах №4 и №6 наблюдается от марта к июню повышение уровня содержания ингредиента, в пункте №1 – его неизменность; затем в вышеперечисленных пунктах – в сентябре уровень

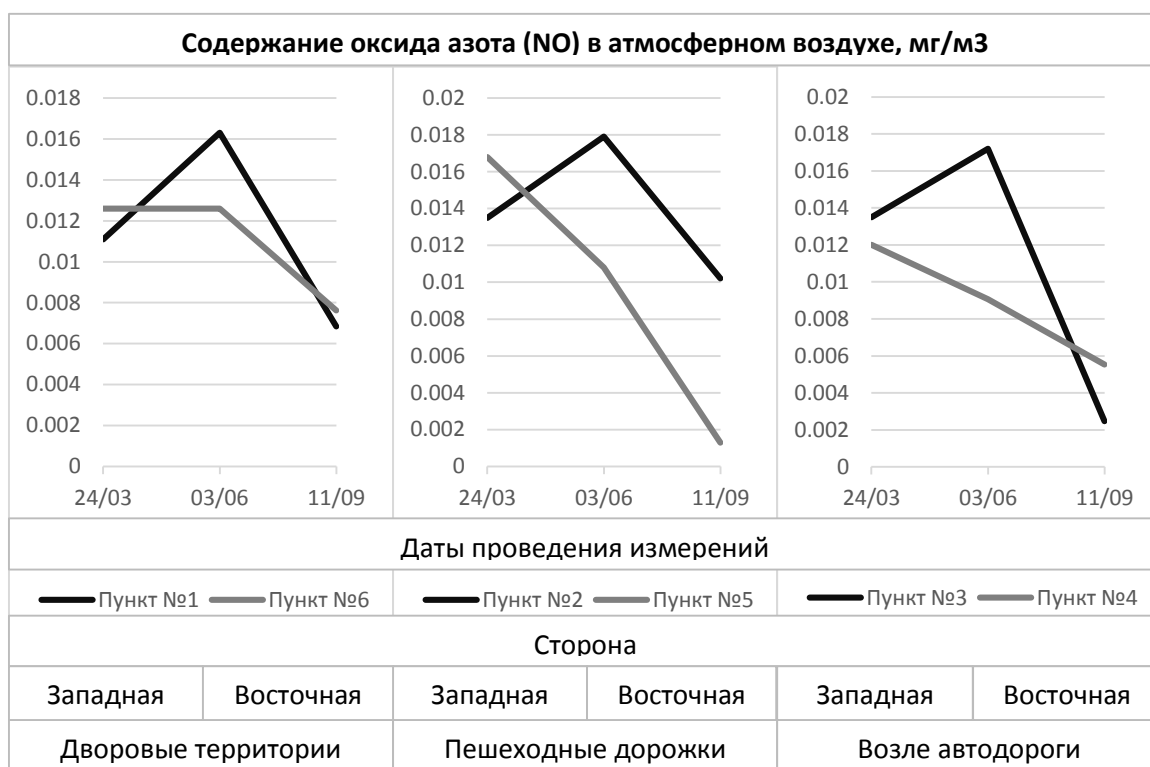


Рис. 14. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

содержания в воздухе диоксида азота снижается, достигая минимальных значений с восточной стороны возле автодороги (пункт №4) вследствие переноса выбросов от автотранспорта восточным ветром на западную сторону. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №3 в сентябре (0.0172 мг/м³, 0.2ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №4 в сентябре (0.00233 мг/м³).

Таблица 15

Средние значения содержания диоксида азота в пунктах профиля №2 на ул.

Щорса, мг/м³.

Даты			
Пункты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0138	0.0138	0.00775
№2	0.0139	0.0138	0.0159
№3	0.0153	0.0158	0.0172
№4	0.0135	0.0158	0.00233
№5	0.0126	0.0149	0.0166
№6	0.00447	0.00972	0.00882

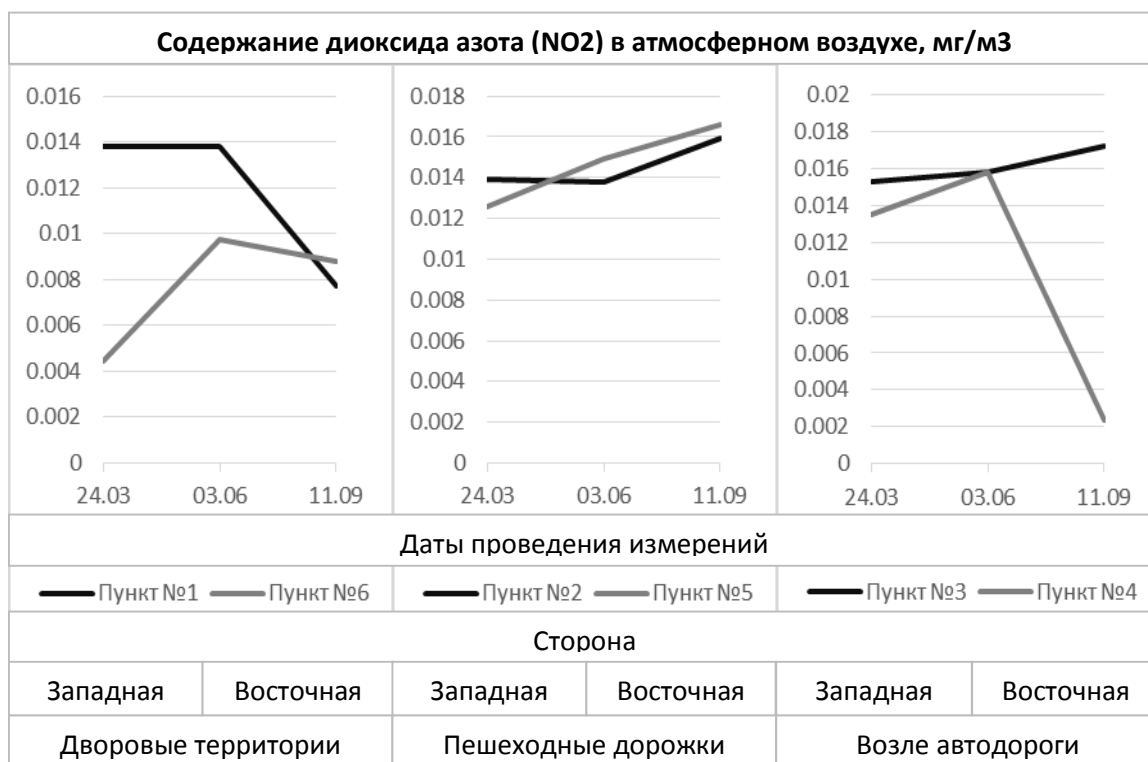


Рис. 15. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

Относительно изменения уровня содержания соединений свинца в приземном слое атмосферного воздуха на рис. 16 выявлены следующие тенденции – с западной стороны наблюдается во всех пунктах увеличение уровня содержания ингредиентов от марта к июню, затем его снижение к сентябрю. С восточной стороны наблюдается рост уровня содержания в воздухе соединений свинца от июня к сентябрю. Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №4 в сентябре (0.000253 мг/м³, 0.25ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №4 в марте (0.0000316 мг/м³).

На рис. 17 представлены графики изменения содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха. На дворовых территориях наблюдаются схожие тенденции как на западной, так и на восточной сторонах – повышение уровня содержания ингредиента от марта к июню, затем снижение к сентябрю.

Средние значения содержания соединений свинца в пунктах профиля №2 на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0000843	0.00012	0.0000822
№2	0.0000438	0.000157	0.000147
№3	0.000094	0.00021	0.000151
№4	0.0000888	0.000146	0.000253
№5	0.0000645	0.0000316	0.000115
№6	0.0000838	0.000107	0.000112

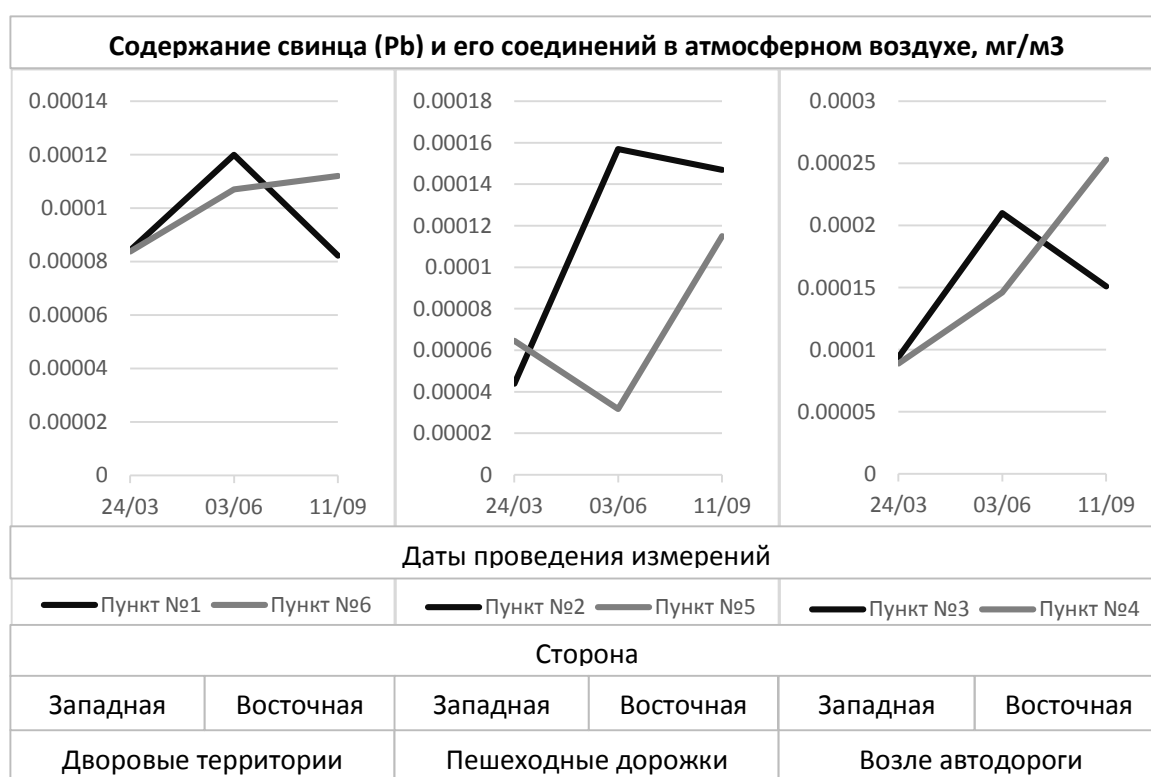


Рис. 16. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

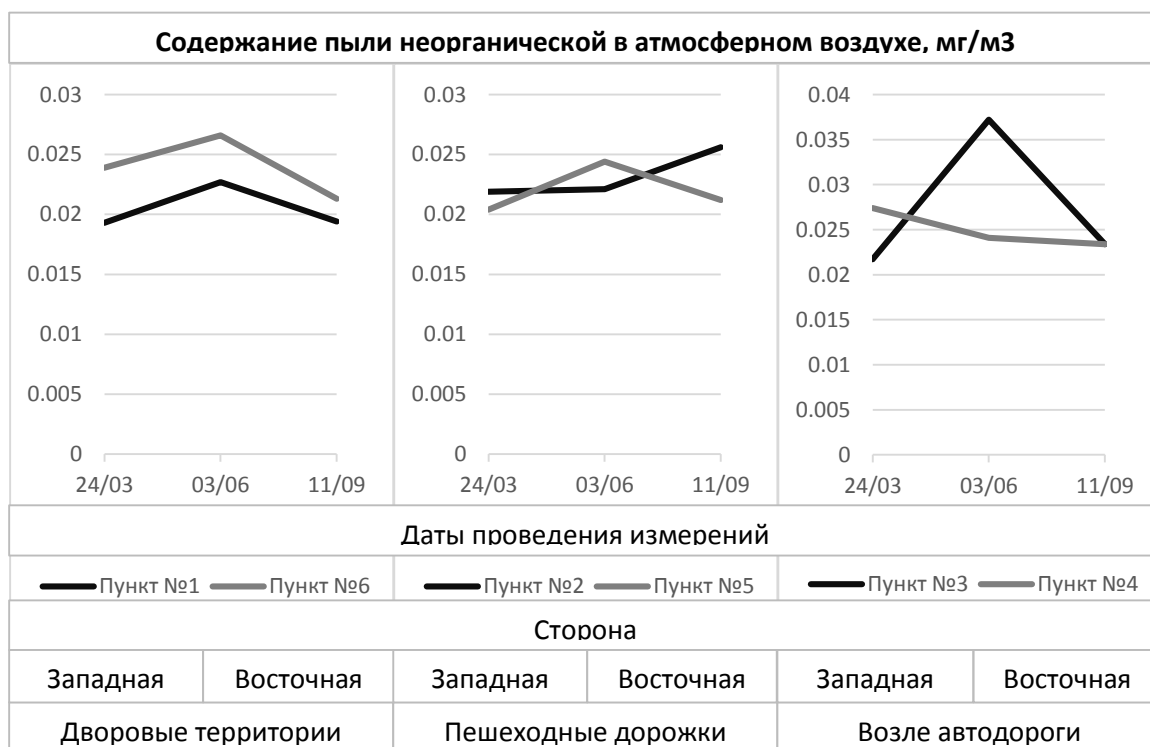
Уровень содержания с восточной стороны был все время выше уровня содержания пыли с западной стороны – это можно объяснить тем, что в большинство дней проведения наблюдений преобладали западный и юго-западный ветры, которые обуславливали перенос пыли на восточную сторону улицы. Относительно пунктов, расположенных на пешеходных дорожках и возле автодороги складывается неоднозначная ситуация – проявляются схожие тенденции для пунктов, расположенных на разных сторонах улицы - №3 и №5 – рост уровня содержания ингредиента от марта к июню, затем его

снижение к сентябрю. Для пункта №2 характерно незначительное повышение уровня содержания пыли в воздухе с течением времени, для пункта №4 – незначительное снижение уровня с течением времени. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №3 в июне (0.0372 мг/м³, 0.12ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание пыли неорганической – в пункте №1 в марте (0.0193 мг/м³).

Таблица 17

Средние значения содержания пыли неорганической в пунктах профиля №2 на ул. Щорса, мг/м³.

Пункты \ Даты	Даты		
	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
№1	0.0193	0.0227	0.0194
№2	0.0219	0.0221	0.0256
№3	0.0217	0.0372	0.0234
№4	0.0274	0.0241	0.0234
№5	0.0204	0.0244	0.0212
№6	0.0239	0.0266	0.0213

Рис. 17. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

2.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на просп. Богдана Хмельницкого

Для изучения закономерностей загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на просп. Богдана Хмельницкого в г. Белгород были выбраны пункты наблюдений вдоль всей улицы (всего 10 пунктов) на расстоянии дальности пешеходных дорожек с западной и восточной сторон улицы. Также были заложены 2 профиля поперек просп. Богдана Хмельницкого в местах с различными особенностями застройки и с различными абсолютными высотами (рис. 18). В каждый профиль входят 6 пунктов наблюдений, 2 из которых расположены непосредственно у краев проезжей части, еще 2 – на расстоянии дальности пешеходных дорожек, и 2 – на дворовых территориях, пункты наблюдений расположены непосредственно за зданиями.

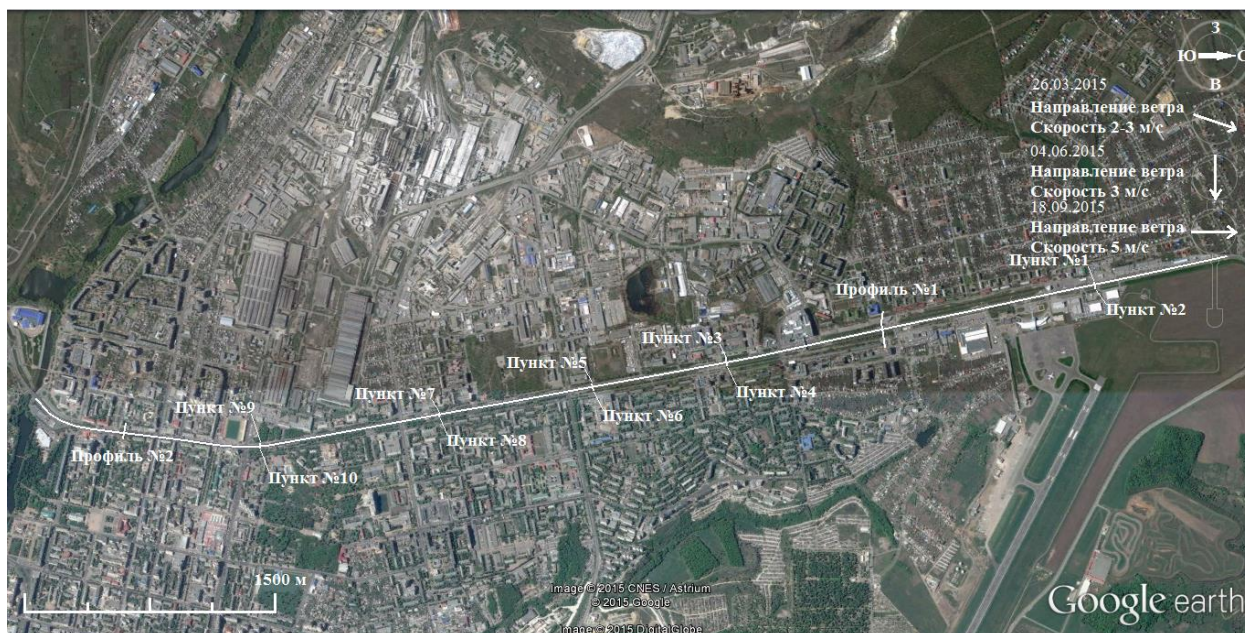


Рис. 18. Картограмма расположения пунктов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на просп. Богдана Хмельницкого.

Наблюдения проводились в 2015 году – 26 марта, 4 июня и 18 сентября. Выбор дней проведения наблюдений обусловлен тем, что целью данной работы является анализ изменения уровней содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха в различные периоды года.

Согласно ГОСТу 17.2.3.01-86 [8] были получены данные погодных условий в дни проведения наблюдений. Эти данные необходимы для объективной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, так как величина вклада метеорологических условий в формирование среднего уровня загрязнения атмосферы иногда может составлять от 30 до 50% [22]. Данные погодных условий были получены на сайте Gismeteo.ru ([10], [9], [11]) и систематизированы в таблицу (табл. 18).

Таблица 18

Данные погодных условий в дни проведения наблюдений в г. Белгороде.

Дата	Температура воздуха, °С	Облачность	Направление и скорость ветра
26.03.2015	+13...+10	Ясно	юго-западный, 3 м/с
04.06.2015	+29...+22	малооблачно	западный, 3 м/с
18.09.2015	+26...+20	Ясно	южный, 5 м/с

2.2.1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха в отдельно взятых пунктах

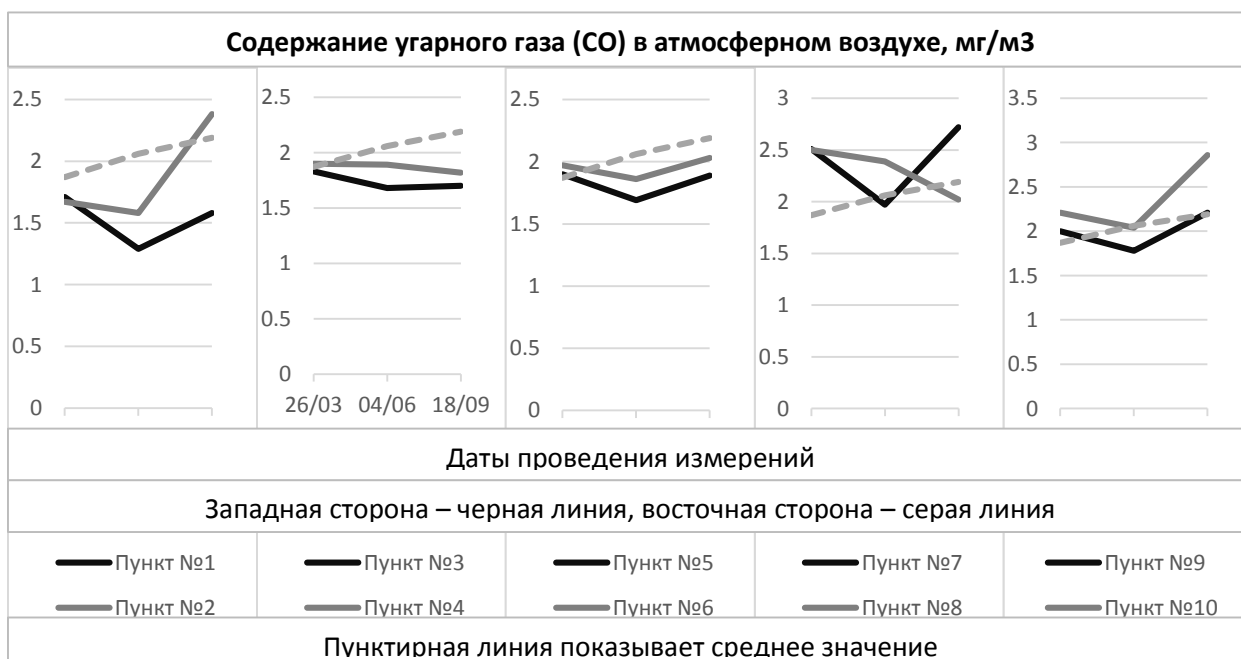
На рис. 19 показаны следующие тенденции относительно содержания в приземном слое атмосферного воздуха угарного газа. Для всех пунктов, расположенных с западной стороны характерно уменьшение содержания в воздухе ингредиента к от марта к июню, затем его увеличение к сентябрю. Это можно объяснить воздействием западного ветра, который был в день проведения наблюдений в июне. С восточной стороны схожая тенденция проявляется в пунктах №2, №6, №10. Для пунктов №4 и №8 характерно постепенное снижение уровня содержания в воздухе угарного газа с течением времени. Также можно отметить высокую степень корреляции тенденций, отраженных на графиках изменения уровня содержания ингредиента между пунктами №5 и №6, пунктами №9 и №10. Максимальное содержание угарного

газа – в пункте №10 в сентябре (2.86 мг/м³, 0.57ПДК_{м.р.}) Минимальное содержание угарного газа – в пункте №1 в июне (1.29 мг/м³).

Таблица 19

Средние значения содержания угарного газа в отдельно взятых пунктах на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	1.71	1.29	1.58
№2	1.67	1.58	2.38
№3	1.83	1.68	1.7
№4	1.9	1.89	1.82
№5	1.9	1.69	1.89
№6	1.97	1.86	2.03
№7	2.51	1.97	2.72
№8	2.5	2.39	2.02
№9	2	1.78	2.21
№10	2.21	2.04	2.86

Рис. 19. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

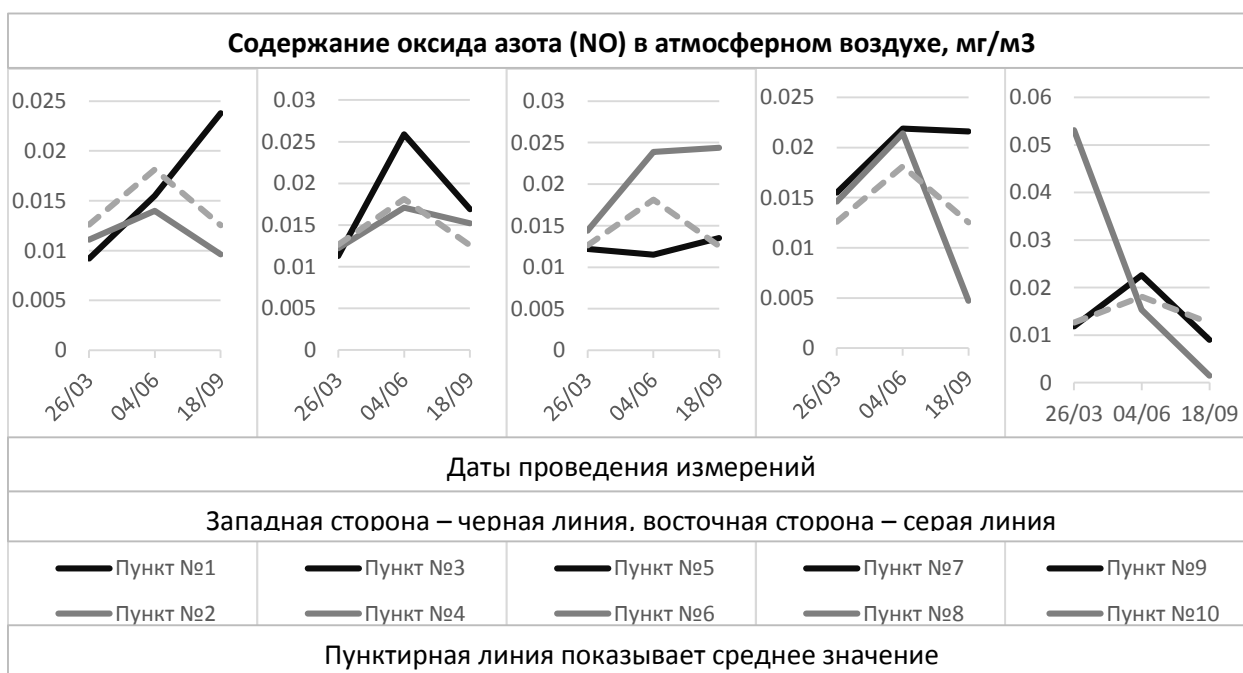
На рис. 20 показана неоднозначная ситуация, сложившаяся в отношении к содержанию оксида азота в приземном слое атмосферного воздуха. С восточной стороны схожие тенденции проявляются в пунктах №2 и №4 – рост уровня содержания ингредиента в воздухе от марта к июню, затем его

снижение к сентябрю; затем, в пункте №6 – рост уровня содержания оксида азота в воздухе на протяжении всего периода проведения наблюдений, в пункте №8 – рост от марта к июню, затем резкое снижение в сентябре. В пункте №10 – постоянное снижение уровня содержания ингредиента в течении всего периода проведения наблюдений.

Таблица 20

Средние значения содержания оксида азота в отдельно взятых пунктах на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.00919	0.0155	0.0238
№2	0.0111	0.014	0.00961
№3	0.0113	0.0259	0.0169
№4	0.0122	0.0171	0.0152
№5	0.0122	0.0115	0.0135
№6	0.0144	0.0239	0.0244
№7	0.0155	0.0219	0.0216
№8	0.0146	0.0214	0.00471
№9	0.0118	0.0226	0.00898
№10	0.0531	0.0153	0.00145

Рис. 20. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

Для западной стороны схожие тенденции наблюдаются в пунктах №3 и №9 (аналогичная ситуация в пунктах №2 и №4), постоянный рост уровня содержания ингредиента в воздухе в пункте №1. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №10 в марте (0.0531 мг/м^3 , $0.13\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание оксида азота – в пункте №10 в сентябре (0.00145 мг/м^3).

Рис. 21 показывает изменения уровня содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха. Наблюдаются схожие тенденции в пунктах №2 и №8, расположенных с восточной стороны – значительный рост уровня содержания ингредиента от марта к июню, затем падение уровня к сентябрю.

Таблица 21

Средние значения содержания диоксида азота в отдельно взятых пунктах на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м^3 .

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.00174	0.0083	0.00873
№2	0.00552	0.043	0.0184
№3	0.0121	0.00587	0.00731
№4	0.0153	0.0169	0.0069
№5	0.0153	0.00692	0.00506
№6	0.00715	0.00691	0.00705
№7	0.00775	0.0117	0.0161
№8	0.00585	0.0171	0.0107
№9	0.0137	0.0158	0.0107
№10	0.0136	0.018	0.0132

В остальных пунктах ситуация складывается разная, наблюдается как стабильное состояние уровня содержания диоксида азота в воздухе (пункт №6), так и постоянный рост уровня содержания ингредиента с марта до сентября (пункт №7). Схожие тенденции также наблюдаются в пунктах №9 и №10 – уровни содержания диоксида азота в воздухе растут от марта к июню, затем снижаются к сентябрю. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №2 в июне (0.043 мг/м^3 , $0.51\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №1 в марте (0.00174 мг/м^3).

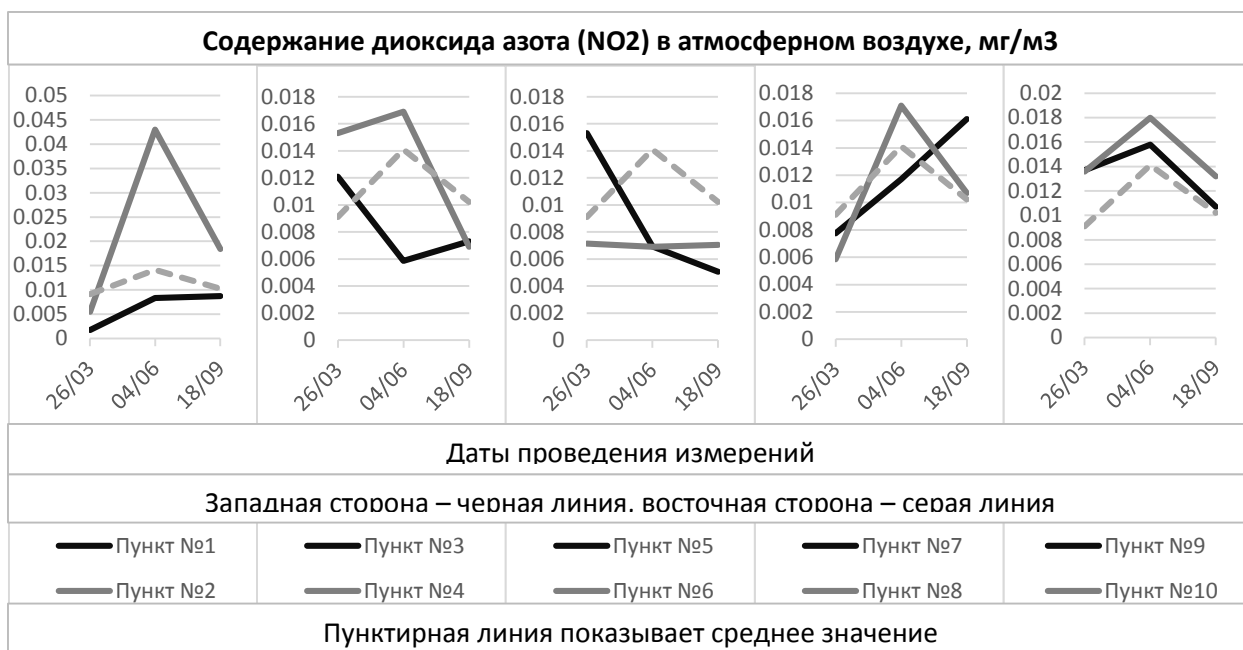


Рис. 21. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

На рис. 22 прослеживаются следующие тенденции по отношению к изменению уровня содержания соединений свинца в приземном слое атмосферного воздуха – четко выражена в пунктах №7 и №9 тенденция к значительному повышению уровня содержания ингредиентов к июню и низким уровням содержания ингредиентов в марте и сентябре. Наблюдается резкое возрастание уровня содержания соединений свинца с июня к сентябрю в пункте №6, эта ситуация возникает в связи с направлением (южным) и скоростью ветра (5 м/с) которая была в сентябре в день проведения наблюдений. Также необходимо отметить, что просп. Богдана Хмельницкого большей своей частью протянут с юго-востока на северо-запад. При восточном ветре выбросы соединений свинца накапливаются в данном пункте. Значительное повышение уровня содержания в воздухе соединений свинца в пункте №2 от марта к июню также обусловлено воздействием ветра (западным, 3 м/с). Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №9 в июне (0.000541 мг/м³, 0.54ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №2 в марте (0.0000168 мг/м³).

На рис. 23 показаны тенденции относительно изменения уровня содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха. В большинстве пунктов, расположенных с западной стороны, наблюдается

повышение уровня содержания ингредиента от июня к сентябрю. В пунктах, расположенных с восточной стороны, ситуация складывается неоднозначно.

Таблица 22

Средние значения содержания соединений свинца в отдельно взятых пунктах на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0000824	0.0000494	0.000146
№2	0.0000168	0.000247	0.000174
№3	0.0000291	0.000107	0.000102
№4	0.0000959	0.000112	0.000126
№5	0.0000959	0.000089	0.00015
№6	0.000089	0.0000967	0.000263
№7	0.0000939	0.000422	0.000109
№8	0.000187	0.000104	0.000162
№9	0.00013	0.000541	0.0000944
№10	0.000451	0.000103	0.0000801

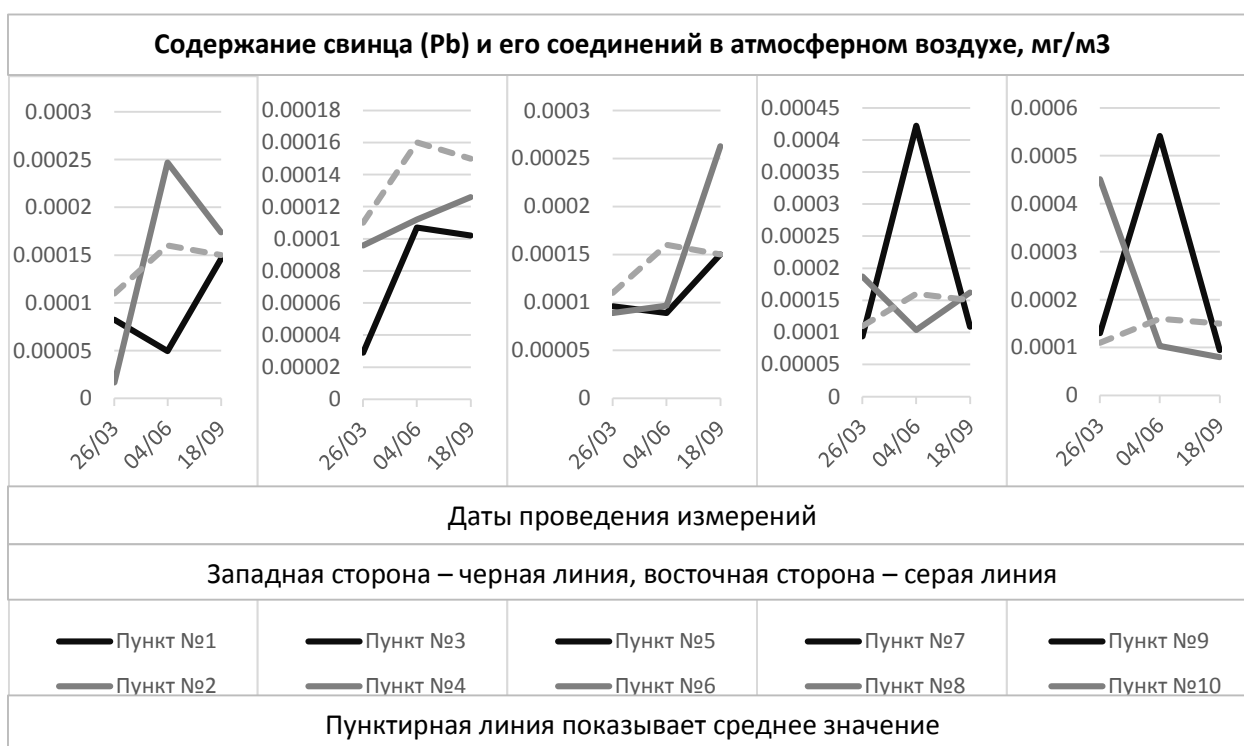


Рис. 22. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

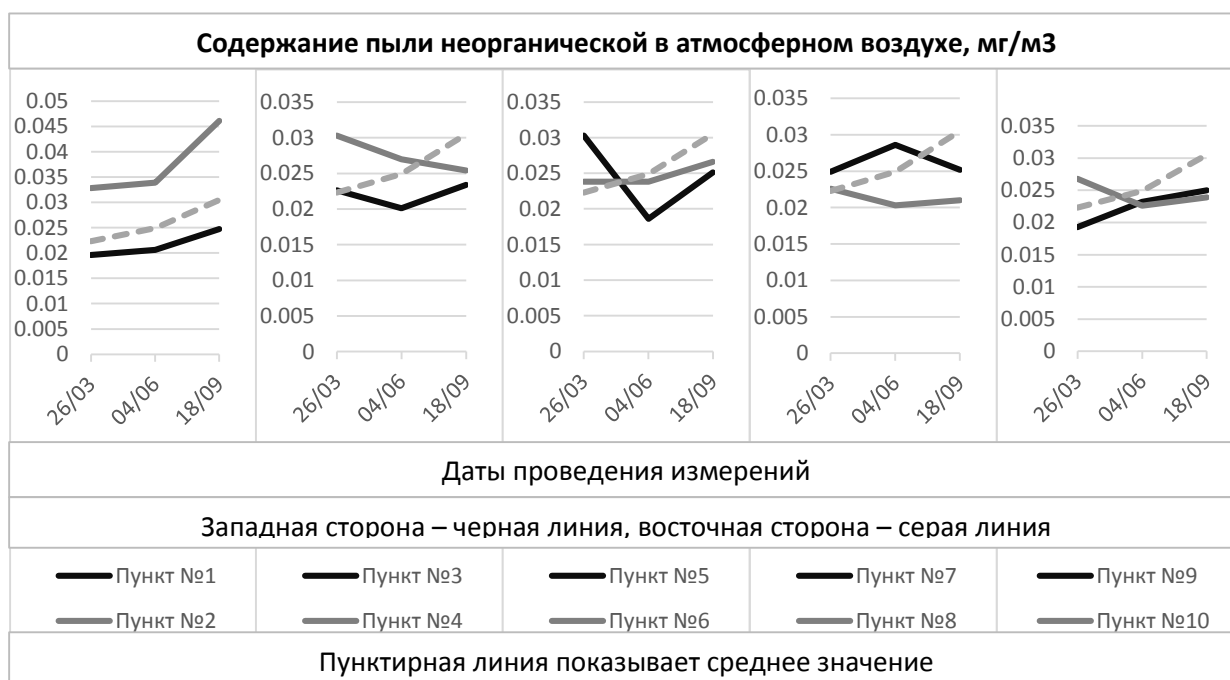
В пункте №2 наблюдается повышение уровня содержания ингредиента от июня к сентябрю, Высокий уровень в сентябре обусловлен высокой плотностью транспортного потока, скоростью и направлением ветра

(аналогичная ситуация была рассмотрена в отношении содержания соединений свинца в пункте №6). Наблюдается также корреляция графиков пунктов №1 и №2 – это связано с их расположением на открытом участке местности.

Таблица 23

Средние значения содержания пыли неорганической в отдельно взятых пунктах на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0196	0.0206	0.0247
№2	0.0328	0.0339	0.0461
№3	0.0226	0.0201	0.0234
№4	0.0303	0.027	0.0254
№5	0.0303	0.0186	0.0251
№6	0.0238	0.0238	0.0266
№7	0.0249	0.0286	0.0252
№8	0.0226	0.0203	0.021
№9	0.0193	0.0232	0.025
№10	0.0268	0.0226	0.0239

Рис. 23. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

С западной стороны (пункт №2) содержание пыли ниже, чем в пункте №1, так как там оказывают влияние на снижение уровня содержания ингредиента

древесные насаждения. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №2 в сентябре (0.0461 мг/м^3 , $0.15\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание пыли неорганической – в пункте №9 в марте (0.0193 мг/м^3).

2.2.2. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №1

Профиль №1 на просп. Богдана Хмельницкого был заложен подобно профилям на ул. Щорса.

На рис. 24 наблюдаются следующие тенденции относительно содержания в приземном слое атмосферного воздуха угарного газа – с восточной стороны прослеживается, что максимального уровня содержания в воздухе ингредиент достигает к сентябрю; на западной стороне уровень содержания угарного газа в воздухе повышается к сентябрю в пунктах №1 и №2. Также прослеживается корреляция графиков, отражающих изменения уровней содержания ингредиента на пешеходных дорожках (пункты №2 и №5). Максимальное содержание угарного газа – в пункте №4 в сентябре (2.73 мг/м^3 , $0.55\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание угарного газа – в пункте №3 в марте (1.31 мг/м^3).

Таблица 24

Средние значения содержания угарного газа в пунктах профиля №1 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м^3 .

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	1.78	1.64	1.73
№2	1.63	1.67	1.86
№3	1.31	1.86	1.91
№4	2.25	1.83	2.73
№5	1.71	1.82	1.87
№6	1.68	1.69	1.72

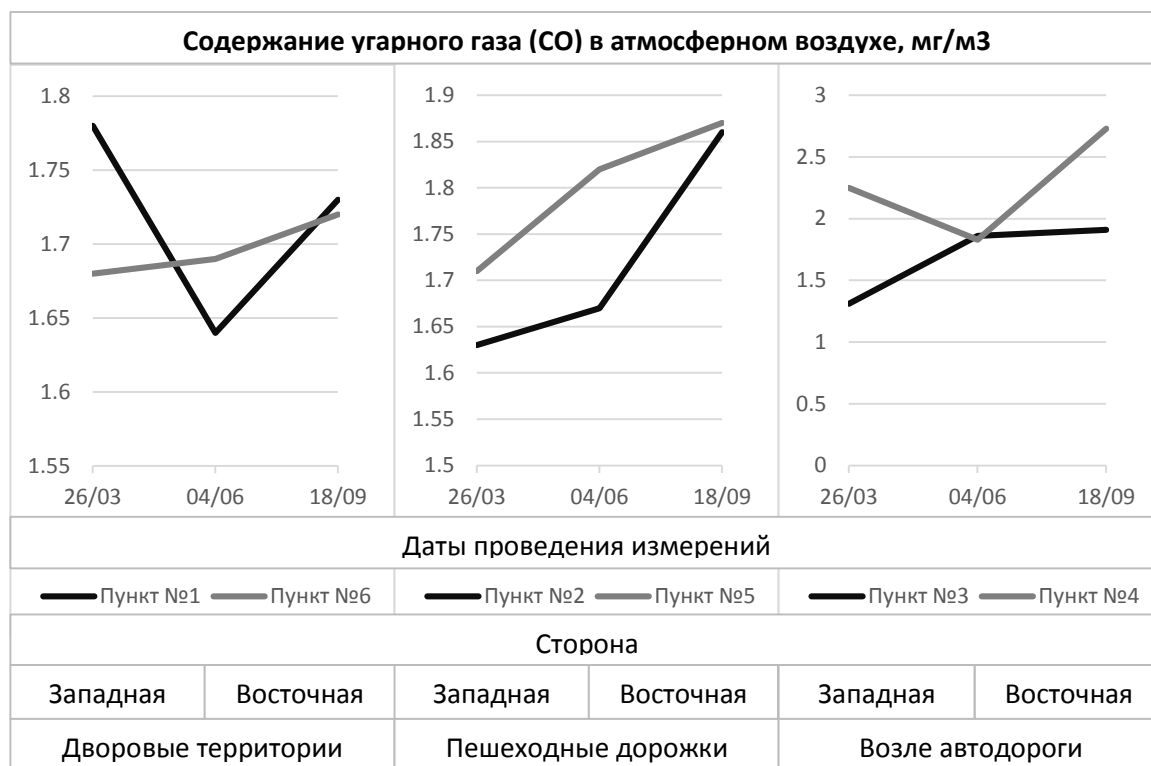


Рис. 24. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

Рис. 25 отражает тенденции, которые наблюдаются в отношении изменения уровня содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха. Для пунктов, расположенных на дворовых территориях наблюдается повышение уровня содержания ингредиента, зависящее от направления ветра – в дни проведения наблюдений в марте и сентябре восточная сторона была наветренной, общая тенденция складывается на повышение уровня содержания оксида азота в воздухе. Из общей тенденции выбиваются значения, полученные в июне – они противоречат закономерности, обусловленной воздействием ветра. Для пунктов, расположенных на пешеходных дорожках, характерно снижение уровня содержания оксида азота от июня к сентябрю; значения, полученные в марте, выбиваются из общей тенденции. Для пунктов, расположенных возле автодороги общая тенденция складывается на понижение уровня содержания ингредиента от марта к сентябрю; значения, полученные в июне, выбиваются из общей тенденции. Для всех пунктов, не принимая во внимание выбивающиеся значения, можно признать, что уровень содержания ингредиента с восточной стороны выше, чем с западной. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №1 в июне

(0.0232 мг/м³, 0.06ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание оксида азота – в пункте №5 в марте (0.00333 мг/м³).

Таблица 25

Средние значения содержания оксида азота в пунктах профиля №1 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.00506	0.0232	0.0125
№2	0.0155	0.0116	0.00952
№3	0.0122	0.0127	0.00813
№4	0.0184	0.0106	0.0168
№5	0.00333	0.0197	0.0121
№6	0.0103	0.00822	0.0189

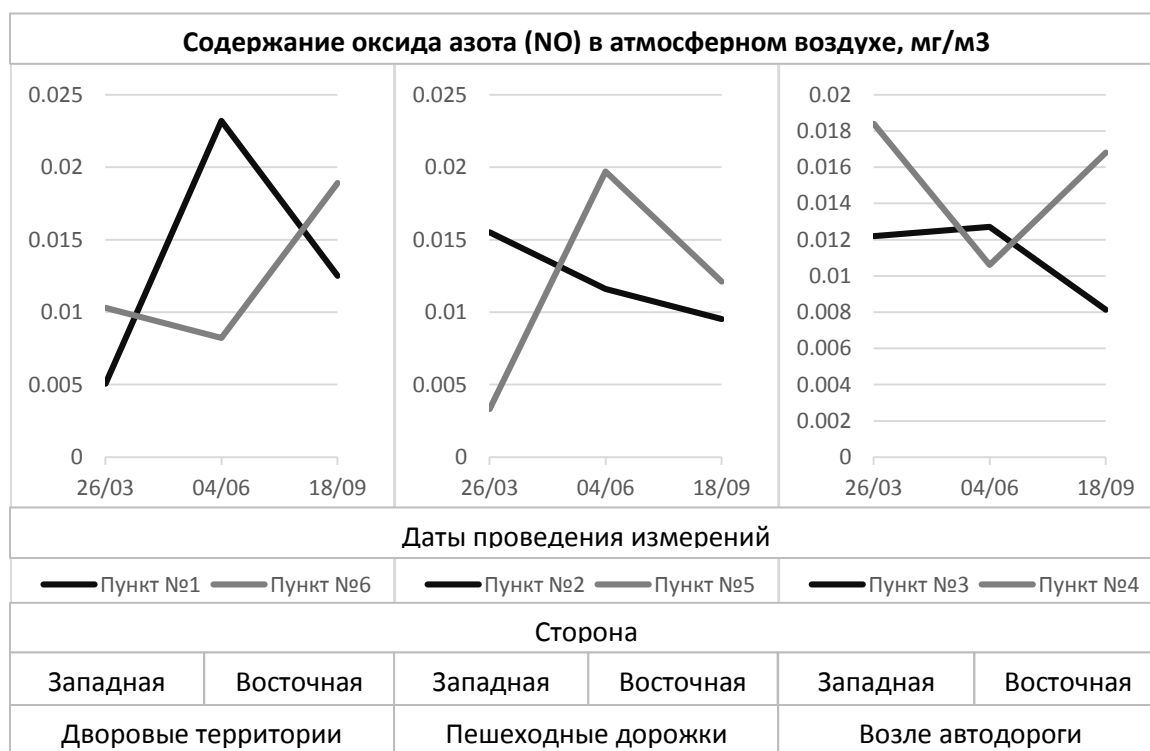


Рис. 25. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

На рис. 26 тенденции относительно содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха сложились следующим образом – на дворовых территориях наблюдается постепенное снижение уровня содержания ингредиента в воздухе от марта к сентябрю, причем уровень содержания как с западной, так и с восточной сторон приблизительно

одинаков – наблюдается высокая степень корреляции графиков. На расстоянии пешеходных дорожек уже заметно сказывается воздействие ветра – уровень содержания диоксида азота с марта по июнь с восточной стороны более чем в 2 раза выше чем с западной, благодаря ветрам юго-западного и западного направлений. При южном направлении ветра в сентябре различия между восточной и западной сторонами сглаживаются, благодаря значительному удалению пешеходных дорожек от дороги. Возле автодороги в сентябре уровень содержания ингредиента в воздухе с восточной стороны более чем в 3 раза выше, чем с западной, помимо воздействия ветра эта ситуация обусловлена высокой плотностью автотранспортного потока. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №4 в сентябре (0.0375 мг/м³, 0.44ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №3 в марте (0.0037 мг/м³).

Таблица 26

Средние значения содержания диоксида азота в пунктах профиля №1 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0145	0.0091	0.00755
№2	0.00562	0.0071	0.00719
№3	0.0037	0.00792	0.0081
№4	0.0168	0.00844	0.0375
№5	0.015	0.0174	0.00832
№6	0.0133	0.00908	0.00907

Рис. 27 отражает следующие закономерности относительно изменения уровня содержания соединений свинца в приземном слое атмосферного воздуха. На дворовых территориях с марта по июнь наблюдается постепенное снижение уровня содержания ингредиентов, затем рост уровня к сентябрю, где преобладание в содержании соединений свинца переходит к западной стороне. Для пунктов, расположенных на пешеходных дорожках, наблюдается относительно стабильный уровень содержания ингредиентов с марта по июнь, затем рост уровня к сентябрю.

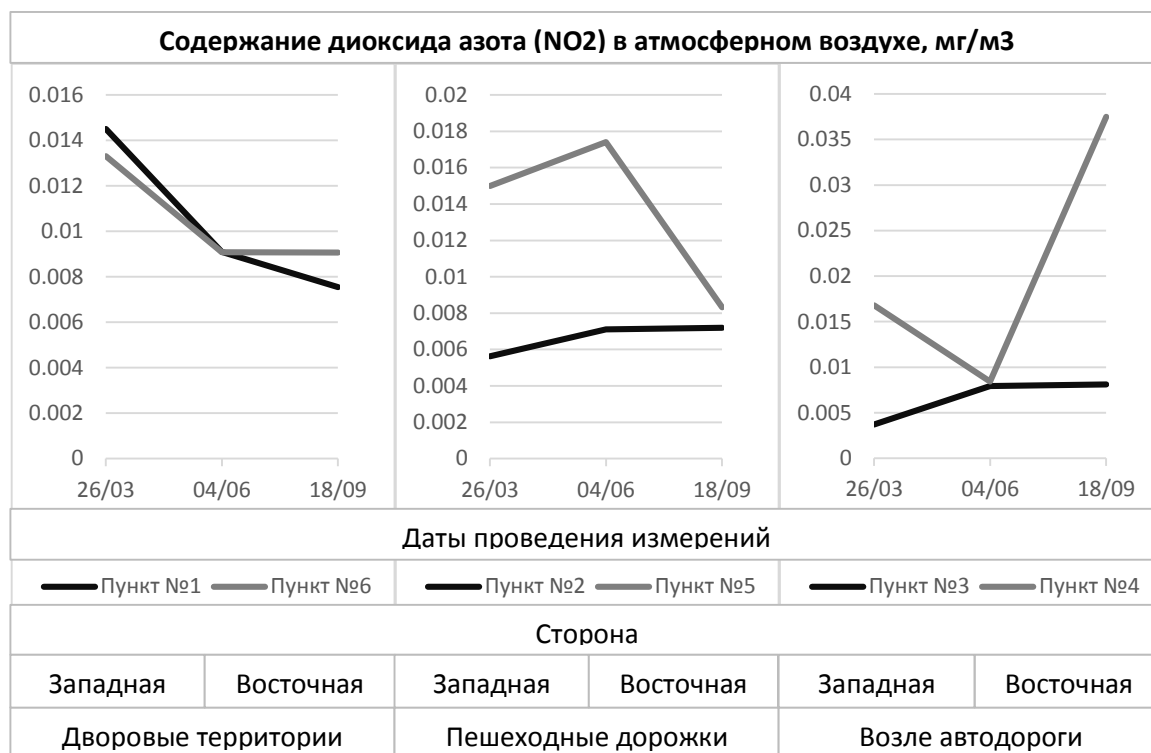


Рис. 26. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

Также наблюдается высокая степень корреляции графиков, отражающих изменения уровней содержания соединений свинца в пунктах №2 и №5. Возле автодороги как с восточной стороны, так и с западной наблюдается постепенный рост уровня содержания ингредиентов от марта к сентябрю, за исключением значений, полученных в июне, которые выбиваются из общей тенденции. Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №4 в сентябре (0.000309 мг/м³, 0.31ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №1 в июне (0.0000542 мг/м³).

Таблица 27

Средние значения содержания соединений свинца в пунктах профиля №1 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.000104	0.0000542	0.000206
№2	0.000102	0.000103	0.000178
№3	0.000116	0.000263	0.000193
№4	0.000261	0.000151	0.000309
№5	0.0000921	0.0000787	0.000164
№6	0.000116	0.0000887	0.000113

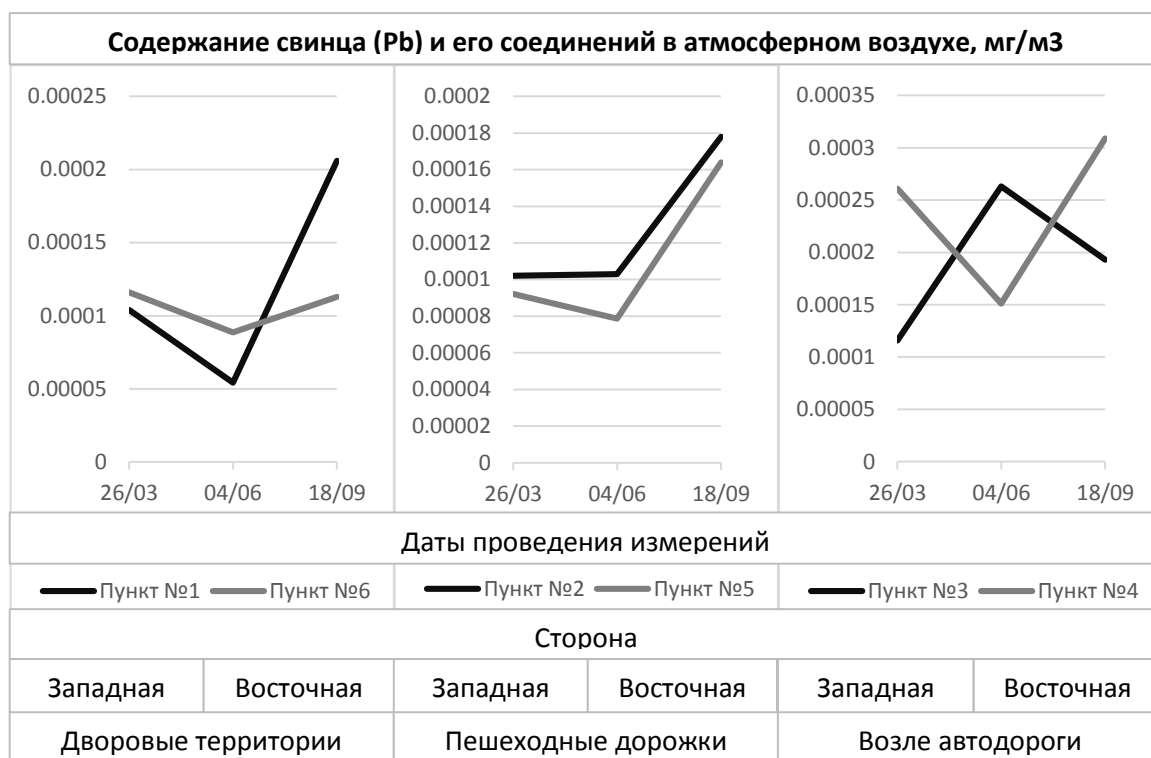


Рис. 27. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

Рис. 28 показывает изменения уровня содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха. Для пунктов, расположенных на дворовых территориях наблюдается высокая степень корреляции графиков, отражающих изменение уровней содержания ингредиента с западной и восточной сторон; также уровень содержания пыли понижался от марта к июню, затем повышался к сентябрю. Аналогичная ситуация складывается по отношению к пунктам, расположенным на пешеходных дорожках, для них применимо то, что было выявлено по отношению к пунктам, расположенным на дворовых территориях. Для пунктов, расположенных возле автодороги наблюдается постепенное повышение уровня содержания ингредиента от марта к сентябрю как с западной, так и с восточной стороны, единственное значение выбивается из общей тенденции в пункте №4 в июне. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №4 в сентябре (0.0421 мг/м³, 0.14ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание пыли неорганической – в пункте №6 в июне (0.0201 мг/м³).

Средние значения содержания пыли неорганической в пунктах профиля №1 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.025	0.0223	0.0235
№2	0.0233	0.0219	0.0233
№3	0.0209	0.0275	0.0292
№4	0.0292	0.0219	0.0421
№5	0.0232	0.0225	0.0278
№6	0.0247	0.0201	0.0253

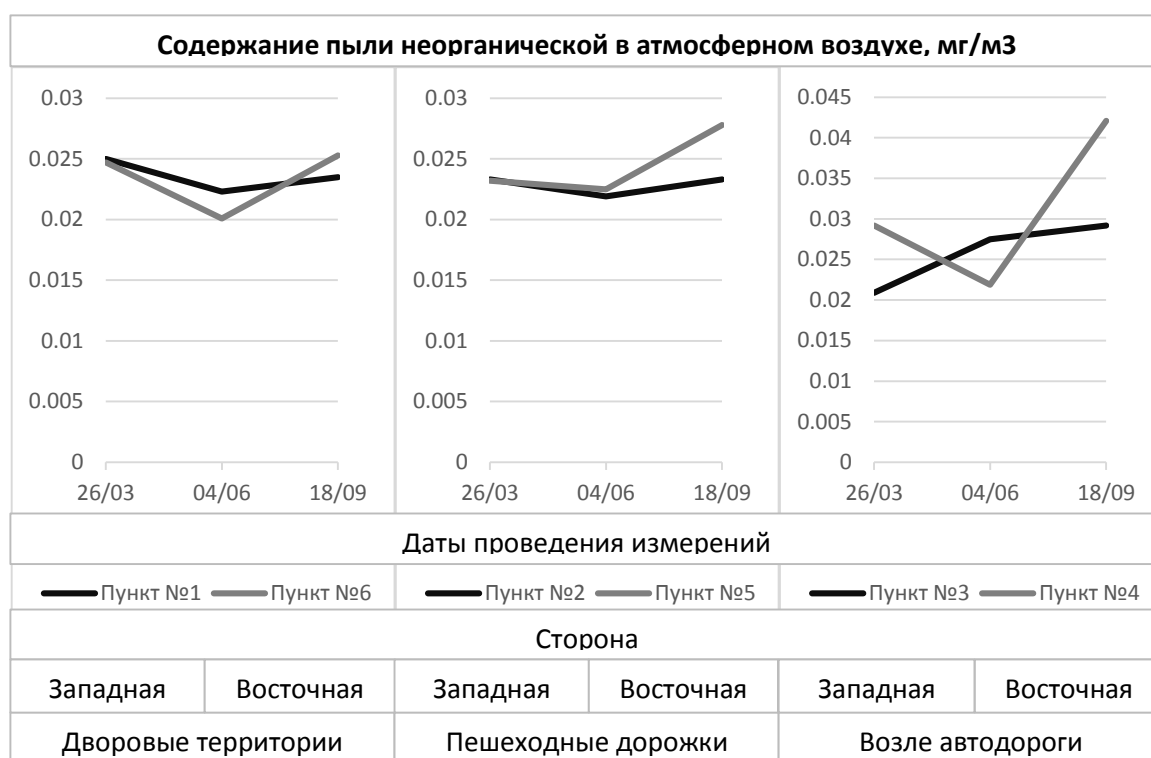


Рис. 28. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

2.2.3. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по профилю №2

Профиль №2 был заложен аналогично профилю №1, нумерация пунктов наблюдений такая же – с запада на восток.

На рис. 29 прослеживаются следующие тенденции по отношению к изменению уровня содержания угарного газа в приземном слое атмосферного воздуха. На дворовых территориях наблюдается снижение уровня содержания ингредиента от марта к июню, затем – его повышение к сентябрю; также

необходимо отметить высокую степень корреляции графиков (пункты №1 и №6), что свидетельствует о том, что дворовые территории хорошо защищены от ветра. С восточной стороны уровень содержания угарного газа выше, чем с западной. Тенденции, наблюдаемые в пунктах на пешеходных дорожках свидетельствуют о том, что с марта к июню сильно понижается уровень содержания ингредиента с восточной стороны, с западной он снижается незначительно, с июня по сентябрь наблюдается повышение уровня как с западной так и с восточной сторон. Возле автодороги, в целом наблюдается незначительное повышение уровня содержания угарного газа от марта к сентябрю с западной и восточной сторон, если не принимать во внимание значения, полученные в июне, которые выбиваются из общей тенденции. Максимальное содержание угарного газа – в пункте №5 в марте (3.45 мг/м^3 , $0.69 \text{ ПДК}_{\text{м.р.}}$). Минимальное содержание угарного газа – в пункте №5 в июне (1.34 мг/м^3).

На рис. 30 показаны следующие тенденции по отношению к изменению уровня содержания оксида азота в приземном слое атмосферного воздуха. На дворовых территориях с марта по июнь наблюдаются незначительные изменения уровня содержания ингредиента в воздухе, которые обусловлены направлением и небольшой скоростью ветра (до 3 м/с), в сентябре уровень содержания оксида азота значительно уменьшается – это обусловлено рассеивающим воздействием ветра (скорость – 5 м/с). В пунктах, расположенных на расстоянии пешеходных дорожек наблюдается следующая закономерность – с восточной стороны от марта к сентябрю возрастает уровень содержания ингредиента в воздухе, с западной – уменьшается. Из общей тенденции выбиваются значения, полученные в июне, так как они не согласовываются с данными направлений ветра.

Средние значения содержания угарного газа в пунктах профиля №2 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	1.52	1.36	1.61
№2	1.88	1.8	2.66
№3	2.16	2.46	2.33
№4	3.06	1.59	3.15
№5	3.45	1.34	2.07
№6	1.73	1.5	1.57

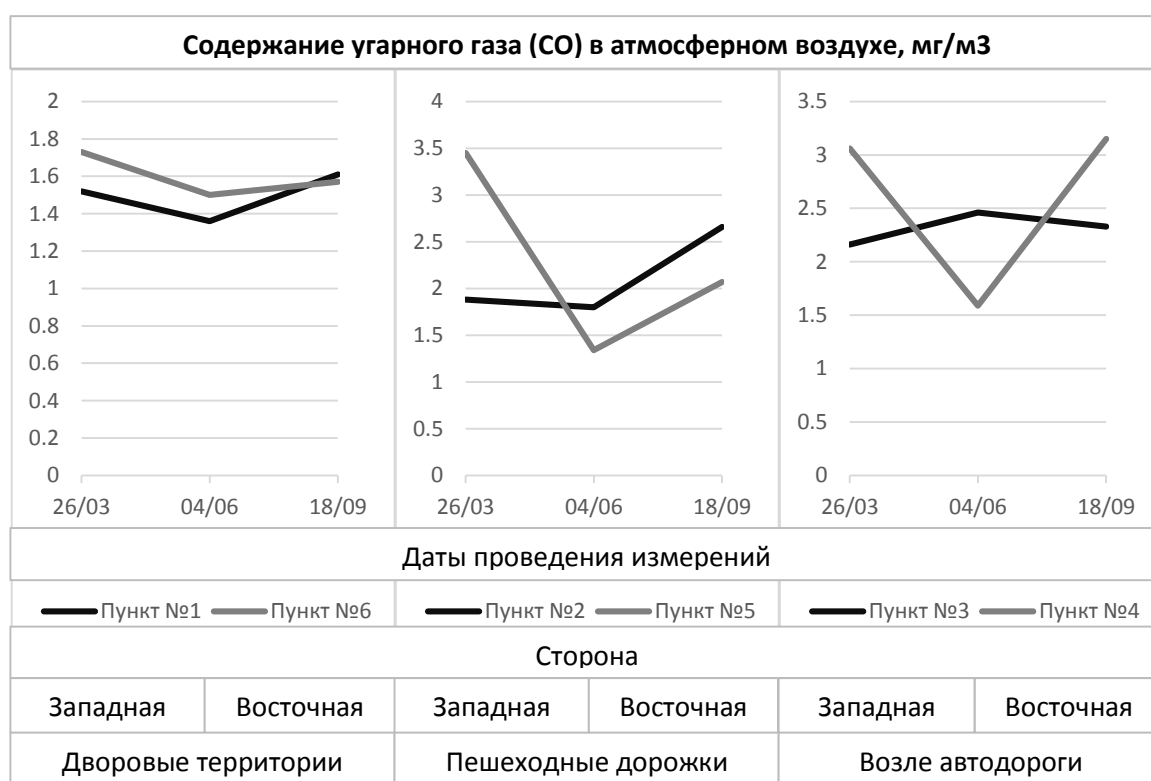


Рис. 29. Распределение содержания угарного газа, мг/м³.

Возле автодороги уровень содержания оксида азота в воздухе резко возрастает к июню с восточной стороны – этому благоприятствуют ветер западного направления и высокая плотность автотранспортного потока. Максимальное содержание оксида азота - в пункте №5 в июне (0.343 мг/м³, 0.86ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание оксида азота – в пунктах №1, №2, №3 в сентябре (0 мг/м³).

Средние значения содержания оксида азота в пунктах профиля №2 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0126	0.0123	0
№2	0.00621	0.024	0
№3	0.0196	0.0238	0
№4	0.0215	0.343	0.0512
№5	0.0133	0.00554	0.0222
№6	0.0202	0.0238	0.00407

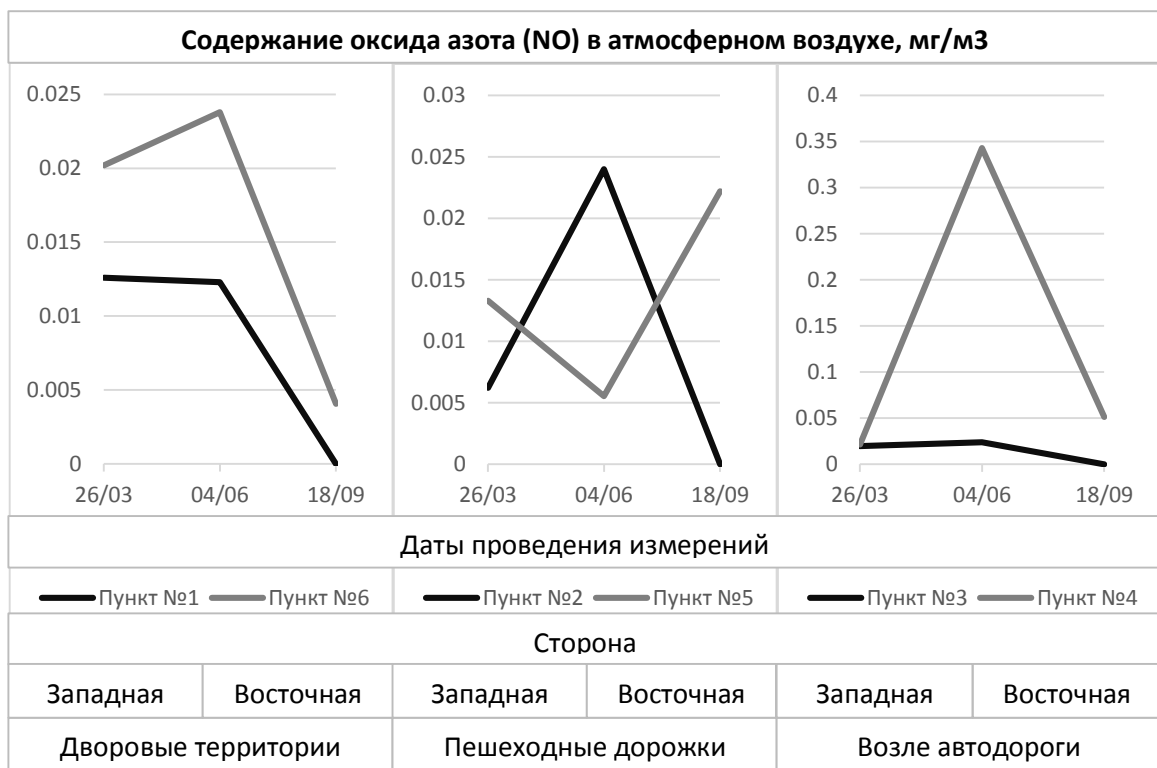


Рис. 30. Распределение содержания оксида азота, мг/м³.

По отношению к изменению уровня содержания диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха на рис. 31 были выявлены следующие закономерности. На дворовых территориях наблюдаются тенденции, схожие с тенденциями, выявленными по отношению к оксиду азота на дворовых территориях (рис. 30) – постепенное снижение уровня содержания ингредиента в воздухе с марта по сентябрь. На пешеходных дорожках общие тенденции складываются к понижению уровня содержания диоксида азота в

воздухе с июня по сентябрь. Возле автодороги для восточной стороны характерно увеличение уровня содержания ингредиента в воздухе от марта к сентябрю, для западной стороны – уменьшение уровня. Значения, полученные в июне выбиваются из общей тенденции, так как они не согласовываются с данными направлений ветра. Максимальное содержание диоксида азота – в пункте №4 в сентябре (0.0729 мг/м³, 0.85ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание диоксида азота – в пункте №2 в сентябре (0.00479 мг/м³).

Рис. 32 показывает изменения уровня содержания в приземном слое атмосферного воздуха соединений свинца. С восточной стороны для пунктов, расположенных на дворовых территориях и возле автодороги отмечено снижение уровня содержания ингредиентов от марта к июню, затем его повышение к сентябрю не связанное с воздействием ветра. С западной стороны наблюдается такая же ситуация; графики, отражающие изменения уровня содержания соединений свинца с западной и восточной сторон имеют высокую степень корреляции между собой – это свидетельствует о незначительной роли ветра в переносе соединений свинца. На пешеходных дорожках в целом наблюдается снижение уровня содержания ингредиентов в воздухе от марта к сентябрю. Максимальное содержание соединений свинца - в пункте №3 в марте (0.000267 мг/м³, 0.27ПДК_{м.р.}). Минимальное содержание соединений свинца – в пункте №1 в июне (0.0000609 мг/м³).

Таблица 31

Средние значения содержания диоксида азота в пунктах профиля №2
на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0141	0.0104	0.00502
№2	0.00736	0.0175	0.00479
№3	0.009	0.0208	0.00554
№4	0.0225	0.0154	0.0729
№5	0.0246	0.0193	0.00593
№6	0.0131	0.0134	0.00564

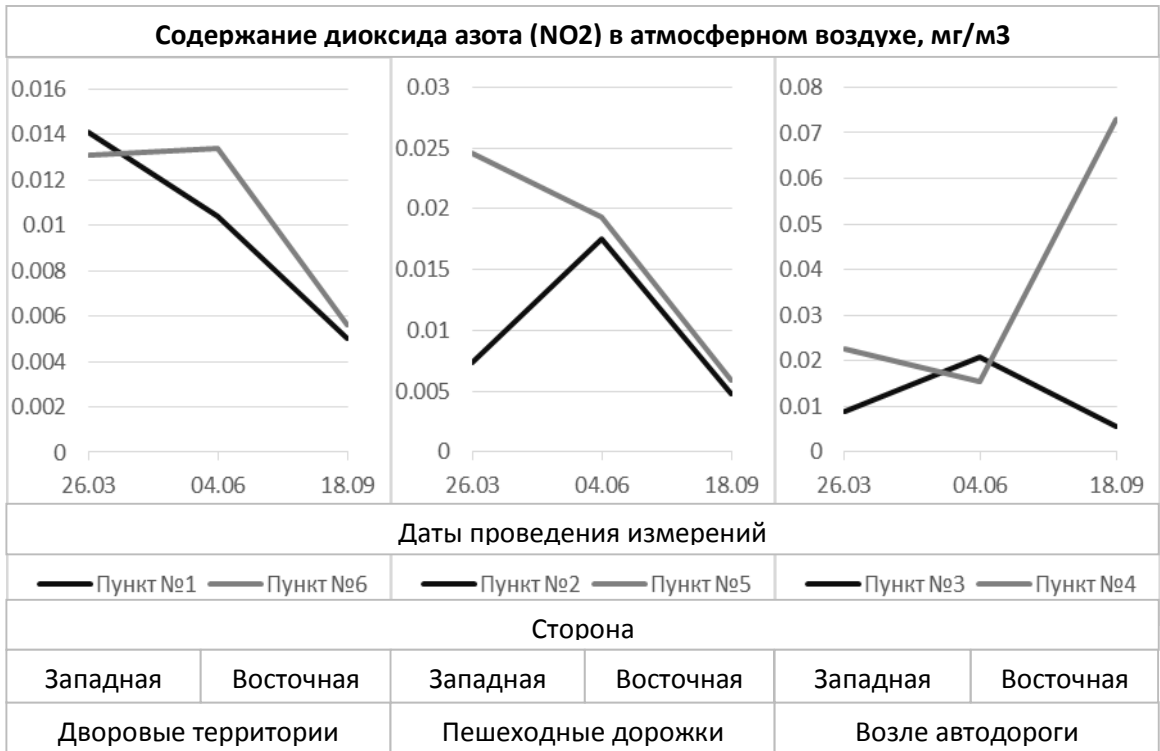


Рис. 31. Распределение содержания диоксида азота, мг/м³.

Таблица 32

Средние значения содержания соединений свинца в пунктах профиля №2 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Пункты \ Даты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.00011	0.0000609	0.0000899
№2	0.000149	0.000189	0.0000681
№3	0.000267	0.000113	0.000154
№4	0.000253	0.00017	0.00024
№5	0.0002	0.00013	0.000114
№6	0.00019	0.0000651	0.0000879

На рис. 33 по отношению к изменению уровня содержания пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха была выявлена следующая интересная закономерность – графики, отражающие ситуацию на дворовых территориях и на пешеходных дорожках, обладают высокой степенью сходства – это может говорить о схожих условиях, в которых находятся пункты наблюдений.

В пунктах №1 и №2 уровень содержания пыли с марта по сентябрь изменяется незначительно, благодаря защищенности от прямого

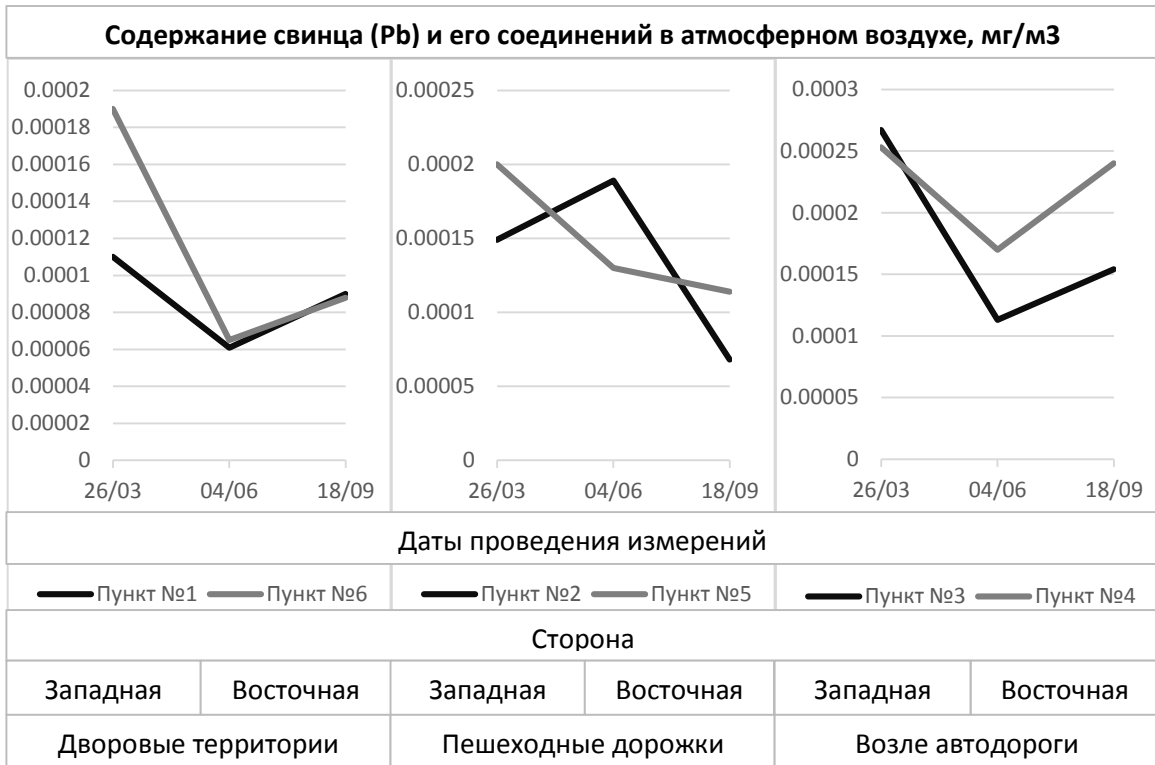


Рис. 32. Распределение содержания соединений свинца, мг/м³.

воздействия западного ветра жилым домом (просп. Богдана Хмельницкого, 77). В пунктах №5 и №6, расположенных на наветренной стороне наблюдается постепенное снижение уровня содержания ингредиента к сентябрю. В пунктах, расположенных возле автодороги, в целом от марта к сентябрю наблюдается снижение уровня содержания в воздухе пыли неорганической. Максимальное содержание пыли неорганической – в пункте №5 в марте (0.0494 мг/м³, 0.16ПДК_{м.р.}). Минимальное – в пункте №1 в сентябре (0.0179 мг/м³).

Таблица 33

Средние значения содержания пыли неорганической в пунктах профиля №2 на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Даты			
Пункты	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
№1	0.0206	0.0222	0.0179
№2	0.0218	0.0249	0.0212
№3	0.0463	0.0305	0.0216
№4	0.0456	0.0234	0.0243
№5	0.0494	0.0273	0.019
№6	0.0358	0.0218	0.0182

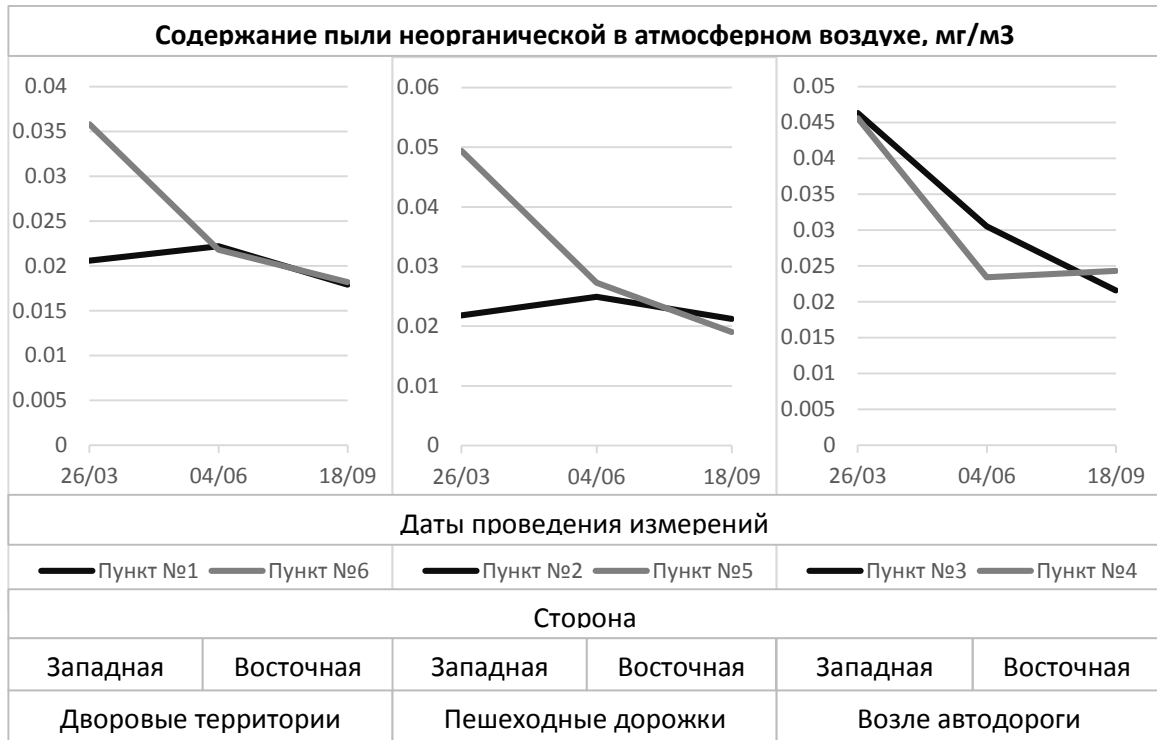


Рис. 33. Распределение содержания пыли неорганической, мг/м³.

2.3. Сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ на ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого

Принимая во внимание результаты проделанной работы, для оценки того, в какой месяц наблюдается наибольшее количество максимальных уровней содержания загрязняющих веществ была составлена таблица (табл. 34). Во внимание были приняты значения, полученные в отдельных пунктах и профилях как на ул. Щорса, так и на просп. Богдана Хмельницкого.

Таблица 34

Распределение максимальных уровней содержания ингредиентов в воздухе по месяцам (в %)

Ингредиент	Март	Июнь	Сентябрь
Угарный газ	16.7	33.3	50
Оксид азота	16.7	83.3	0
Диоксид азота	16.7	33.3	50
Соединения свинца	16.7	33.3	50
Пыль неорганическая	16.7	16.7	66.6

Таким образом расчет показал, что для большинства ингредиентов сентябрь является тем месяцем, в который они максимально накапливаются в

приземном слое атмосферного воздуха. Исключение представляет оксид азота – наибольшее количество максимальных уровней его содержания приходится на июнь.

Также стоит отметить, какие из максимальных значений оказались самыми высокими. Для угарного газа максимальное значение – в отдельном пункте №3 на ул. Щорса в июне (3.82 мг/м^3 , $0.76\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$); для оксида азота – в пункте №5 профиля №2 по просп. Богдана Хмельницкого в июне (0.343 мг/м^3 , $0.86\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$); для диоксида азота - в пункте №4 профиля №2 по просп. Богдана Хмельницкого в сентябре (0.0729 мг/м^3 , $0.85\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$); для соединений свинца – в отдельном пункте №9 на просп. Богдана Хмельницкого в июне (0.000541 мг/м^3 , $0.54\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$); для пыли неорганической – в пункте №4 профиля №1 по ул. Щорса в сентябре (0.0862 мг/м^3 , $0.28\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$). Превышений предельно допустимых концентраций максимальных разовых не было зарегистрировано.

Для более детального анализа были рассчитаны средние значения содержаний загрязняющих веществ в различные месяцы по западной и восточной сторонам ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого. В расчет были включены средние значения совокупностей значений, полученных в отдельных пунктах.

Таблица 35

Средние значения содержания загрязняющих веществ в разные периоды года на ул. Щорса, мг/м^3 .

Месяц Вещество	Март		Июнь		Сентябрь	
	З*	В**	З	В	З	В
Угарный газ	1.64	1.78	2.5	2.1	2.17	2.36
Оксид азота	0.01096	0.00640	0.01666	0.01798	0.01195	0.01018
Диоксид азота	0.00600	0.01079	0.00814	0.01819	0.01023	0.00981
Соединения свинца	0.00009	0.00008	0.00008	0.00019	0.00021	0.00012
Пыль неорганическая	0.0197	0.0188	0.0198	0.0322	0.0429	0.0259

* - Западная сторона; ** - Восточная сторона.

На табл. 35 показаны содержания загрязняющих веществ с восточной и западной сторон на ул. Щорса. В марте превышение содержания с западной стороны над содержанием с восточной отмечается у оксида азота – в 1.71 раз, у соединений свинца – в 1.17 раз, у пыли неорганической – в 1.05 раз. Превышение содержания с восточной стороны над содержанием с западной: у угарного газа – в 1.09 раз, у диоксида азота – в 1.80 раз.

Принимая во внимание эти результаты, можно заметить, что соотношения содержаний ингредиентов с разных сторон улицы значительно изменяются к июню – угарный газ уже преобладает на западной стороне, оксид азота на восточной. Про изменения уровней содержания соединений свинца и пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха с западной и восточной сторон улицы можно сказать, что они также изменились аналогично уровням содержания угарного газа и оксида азота. Неизменная тенденция к сохранению более высокого уровня содержания с восточной стороны, по сравнению с западной присуща диоксиду азота (превышение более чем в 2.2 раза). Из всех ингредиентов только у угарного газа уровень содержания значительно возрос от марта к июню. Фактически уровни содержания всех ингредиентов с восточной стороны в июне (кроме угарного газа) превышают уровни содержания с западной вследствие воздействия западного ветра.

Рассматривая средние значения уровня содержания угарного газа в приземном слое атмосферного воздуха в сентябре, можно заметить, что они остались приблизительно на уровне значений, полученных в июне, причем уровень содержания ингредиента выше с восточной стороны, как и в марте, несмотря на воздействие восточного ветра. Также необходимо отметить преимущественное накопление оксида азота, диоксида азота, соединений свинца и пыли неорганической с западной стороны под влиянием восточного ветра. По сравнению с мартом и июнем, для сентября характерны повышенные уровни содержания соединений свинца и пыли неорганической в приземном слое атмосферного воздуха.

При сравнении средних значений содержания загрязняющих веществ на просп. Богдана Хмельницкого (табл. 36) со средними значениями на ул. Щорса были отмечены следующие закономерности. В марте накопление угарного газа происходило преимущественно на восточной стороне, как и на ул. Щорса. На восточной стороне также преимущественно накапливались оксид азота, соединения свинца и пыль неорганическая под влиянием юго-западного ветра. В целом, можно сказать, что средние уровни содержания загрязняющих веществ на просп. Богдана Хмельницкого выше, чем на ул. Щорса.

Таблица 36

Средние значения содержания загрязняющих веществ в разные периоды года на просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Месяц	Март		Июнь		Сентябрь	
	З*	В**	З	В	З	В
Угарный газ	1.99	2.05	1.68	1.95	2.02	2.22
Оксид азота	0.01200	0.02108	0.01948	0.01834	0.01696	0.01107
Диоксид азота	0.01012	0.00948	0.00972	0.02038	0.00958	0.01125
Соединения свинца	0.00009	0.00017	0.00024	0.00013	0.00012	0.00016
Пыль неорганическая	0.0233	0.0273	0.0222	0.0255	0.0247	0.0286

* - Западная сторона; ** - Восточная сторона.

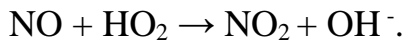
В июне ситуация по отношению к угарному газу на просп. Богдана Хмельницкого заметно отличается от ситуации, сложившейся по отношению к этому ингредиенту на ул. Щорса в этом же месяце. Средние значения более низкие, чем на ул. Щорса, что примечательно – ниже средних значений, наблюдавшихся в марте на просп. Богдана Хмельницкого. Для оксида и диоксида азота, соединений свинца характерно в июне большее накопление на просп. Богдана Хмельницкого, чем на ул. Щорса.

В сентябре среднее значение уровня содержания угарного газа возрастает, средние значения остальных ингредиентов уменьшаются. Исключение составляет пыль неорганическая, средние уровни содержания которой превышают средние уровни содержания в марте.

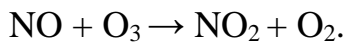
Необходимо отметить также тот факт, что наблюдались превышения уровня содержания оксида азота над уровнем содержания диоксида азота.

Для объяснения этого явления рассмотрим трансформацию соединений азота в тропосфере.

NO, взаимодействуя с гидропероксил-радикалом, переходит в диоксид азота:



Окисление оксида азота происходит также при взаимодействии с озоном:



Под действием солнечного излучения происходит обратная реакция – часть диоксида азота разлагается с образованием оксида азота и атома кислорода:



Атомарный кислород приводит к образованию в атмосфере озона [23, с. 191].

Если учесть, что в дни проведения наблюдений преобладала ясная и малооблачная погода (см. табл. 2 и табл. 18), скорее всего происходило разложение диоксида азота под действием солнечного излучения.

Кроме тех веществ, которые уже были перечислены, измерялся уровень содержания в воздухе такого вещества, как формальдегид. Причиной его отсутствия в общем анализе явилось то обстоятельство, что возникли технические неполадки в приборе ГАНК-4, не позволяющие повсеместно определить уровень содержания данного вещества в приземном слое атмосферного воздуха. Тем не менее анализ представленных далее фрагментов базы данных позволит дать приблизительную оценку загрязнению приземного слоя атмосферного воздуха данным веществом.

Согласно табл. 37 наибольший уровень загрязнения воздуха ингредиентом наблюдался в июне в пункте № 4 – 0.00766 мг/м³ (0.22ПДК_{м.р.}), в соответствии с гигиеническими нормативами - ПДК_{м.р.} для формальдегида составляет 0.035 мг/м³ [6].

Таблица 37

Содержание формальдегида в приземном слое атмосферного воздуха в отдельных пунктах по ул. Щорса, мг/м³.

Формальдегид (НСНО)	24.03.2015	03.06.2015	11.09.2015
Пункт №1	0	0.000135	0.000271
Пункт №2	0	0.00041	0.000146
Пункт №3	0	0.000449	0.0000516
Пункт №4	0	0.00766	0
Пункт №5	0	0	0
Пункт №6	0	0.000463	0

Таблица 38

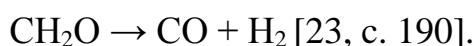
Содержание формальдегида в приземном слое атмосферного воздуха в отдельных пунктах по просп. Богдана Хмельницкого, мг/м³.

Формальдегид (НСНО)	26.03.2015	04.06.2015	18.09.2015
Пункт №1	0	0	0.0000149
Пункт №2	0	0.000165	0.000781
Пункт №3	0	0	0
Пункт №4	0	0	0
Пункт №5	0	0	0
Пункт №6	0	0.00117	0
Пункт №7	0.00017	0	0.0000463
Пункт №8	0.0000913	0	0.00036
Пункт №9	0.0008474	0	0
Пункт №10	0.00022	0	0.0000289

Согласно табл. 38 наибольший уровень содержания формальдегида в воздухе наблюдается в пункте №9 в марте - 0.0008474 мг/м³ (0.02ПДК_{м.р.}).

Таким образом, говорить о существенном вкладе формальдегида в загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха не приходится.

Низкий уровень содержания формальдегида в приземном слое атмосферного воздуха можно объяснить тем, что молекулы СН₂О подвергаются фотолизу при поглощении света в ближайшей ультрафиолетовой области:



Если учесть, что в дни проведения наблюдений преобладала ясная и малооблачная погода (см. табл. 2 и табл. 18), есть основания полагать, что происходил именно этот процесс.

2.4. Сопоставление профиля №2 по ул. Щорса и профиля №2 по просп. Богдана Хмельницкого

Для того, чтобы оценить степень загрязненности приземного слоя атмосферного воздуха как непосредственно возле дороги, так и на пешеходных дорожках, дворовых территориях, были составлены нижеуказанные графики. Профили были выбраны на основании того, что они располагаются в местах с наиболее загрязненным приземным слоем атмосферного воздуха. На графиках отражена динамика изменения содержания каждого из ингредиентов как во времени, так и в пространстве. Вертикальная ось значений показывает содержание ингредиента в воздухе ($\text{мг}/\text{м}^3$), горизонтальная – расстояние от дороги (м), знак «-» указывает на то, что пункты (обозначены круглыми маркерами) находятся с западной стороны от дороги.

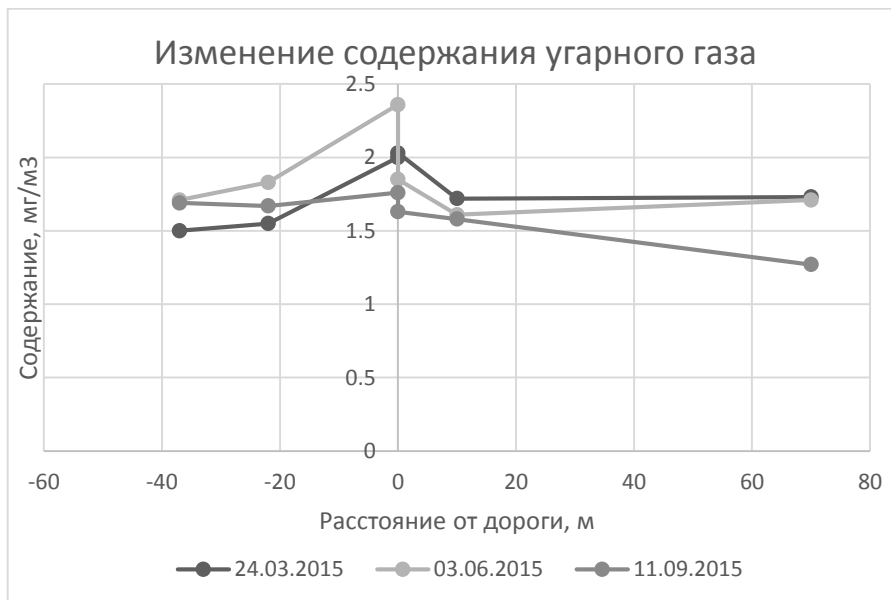


Рис. 34. Профиль №2 по ул. Щорса. Изменение содержания угарного газа.

Рис. 34 и 35 показывают, что угарный газ активно накапливается как непосредственно возле дороги, так и на расстоянии пешеходных дорожек.

Причем в отдельных случаях содержание угарного газа в воздухе на расстоянии пешеходных дорожек превышает уровень содержания возле дороги с той же стороны дороги (рис. 35), что можно объяснить влиянием ветра. Итак, визуально можно определить то, что на рис. 34 большему загрязнению угарным газом подвержена западная часть ул. Щорса в пределах профиля, и на рис. 35 – восточная часть просп. Богдана Хмельницкого в пределах профиля.

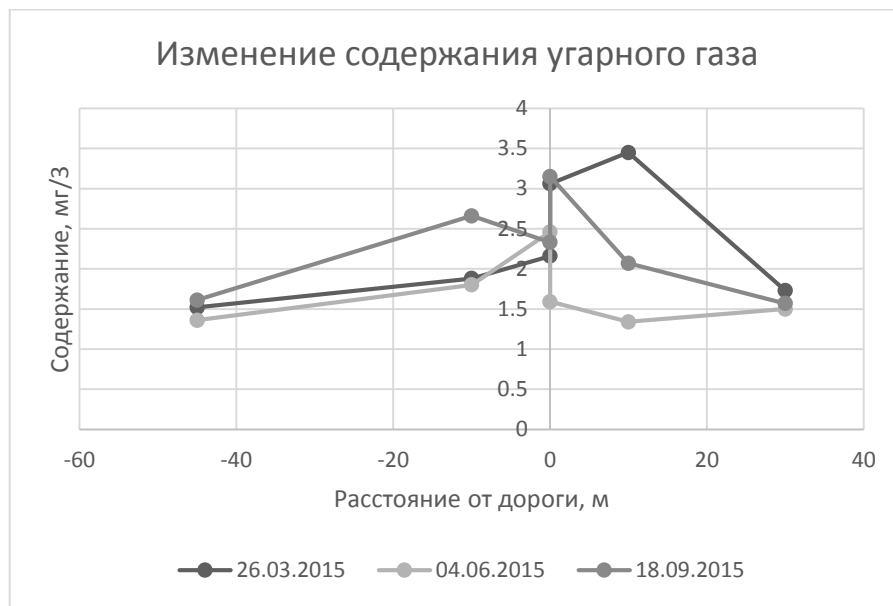


Рис. 35. Профиль №2 по просп. Богдана Хмельницкого. Изменение содержания угарного газа.

На рис. 36 заметно, что с западной стороны содержание в воздухе оксида азота на расстоянии пешеходной дорожки выше, чем возле дороги, схожая ситуация наблюдается на западной стороне (за исключением данных, полученных в сентябре). В целом, восточная сторона ул. Щорса менее подвержена загрязнению оксидом азота. Согласно рис. 37 можно отметить, что уровень содержания в воздухе оксида азота с западной стороны просп. Богдана Хмельницкого достаточно стабилен как во временном, так и пространственном отношении. С восточной стороны такая динамика отсутствует – возле дороги в июне содержание ингредиента в воздухе превышает в несколько раз средний уровень, что, однако, можно объяснить

высокой плотностью автотранспортного потока в момент проведения наблюдений.

На рис. 38, 39 можно отметить следующие закономерности: амплитуда колебаний уровня содержания диоксида азота в воздухе на профиле №2 по просп. Богдана Хмельницкого выше, чем на профиле №2 по ул. Щорса.

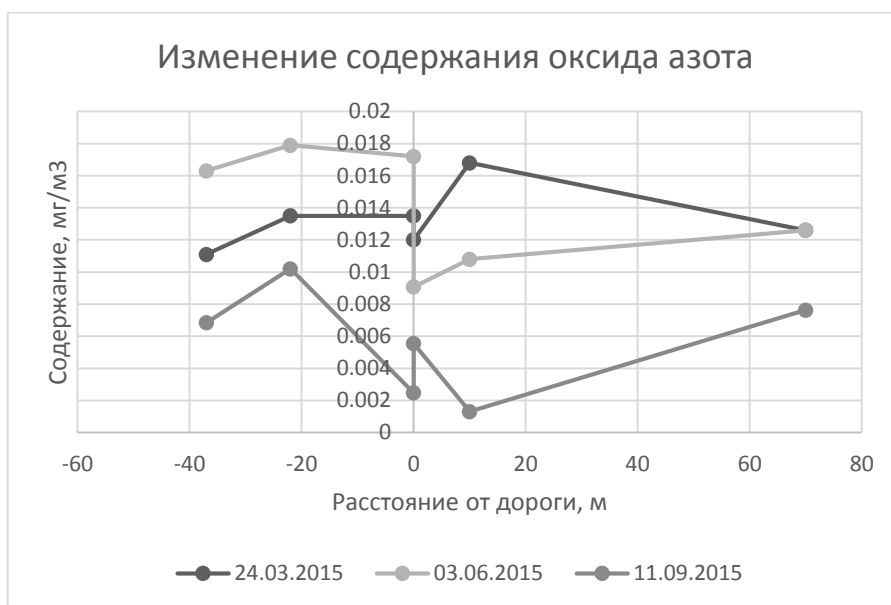


Рис. 36. Профиль №2 по ул. Щорса. Изменение содержания оксида азота.

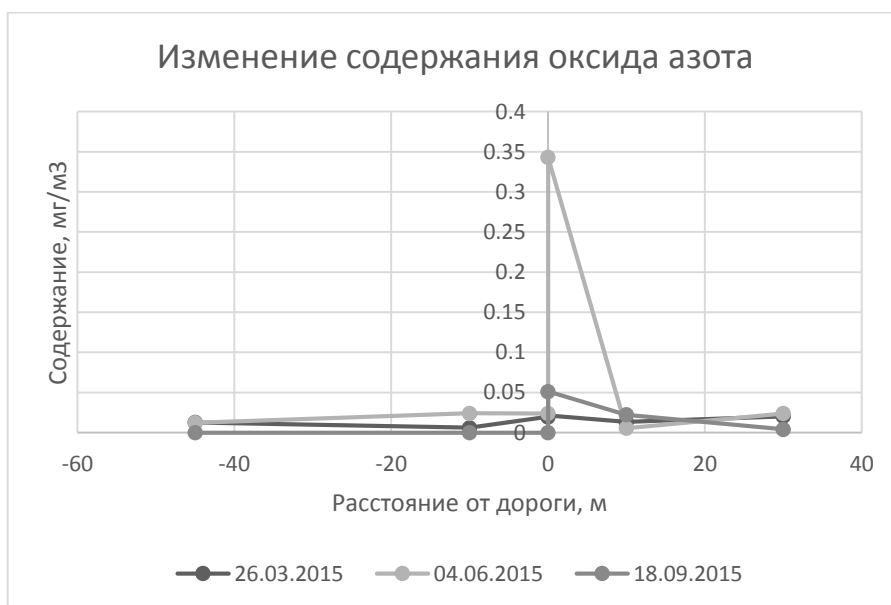


Рис. 37. Профиль №2 по просп. Богдана Хмельницкого. Изменение содержания оксида азота.

При этом на дворовых территориях, располагающихся с восточной стороны на каждом из профилей, содержание ингредиента ниже, чем на

дворовых территориях с западной стороны. Стоит упомянуть и о сходстве графиков на рис. 37 и рис. 39 – с восточной стороны возле дороги выделяется сравнительно высокое значение соответствующего ингредиента. Это можно объяснить схожими условиями, наблюдавшимися в дни проведения наблюдений – высокой плотностью транспортных потоков, близкими по силе и направлению воздушными потоками, которые имели место быть в моменты проведения измерений.

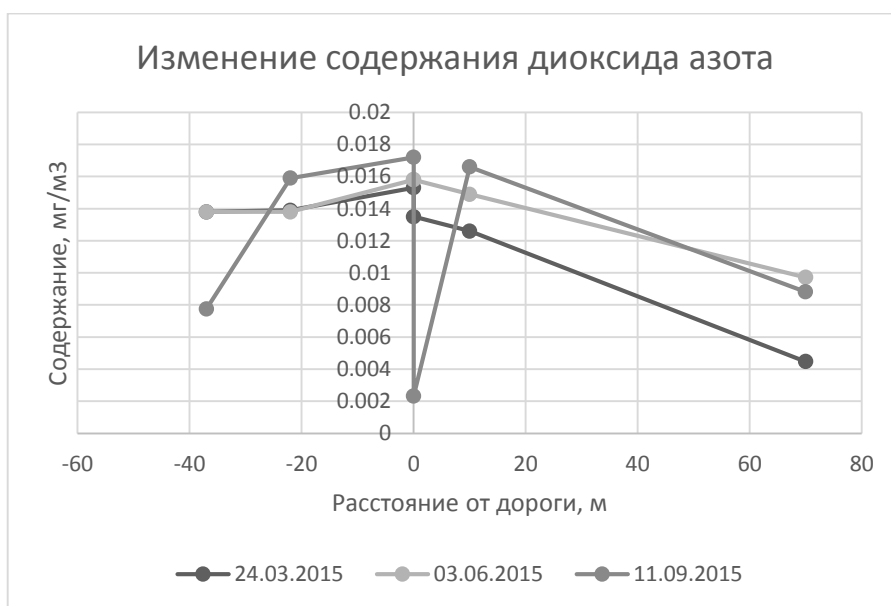


Рис. 38. Профиль №2 по ул. Щорса. Изменение содержания диоксида азота.

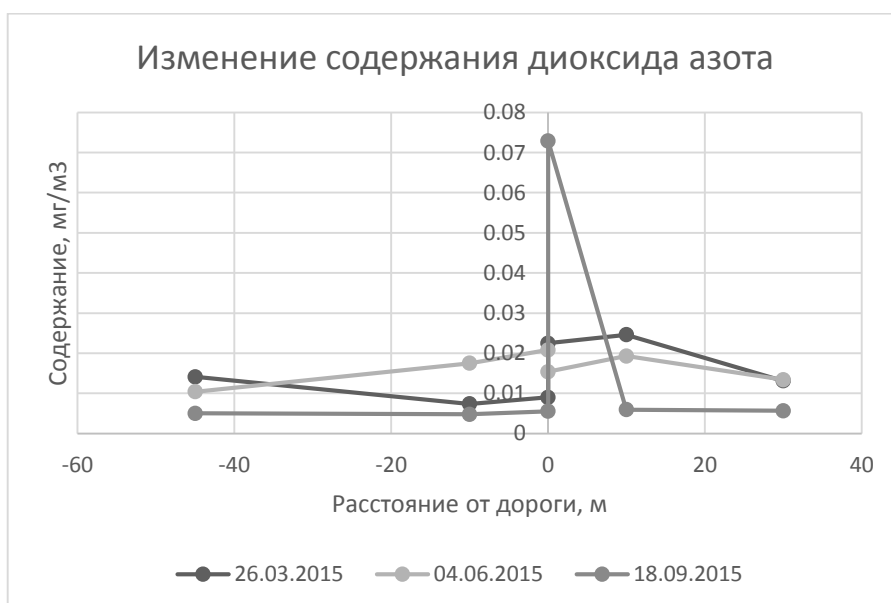


Рис. 39. Профиль №2 по просп. Богдана Хмельницкого. Изменение содержания диоксида азота.

На рис. 40 видно, что уровень содержания соединений свинца на дворовых территориях примерно одинаковый как для западной, так и восточной сторон, в то время как на рис. 41 показано, что большему загрязнению подвержены дворовые территории, находящиеся с восточной стороны. Примерно на одинаковом уровне на каждом из профилей возле дороги находится содержание соединений свинца. Сравнивая рис. 40 и рис. 41 следует также отметить, что на восточной стороне от дороги на расстоянии пешеходных дорожек более высокий уровень содержания ингредиента характерен для профиля, расположенного на просп. Богдана Хмельницкого.

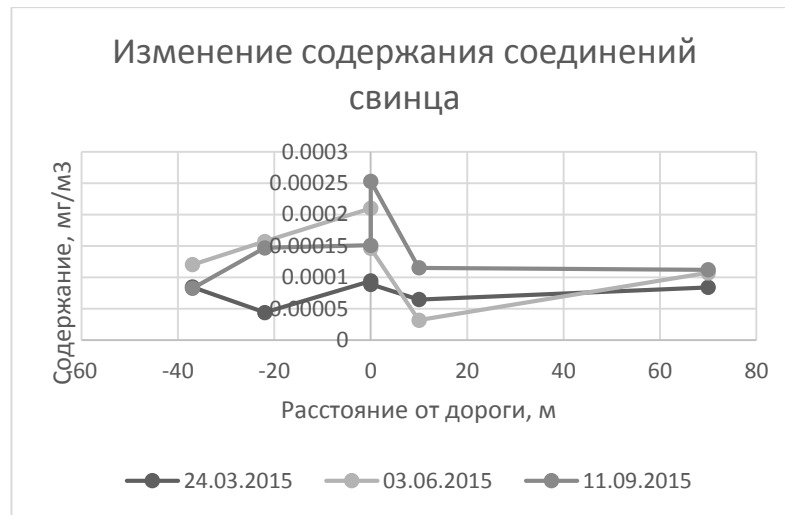


Рис. 40. Профиль №2 по ул. Щорса. Изменение содержания соединений свинца.

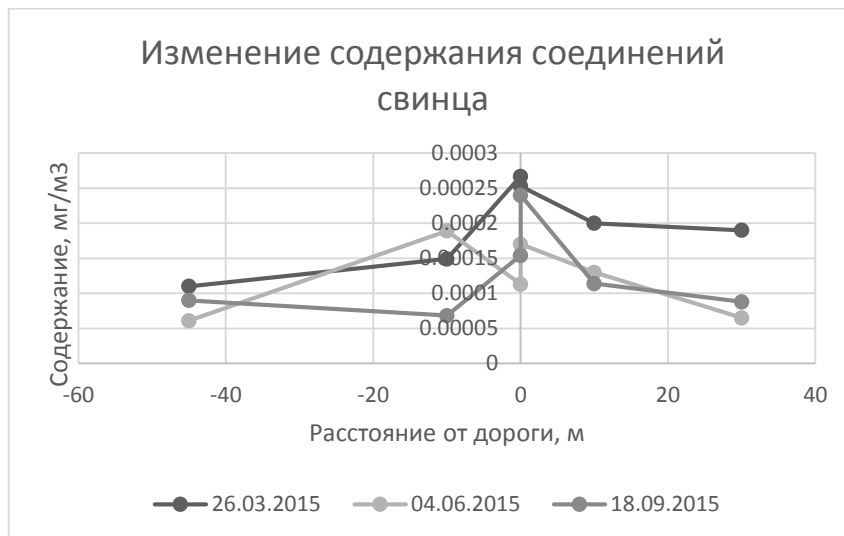


Рис. 41. Профиль №2 по просп. Богдана Хмельницкого. Изменение содержания соединений свинца.

На рис. 42 отмечается относительная стабильность уровня содержания пыли в воздухе – по всему профилю уровни содержания пыли в каждом из пунктов приблизительно одинаковы.

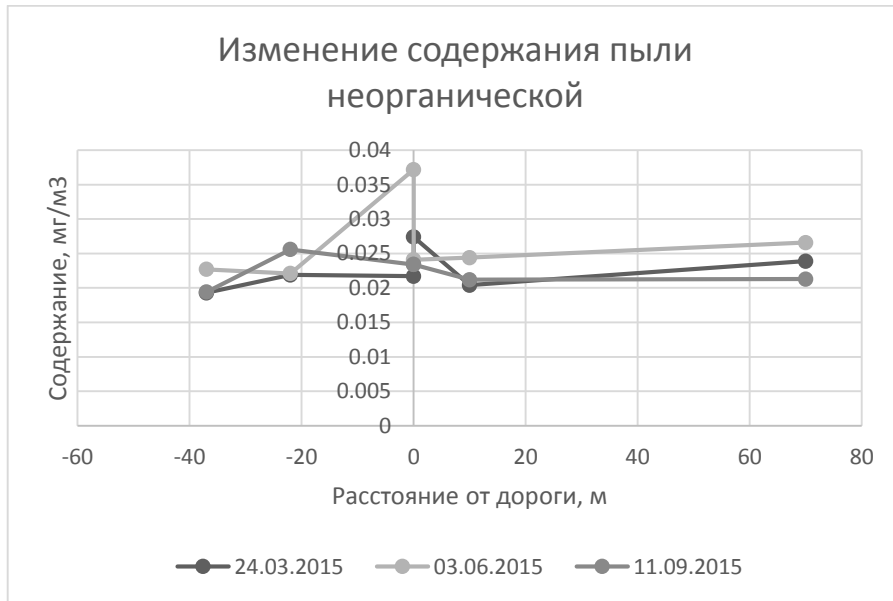


Рис. 42. Профиль №2 по ул. Щорса. Изменение содержания пыли неорганической.

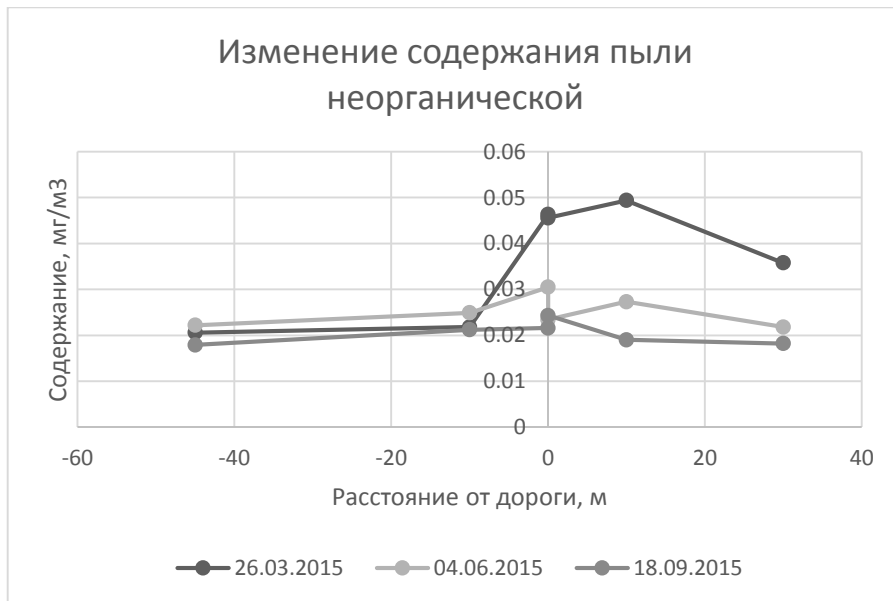


Рис. 43. Профиль №2 по просп. Богдана Хмельницкого. Изменение содержания пыли неорганической.

Схожая ситуация наблюдается на рис. 43 с западной стороны, однако с восточной стороны заметно повышенное содержание ингредиента в марте, что можно объяснить воздействием ветра, а также тем, что в данный период года

пыль в значительных количествах накапливается на дорогах и прилегающих к ним территориях.

2.5. Краткие выводы ко второй главе

По результатам обработки данных, полученных в ходе проведения наблюдений за состоянием загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха на ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого, можно сформулировать выводы ко второй главе:

- 1) На преобладающее содержание того или иного загрязняющего вещества с западной или восточной стороны значительное влияние оказывает воздействие ветра.
- 2) Средние уровни содержания загрязняющих веществ на просп. Богдана Хмельницкого выше, чем на ул. Щорса (кроме угарного газа и пыли неорганической), табл. 39.

Таблица 39

Средние значения содержания загрязняющих веществ, мг/м³.

Ингредиент	ул. Щорса	просп. Богдана Хмельницкого
Угарный газ	2.09	1.99
Оксид азота	0.01236	0.01649
Диоксид азота	0.01053	0.01176
Соединения свинца	0.00013	0.00015
Пыль неорганическая	0.0266	0.0253

- 3) Для большинства ингредиентов максимальное накопление в приземном слое атмосферного воздуха происходило в сентябре, так как в дни проведения наблюдений погода характеризовалась высоким давлением (11.09.2015 – 772 мм рт. ст., 18.09.2015 – 766 мм рт. ст.), отсутствием облачности, небольшой скоростью ветра (5 м/с), т.е. создавались неблагоприятные метеорологические условия для рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха.

Исключение представляет оксид азота – наибольшее количество максимальных уровней его содержания приходится на июнь.

- 4) Вклад формальдегида в загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха незначителен, низкий уровень его содержания в воздухе обусловлен скорее всего распадом его молекул под действием солнечного излучения.
- 5) Зафиксированные превышения уровней содержания оксида азота в воздухе над уровнями содержания диоксида азота обусловлены скорее всего распадом молекул последнего под действием солнечного излучения.
- 6) На ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого не были зафиксированы превышения ПДК_{м.р.} в месяцы, когда проводились наблюдения (март, июнь, сентябрь) по всем веществам, содержание которых измерялось в воздухе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В теоретической части данной выпускной квалификационной работы был проведен краткий обзор особенностей автотранспортного загрязнения в городах всего мира, городах Российской Федерации, более детальный – особенностей автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха в Белгородской области и в городе Белгороде. Были рассмотрены вопросы, посвященные способам разрешения проблемы автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха, методам наблюдения за состоянием загрязнения воздуха. На основании проанализированной информации были сделаны главные выводы: автотранспорт является основным загрязнителем атмосферного воздуха в городах (свыше 90% суммарных выбросов на примере города Белгород); удержанию и снижению среднего уровня автотранспортного загрязнения воздуха способствуют совершенствования технологий автомобилестроения и топливной промышленности; экологизация городского транспорта возможна при условии приоритетного развития общественного транспорта и совершенствования дорожно-транспортной инфраструктуры.

В ходе выполнения практической части данной работы был проведен сбор данных, содержащих сведения об уровнях содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха в различные периоды года вдоль главных центральных автотранспортных магистралей города Белгорода – ул. Щорса и просп. Богдана Хмельницкого. Были рассчитаны средние значения в долях ПДК для пунктов наблюдений, расположенных на пешеходных дорожках (основаны на данных табл. 39) – для угарного газа 0.40 ПДК, оксида азота – 0.04 ПДК, диоксида азота – 0.13 ПДК, соединений свинца – 0.14 ПДК, пыли неорганической – 0.09 ПДК. Средние значения в долях ПДК для пунктов наблюдений возле дороги следующие: угарный газ – 0.42 ПДК, оксид азота – 0.08 ПДК, диоксид азота - 0.24 ПДК, соединения свинца - 0.19 ПДК, пыль неорганическая – 0.10 ПДК. Для дворовых территорий: угарный газ – 0.33 ПДК, оксид азота – 0.03 ПДК, диоксид азота - 0.12 ПДК, соединения

свинца – 0.10 ПДК, пыль неорганическая – 0.07 ПДК. Сезонная динамика складывается как для ул. Щорса, так и для просп. Богдана Хмельницкого следующим образом (на основании данных табл. 35, 36): средние значения содержания в воздухе угарного газа и пыли неорганической возрастают к сентябрю, средние значения содержания оксида азота, диоксида азота, соединений свинца максимальны в июне, при этом для всех ингредиентов (кроме оксида азота) большинство максимальных разовых значений приходится на сентябрь.

На основании полученных данных были сделаны следующие выводы: на преобладающее содержание того или иного загрязняющего вещества с западной или восточной стороны значительное влияние оказывает воздействие ветра, средние уровни содержания большинства загрязняющих веществ на просп. Богдана Хмельницкого выше, чем на ул. Щорса (табл. 39), в ходе наблюдений не были зафиксированы превышения ПДК_{м.р} по всем веществам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батракова Г.М., Вайсман Я.И., Рудакова Л.В. Экологический мониторинг: учебно-метод. Пособие. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2007. – 218 с.
2. Бондаренко Е.В., Дворников Г.П. Дорожно-транспортная экология: учебное пособие / под ред. А.А. Цыцурь. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.
3. Боровлев А.Э., Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Развитие системы управления качеством атмосферного воздуха для города Белгорода // Фундаментальные исследования. – 2013. – №6. – С. 922-929.
4. В каком экологическом положении находится Белгород? [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/belgorod.html> (дата обращения: 08.12.2015).
5. Главные загрязнители атмосферы [Электронный ресурс]. – URL: <http://globalproblems.narod.ru/atmosverapart7.html#14> (дата обращения: 09.11.2015).
6. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест – Взамен ГН 2.1.6.695-98; введ. 25.06.03. – М.: Изд-во стандартов, 2003.
7. Гордеев Л.Ю., Корнилов А.Г., Полетаев А.О. О влиянии автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха в горнопромышленных и селитебных районах региона КМА // Научные ведомости БелГУ. – 2015. – № 9 (206). – С. 168-175.
8. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов – Взамен ГОСТ 17.2.3.01-77; введ. 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 2 с.
9. Дневник погоды в Белгороде за Июнь 2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/5039/2015/6/> (дата обращения: 01.12.2015).

10. Дневник погоды в Белгороде за Март 2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/5039/2015/3/> (дата обращения: 01.12.2015).
11. Дневник погоды в Белгороде за Сентябрь 2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/5039/2015/9/> (дата обращения: 01.12.2015).
12. Изучение автотранспортного загрязнения атмосферы крупнейших городов Белгородской области / Л.Ю. Гордеев, А.О. Полетаев, С.Ю. Рютин, А.Г. Корнилов // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике: материалы III Междунар. науч. конф. молодых ученых (г. Белгород, 6-10 апреля 2015 г.). – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 28-31.
13. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю. Мониторинг автотранспортного загрязнения воздушного бассейна города Белгорода в переходные периоды года // Экологические системы и приборы. – 2012. – №1. – С. 46-50.
14. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю., Полетаев А.О. Загрязнение атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками на территории Белгородской области и в г. Белгороде // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Белгород, 12-16 октября 2015 г.). – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 235-241.
15. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aboutecology.ru/1/114.htm> (дата обращения: 09.11.2015).
16. Ньюман П., Кенурти Дж. Экологизация городского транспорта // Россия в окружающем мире: 2007 (Аналитический ежегодник). – М.: Издательство МНЭПУ, 2007. – С. 147-182.
17. Областной доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Белгородской области в 2010 году / под ред. Поляковой А.Д. – Белгород, 2011. – 194 с.

18. Областной доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Белгородской области в 2011 году / под ред. Поляковой А.Д. – Белгород, 2012. – 193 с.
19. Организация и безопасность движения: учебное пособие / Н.В. Пеньшин, В.В. Пудовкин, А.Н. Колдашов, А.В. Яценко. – Тамбов: Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2006. – 96 с.
20. Павлова Е.И. Экология транспорта: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.
21. Росгидромет. ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» / Ежегодник загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013 год. – СПб.: ФГБУ «ГГО» Росгидромета, 2014. – 275 с.
22. Степанова И.В., Шлычков А.П. Влияние комплекса метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха города // Казанский медицинский журнал. – 2004. – т.85. – № 5. – С. 380.
23. Экология города: учебник / под ред. Ф.В. Стольберга – К.: Либра, 2000. – 464 с.