



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

Мониторинг состояния атмосферного воздуха города Челябинск

**Выпускная квалификационная работа по направлению
05.03.03 Экология и природопользование**

Направленность программы бакалавриата

«Природопользование»

Форма обучения очная

Проверка на объём заимствований:

64 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

« 08 » 06 2020 г.

Зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ
(название кафедры)

Су Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Евсюкова Валерия Викторовна

Научный руководитель:

доктор биол. наук, профессор

Назаренко Назар Николаевич

Челябинск
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКЕ	5
1.1 Система государственного мониторинга загрязнения атмосферы в г. Челябинске	7
1.2 Ведущие загрязнители атмосферы г. Челябинска – краткая характеристика	11
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	22
2.1 Организация мониторинга атмосферы в г. Челябинске.....	22
2.2 Оценка выбросов в атмосферу автомобильным транспортом .	24
2.3 Методы пространственной интерполяции и картографирования в мониторинге загрязнения атмосферы	26
ГЛАВА 3. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК	28
3.1 Оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска по данным мониторинговых стационарных постов.....	28
3.2 Оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска автомобильным транспортом	40
3.3 Сравнительная оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска автотранспортом и данных постов наблюдений.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А Годовая динамика концентрации по данным Челябинского ЦГМС.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Десятилетняя динамика концентрации по данным Челябинского ЦГМС.....	59

ПРИЛОЖЕНИЕ В Расположение стационарных постов наблюдения Росгидромета по Челябинску	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Интерполяция по данным Росгидромета за 2018-2019 годы.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Данные Министерства экологии о среднемесячных концентрациях в долях ПДК.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Е График динамики количества загрязняющих веществ в период с 2005 г. по 2015 г.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Годовая динамика загрязнения от автотранспорта	73
ПРИЛОЖЕНИЕ З Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом по ГОСТ 2014 г. и 2019 г.	77

ВВЕДЕНИЕ

Каждый гражданин России имеет право на благоприятную окружающую среду и на достоверную информацию о ее состоянии, ст. 42, Конституция РФ [11]. Это право обеспечивается нормированием качества ОС – экологическим нормированием.

Одним из ключевых факторов, от которого зависит экологическая безопасность населения, является контроль над состоянием атмосферного воздуха.

Экологический мониторинг – это долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния природной среды. Экологический мониторинг является комплексным мониторингом биосферы и заключается в контроле изменений состояния окружающей среды под влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

Одной из составных частей мониторинга состояния окружающей среды является мониторинг атмосферного воздуха. Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения [27].

Актуальность работы связана с тем, что все природоохранные мероприятия имеют своей целью не только контроль над состоянием окружающей среды, но и выявление следов загрязнения. Одновременно с этим производится поиск путей для устранения последствий загрязнений, а также его минимизации. Для этого проводятся различные исследования, в том числе с использованием лабораторного оборудования.

Актуальность мониторинга окружающей среды заключается в том, что удастся своевременно выявлять основные проблемы, связанные с нарушением экологического баланса.

Объект – ведущие загрязнители атмосферы г. Челябинска.

Предмет – показатели загрязнения атмосферы г. Челябинска.

Цель – дать оценку загрязнения атмосферы г. Челябинска по данным стационарных постов и от передвижных источников загрязнения.

Задачи:

1. Изучить систему мониторинга загрязнения атмосферного воздуха г. Челябинска.

2. Определить основные загрязнители и дать оценку загрязнения атмосферы г. Челябинска по данным стационарных постов наблюдений.

3. Дать оценку загрязнения г. Челябинска выбросами автомобильного транспорта.

4. Дать сравнительную оценку загрязнения атмосферы г. Челябинска от разных источников загрязнения.

Структура выпускной квалификационной работы была определена целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемой литературы и приложения.

ГЛАВА 1. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКЕ

Этимологически слово «загрязнение» означает осквернять, пачкать, марать, портить. Существует определение, которое опубликовано в 1965 году в докладе официальной комиссии Белого дома США: «Загрязнение есть неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняет распределение приходящей энергии, уровня радиации, физико-химические свойства окружающей среды и условия существования живых существ. Эти изменения могут влиять на человека прямо или через сельскохозяйственные ресурсы, через воду или другие биологические продукты (вещества). Они также могут воздействовать на человека, ухудшая физические свойства предметов, находящихся в его собственности, условия отдыха на природе и обезображивая ее сому» [7, с. 214].

Все проблемы загрязнения сводятся к тому, что человек в процессе деятельности создает отходы, которые он не уничтожает и не умеет пустить в круговорот. Получение энергии в настоящее время – основная причина загрязнения среды. Нефть и природный газ используются во всех сферах человеческой деятельности. Ископаемые углеводороды стоят в первом ряду источников загрязнения, поскольку при их сгорании образуется большое количество отходов [19, с. 56].

Дать классификацию загрязнений – дело не легкое, так как существуют многочисленные критерии, по которым ее можно осуществить, но не одна такая классификация не будет вполне удовлетворительной.

Загрязняющие вещества можно сгруппировать по их природе – физической, химической, биологической и так далее. Можно рассматривать с медицинской точки зрения и изучать среду обитания или

способ поражения человеческого организма – через пищу, при кожных контактах, при дыхании [12, с. 155].

На деле ни один из этих подходов не обеспечивает достаточно удовлетворительного результата, так как воздействие одного и того же вещества могут быть качественно различными. Ртуть, например, оказавшаяся в почве, затем попадает в атмосферу и воду, вместе с пищей она проникает в организм, при дыхании – в легкие и так далее.

Классификация основных типов загрязнений.

Химическое. К химическим загрязнениям относятся газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в окружающую среду и вступающие во взаимодействие с компонентами окружающей среды. Химическое загрязнение может быть вызвано внесением каких-либо новых химических соединений или повышением концентрации присутствующего в природной среде химического вещества. Многие из химических веществ активны и могут взаимодействовать с молекулами веществ, входящих в состав живого организма, или активно окисляться на воздухе [16].

Физическое загрязнение может быть тепловым (вследствие повышения температуры из-за потерь тепла в промышленности, в жилых домах и так далее), шумовым (из-за превышения интенсивности шума вследствие работы предприятий, движения транспорта и др.), электромагнитным (из-за действия телевидения, бытовых электрических приборов, линий электропередачи), радиоактивным (из-за превышения естественного уровня содержания радиоактивных веществ).

Биологическое загрязнение происходит при поступлении в окружающую среду (далее – ОС) биологических отходов или в результате быстрого размножения микроорганизмов. К биологическим загрязнениям относятся также виды организмов, появившиеся при участии человека и наносящие вред ему самому или живой природе.

К эстетическим загрязнениям относят вред, вызванный нарушением пейзажей и природных ландшафтов урбанизацией, строительством индустриальных центров на территории природных заповедников, в мало застроенных человеком биотопах.

К механическим загрязнениям относят нейтральные вещества, не вступающие в обычных условиях в химическую реакцию с элементами биосферы [3, с. 243-245].

1.1 Система государственного мониторинга загрязнения атмосферы в г. Челябинске

Гидрометеорологической деятельностью является процесс производства, сбора, обработки, анализа, хранения и использования на договорных началах или других законных основаниях информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении, а также связанные с ним иные работы и услуги информационного характера [27].

Гидрометеорологическая деятельность включает комплексную систему государственных наблюдений и государственного контроля для получения информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении и обеспечения этой информацией заинтересованных юридических и физических лиц.

Гидрометеорологическая деятельность должна осуществляться при соблюдении следующих принципов:

- глобальности, комплексности, системности и непрерывности наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением;

- единства научно обоснованных технологий производства наблюдений, сбора, обработки, анализа, хранения и использования информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении на территории государства;

– координации и интеграции деятельности национальной гидрометеорологической системы с деятельностью международной гидрометеорологической сети и мониторинговых систем;

– доступности, достоверности, необходимой достаточности и эффективности использования информации о фактическом и ожидаемом состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении [26, с. 79].

Объектами гидрометеорологической деятельности являются: отдельные регионы и экосистемы, климат, изменения окружающей среды в результате воздействия различных факторов, метеорологические и гидрологические условия.

Результаты гидрометеорологической деятельности могут использоваться в любых сферах и отраслях государством, осуществляющим странами и международными организациями.

Гидрометеорологическая деятельность осуществляется в формах наблюдений и контроля состояния окружающей природной среды и ее загрязнением.

Видами контроля и наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением являются:

- приземные метеорологические;
- гидрологические;
- актинометрические и теплобалансовые;
- аэрологические;
- морские гидрометеорологические;
- агрометеорологические;
- за уровнем загрязнения атмосферы, вод, почв, земель, снежного покрова и растительного мира;
- метеорологические радиолокационные;
- за атмосферным электричеством;
- озонметрические;
- радиометрические;

- геомагнитные;
- мониторинг фоновое состояние окружающей природной среды.

Гидрометеорологическая деятельность в указанных формах и видах может осуществляться и по отношению к другим элементам окружающей природной среды, а также в особых условиях и в оборонных целях [18].

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в Челябинске проводятся на 8 стационарных постах, расположенных в различных районах города:

- пост № 16 – ул. Новороссийская, Ленинский район;
- пост № 17 – ул. Румянцева, Metallургический район;
- пост № 18 – ул. Захаренко, Курчатовский район;
- пост № 20 – пересечение ул. Горького и ул. 5-го Декабря, Калининский район;
- пост № 22 – ул. Трудовая, Metallургический район;
- пост № 23 – пересечение пр. Победы и Свердловского пр., Курчатовский район;
- пост № 27 – ул. Российская, Калининский район;
- пост № 28 – ул. Витебская, Центральный район [16].

На официальном сайте Министерства Экологии Челябинской области приведены данные наблюдений за 2015–2016 годы.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносили: бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота. Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена превысила предельно допустимый уровень в целом по городу в 2,3 раза, что ниже, чем в 2015 году – три Предельно Допустимые Концентрации среднесуточные (далее – ПДКсс) – в 1,3 раза. Среднегодовая концентрация формальдегида в 2016 году, по сравнению с 2015 годом, снизилась в 1,3 раза и составила 0,9 ПДК среднесуточное (ПДКсс) Среднегодовая концентрация диоксида азота в 2016 году составила 1 ПДКсс, тогда как в 2015 году этот показатель фиксировался на уровне 0,7 ПДКсс, то есть также наблюдалось снижение в 1,4 раза. По остальным исследуемым

загрязняющим веществам средние за год концентрации не превышали нормативные значения, как в 2016 г., так и в 2015 г.

Максимальное загрязнение атмосферного воздуха бенз(а)пиреном отмечалось в районе ул. Трудовой (пост № 22, январь) и составило величину 8,3 ПДКсс, что ниже аналогичного параметра за 2015 год (13,1 ПДКсс) в 1,6 раз.

Среднегодовые концентрации формальдегида превышали предельно допустимое значение в 1,2 раза в Metallургическом районе (ул. Трудовая) и в Калининском районе по ул. Российской.

Максимальные из среднесуточных концентрации тяжелых металлов, превысившие нормативные значения, достигали: свинца – 1,3 ПДКсс, район пр. Победы, пост наблюдения за загрязнением (далее ПНЗ) № 23, июнь. Это выше, чем аналогичный показатель в 2015 году в 1,2 раза, марганца – 1,5 ПДКсс (район ул. Российской, ПНЗ-27, апрель).

Максимальные из разовых концентрации, превышающие нормативные значения, достигали:

– взвешенных веществ – 2,2 ПДК максимально разовая (далее ПДКмр) (ул. Румянцева, ПНЗ-17, апрель), для сравнения в 2015 году – 1,8 ПДКмр (повышение в 1,2 раза);

– оксида углерода – 10,4 ПДКмр (ул. Трудовая, ПНЗ-22, март), для сравнения в 2015 году - 2,6 ПДКмр (повышение в 4 раза);

– сероводорода – 5,6 ПДКмр (ул. Трудовая, ПНЗ-22, март), для сравнения в 2015 году 7,1 ПДКмр (снижение в 1,3 раза);

– фторида водорода – 2,3 ПДКмр (ул. Румянцева, ПНЗ-17, ноябрь), для сравнения в 2015 году - 1,8 ПДКмр (повышение в 1,3 раза);

– диоксида азота – 1,3 ПДКмр (ул. Новороссийская, ПНЗ-16, ноябрь), для сравнения в 2015 году – 1,7 ПДКмр (снижение в 1,3 раза);

– фенола – 4,9 ПДКмр (ул. Горького, ПНЗ-20, июль), для сравнения в 2015 году – 2,6 ПДКмр (повышение в 1,9 раза);

– формальдегида – 1,5ПДК_{мр} (ул. Горького, ПНЗ-20, ноябрь), для сравнения в 2015 году – 1,5ПДК_{мр} (на одном уровне);

– оксид азота – 2,2ПДК_{мр} (ул. Румянцева, ПНЗ-17, октябрь), в 2015 году разовые концентрации не превышали нормативного значения (увеличение) [13].

Таким образом, в 2016 году максимальные из разовых концентраций возросли по взвешенным веществам, фенолу, оксиду углерода, фториду водорода, оксиду азота. По остальным измеряемым загрязняющим веществам максимальные разовые концентрации наблюдались, либо на уровне, либо ниже 2015 года.

По результатам мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Челябинске в 2016 году уровень загрязнения атмосферного воздуха по городу в целом по Индексу загрязнения атмосферного воздуха оценивается как «высокий».

1.2 Ведущие загрязнители атмосферы г. Челябинска – краткая характеристика

Источники загрязнения атмосферы делятся на два вида:

1) природные (пылевые бури, лесные пожары, извержение вулкана и др.);

2) антропогенные. Подсчитано, что ежегодно в атмосферу выбрасывается 1 км³ пылевых частиц искусственного происхождения.

В свою очередь антропогенные источники загрязнения подразделяются на стационарные и передвижные.

В РФ в 2014 г. было выброшено в атмосферу 32,3 млн. т загрязняющих веществ, в т.ч. от стационарных источников 61 % (19,6 млн.т). Из общего количества выбросов 7 % приходится на твердые частицы и 93 % – на газы (из них 36 % угарный газ и 34 % диоксид серы) [25].

Основные источники загрязнения.

1. Сжигание горючих природных ископаемых при выработке энергии. На данный момент эта проблема решена хуже других, так как большая часть электрической энергии вырабатывается на тепловых электростанциях, путём сжигания минерального топлива (угля), следовательно, чем больше вырабатывается энергии, тем больше выбрасывается в атмосферу загрязнителей.

Основные источники пыли:

- сжигание каменного угля на ТЭС – 53 %;
- выплавка черных металлов – 14 %;
- выплавка меди – 3 %;
- производство цемента – 3 %.

2. Производственная деятельность.

3. Газовые выбросы промышленных предприятий (угарный газ, оксиды азота, углекислый газ) [14].

Челябинск – крупный промышленный центр. В городе развиты предприятия металлургии и машиностроения, совокупный удельный вес которых в общем объеме промышленного производства составляет более 60 %. Челябинск – один из крупнейших производителей металла в России, на предприятиях города изготавливается 43 % отечественных ферросплавов. Также хорошо развиты отрасли приборостроения, легкой и пищевой промышленности [24].

Развитие автомобильного транспорта предопределило две четко выраженные и противоречивые тенденции. С одной стороны, достигнутый уровень автомобилизации, отражая технико-экономический потенциал развития общества, способствовал удовлетворению социальных потребностей населения, а с другой – обусловил увеличение масштаба негативного воздействия на общество и окружающую среду, приводя к нарушению экологического равновесия на уровне биосферных процессов. При анализе процессов загрязнения атмосферы городов весьма

существенно различие между загрязнениями, производимыми стационарными и мобильными источниками.

Как правило, с увеличением размера города доля мобильных источников загрязнения (в основном автотранспорта) в общем загрязнении атмосферы возрастает, достигая 60-70 %. В отличие от стационарных источников загрязнение воздушного бассейна автотранспортом происходит на небольшой высоте и практически всегда имеет локальный характер. Так, концентрации загрязнений, производимых автомобильным транспортом, быстро уменьшаются по мере отдаления от транспортной магистрали, а при наличии достаточно высоких преград (например, в закрытых дворах домов) могут снижаться более чем в 12 раз [15].

В последние годы наблюдается значительное увеличение выбросов вредных веществ от автотранспорта за счет увеличения его количества, что способствует увеличению содержания в атмосферном воздухе частиц сажи, пыли, оксида углерода, оксидов азота, диоксида серы, свинца. В городе Челябинске количество выбросов автотранспорта преобладает над суммарными выбросами предприятий. Обстановка усугубляется тем, что автомобильные выхлопы осуществляются в приземный слой атмосферы, где рассеивание вредных веществ происходит в более затрудненном варианте в сравнении с рассеиванием выбросов промышленных предприятий [4, с. 96].

Исследования состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания показывают, что в них содержится несколько десятков веществ, загрязняющих окружающую среду, основные из которых: оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, бенз(а)пирен, альдегиды, сажа. Наибольшей токсичностью обладают выхлопы карбюраторных двигателей за счет большого выброса оксида углерода, оксидов азота, углеводородов. Дизельные двигатели выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, обладая высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности частицы

токсичных веществ, в том числе канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсических веществ на человека.

Практика показала, что проблема уменьшения выбросов токсичных веществ двигателями автомобилей носит комплексный характер. Здесь многое зависит от технического состояния современных транспортных средств, создания системы контроля токсичности выбрасываемых газов, внедрения оптимальных режимов движения [21].

Получение информации о выбросах от автотранспорта в атмосферный воздух (инвентаризация выбросов) осуществляется тремя путями:

- сертификационным и эксплуатационным приборным контролем над выбросами транспортных средств;
- приборными измерениями параметров, характеризующих качество воздуха вблизи объектов транспортной инфраструктуры;
- расчетной инвентаризацией выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (для городов и городских регионов, отдельных магистралей и транспортных объектов).

Как показывает анализ, для решения задач, связанных с моделированием загрязнения атмосферы и оценкой экологического риска здоровью населения, наиболее перспективным является использование методов расчетной инвентаризации выбросов.

Челябинская область на 8 месте в РФ по выбросам автотранспорта – 0,42 млн. т/год. В среднем 1 автомобиль при 15 тыс. км пробега в год и хорошо отрегулированном двигателе выбрасывает в атмосферу: 750 кг угарного газа; 40 кг оксида азота (IV); 230 кг углеводородов. Структура выбросов автомобильного транспорта: 73,6 % угарного газа; 11,3 % углеводородов; 13,5 % оксида азота (IV) [8].

Бенз(а)пирен относится к классу полициклических ароматических углеводородов – ПАУ. Это группа органических соединений, в

химической структуре которых присутствуют бензольные кольца – группы от трех колец и больше. Химическое определение бенз(а)пирена: органическое вещество, содержащее углерод, входящее в группу полициклических углеводородов, с молярной массой 252,31 г/моль.

В миграции и накоплении бенз(а)пирена играет роль и такой его источник, как автомобильный транспорт. С одной стороны, передвигаясь на большие расстояния, автомобили способствуют равномерному разносу бенз(а)пирена. С другой стороны, осевший бенз(а)пирен в больших количествах скапливается вдоль автомобильных дорог и на объектах рядом с ними (так называемые «вторичные источники») [1, с. 191].

В Челябинске бенз(а)пирен – один из самых опасных канцерогенных углеводородов. Он поступает в атмосферу в основном с продуктами сгорания топлива. Формальдегид, в основном является вторичной примесью, образованной в процессе реакции углеводородов в атмосфере. В ряде случаев его образованию способствует наличие в атмосфере высоких концентраций оксида азота. Поэтому высокие концентрации формальдегида не обязательно связаны с выбросами этого вещества, но могут создаваться вследствие общего очень высокого загрязнения атмосферного воздуха города [8].

Одним из сильнейших по действию и наиболее распространенным химическим загрязнением является загрязнение тяжелыми металлами. К тяжелым металлам относятся более 40 химических элементов периодической системы Менделеева Д.И., масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц.

Часть техногенных выбросов тяжелых металлов, поступающих в атмосферу в виде аэрозолей, переносится на значительное расстояние и вызывает глобальное загрязнение. Другая часть с гидрoхимическим стоком попадает в бессточные водоемы, где накапливается в водах и донных отложениях и может стать источником вторичного загрязнения. Соединения тяжелых металлов сравнительно быстро распространяются по

объемам водного объекта. Частично они выпадают в осадок в виде карбонатов, сульфатов, частично адсорбируются на минеральных и органических осадках. В результате содержание тяжелых металлов в отложениях постоянно растет, и когда абсорбционная способность осадков исчерпывается, и тяжелые металлы поступают в воду, возникает особо напряженная ситуация. Этому способствует повышение кислотности воды, сильное зарастание водоемов, интенсификация выделения углекислого газа в результате деятельности микроорганизмов. Значительное загрязнение тяжелыми металлами, особенно свинцом, а также цинком и кадмием обнаружено вблизи автострад. Ширина придорожных аномалий свинца в почве достигает 120 м и более [7, с. 462].

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.) – один из основных источников выбросов в Челябинской области. Это связано с обилием производств черной металлургии. Эти вещества встречаются в воде и почве. В самом Челябинске на большей территории города зафиксировано 15-25 кратное превышение ПДК в почве по цинку, в центре города зафиксировано 78-кратное превышение ПДК по свинцу.

В Челябинске взвешенные вещества составляют 20 % от общего загрязнения. Тяжелые металлы накапливаются в органах и костях человека, приводят к разрушению костей, работы нервной системы, нарушают обмен веществ [8].

Оксид углерода – бесцветный газ, не имеющий запаха, немного легче воздуха, плохо растворим в воде, имеет температуру кипения: $-191,5^{\circ}\text{C}$. На воздухе загорается при температуре 700°C и сгорает синим пламенем до диоксида углерода (CO_2).

Монооксид углерода входит в состав атмосферы (12 %). В атмосферу оксид углерода попадает в составе вулканических и болотных газов, в результате лесных и степных пожаров, выделения микроорганизмами, растениями, животными и человеком. Из поверхностных слоев океанов в год выделяется 220×126 тонн оксида углерода в результате

фоторазложения красных, сине-зеленых и др. водорослей, продуктов жизнедеятельности планктона. Естественный уровень содержания оксида углерода в атмосферном воздухе – 0,01-0,9 мг/м³ [1, с. 199].

Угарный газ попадает в атмосферу от промышленных предприятий, в первую очередь металлургии. В металлургических процессах при выплавке 1 млн. тонн стали образуется 320-400 тонн оксида углерода. Большое количество оксида углерода образуется в нефтяной промышленности и на химических предприятиях (крекинг нефти, производство формалина, углеводородов, аммиака и др.). Еще одним немаловажным источником оксида углерода является табачный дым. Высока концентрация оксида углерода в угольных шахтах, на углеподающих трассах. Оксид углерода образуется при неполном сгорании топлива в печах и двигателях внутреннего сгорания. Важным источником оксида углерода является автомобильный транспорт.

В результате деятельности человека в атмосферу ежегодно поступает 350-600×126 тонн угарного газа. Около 56-62 % этого количества приходится на долю автотранспорта (содержание оксида углерода в выхлопных газах может достигать величины 14 %) [2, с. 183].

При обычных условиях монооксид углерода инертен. Он химически не взаимодействует с водой. Растворимость оксида углерода в воде около 1:40 по объему. В растворе он способен восстанавливать соли золота и платины до свободных металлов уже при обычной температуре. Не реагирует оксид углерода также с щелочами и кислотами. Взаимодействует с едкими щелочами только при повышенных температурах и высоких давлениях.

Убыль оксида углерода в окружающей среде происходит за счет его разложения почвенными грибами. Кроме того, при избытке кислорода в почвах тяжелого механического состава, богатых органическими веществами, имеет место переход CO в CO₂.

Загрязнение атмосферы оксидами азота в целом сравнительно невелико. Однако в районах с развитой химической промышленностью, в частности в окрестностях заводов по производству азотной кислоты, имеются локальные зоны повышенного содержания NO , NO_2 в воздухе.

Оксид углерода чрезвычайно ядовит. Допустимое содержание CO в производственных помещениях составляет 20 мг/м^3 в течение рабочего дня, 50 мг/м^3 в течение 1 часа, 120 мг/м^3 в течение 30 минут, в атмосферном воздухе города максимальная разовая (за 20 мин) – 5 мг/м^3 , среднесуточная ПДК – 3 мг/м^3 . Естественный уровень содержания оксида углерода в атмосферном воздухе – $0,01\text{-}0,9 \text{ мг/м}^3$ [17].

CO вдыхается вместе с воздухом и поступает в кровь, где конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина. Оксид углерода, имея двойную химическую связь, соединяется с гемоглобином более прочно, чем молекула кислорода. Чем больше CO содержится в воздухе, тем больше молекул гемоглобина связывается с ним и тем меньше кислорода достигает клеток организма. Нарушается способность крови доставлять кислород к тканям, вызываются спазмы сосудов, снижается иммунологическая активность человека, сопровождающиеся головной болью, потерей сознания и смертью. По этим причинам CO в повышенных концентрациях представляет собой смертельный яд.

Чрезвычайная ядовитость CO , отсутствие у него цвета и запаха, а также очень слабое поглощение его активированным углем обычного противогаса делают этот газ особенно опасным. Класс опасности вещества – 4 [23].

Угарный газ составляет до 22 % от общих вредных веществ в атмосфере Челябинской области. Его источником являются автомобили, двигатели на промышленных предприятиях и так далее. Вызывает головную боль, головокружение, при больших концентрациях в замкнутом пространстве может привести к гибели, так как не имеет запаха, заменяет кислород и приводит к удушью.

Основными антропогенными источниками поступления оксидов азота в атмосферу являются сжигание всех видов природного топлива (12 млн. т/год), транспорт (8 млн. т/год) и промышленность (1 млн. т/год).

Оксиды азота – распространенные загрязнители атмосферы в регионах с предприятиями по переработке углеводородов или тяжелой металлургией. Оксид азота выделяется во время сжигания газа, нефти и угля. Визуально в теплое время года выглядит как рыжеватый дым. Влияет на легкие и бронхи, раздражает нос и глаза, поражает альвеолы. Составляют до 6 % всех вредных веществ. Диоксид азота – до 20 %.

Диоксид азота входит в группу веществ, вносящих основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха города Челябинска. Высокое среднегодовое загрязнение отмечалось в основном на постах, находящихся под влиянием крупных автомагистралей и крупных предприятий [2, с. 92].

Еще один газ, выделяющийся при горении угля, нефтепродуктов и газа. Имеет запах горящей спички. Может образовывать серную кислоту при соединении с водой, тем самым приводя к «кислотным дождям». Вокруг предприятий, которые выделяют диоксид серы, можно обнаружить некротические следы на растениях – это места взаимодействия с кислотой. В нормальных условиях диоксид серы – бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички). Растворимость газа в воде – достаточно велика.

Диоксид серы – реакционноспособен, из-за химических превращений время его жизни в атмосфере – невелико (порядка нескольких часов). В связи с этим возможности загрязнения и опасность воздействия непосредственно диоксида серы носят локальный, а в отдельных случаях – региональный характер.

Диоксид серы антропогенного происхождения образуется при сгорании угля и нефти, в металлургических производствах, при переработке содержащих серу руд (сульфиды), при различных химических технологических процессах. Большая часть антропогенных выбросов

диоксида серы (около 87 %) связана с энергетикой и металлургической промышленностью. Общее количество антропогенного диоксида серы, выбрасываемое за год, превышает его естественное образование в 20-30 раз.

Особенно много сернистого газа образуется при сгорании каменного угля. Сернистый ангидрид токсичен. Во влажном воздухе сернистый ангидрид присоединяет воду с образованием сернистой кислоты. Из сернистой кислоты образуется серная кислота. Серная кислота воздействует на слизистые оболочки дыхательной системы, ЖКТ, разрушает их, что способствует возникновению инфекционных заболеваний. Кроме того большое количество сернистого газа в воздухе может приводить к нарушению окислительно-восстановительных процессов, ферментативной активности, нарушению высшей нервной деятельности и др. Сернистый газ губительно действует на зеленые растения.

Кроме выбросов, обеспечивающих образование кислотных дождей, есть также выбросы, способствующие образованию и щелочных дождей. Кислотные дожди являются одной из наиболее тяжелых форм загрязнения окружающей среды.

Они наносят большой урон лесам, снижают урожайность сельскохозяйственных культур, разрушают металлические, мраморные и бетонные конструкции, разрушают памятники, колокольни церквей, покрытия, радиотехнический изделия и пр.

Кислотные дожди способствуют возникновению смога, коррозии металлов.

От кислотных дождей погибают лесные массивы в результате того, что у деревьев, попавших под кислотный дождь, развивается хлороз, обесцвечиваются и опадают листья и хвоя, отмирают ветки, наступает полное усыхание деревьев.

Вредное влияние кислотных дождей на здоровье человека включает как непосредственное действие, так и опосредованное в результате подкисления поверхностных и подземных вод, что приводит к коррозии водопроводных сооружений и вымыванию в питьевую воду токсических тяжелых металлов и асбеста [10].

Загрязнение атмосферы диоксидом серы вызывает у людей поражение системы органов дыхания, увеличение числа аллергических реакций (в том числе и астмы), токсические отравления, кожные и легочные заболевания, нарушение течения беременности, увеличение смертных исходов при различных основных заболеваниях.

В Челябинской области до 17 % от общего загрязнения атмосферы составляет диоксид серы. При попадании в организм приводит к кашлю, сухости и горькому привкусу. При высокой концентрации – удушье и отек легких [26, с. 82].

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация мониторинга атмосферы в г. Челябинске

Государственный мониторинг атмосферного воздуха является составной частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и осуществляется федеральными органами исполнительной власти в области охраны окружающей среды, другими органами исполнительной власти в пределах своей компетенции в порядке, установленном уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения [22, с. 57].

Служба наблюдений и контроля состояния атмосферного воздуха, состоит из двух частей, или систем: наблюдений (мониторинга) и контроля. Первая система обеспечивает наблюдение за качеством атмосферного воздуха в городах, населенных пунктах и территориях, расположенных вне зоны влияния конкретных источников загрязнения. Вторая система обеспечивает контроль источников загрязнения и регулирование выбросов вредных веществ в атмосферу.

Стационарный пост наблюдений представляет собой специально оборудованный павильон, в котором размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров по установленной программе.

Из числа стационарных постов необходимо выделить опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных или наиболее распространенных загрязняющих веществ. При этом заранее определяется

круг задач, к которым относятся оценка среднемесячной, сезонной, годовой и максимальной разовой концентраций, вероятности возникновения концентраций, превышающих ПДК, и др.

Стационарный пост размещается в местах, выбранных с учетом обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками, а также с учетом изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений и расчетов полей максимальных концентраций примесей. При этом следует учитывать повторяемость направления ветра над территорией города. В определенных направлениях выбросы от многочисленных предприятий могут создавать общий факел, соизмеримый с факелом крупного источника. Если повторяемость таких направлений ветра велика, то зона наибольшего среднего уровня загрязнения будет формироваться на расстоянии 2-4 км от основной группы предприятий, причем иногда она может располагаться и на окраине города. Для характеристики распределения концентрации примеси по городу посты необходимо устанавливать в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха.

Пост должен находиться вне аэродинамической тени зданий и зоны зеленых насаждений, его территория должна хорошо проветриваться, не подвергаться влиянию близкорасположенных низких источников загрязнения (стоянок автомашин, мелких предприятий с низкими выбросами и т.п.). Количество стационарных постов в каком-либо городе (населенном пункте) определяется численностью населения, рельефом местности, особенностями промышленности, функциональной структурой (жилая, промышленная, зеленая зона и так далее), пространственной и временной изменчивостью полей концентраций вредных веществ.

Для населенных пунктов со сложным рельефом и большим числом источников загрязнения рекомендуется устанавливать один пост через каждые пять – десять километров.

С целью получения информации о загрязнении воздуха с учетом особенностей города рекомендуется ставить посты наблюдений в разных функциональных зонах (жилой, промышленной и др.). В городах с большой интенсивностью движения автотранспорта посты должны устанавливаться также вблизи автомагистралей.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха и метеорологическими параметрами на стационарных постах должны проводиться круглогодично, во все сезоны, независимо от погодных условий [26, с. 21-25].

2.2 Оценка выбросов в атмосферу автомобильным транспортом

Данные для рассматриваемой исследовательской работы были собраны на основании следующей методики: «ГОСТ Р 56162–2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов» [5].

Моделирование произведено при помощи геоинформационной системы (далее ГИС), в программе QGIS, путём интерполирования методом обратного взвешивания (IDW) [20, с. 43].

В следующем разделе мы подробно рассмотрим данный метод и процесс работы.

Первичный сбор данных.

При помощи ГОСТ Р 56162–2014 были произведены расчёты, на основании обработки которых были созданы картографические материалы отображающие концентрации рассматриваемых загрязняющих веществ от

автотранспортных средств в составе атмосферного воздуха урбоэкосистемы [5].

Расчеты выбросов выполнены для следующих загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода (CO); – оксиды азота NO_x (в пересчете на диоксид азота) – для проведения расчетов загрязнения атмосферы в целях учета трансформации оксидов азота в атмосфере осуществляется разделение оксидов азота на диоксид азота (NO_2) и оксид азота (NO); углеводороды (CH); сажа; диоксид серы (SO_2); формальдегид (CH_2O); бенз(а)пирен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$).

Расчёты производились на трёх различных типах автодорог, а именно на перекрёстке с оживлённым движением, на большой дороге, прилегающей к данному перекрёстку, а также на малой дороге с движением низкой интенсивности.

В ходе ранее проделанной работы были выявлены концентрации основных загрязнителей, а так же их влияние на экологическую ситуацию в районе.

Были исследованы три типа дорог. Сбор данных проходил в строго определенное время: утренний период (7:00), дневной период (17:00), вечерний период (20:00). Три дня в неделю были посвящены наблюдению и фиксации данных о количестве автотранспорта: два будних дня (вторник и пятница) и один выходной (воскресенье).

Итоговая оценка ситуации с загрязнением воздушного бассейна выбросами автотранспорта на основе статистических данных о загрязнителях на перекрестке показывает следующие закономерности: в большей степени идет загрязнение следующими веществами: угарным газом, оксидами азота, углеводородами, диоксидом серы. Динамика выбросов характеризуется скачкообразностью.

Сравнивая среднее значение каждого загрязнителя с его ПДК, то для каждого загрязнителя характерно его многократное превышение.

Во время написания данной выпускной квалификационной работы вышел новый ГОСТ для данных измерений. Изменения не коснулись формул вычисления, однако были изменены коэффициенты для каждой группы транспортных средств и каждого загрязнителя. Все данные были пересчитаны, а концентрация всех загрязнителей заметно уменьшилась.

В третьей главе указаны данные с учётом пересчёта на ГОСТ Р 56162–2019, который в данный момент является актуальным [6].

2.3 Методы пространственной интерполяции и картографирования в мониторинге загрязнения атмосферы

На основе полученных данных произведён пространственный анализ, который позволил перевести числовые данные в графическую форму.

Пространственный анализ – это произведение вычислительных операций над геоданными с целью извлечения из них дополнительной информации. Обычно пространственный анализ выполняется в ГИС-приложениях. ГИС-приложения имеют специализированные инструменты пространственного анализа для статистики объектов (например, определяет, из скольких вершин состоит полилиния) или для геообработки (например, интерполяция).

Используемые инструменты зависят от области применения. Использование известных значений той или иной величины в определенных точках для оценки неизвестных значений в неизвестных точках называется пространственной интерполяцией. Результат такой интерполяции часто называют статистической поверхностью [9, с. 173].

Из-за высокой стоимости и ограниченности времени и ресурсов сбор данных обычно производится на ограниченном количестве точек. Интерполяция полученных значений позволяет построить в ГИС,

растровое изображение, значения пикселей которого являются оценочными значениями, полученными на основе данных точек.

Существует целый ряд методов интерполяции. В данной дипломной работе использован метод Обратного Взвешенного Расстояния (Inverse Distance Weighting, IDW).

Метод интерполяции IDW заключается в том, что происходит взвешивание точек таким образом, что влияние известного значения точки затухает с увеличением расстояния до неизвестной точки, значение которой надо определить.

Взвешивание присваивается точкам сбора данных на основе коэффициента взвешивания, который контролирует, как воздействие точки будет уменьшаться с увеличением расстояния до этой точки. Чем выше коэффициент взвешивания, тем меньше будет эффект, оказываемый точкой, если она будет далеко от неизвестной точки, значение которой определяется в ходе интерполяции. По мере возрастания коэффициента значение неизвестной точки будет приближаться к значению ближайшей точки сбора данных.

Важно отметить, что метод интерполяции IDW также имеет некоторые недостатки. Качество результата может снизиться, если распределение точек сбора данных носит неравномерный характер. Кроме этого, максимальные и минимальные значения интерполированной поверхности могут быть зафиксированы только в точках сбора данных. Это часто приводит к небольшим пикам и углублениям вокруг этих точек [20, с. 62].

ГЛАВА 3. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК

3.1 Оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска по данным мониторинговых стационарных постов

Годовая динамика по данным Челябинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (далее – ЦГМС), в 2018-2019 гг.

Оксид углерода.

По данным Челябинского ЦГМС, тенденция распределения оксида углерода в атмосферном воздухе города Челябинск (рисунок А.1, приложение А) имеет следующий вид: максимальные пики концентрации приходятся на декабрь ($1,2 \text{ мг/м}^3$) и июнь ($1,4 \text{ мг/м}^3$); минимум концентрации приходится на ноябрь и составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$. Тенденция графика концентрации оксида углерода имеет неравномерный ход, в течение года возрастание и убывание показателей концентрации неравномерно. За весь годовой период зафиксировано превышение установленной нормы ПДК в $0,3 \text{ мг/м}^3$.

Диоксид азота.

По данным Челябинского ЦГМС курс кривой графика по диоксиду азота в атмосферном воздухе города Челябинск (рисунок А.2, приложение А) имеет следующую конфигурацию распределения: самый высокий показатель концентрации диоксида азота зафиксирован в декабре и составил $0,055 \text{ мг/м}^3$; минимальный показатель приходится на август и имеет значение $0,015 \text{ мг/м}^3$. За рассматриваемый годовой период не зафиксировано превышение норм ПДК в $0,7 \text{ мг/м}^3$.

Взвешенные вещества.

Проводя анализ графика (рисунок А.3, приложение А) по распределению взвешенных веществ в период с сентября 2018 г. по август

2019 г. наблюдается следующая динамика: изменения распределения концентрации взвешенных веществ в воздухе за годовой период незначительны. Максимальный показатель концентрации наблюдается в сентябре – 0,121 мг/м³, минимальный – в июне, 0,063 мг/м³. За исследуемый годовой период превышений норм ПДК не обнаружено.

Диоксид серы.

Исходя из данных Челябинского ЦГМС (рисунок А.4, приложение А) характер загрязнения в рассматриваемый период имеет следующий вид: максимум концентрации приходится на декабрь и составляет 0,008 мг/м³, минимум наблюдается в октябре – 0,0025 мг/м³. В целом направленность распространения поллютанта в атмосферном воздухе города равномерна. За весь годовой период превышение установленных норм ПДК зафиксировано не было.

Формальдегид.

На графике распределения формальдегида в атмосферном воздухе за годовой период (рисунок А.5, приложение А), отчётливо прослеживается, что концентрация формальдегида стабильна весь год, за исключением осеннего периода, а также февраля. Максимальный показатель отмечен в сентябре и составляет 0,013 мг/м³. Пик минимума, 0,0089 мг/м³ выпадает на май 2019 г.

Бенз(а)пирен.

По данным Челябинского ЦГМС, конфигурация графика распределения бенз(а)пирена в атмосфере города (рисунок А.6, приложение А) имеет следующий вид: пики максимума показателей концентрации поллютанта прослеживаются в декабре – 3,8 мг/м³*10⁻⁶, апреле – 3,8 мг/м³*10⁻⁶ и июне – 3,6 мг/м³*10⁻⁶. Минимальный показатель концентрации отмечается в июне и составляет 0,4 мг/м³*10⁻⁶. В целом распределение поллютанта в атмосферном воздухе города имеет неравномерную динамику.

Наивысшие показатели концентрации были зафиксированы в следующие периоды: октябрь 2018 г., с декабря 2018 г. по январь 2019 г., апрель 2019 г., июнь 2019 г. В остальные периоды превышения установленных норм ПДК не установлено.

Десятилетняя тенденция с 2011 г. по 2019 г. по данным Челябинского ЦГМС.

Оксид углерода.

По данным Челябинского ЦГМС в период с 2010 г. по 2019 гг. (рисунок Б.1, приложение Б) прослеживается динамика. С 2010 г. по 2012 г. наблюдается снижение интенсивности загрязнения оксидом углерода. В 2013 г. зафиксирован небольшой рост количественных показателей поллютанта, который составил 1,6 ПДК, далее наблюдается общая тенденция на снижение степени загрязнения до 2018 г. В 2019 г. график вновь идёт по возрастающей. За весь десятилетний период не зафиксировано периодов, в которых нормы ПДК не были превышены.

Диоксид азота.

По данным графика Челябинского ЦГМС динамика распределения диоксида азота в атмосферном воздухе города Челябинск (рисунок Б.2, приложение Б) следующая: с 2010 г. по 2019 г. отмечается относительно стабильное распространение диоксида азота, общая тенденция идёт на спад к 2019 году. Концентрация диоксида азота за рассматриваемый период не выходит за пределы значения $0,1 \text{ мг/м}^3$, что говорит об отсутствии превышения норм ПДК по диоксиду азота, составляющего $0,7 \text{ мг/м}^3$.

Взвешенные вещества.

Проводя анализ графика по распределению взвешенных веществ в период отслеживаемого десятилетия (рисунок Б.3, приложение Б) можно выявить следующие особенности: кривая загрязнения имеет волнообразную форму. Тенденция повышения наблюдается с 2010 г. по 2011 г., снижение показателей загрязнения наблюдается с 2011 г. по 2013 г.

С 2013 г. по 2016 г. так же прослеживается восхождение кривой распределения взвешенных веществ, и далее до 2019 г. наблюдается тенденция снижения показателей поллютанта.

За десятилетний период показатели взвешенных веществ не выходили за рамки значения в $0,2 \text{ мг/м}^3$ и не превышали установленную норму ПДК в $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Диоксид серы.

Исходя из данных Челябинского ЦГМС, характер загрязнения в рассматриваемый период (рисунок Б.4, приложение Б) имеет следующий вид: По данным графика, с 2010 г. по 2014 г. наблюдается общий рост количественных показателей поллютанта. 2014 г. характеризуется самым высоким показателем $0,01 \text{ мг/м}^3$. С 2014 г. по 2019 г. тенденция идёт на снижение концентрации. За весь десятилетний период показатели не выходят за пределы $0,02 \text{ мг/м}^3$ и не превышают установленную норму ПДК в $0,1 \text{ мг/м}^3$.

Формальдегид.

По данным Челябинского ЦГМС, за рассматриваемый десятилетний период (рисунок Б.5, приложение Б), концентрация формальдегида в атмосферном воздухе города Челябинск увеличилась. Пик минимума выпал на начало отслеживаемого периода – 2010 г., и составил $0,0073 \text{ мг/м}^3$. Пик максимума наблюдается в 2018 г. и составляет $0,0114 \text{ мг/м}^3$. За всю десятилетнюю динамику значение показателей поллютанта в атмосферном воздухе прослеживается неравномерность. С 2010 г. к 2019 г. концентрация возросла в 1,5 раза.

Бенз(а)пирен.

Наблюдается следующая динамика распределения бенз(а)пирена в атмосфере города (рисунок Б.6, приложение Б). С 2010 года по 2012 год прослеживается повышение концентрации загрязнителя. В 2013 году показатель несколько уменьшился, однако в 2014 году наблюдается пик максимума концентрации в $5 \text{ мг/м}^3 \cdot 10^{-6}$. С 2014 г. по 2019 г. наблюдается

общая тенденция снижения концентрации загрязнителя. В 2019 году концентрация загрязнителя составила $2 \text{ мг/м}^3 \cdot 10^{-6}$. За весь десятилетний период минимальный показатель приходится на 2019 год. За весь рассматриваемый период наблюдалось превышение норм ПДК, за исключением 2019 года, когда показатель концентрации вошёл в установленный предел.

За десятилетний период превышение установленных норм ПДК в атмосферном воздухе города Челябинск наблюдалось у таких загрязнителей как: оксид углерода и бенз(а)пирен.

Показатели концентрации диоксида азота, диоксида серы, взвешенных веществ и формальдегида не выходили за принятые нормы ПДК.

В Челябинске, как отмечалось выше, функционируют 8 постов стационарного наблюдения за состоянием атмосферного воздуха (рисунок В.1, приложение В) [13].

Мониторинг состояния атмосферного воздуха на стационарных постах в Челябинске в 2018 г.

Оксид углерода.

По данным проведённой интерполяции (рисунок Г.1, приложение Г) высший показатель концентрации оксида углерода присутствовал в двадцать третьем пункте, который расположен в Курчатовском районе. А самый низкий – на восемнадцатом посту, также расположенном в Курчатовском районе города, располагающемся вблизи лесопарковой зоны. В целом по городу зафиксировано превышение установленных норм ПДК ($0,2 \text{ мг/м}^3$) на всех стационарных постах мониторинга.

Диоксид азота.

Наибольшая концентрация диоксида азота (рисунок Г.2, приложение Г) наблюдается на посту семнадцатом, который расположен в Metallургическом районе города Челябинск. Минимальный показатель концентрации наблюдается на посту двадцать втором, который так же

находится в Metallургическом районе, а точнее на границе Каштакского бора. В целом по городу превышение установленных норм ПДК (0,8 мг/м³) не наблюдается.

Взвешенные вещества.

Максимальная концентрация (рисунок Г.3, приложение Г) наблюдается на посту двадцатом в Калининском районе. Минимальные на постах двадцать семь и двадцать восемь, которые находятся в Калининском и Центральном районах соответственно. В целом по городу превышение установленных норм ПДК (0,6 мг/м³) не наблюдается.

Диоксид серы.

Пиковое значение зафиксировано на посту двадцать седьмом и имеет показатель в 0,005 мг/м³ (рисунок Г.4, приложение Г), пост расположен в Калининском районе Челябинска. Минимальные концентрации диоксида серы в 0,003 мг/м³ были установлены на постах 23 и 20. Эти посты расположены в Курчатовском и Калининском районах соответственно. Выхода за нормативные рамки (0,1 мг/м³) в городской среде не зафиксировано.

Формальдегид.

Наивысшее значение содержания формальдегида (рисунок Г.5, приложение Г) отмечается на посту двадцать восемь и составляет 0,0222 мг/м³. Пост находится в Центральном районе города. Минимальные значения – 0,0077 мг/м³ зафиксированы на постах двадцать два и семнадцать в Metallургическом районе и на посту шестнадцать Ленинского района. В целом по городу превышение установленных норм ПДК (1,1 мг/м³) не наблюдается.

Бенз(а)пирен.

Фиксация показателей производилась всего на трёх стационарных постах наблюдения – №20, 22, 27. Минимальный показатель концентрации – 0,9 мг/м³·10⁻⁶ (рисунок Г.6, приложение Г) выявлен на посту №22, который находится в Metallургическом районе Челябинска. Пиковая

концентрация наблюдалась на посту 20, в Калининском районе города. Превышение установленных норм ПДК среднесуточного зафиксировано в Калининском районе и составило $2,7 \text{ мг/м}^3 \cdot 10^{-6}$ на посту 20.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха на стационарных постах в Челябинске в 2019 г.

Оксид углерода.

Самый высокий показатель концентрации оксида углерода (рисунок Г.7, приложение Г) – $1,1 \text{ мг/м}^3$, присущ двадцать третьему пункту, который расположен в Курчатовском районе. Минимальная концентрация зафиксирована на семнадцатом посту в Metallургическом районе города. В общей сложности на территории города Челябинск зафиксировано превышение установленных норм ПДК ($0,3 \text{ мг/м}^3$) на всех стационарных постах мониторинга.

Диоксид азота.

Наивысшая концентрация диоксида азота (рисунок Г.8, приложение Г) – $0,034 \text{ мг/м}^3$ наблюдается на посту двадцать третьем, который расположен в Курчатовском районе города Челябинск. Минимальный показатель ($0,019 \text{ мг/м}^3$) концентрации наблюдается на посту восемнадцатом, который находится в лесопарковой зоне Курчатовского района.

На территории города превышение установленных норм ПДК ($0,7 \text{ мг/м}^3$) не наблюдается.

Взвешенные вещества.

Высокий уровень концентрации (рисунок Г.9, приложение Г) наблюдается на двадцатом посту в Калининском районе ($0,108 \text{ мг/м}^3$) и семнадцатом в Metallургическом районе ($0,098 \text{ мг/м}^3$). Самый низкий уровень концентрации ($0,059 \text{ мг/м}^3$) зарегистрирован постами двадцать семь и двадцать восемь, которые находятся в Калининском и Центральном районах соответственно. В атмосферном воздухе города Челябинск превышений установленных норм ПДК ($0,5 \text{ мг/м}^3$) не наблюдается.

Диоксид серы.

В Центральном районе на двадцать восьмом посту отмечен максимальный уровень концентрации диоксида серы (рисунок Г.10, приложение Г) – 0,006 мг/м³. Минимальный уровень концентрации 0,003 мг/м³ был установлен на постах 23 и 20. Данные посты расположены в Курчатовском и Калининском районах соответственно, а так же на посту двадцать втором, Metallургического района. По Челябинску в общей сложности превышения установленных норм ПДК (0,1 мг/м³) не наблюдается.

Формальдегид.

Пиковые показатели наблюдаются в Центральном районе на посту двадцать восемь, и составляет 0,0174 мг/м³ и посту восемнадцать района Курчатовского и имеет показатель концентрации 0.0168 мг/м³. Минимальные показатели концентрации – 0,0066 мг/м³ зафиксированы на постах двадцать два и семнадцать в Metallургическом районе и на посту шестнадцать Ленинского района. В целом по городу выхода за нормативные рамки (1,03 мг/м³) не установлено (рисунок Г.11, приложение Г).

Бенз(а)пирен.

Фиксация показателей производилась всего на трёх стационарных постах наблюдения – №20, 22, 27.

Скопление бенз(а)пирена (рисунок Г.12, приложение Г) наблюдалась в зоне поста 20 Калининского района, концентрация которого достигает 2,7 мг/м³, что является превышением норм среднесуточных ПДК.

Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Челябинска представлены в виде графиков (приложение Д): значение среднемесячных концентраций загрязняющих веществ по месяцам, в которых Челябинским ЦГМС превышения не зафиксированы, приняты равными 0,5 ПДК.

Оксид углерода.

Исходя из официальных данных министерства экологии в период с мая 2006 г. по май 2017 г. (рисунок Д.1, приложение Д) характер загрязнения оксидом углерода имеет следующий вид: За весь рассматриваемый период превышений не наблюдалось, за исключением пика в октябре 2015 г., где значение доли ПДК составило 2,1. Тенденция распределения оксида углерода за десятилетний период в атмосферном воздухе Челябинска стабильна, однако были зафиксированы отклонения от нормы в зимне-весенний период 2008 г., весенний период 2011 г. и осенний период 2015 г.

Диоксид азота.

Исходя из данных министерства экологии о среднемесячных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Челябинска по данным Челябинского ЦСГМ (рисунок Д.2, приложение Д) характер загрязнения в период с мая 2006 по май 2017 года имеет следующий характер распределения: Пики превышения концентрации были зафиксированы в мае 2007 г., январь 2008 г., январь 2010 г., январь 2011 г., май 2013 г., январь и май 2014 г., октябрь 2016 г.

Превышение ПДК за рассматриваемый период с мая 2006 г. по май 2017 г. преимущественно были обнаружены в зимний и весенний период. В основном загрязнения приходились на январь, март и май. В меньших количествах случаев встречалось превышение ПДК в осенние месяцы.

Превышение ПДК в летние периоды зафиксированы не были за исключением августа 2008 г.

Формальдегид.

Из данных, представленных на графике о среднемесячных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Челябинска по данным Челябинского ЦСГМ (рисунок Д.3, приложение Д), загрязнение имеет данный характер распределения. Весь исследуемый период с мая 2006 по май 2017 года в общей сложности характеризуется серьезными превышениями ПДК. За исключением следующих периодов

без превышения: с февраля по май 2011 г., с октября 2014 г. по февраль 2015 г., с октября 2015 г. по июнь 2016 г., с сентября 2016 г. до конца периода наблюдения. Значительные превышения ПДК зафиксированы в период августа 2008 г. – превышение в 6 ПДК, август 2012 г. года превышение ПДК в 6 раз, и в августе 2014 г. – 5,8 ПДК.

Скачкообразный характер повышения концентрации формальдегида проявляется в периоды с мая по сентябрь ежегодно. В периоды с сентября по январь ежегодно отмечается спад концентрации формальдегида на протяжении представленных 10 лет.

Взвешенные вещества.

По данным графика о среднемесячных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Челябинска по данным Челябинского ЦСГМ (рисунок Д.4, приложение Д) загрязнение взвешенными веществами имеет следующую направленность:

Пики превышений в 3,1 ПДК наблюдались в период май 2014 г. и август 2014 г. ПДК 2,8 – август 2015 г. Согласно представленному графику мы видим, что в период с 2015 г. по 2016 г. зафиксировано крупное превышение ПДК, нетипичное в сравнении с общей тенденцией.

Загрязнение взвешенными веществами, согласно приложению 29, имеет неравномерную динамику распределения.

С мая 2006 г. по май 2009 г. общим является показатель нормы в пределах 0,5 ПДК в осенне-зимний период. С мая 2009 г. по май 2011 г. превышений по выбросам не наблюдалось. Общий характер – стабильный ход линии кривой графика. В промежутке с мая 2011 г. по май 2012 г. повторно отмечается рост концентрации за весь период, за исключением зимнего. С мая 2012 г. по январь 2014 г. кривая вновь стабилизировалась, и превышений не наблюдалось. С января 2014 г. по январь 2016 г. наблюдается неравномерное распределение концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе. Далее кривая вновь приобретает стабильность и не показывает превышений.

Бенз(а)пирен.

Согласно данным, полученным при исследовании, которое проходило в период с января 2015 г. по декабрь 2016 года, отображённым на графике о среднемесячных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Челябинска по данным Челябинского ЦСГМ (рисунок Д.5, приложение Д), загрязнение имеет следующий характер.

Отмечаются высокие концентрации вещества: 4,1 доли ПДК – октябрь 2015 г., 4,8 – ноябрь 2015 г., 5.1 – январь 2016 г. Равномерное распределение бенз(а)пирена наблюдается в периоды с января по сентябрь 2015 г. и с июля по декабрь 2016 года. В периоды с сентября 2015 года по апрель 2016 года наблюдаются скачкообразная тенденция распределения концентрации поллютанта.

Выбросы вредных (загрязняющих) веществ в городе Челябинске в период с 2005 г. по 2015 г.

Исходя из представленных министерством экологии сведений о выборах вредных (загрязняющих) веществ в городе Челябинск отследим динамику выбросов с 2005 по 2015 гг. [17].

Рассмотрим динамику количества загрязняющих веществ в период с 2005 г. по 2015 г. (рисунок Е.1, приложение Е) на графике. На данном графике наблюдаются высшие пики загрязнения: в 2005 г. – 321,28 тыс. тонн и в 2009 г. 293,9 – тыс. тонн. Самые низкие годовые значения по всем загрязнителям Челябинска наблюдаются в 2008 г. – 233,2 тыс. тонн, в 2011 г. – 223,4 тыс. тонн, и в 2013 г. – 217,2 тыс. тонн. За 2015 год фактический выброс веществ от всех наблюдаемых источников загрязнения, по данным Министерства Экологии, составил 257,45 тыс. тонн [17].

Рассмотрим динамику выбросов за десятилетний период, дифференцируя источники загрязнения на стационарные и передвижные.

Согласно графику (рисунок Е.1, приложение Е) прослеживается, наиболее плавный и стабильный ход динамики загрязнения от

стационарных источников, нет слишком резких максимальных и минимальных пиковых значений загрязнения, в сравнении с передвижными источниками загрязнения.

С 2005 г. по 2007 г. показатели выбросов находятся на стабильном уровне, самым большим показателем характеризуется 2007 г. – 147,1 тыс. тонн. Далее тенденция идёт на уменьшение выбросов от стационарных источников вплоть до 2009 г. – 111,1 тыс. тонн – самый минимальный показатель за 10 лет.

Далее количество загрязнения от стационарных источников вновь увеличивается и выходит на показатель 146,64 тыс. тонн в 2012 г. и до 2015 г. идёт стабильно, с небольшим уменьшением кол-ва выбросов.

В 2015 г. годовой выброс от стационарных источников составил 144,3 тыс. тонн.

Динамика фактических выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных источников, представленная на графике (рисунок Е.1, приложение Е), отображает следующую картину: наблюдаются два пика максимума загрязнения. Это 2005 г. – 180,34 тыс. тонн и 2009 г. – 182,7 тыс. тонн.

С 2009 г. наблюдается ежегодное сокращение выбросов от передвижных источников, вплоть до 2013 г., который характеризуется минимальным пиком на графике, и являет собой показатель в 77 тыс. тонн. Далее график вновь движется по возрастающей. На 2015 год фактический выброс загрязняющих веществ составил 113,35 тыс. тонн [17].

Анализируя динамику выбросов вредных веществ, чётко прослеживается, что вклад автотранспорта сравним с вкладом от стационарных источников, а в отдельных случаях, в частности в 2005 г. и 2009-2010 гг., объемы вредных веществ от передвижных источников существенно превышают выбросы от стационарных (рисунок Е.1, приложение Е).

3.2 Оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска автомобильным транспортом

Анализ проводился в зоне перекрёстка улицы Жукова и Шоссе Metallургов (далее – перекрёсток). А также на прилегающих к этому перекрёстку крупных дорогах с активным трафиком – ул. Жукова и Шоссе Metallургов (далее – большая дорога), и небольшую дорогу – дополнительный участок Шоссе Metallургов, с неинтенсивным односторонним движением (далее – малая дорога). Движение по данной дороге соизмеримо с внутривидовым движением.

Данные были отобраны в период с 01.09.2018 г. по 31.08.2019 г., так как начало исследования совпадает с началом учебного года.

Как отмечено в разделе 2.2, был произведён пересчёт вычислений с ГОСТ 2014 года на ГОСТ 2019 года. Далее в работе используются расчеты, произведенные по актуальной методике. В конце приводится сравнение полученных данных по старому и новому ГОСТ [6].

Рассмотрим и проанализируем динамику распределения уровня загрязнения по месяцам, по каждому поллютанту отдельно (приложение Ж).

Оксид углерода.

В период с сентября по декабрь наблюдается тенденция снижения выбросов оксида углерода (рисунок Ж.1, приложение Ж). С декабря по май наблюдается увеличение количества выбросов. В летний период на графике выражен спад показателей загрязнителя. В осенний период график вновь идёт по возрастающей. Максимальное значение концентрации оксида углерода зафиксировано в сентябре и составило 1,167 г/сек. Следующий максимум зафиксирован в мае и составил – 1,047 г/сек. Минимальное значение оксида углерода пришлось на июнь и составило 0,856 г/сек. Данное распределение количества поллютанта объясняется следующим. Зимний период характеризуется снижением выбросов, так как

в период неблагоприятных климатических условий часть пользователей личного автотранспорта отказываются от его использования, что приводит к снижению количества выбросов. В летний период так же наблюдается спад показателей, что связано с уменьшением автотранспортных средств в городе по причине того, что в летний сезон часть владельцев автотранспорта покидают город.

Диоксид азота.

Общая тенденция сезонного распределения диоксида азота (рисунок Ж.2, приложение Ж) сопоставима, с течением графика по оксиду углерода. Максимумы так же были зафиксированы в декабре (0,064 г/с) и мае (0,055 г/с). Минимум приходится на июль – 0,047 г/сек.

Углеводороды годовая динамика.

В рассматриваемом графике годовой динамики выбросов углеводородов (рисунок Ж.3, приложение Ж) в атмосферный воздух города Челябинск четко выражена сезонная зависимость. Максимальные концентрации были зафиксированы в сентябре (0,182 г/сек) и мае (0,170 г/сек). Минимум приходится на июль – 0,140 г/сек. С приходом неблагоприятных климатических условий, начало которых приходится на ноябрь, наблюдается умеренный спад интенсивности загрязнения. С наступлением сезона потепления тенденция идёт к увеличению интенсивности загрязнения данными веществами.

Сажа.

Самый высокий показатель, согласно графику (рисунок Ж.4, приложение Ж), наблюдается в сентябре и составляет 0,101 г/сек. Также прослеживается сезонность. Минимальный пик загрязнения приходится на июнь и составляет 0,066 г/сек.

Диоксид серы.

В рассматриваемый период загрязнение диоксидом серы (рисунок Ж.5, приложение Ж) имело схожую динамику с ранее упомянутыми поллютантами. Общая тенденция сохраняется.

Формальдегид.

В динамике распределения поллютанта за годовой период (рисунок Ж.6, приложение Ж) не наблюдалось резких перепадов концентраций имеющегося вещества. Зависимость от сезона также прослеживается. Пик графика приходится на сентябрь и составляет 0,00126 г/сек, минимальный 0,00100 г/сек.

Бенз(а)пирен.

Выброс данного вещества имеет самый малый количественный показатель из всех представленных в исследовании. Полученные данные по бенз(а)пирену (рисунок Ж.7, приложение Ж) не выходит за рамки сезонности и не имеет скачкообразных перепадов. Рост и спад количества данного поллютанта происходит равномерно, посезонно.

Все рассматриваемые поллютанты в период с сентября 2018 г. по август 2019 г. имеют общую динамику загрязнения. Четко прослеживается сезонность на всех семи графиках.

Спад интенсивности загрязнения приходится на этапы неблагоприятных климатических условий в зимний период, и на летний период. Данные периоды характеризуются уменьшением автопарка города [6].

Распределение поллютантов на малых и больших дорогах так же имеют сезонный характер. Отличие только в концентрациях. Крупные очаги загрязнения формируются на перекрестках. Места наименьшей концентрации выбросов – малые дороги (приложение Ж).

Далее приведём значения годовых выбросов (тыс. тонн) с отслеживаемого перекрёстка, для дальнейшего сравнения объёмов загрязнения этого участка с данными Министерства Экологии и Росгидромета. Суммарный выброс от автотранспорта в зоне наблюдаемого перекрёстка за отслеживаемый год – 41,23 тонны.

По каждому поллютанту отдельно выброс составляет:

– угарный газ – 31,69 тонн в год;

– диоксид азота – 1,697 тонн в год;

- углеводороды – 5,068 тонн в год;
- сажа – 2,487 тонн в год;
- диоксид серы – 0,252 тонн в год;
- формальдегид – 0,036 тонн в год;
- бенз(а)пирен – 0,0000176 тонн в год.

Сравнивать данные перекрёстка с большими дорогами нецелесообразно, ввиду того, что пересечение двух рассматриваемых больших дорог образуют наблюдаемый перекрёсток. В среднем, в зоне наблюдаемого перекрёстка выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта выше в десять раз, чем на малой дороге (таблица 1).

Разница выбросов поллютантов с малой дороги в сравнении с перекрёстком составляет:

- угарный газ – меньше в 10,3 раза;
- диоксид азота – в 11,3 раза;
- углеводороды – в 9,6 раз;
- сажа – в 11,8 раз;
- диоксид серы – в 9,8 раз;
- формальдегид – в 10 раз;
- бенз(а)пирен – в 10,2 раза.

Таблица 1 – Суммарный годовой выброс на перекрёстке и малой дороге (тонн в год)

Загрязнители	Перекрёсток	Малая дорога
Угарный газ, т/год	31,690	3,090
Диоксид азота, т/год	1,697	0,150
Углеводороды, т/год	5,068	0,530
Сажа, т/год	2,487	0,210
Диоксид серы, т/год	0,252	0,026
Формальдегид, т/год	0,036	0,004
Бенз(а)пирен, т/год	$1,760 \cdot 10^{-5}$	$1,730 \cdot 10^{-6}$

Сравнение полученных результатов по ГОСТ Р 56162 2014 г. и 2019 г. [5; 6].

Результаты пересчётов по ГОСТ 2019 г. показали снижение в среднем в 2,4 раза. Полагаю, пересчёт связан с обновлением автотранспортных средств по всей территории Российской Федерации. Современный транспорт оснащён более современным оборудованием, и, как следствие, является более экологичным. Его воздействие на окружающую среду минимизируется. Объёмы выбросов поллютантов с единицы транспортного средства в среднем снижаются. Однако за пять лет, прошедших между ГОСТ 2014 г. и ГОСТ 2019 г., количество личного и коммерческого транспорта существенно увеличилось. Потому вклад автотранспорта на загрязнение атмосферы в целом существенно не изменился.

Сопоставление расчётных концентраций основных поллютантов по ГОСТ 2014 г. и ГОСТ 2019 г. [5; 6].

При пересчете результатов на современную методику было установлено, что концентрация угарного газа по ГОСТ 2019 г оказалась меньше в 2,6 раза (рисунки 3.1 и 3.8 в приложении 3);

- диоксида азота – в 1,5 раза (рисунки 3.2 и 3.9 в приложении 3);
- углеводородов – в 3,3 раза (рисунки 3.3 и 3.10 в приложении 3);
- сажи – в 2,4 раза (рисунки 3.4 и 3.11, приложение 3);
- диоксида серы – 2,9 раз (рисунки 3.5 и 3.12 в приложении 3);
- формальдегида – 2,4 раза (рисунки 3.6 и 3.13 в приложении 3);
- бенз(а)пирен – в 1,4 раза (рисунки 3.7 и 3.14 в приложении 3).

3.3 Сравнительная оценка загрязнения атмосферы г. Челябинска автотранспортом и данных постов наблюдений

Оксид углерода.

Ход годовой динамики оксида углерода от всех источников загрязнения (рисунок А.1, приложение А) имеет неравномерную динамику. Пики повышения показателей концентрации приходятся на зимний и летний период. Годовое распределение оксида углерода в атмосферном воздухе от автотранспорта (рисунок Ж.1, приложение Ж) имеет выраженную сезонность. Понижение показателей концентрации приходится на зимний и летний периоды.

Диоксид азота.

Распределение поллютанта в атмосферном воздухе Челябинска от всех источников загрязнения за год (рисунок А.2, приложение А) имеет тенденцию повышения концентрации в зимний период, относительно динамики всего года. В распределении показателей загрязнения диоксидом азота от автотранспортных средств (рисунок Ж.2, приложение Ж) снижение показателей приходится на зимний и летний период.

Согласно статистике, показатели концентрации выбросов от автотранспорта в зимний период меньше, относительно динамики всего года; параллельно с этим наблюдается обратная тенденция с выбросами от всех источников, производящих загрязнение, значение концентрации которых выше в зимний период, относительно показателей наблюдаемого промежутка.

Взвешенные вещества и сажа.

Сажа является одним из компонентов взвешенных веществ в атмосферном воздухе, на основе данного утверждения проведем сравнение тенденции распределения поллютантов в атмосфере.

Взвешенные вещества в годовой динамике (рисунок А.3, приложение А) распределены относительно равномерно, за исключением

зафиксированных пиков понижения в зимний (январь) и летний (июнь) периоды. Годовая динамика сажи (рисунок Ж.4, приложение Ж) имеет выраженный сезонный характер.

Снижение концентрации данного вещества приходится на зимний, пик которого приходится на декабрь, и летний сезон, пик которого приходится на июнь и совпадает с пиком годовой динамики взвешенных веществ.

Диоксид серы.

Распределение диоксида серы в атмосферном воздухе города от всех источников загрязнения за годовой период (рисунок А.4, приложение А) носит стабильный характер. Наблюдаются небольшие колебания на графике, однако резких повышений и понижений уровня концентрации не зафиксировано. Одновременно с этим, тенденция распределения поллютанта за годовой период от автотранспортных средств (рисунок Ж.5, приложение Ж) имеет сезонный характер. Снижение показателей наблюдается в зимний и летний периоды.

Формальдегид.

Годовой ход концентрации формальдегида от всех источников загрязнения (рисунок А.5, приложение А) имеет неравномерную динамику. Максимальные показатели характерны для осеннего периода, в остальные временные промежутки концентрация поллютанта ниже осенних показателей, за исключением повышения значения в феврале. Однако в целом за год колебания можно считать минимальными. Параллельно с этим в тенденции распределения формальдегида от автотранспортных источников (рисунок Ж.6, приложение Ж) наблюдается сезонное распределение.

Тенденция распределения поллютанта идёт волнообразно. Понижение показателей поллютанта зафиксированы в зимний и летний периоды. Однако колебание показателей формальдегида можно

охарактеризовать как относительно стабильное, так как резких перепадов не наблюдалось.

Бенз(а)пирен.

Распределение поллютанта в атмосферном воздухе города Челябинск от всех источников загрязнения (рисунок А.6, приложение А) за год имеет скачкообразный характер распределения. Повышенная концентрация фиксируется в зимний и весенний периоды, а так же в июне. Загрязнение бенз(а)пиреном в годовой динамике нестабильно. Параллельно с этим распределение показателей загрязнения поллютантом от автотранспортных средств (рисунок Ж.7, приложение Ж) имеет выраженную сезонность. Снижение показателей наблюдается в зимний и летний периоды. Однако в целом выбросы бенз(а)пирена имеют относительно стабильное колебание в течение года.

Исходя из выше указанного, можно сделать вывод, что доля выбросов бенз(а)пирена от автотранспорта в общем загрязнении атмосферного воздуха города Челябинск от всех источников загрязнения является минимальной.

Вклад автотранспорта в общем загрязнении атмосферного пространства городской среды диоксидом азота, взвешенными веществами, диоксидом серы, формальдегидом по отношению ко всем источникам – довольно существенен.

Тенденция распределения выше перечисленных поллютантов в годовой динамике имеет характер стабильного колебания, за исключением отдельных пиков в зимние месяцы, которые зафиксированы в динамике загрязнения от всех источников.

Таким образом, вклад автотранспортных средств в общее загрязнение атмосферного пространства города относительно велик.

Исходя из анализа полученных данных, доля автотранспорта в общем загрязнении атмосферного воздуха города оксидом углерода и бенз(а)пиреном по отношению ко всем источникам минимальна.

Повышенные значения концентрации оксида углерода приходится на зимний и летний сезоны по всем источникам загрязнения. Выбросы от автотранспорта в эти периоды наоборот минимальны.

Оксид углерода в большей степени зависит от стационарных источников.

Приведём значения годовых выбросов с отслеживаемого перекрёстка, а также малых и больших дорог, и значения открытых данных министерства экологии, для дальнейшего сравнения объёмов загрязнения воздушного пространства города.

Суммарный выброс всех загрязняющих веществ городской воздушной среды от передвижных источников, по данным Министерства Экологии (рисунок Е.1, приложение Е), составили 113,15 тыс. тонн за 2015 г.

Суммарный выброс веществ с отслеживаемого перекрестка, с учётом прилегающих дорог, составил 41,23 тонны за год. Рассматривался не календарный год, а период с сентября 2018 г. по август 2019 г.

Данные о годовом загрязнении в тоннах по каждому отдельному наблюдаемому веществу представлены в разделе 3.2 данной главы.

Вклад автотранспорта в ухудшение качественного состава воздушной среды города Челябинск во многом недооценен.

Исходя из данных, полученных путём просчёта, в зоне перекрестка, с прилегающими к нему дорогами, в год выбрасывается 41,23 тонны основных загрязняющих веществ. Стоит отметить, что в сравнении с другими, выбранный перекрёсток не самый нагруженный. В Челябинске имеется множество перекрёстков с более интенсивным трафиком. Следовательно, на более крупных перекрёстках выбросов ещё больше. При этом не стоит забывать, что выбросами с перекрёстков загрязнение не ограничивается. С небольшого участка крупной дороги от автотранспорта за год выбрасывается до 33,05 тонн в год загрязняющих веществ. На малых дорогах выброс не столь существенен, четыре тонны в год, но эти выбросы

тоже сказываются на общем состоянии атмосферного воздуха г. Челябинск.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе данной работы был проведён анализ данных и сравнение полученных результатов из трёх источников. Это официальные данные Министерства Экологии и Росгидромета о состоянии атмосферного воздуха Челябинска, а также произведён анализ результатов исследования по выбросам автотранспорта в городе.

Анализируя динамику количества выбросов, можно прийти к выводу, что объём выбросов от стационарных источников существенно не зависит от времени суток и сезона года. Параллельно с этим распределение показателей загрязнения поллютантов от автотранспортных средств имеет выраженную сезонность. Снижение показателей наблюдается в зимний и летний периоды. Снижение выбросов в летний период связано с тем, что многие жители крупных городов стараются минимизировать пребывание в городе, и отправляются в загородные дома, либо на курорты. В зимний же период понижение показателей связано с тем, что многие автолюбители отказываются от личного транспорта из-за тяжёлых зимних условий, таких как мороз, гололёд, плохая видимость и так далее.

Принимая во внимание тот факт, что Челябинск является одним из крупнейших промышленных городов России, основными источниками загрязнения принято считать промышленные предприятия. По официальным данным Министерства Экологии доля загрязнения атмосферного воздуха города от стационарных источников, составляет 56 %. Так же выявлено, что около 44 % загрязнителей попадают в атмосферный воздух от передвижных источников загрязнения, то есть автотранспорта.

Однако, по итогам проведённого исследования, можно сделать вывод, что необходимо пересмотреть данное соотношение, и в дальнейшем более углублённо заниматься изучением выбросов от автотранспорта.

По результатам проведённого исследования, в том числе по картам интерполяции, наблюдается высокая степень загрязнения воздуха.

Влияние загрязнения распространяется в разной степени на всю урбоэкосистему. В плотно застроенных районах города доля автомобильных дорог всегда выше, чем в малозаселенной местности. Густонаселенные районы всегда провоцируют колоссальный миграционный поток внутри города на протяжении целых суток. В крупном городе, за счёт постоянных передвижений населения и происходит загрязнение, так как большой вклад в суммарное загрязнение автотранспортными средствами вносит личный транспорт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белопухов, С. Л., Химия окружающей среды [Текст] : учебное пособие / С. Л. Белопухов, Н. К. Сюняев, М. В. Тютюнькова. – Москва : Проспект, 2006. – 240 с.
2. Водяная, А.А., Челябинская область в цифрах [Текст] : статистический сборник / А.А. Водяная, Е.В. Голицына, Е.В. Горева. – Челябинск : Челябинскстат, 2016. – 221 с.
3. Гарин, В.М. Экология для технических вузов [Текст] / Вадим Гарин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 378 с.
4. Гарицкая, М.Ю. Экологические особенности городской среды [Текст] : учебное пособие / М.Ю. Гарицкая, А.И. Байтелова, О.В. Чекмарева. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 216 с.
5. ГОСТ Р 56162–2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. – Режим доступа – <http://docs.cntd.ru/document/1200113823>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 17.03.2020.
6. ГОСТ Р 56162–2019 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200167788>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 25.04.2020.
7. Денисов, В.В. Экология [Текст] / В.В. Денисов, В.В. Гутенев, И.А. Луганская. – Москва : ИКЦ МарТ, 2002. – 832 с.

8. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2014 году [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : https://www.pravmin74.ru/sites/default/files/imce/doklad_es-2014diagrammy.docx, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.03.2020.
9. Журкин, И.Г. Геоинформационные системы. [Текст] / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – Москва : КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 273 с.
10. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2014 году [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/Programs/Arxiv>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 16.03.2020.
11. Конституция Российской Федерации, статья 42 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/2b65ae24cc8141d4720fb749fb0c5583f8395048, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 05.05.2020.
12. Криксунов, Е.А. Экология [Текст] / Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник, А.П. Сидорин. – Москва : Дрофа, 2005. – 238 с.
13. Министерство Экологии Челябинской области. Государственная и территориальная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic/2016/213Gosudarstvennayaaiterrito>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.04.2020.
14. Министерство Экологии Челябинской области. Вклад отраслей экономики в загрязнение воздушного бассейна [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic/2016/211Vkladotraslejekonomikivza>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.04.2020.

15. Министерство Экологии Челябинской области. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2015 году [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://mineco174.ru/htmlpages/Show/Programs/OxранаokruzhayushhejsredyCHely>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 16.03.2020.
16. Министерство Экологии Челябинской области. Охрана окружающей среды Челябинской области [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.mineco174.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 03.04.2020.
17. Министерство Экологии Челябинской области. Состояние атмосферного воздуха в городе Челябинск [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/OxранаokruzhayushhejsredyCHely/Oxранаatmosfernogovozduха/Nablyudeniyazakachestvomatmosf/Sostoyanieatmosfernogovozduxav>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.04.2020.
18. Модельный закон. О гидрометеорологической деятельности [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/901901176>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.04.2020.
19. Попов, В.М. Экология [Текст] : учебно-практическое пособие / В.М. Попов, В.И Томаков, В.В. Юшин. – Курск : Гос. тех. ун-т, 2003. – 148 с.
20. Самардак, А.С. Геоинформационные системы [Текст] учебное пособие / Александр Самардак. – Владивосток : ТИДОТ ДВГУ, 2005. – 124 с.
21. Состояние атмосферно воздуха в г. Челябинске [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2016/2144/23400>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 17.04.2020.

22. Степановских, А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды [Текст] / Анатолий Степановских. – Москва : Юнити-Дана, 2003. – 187 с.
23. Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране атмосферного воздуха» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/12115550> свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 24.04.2020.
24. Челябинск – промышленность города, предприятия и заводы Челябинска [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.metaprom.ru/regions/chelyabinsk.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 29.04.2020.
25. Экологическая обстановка в городе Челябинске [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.pravosoznanie.org/2327>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 12.04.2020.
26. Экологический мониторинг атмосферы: практикум для бакалавров направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Инженерная защита окружающей среды» / сост. Е. Н. Калюкова. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 131 с.
27. Электронный фонд правовой и нормативно – технической документации. Охрана природы. Атмосфера [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-2-1-04-77>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 10.03.2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Годовая динамика концентрации по данным Челябинского ЦГМС



Рисунок А.1 – Годовая динамика концентрации оксида углерода по данным Челябинского ЦГМС

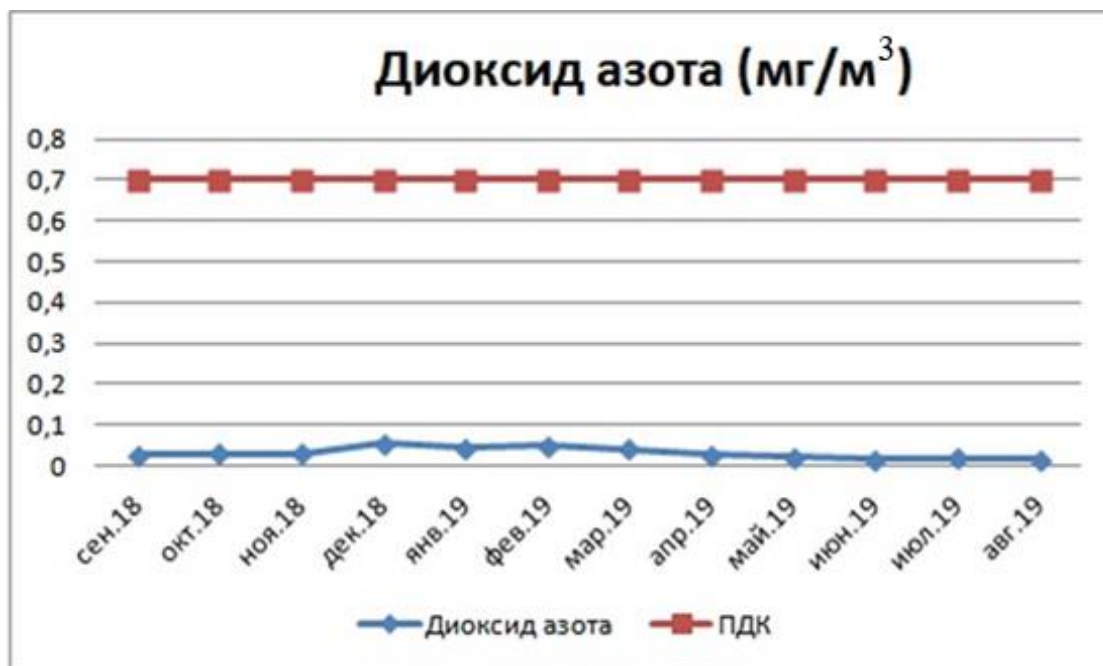


Рисунок А.2 – Годовая динамика концентрации диоксида азота по данным Челябинского ЦГМС

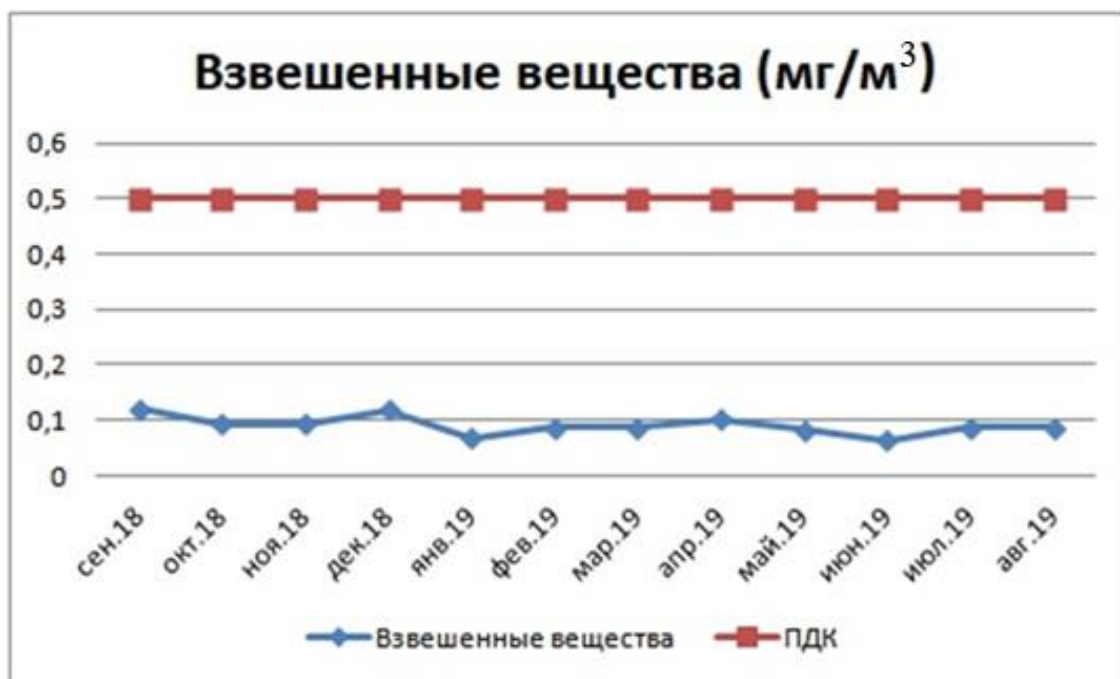


Рисунок А.3 – Годовая динамика концентрации взвешенных веществ по данным Челябинского ЦГМС

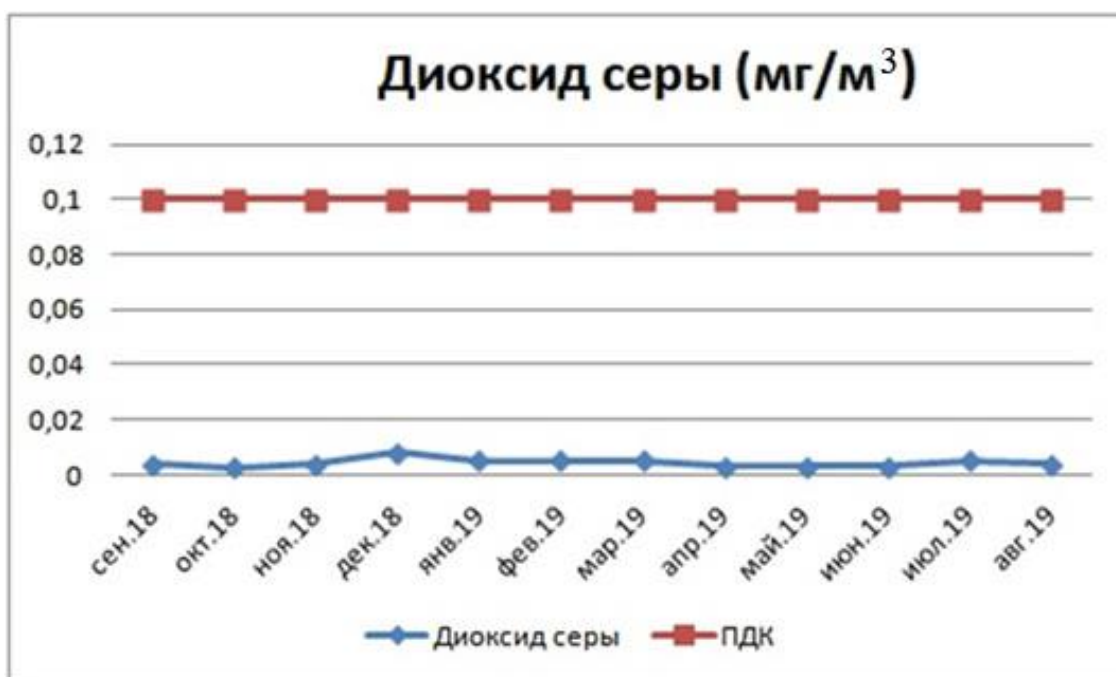


Рисунок А.4 – Годовая динамика концентрации диоксида серы по данным Челябинского ЦГМС

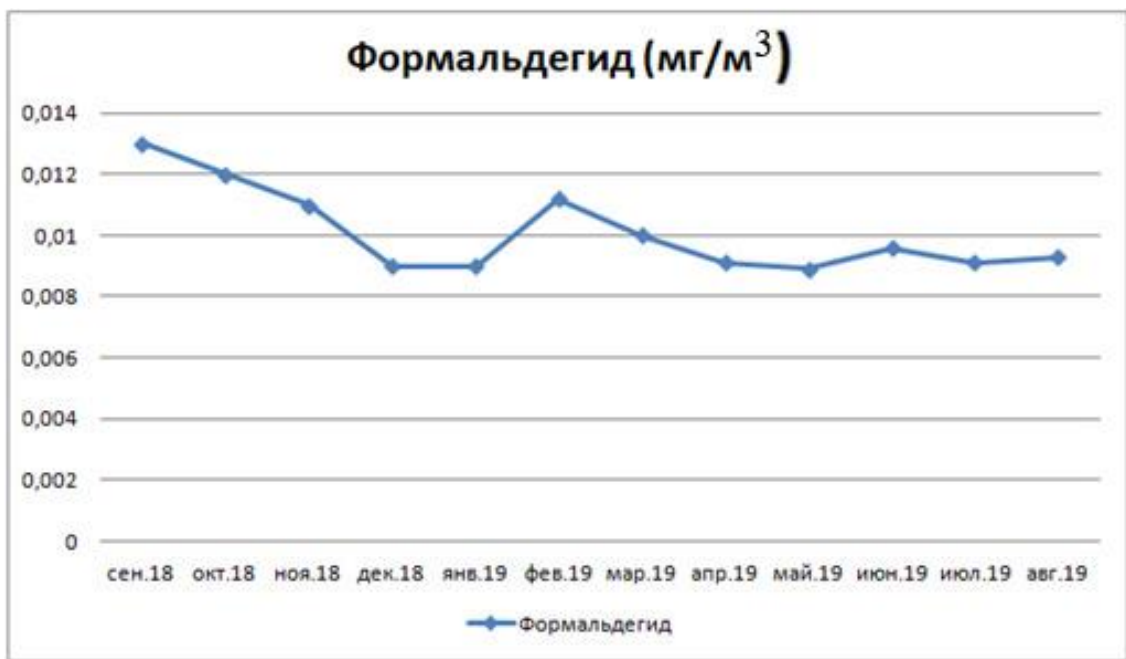


Рисунок А.5 – Годовая динамика концентрации формальдегида по данным Челябинского ЦГМС

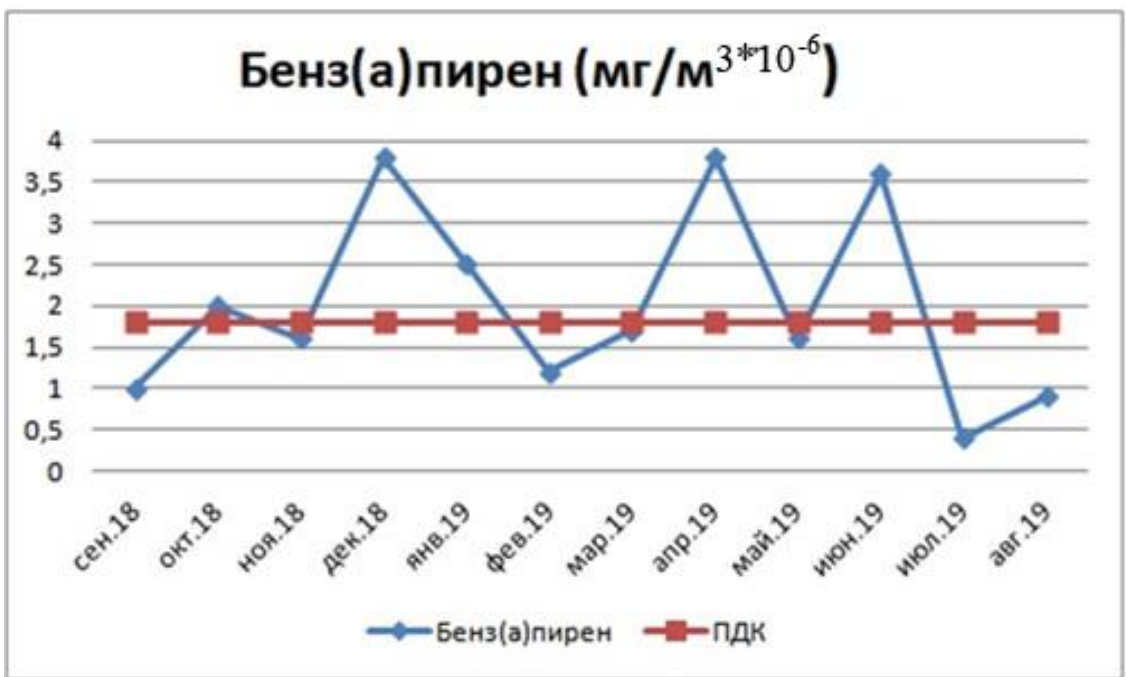


Рисунок А.6 – Годовая динамика концентрации бенз(а)пирена по данным Челябинского ЦГМС

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Десятилетняя динамика концентрации по данным Челябинского ЦГМС



Рисунок Б.1 – Десятилетняя динамика концентрации оксида углерода по данным Челябинского ЦГМС

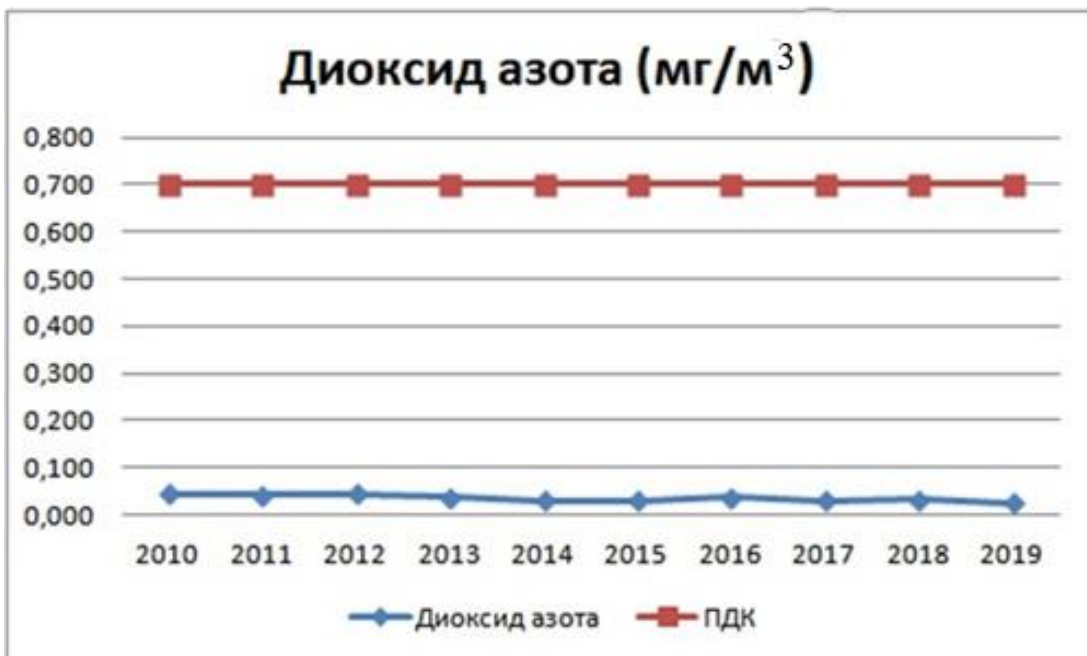


Рисунок Б.2 – Десятилетняя динамика концентрации диоксида азота по данным Челябинского ЦГМС

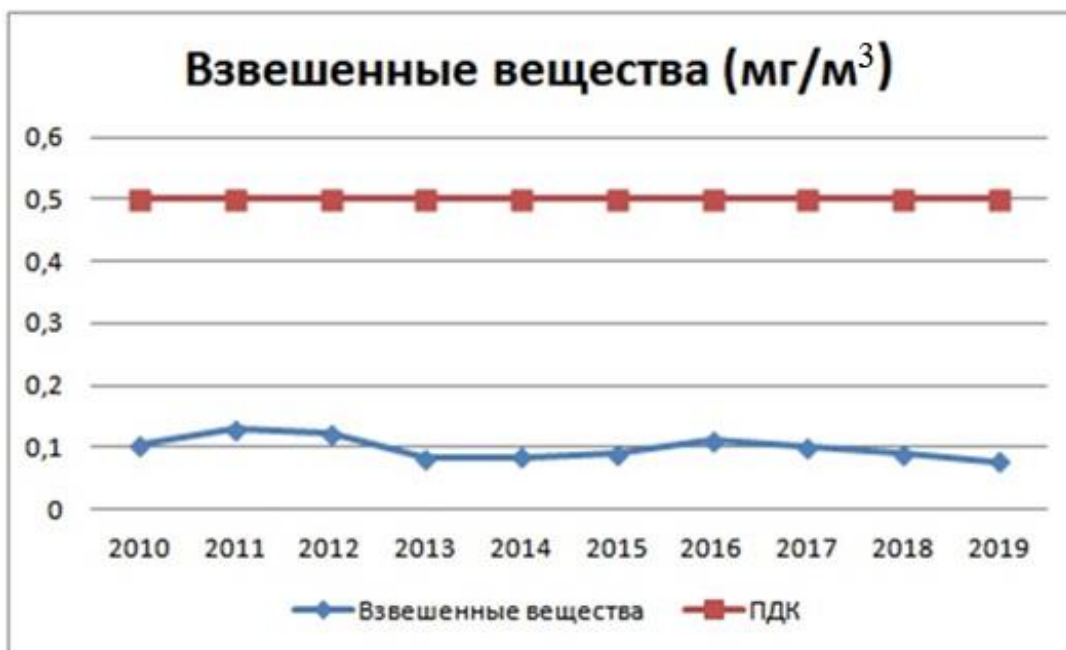


Рисунок Б.3 – Десятилетняя динамика концентрации взвешенных веществ по данным Челябинского ЦГМС



Рисунок Б.4 – Десятилетняя динамика концентрации диоксида серы по данным Челябинского ЦГМС



Рисунок Б.5 – Десятилетняя динамика концентрации формальдегида по данным Челябинского ЦГМС

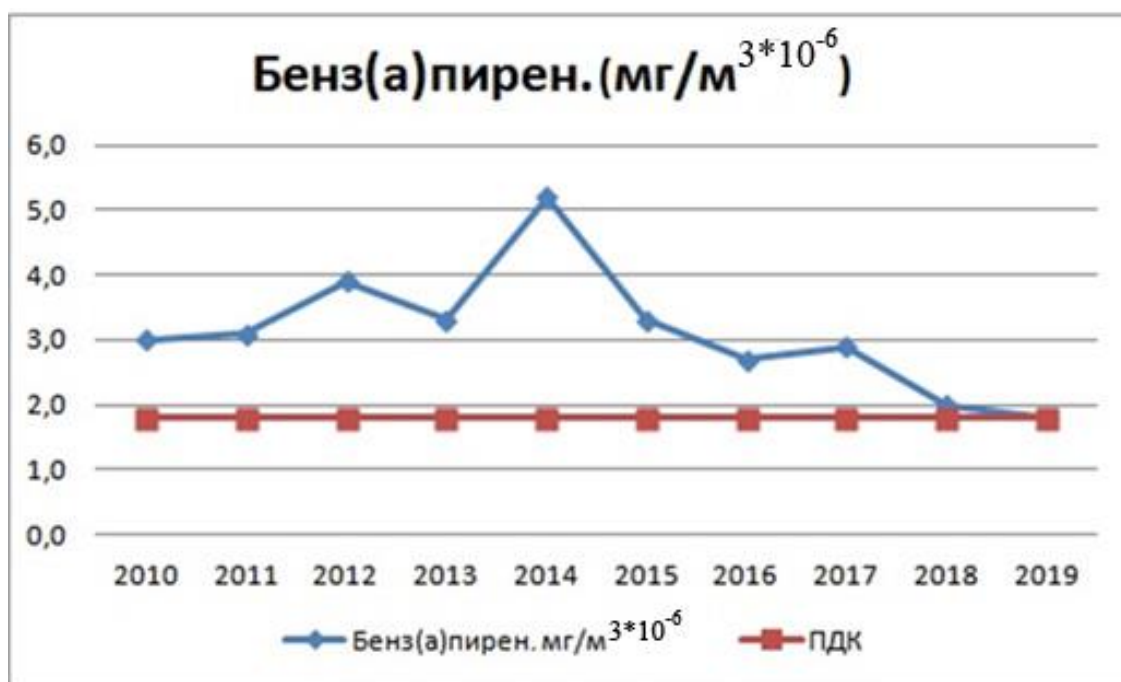


Рисунок Б.6 – Десятилетняя динамика концентрации бенз(а)пирена по данным Челябинского ЦГМС

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расположение стационарных постов наблюдения Росгидромета по
Челябинску

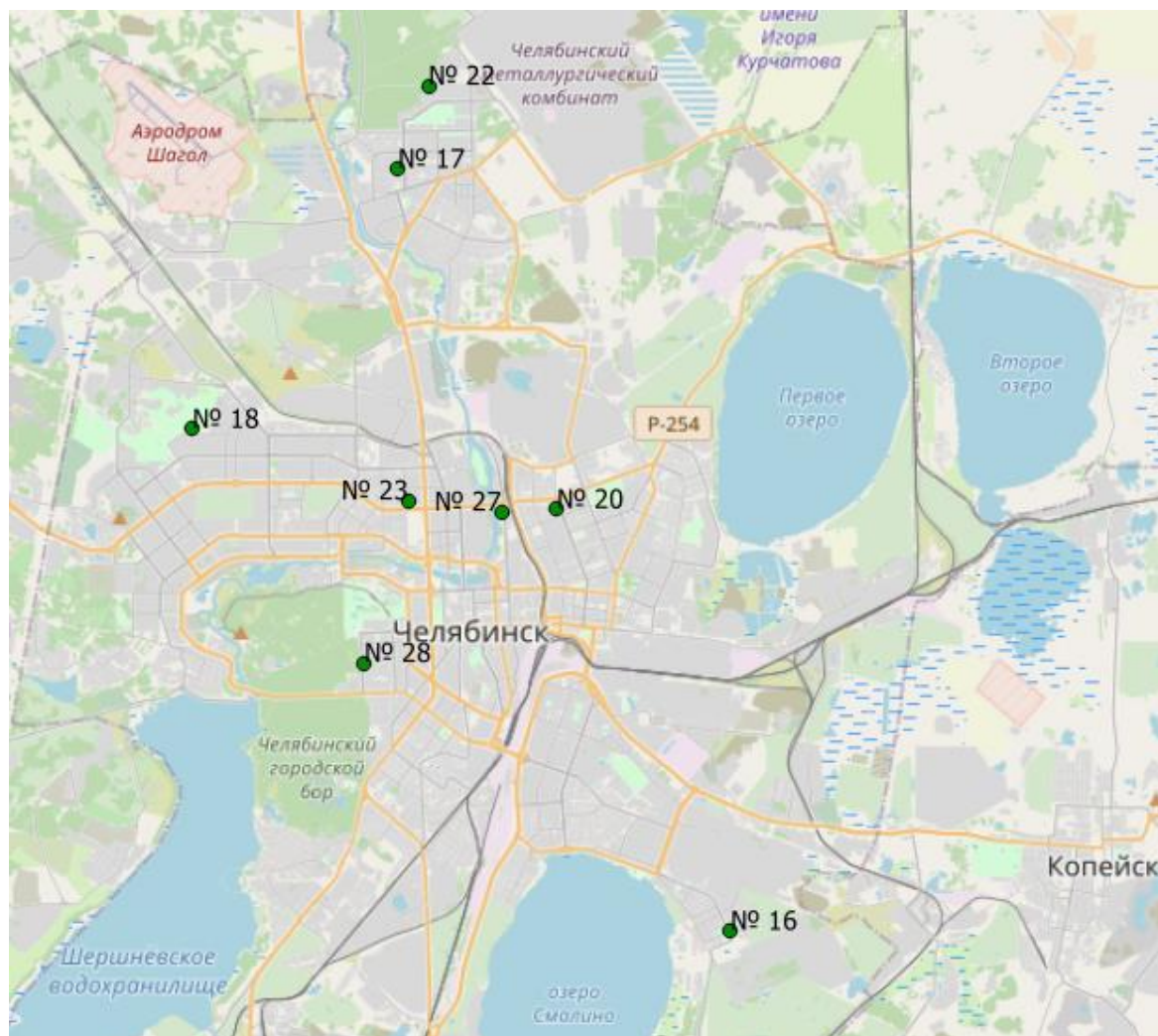


Рисунок В.1 – Расположение стационарных постов наблюдения
Росгидромета по Челябинску

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Интерполяция по данным Росгидромета за 2018-2019 годы

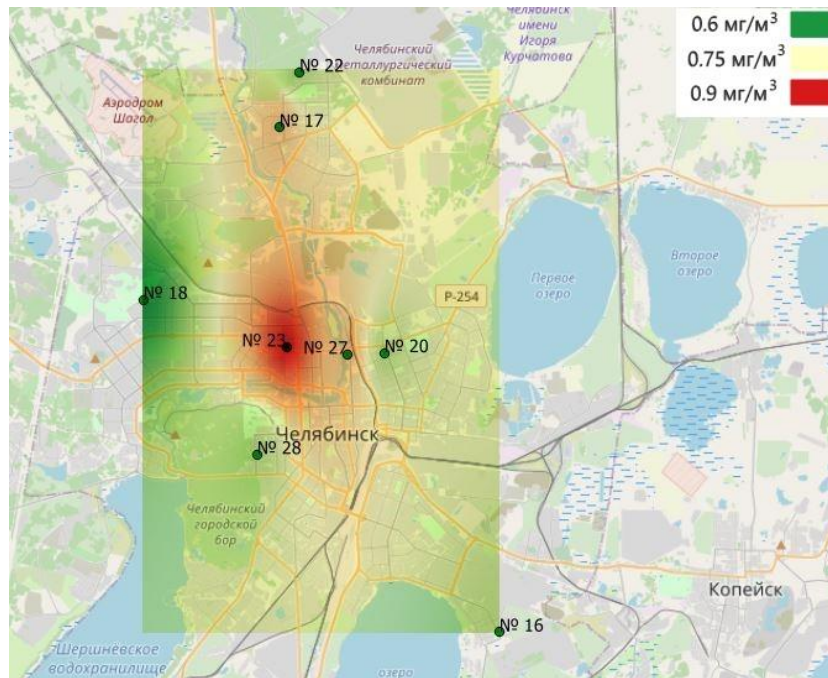


Рисунок Г.1 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по оксиду углерода

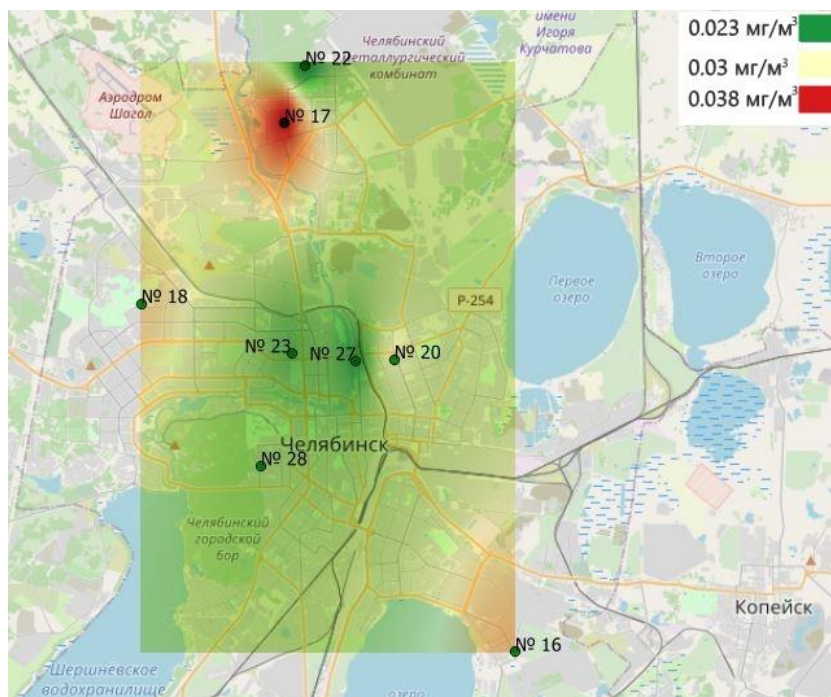


Рисунок Г.2 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по диоксиду азота

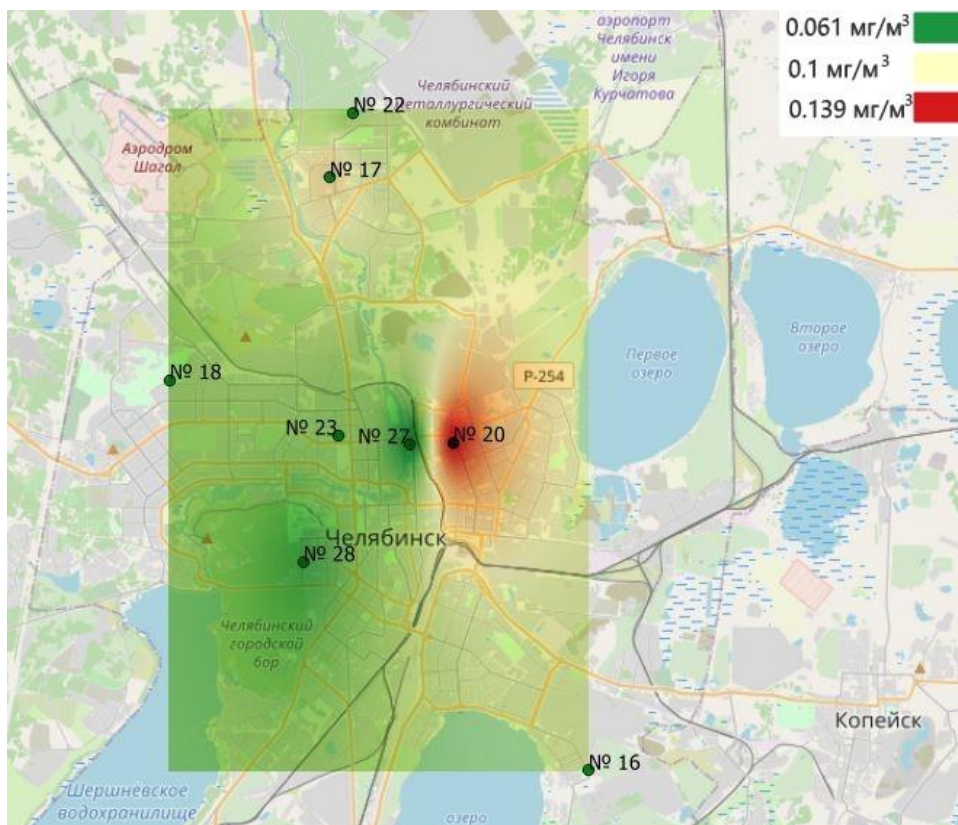


Рисунок Г.3 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по взвешенным веществам

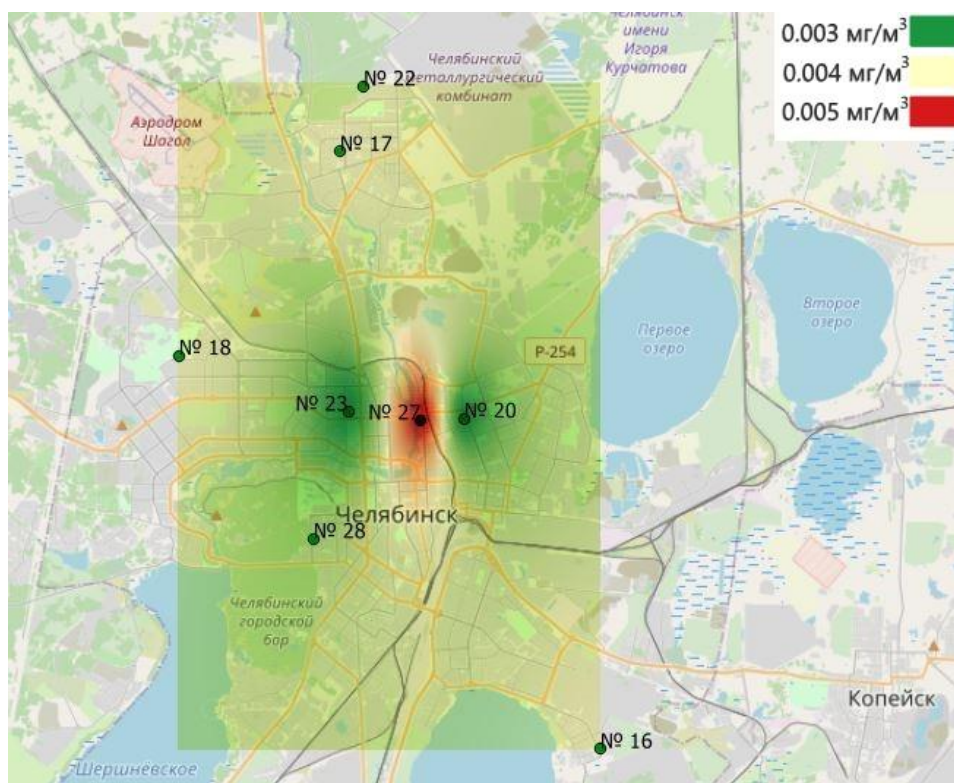


Рисунок Г.4 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по диоксиду серы

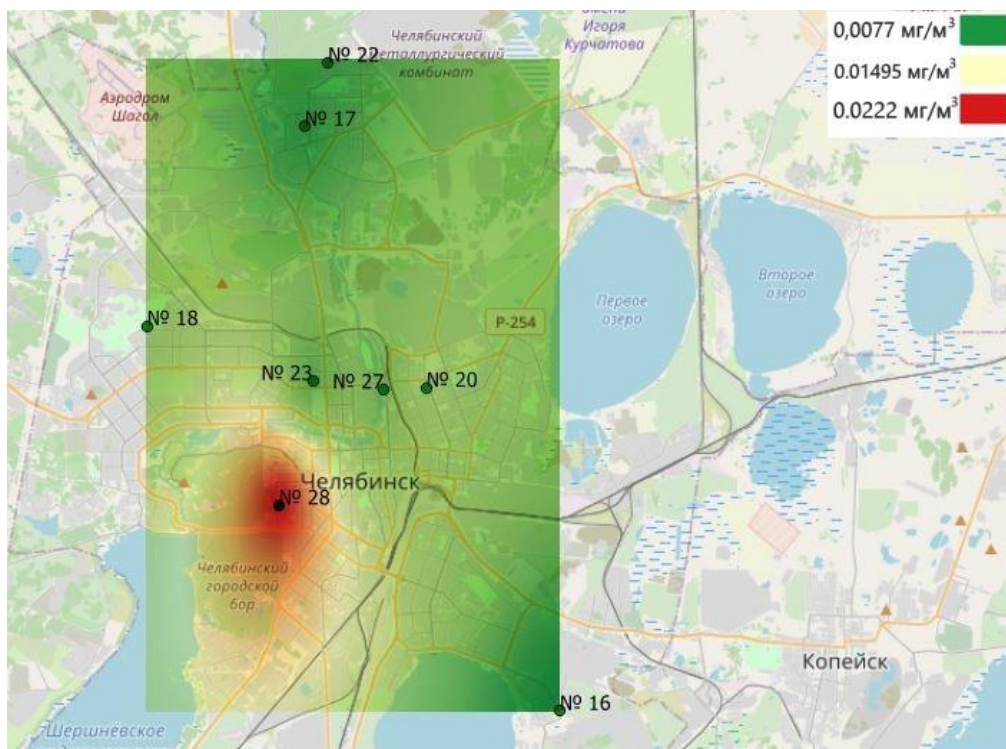


Рисунок Г.5 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по формальдегиду

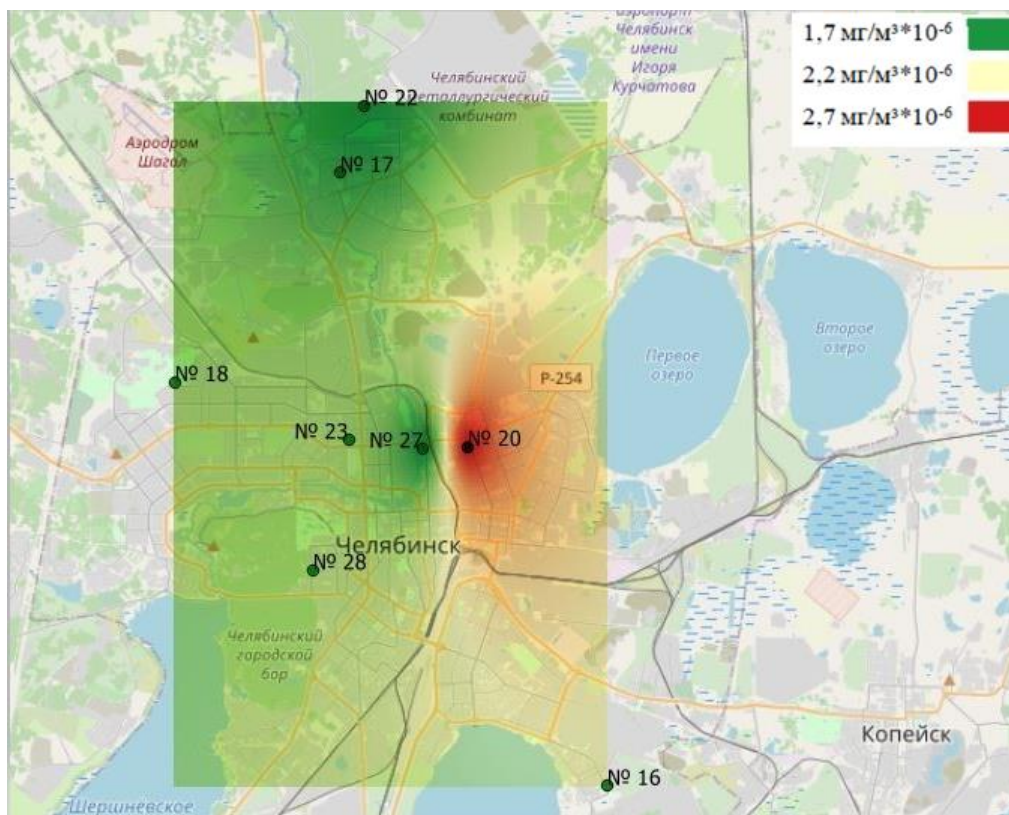


Рисунок Г.6 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2018 г. по бенз(а)пирену

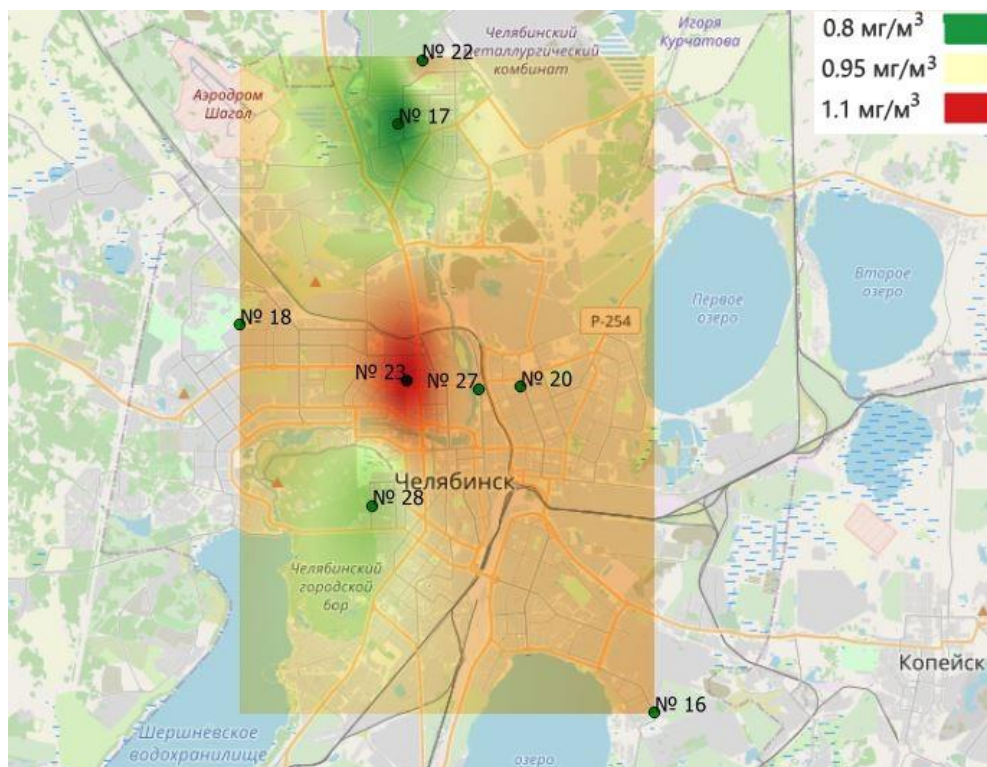


Рисунок Г.7 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по оксиду углерода

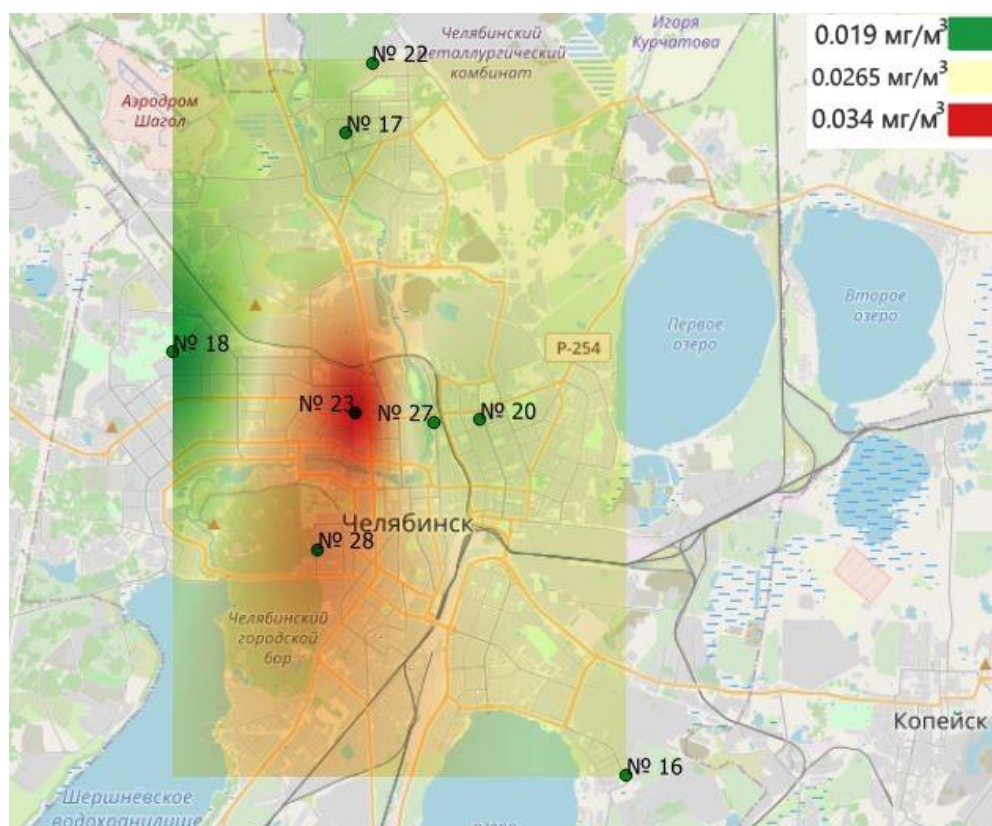


Рисунок Г.8 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по диоксиду азота

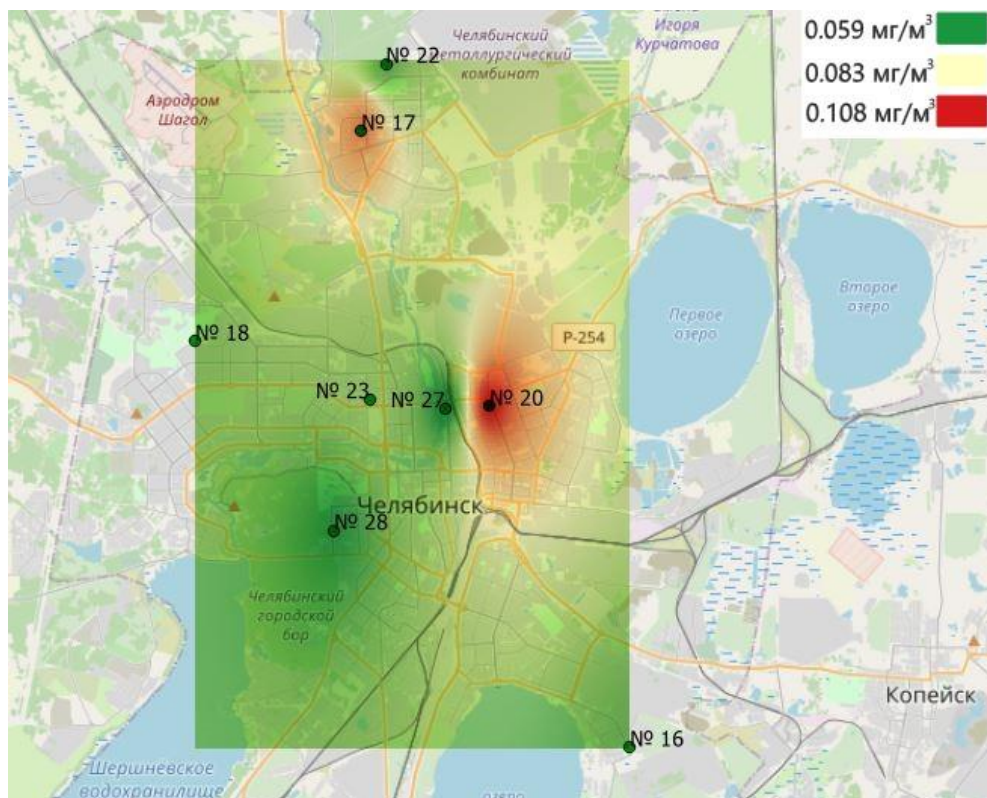


Рисунок Г.9 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по взвешенным веществам

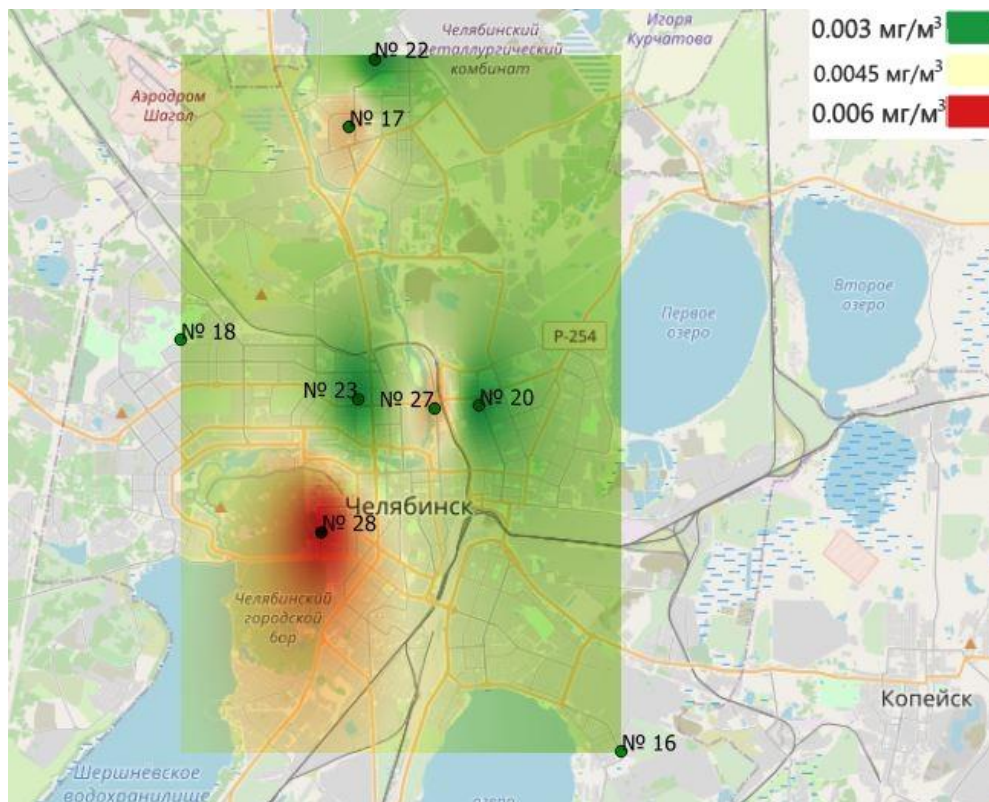


Рисунок Г.10 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по диоксиду серы

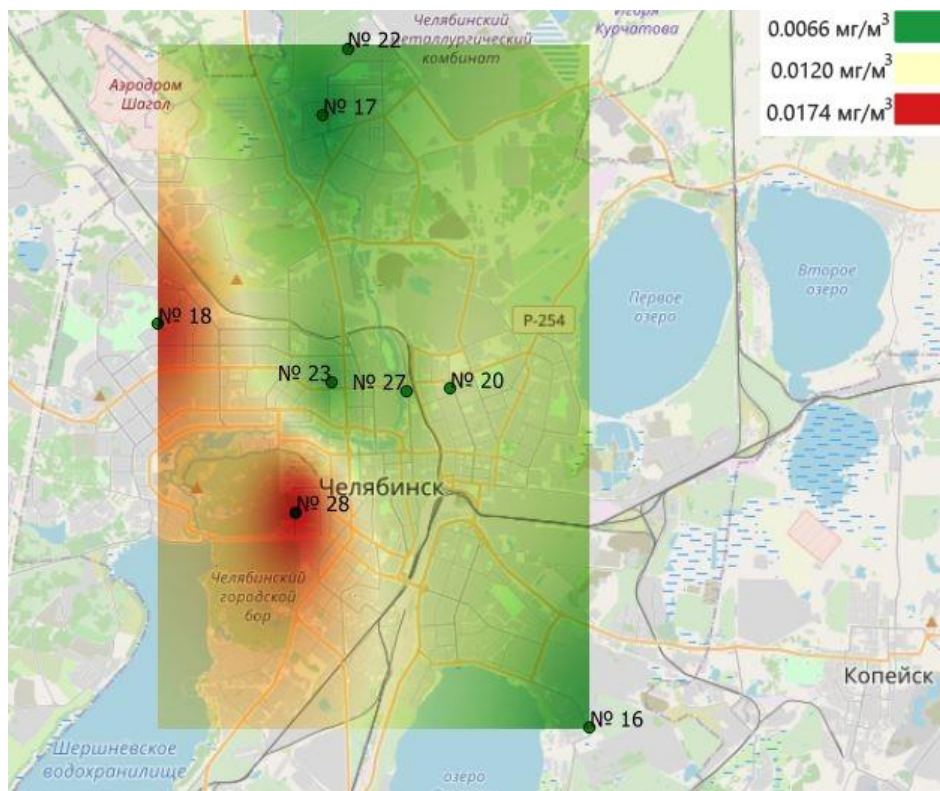


Рисунок Г.11 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по формальдегиду

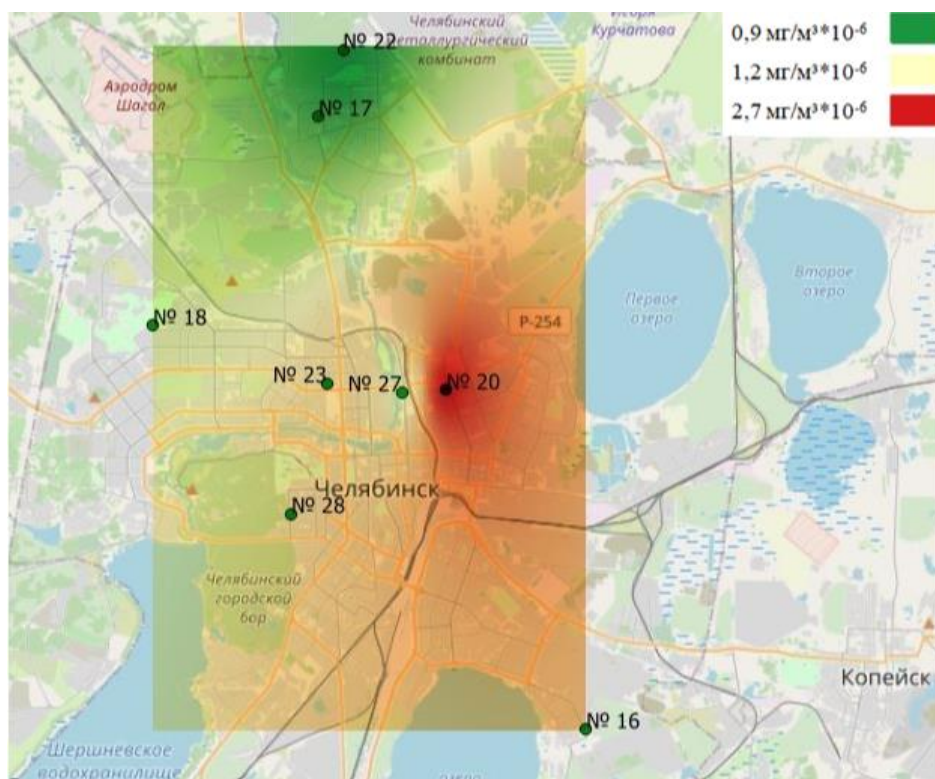


Рисунок Г.12 – Интерполяция по данным Росгидромета за 2019 г. по бенз(а)пирену

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Данные Министерства экологии о среднемесячных концентрациях в долях ПДК

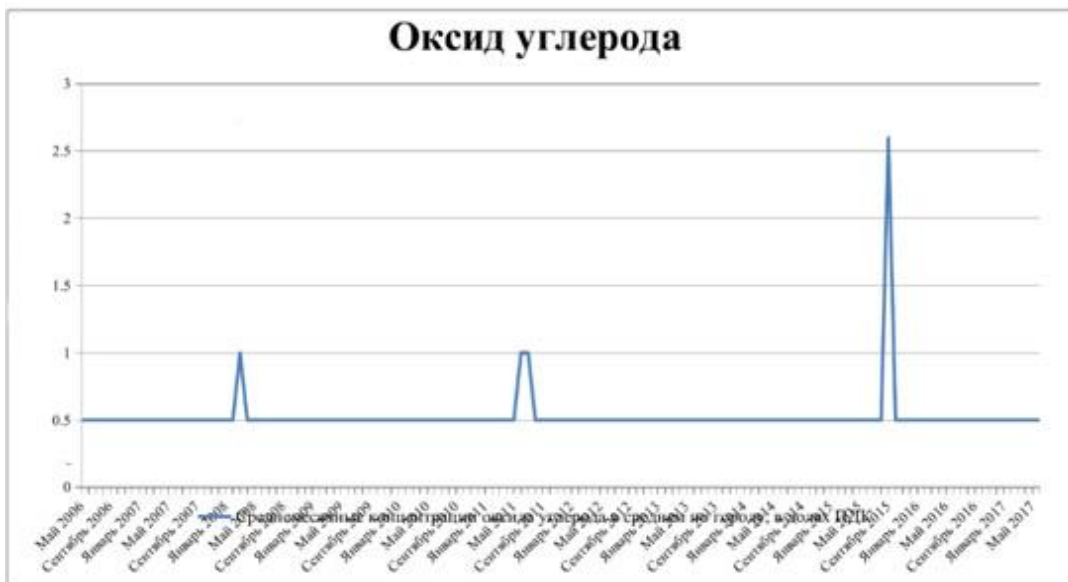


Рисунок Д.1 – Данные Министерства Экологии о среднемесячных концентрациях по оксиду углерода



Рисунок Д.2 – Данные Министерства Экологии о среднемесячных концентрациях по диоксиду азота



Рисунок Д.3 – Данные Министерства Экологии о среднемесячных концентрациях по формальдегиду



Рисунок Д.4 – Данные Министерства Экологии о среднемесячных концентрациях по взвешенным веществам

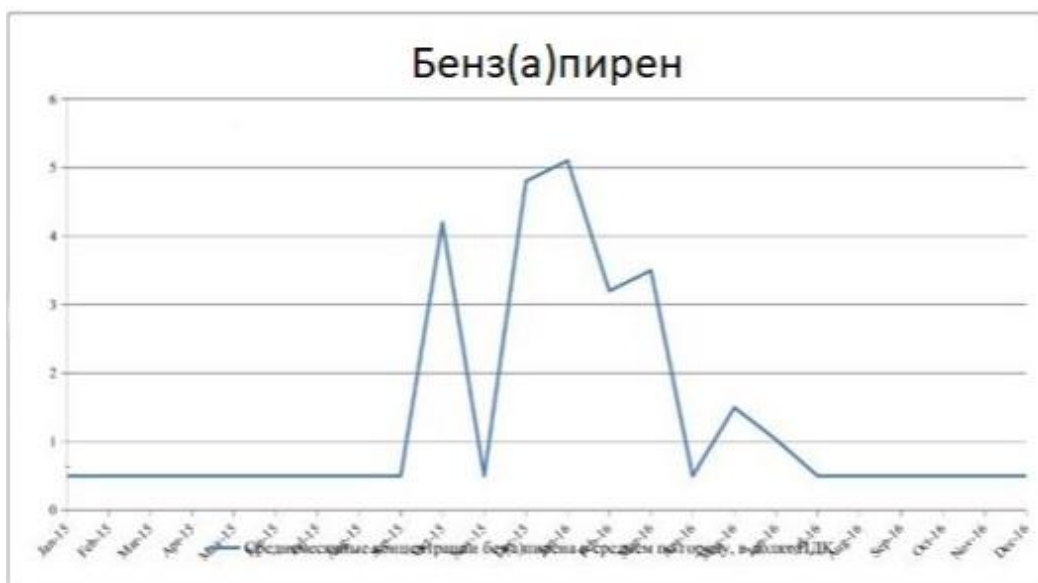


Рисунок Д.5 – Данные Министерства Экологии о среднемесячных концентрациях по бенз(а)пирену

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

График динамики количества загрязняющих веществ в период с 2005 г.
по 2015 г.

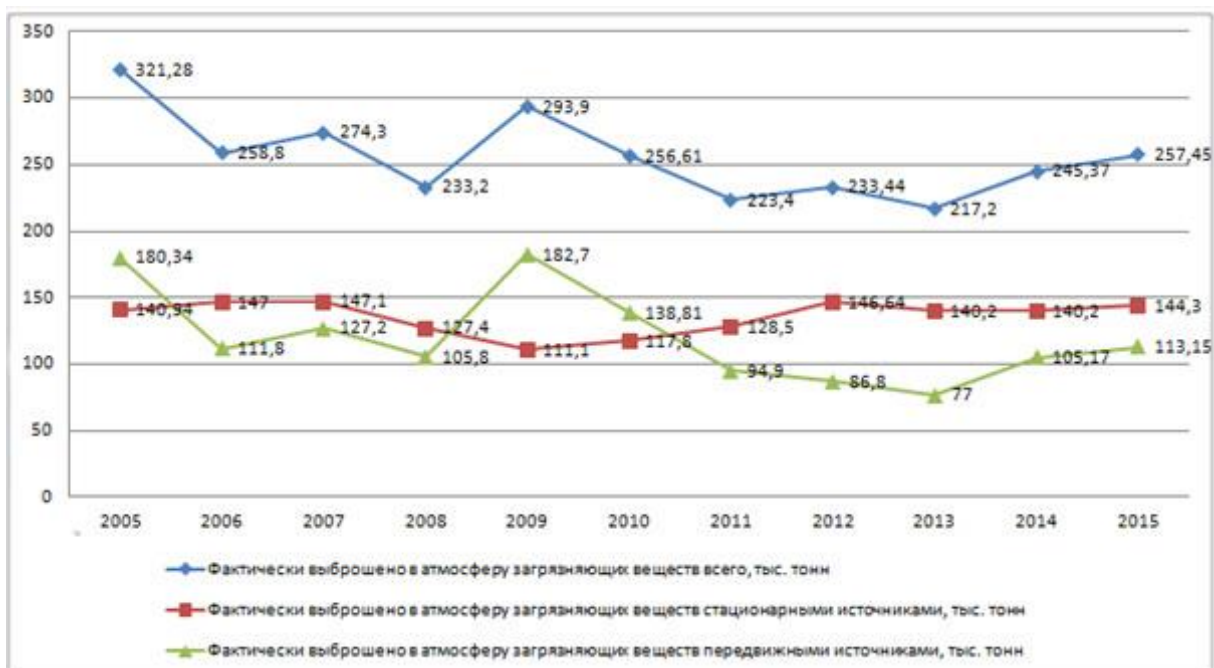


Рисунок Е.1 – График динамики количества загрязняющих веществ в период с 2005 по 2015 гг.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Годовая динамика загрязнения от автотранспорта

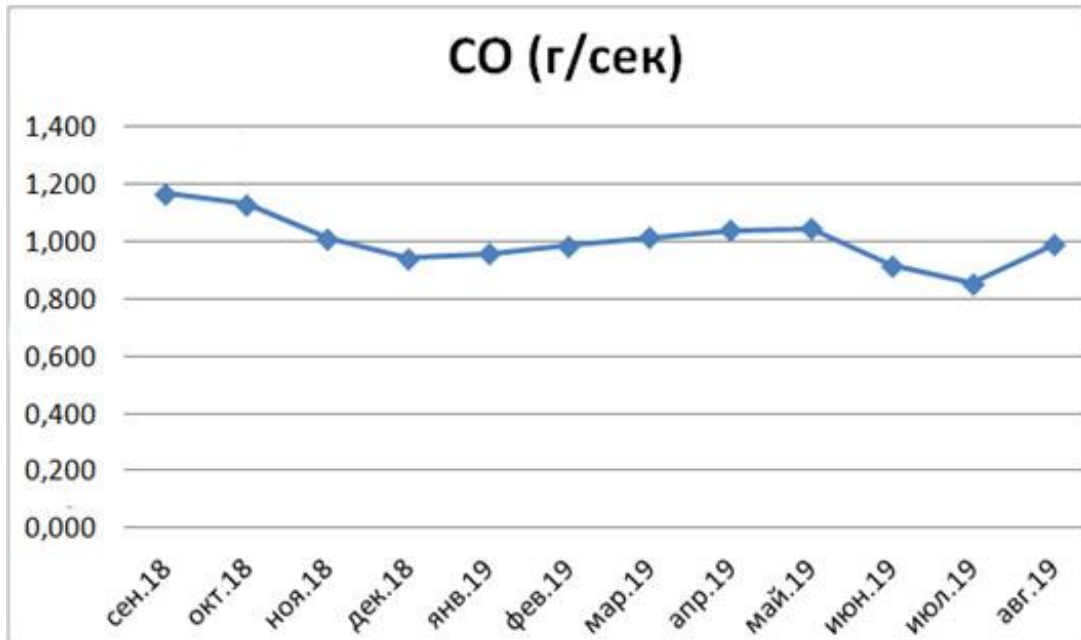


Рисунок Ж.1 – Годовая динамика оксида углерода от автотранспорта

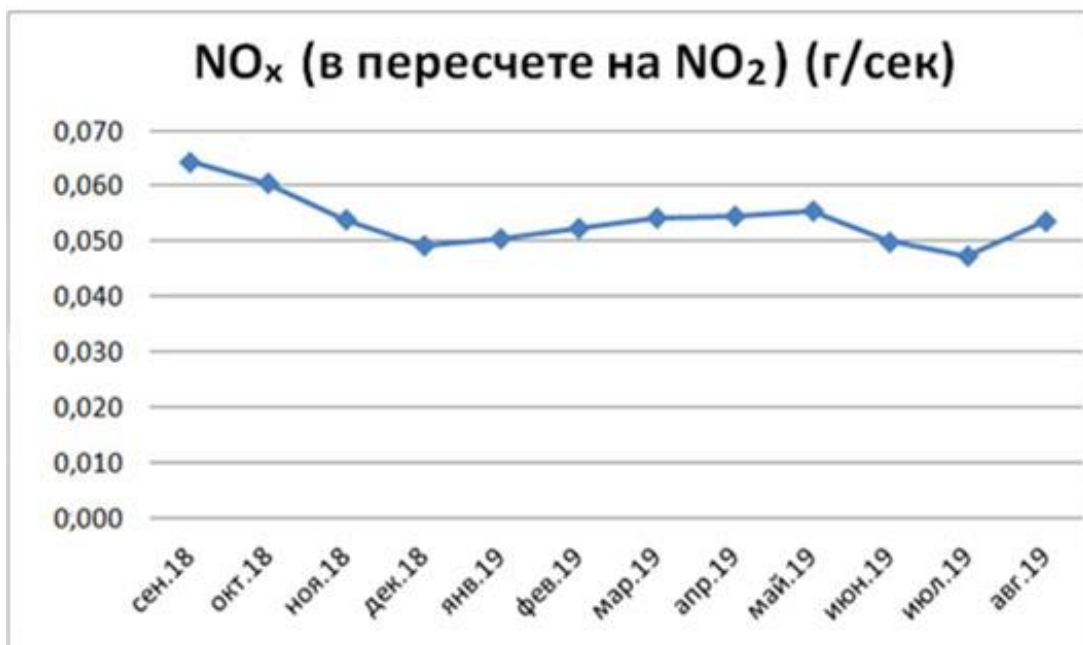


Рисунок Ж.2 – Годовая динамика диоксида азота от автотранспорта

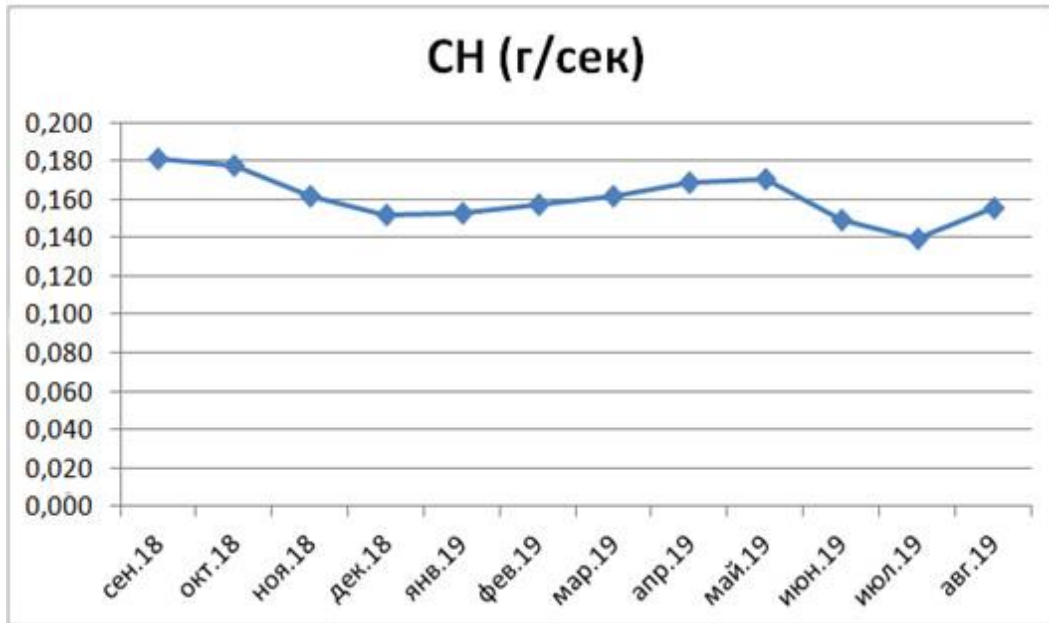


Рисунок Ж.3 – Годовая динамика углеводородов от автотранспорта

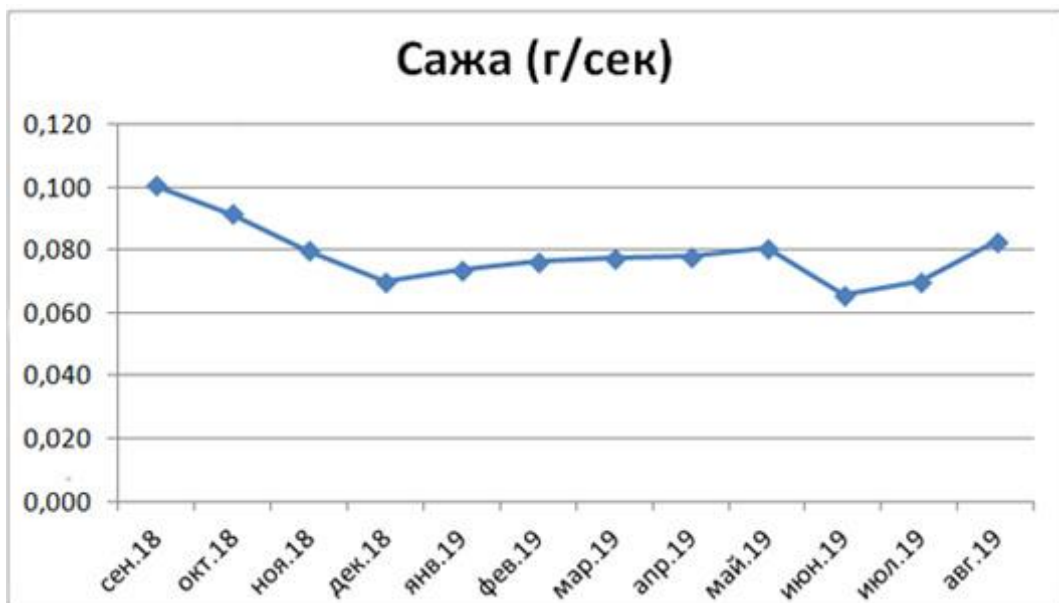


Рисунок Ж.4 – Годовая динамика сажи от автотранспорта

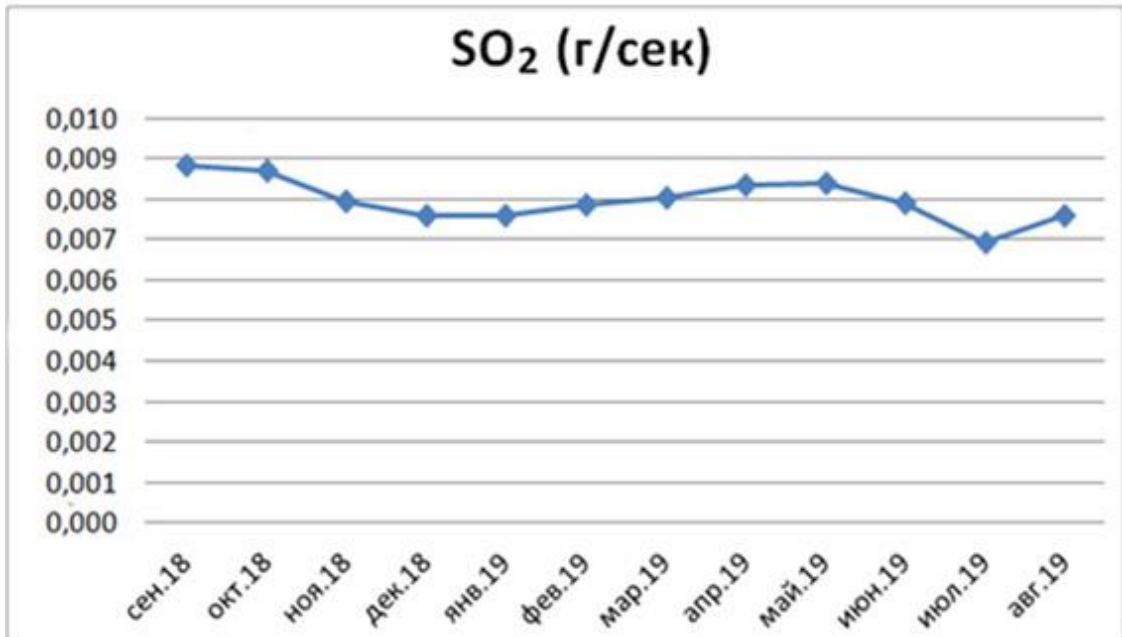


Рисунок Ж.5 – Годовая динамика диоксида серы от автотранспорта



Рисунок Ж.6 – Годовая динамика формальдегида от автотранспорта



Рисунок Ж.7 – Годовая динамика бенз(а)пирена от автотранспорта

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом по ГОСТ 2014 г.
и 2019 г.

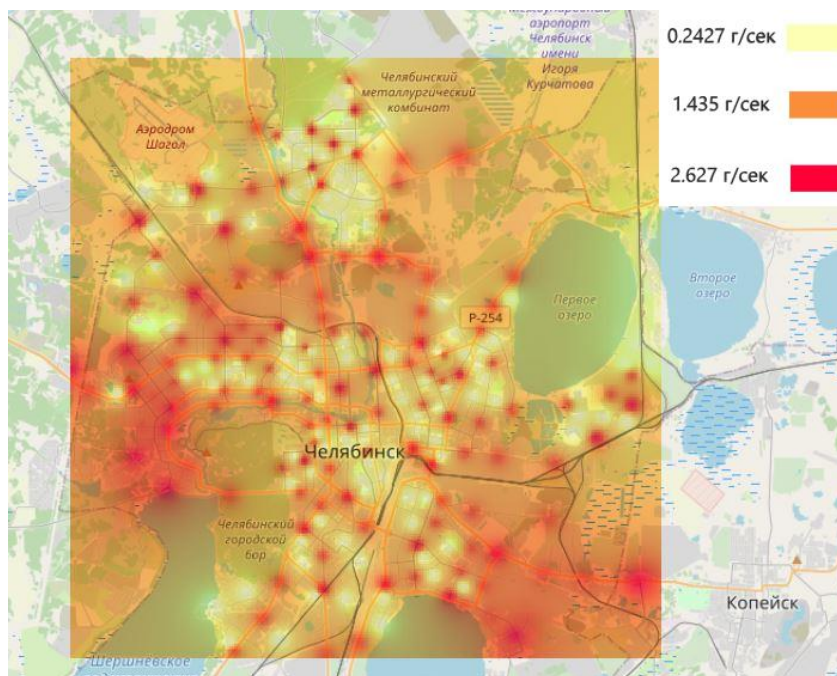


Рисунок 3.1 – Интерполяция среднегодового выброса оксида углерода автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

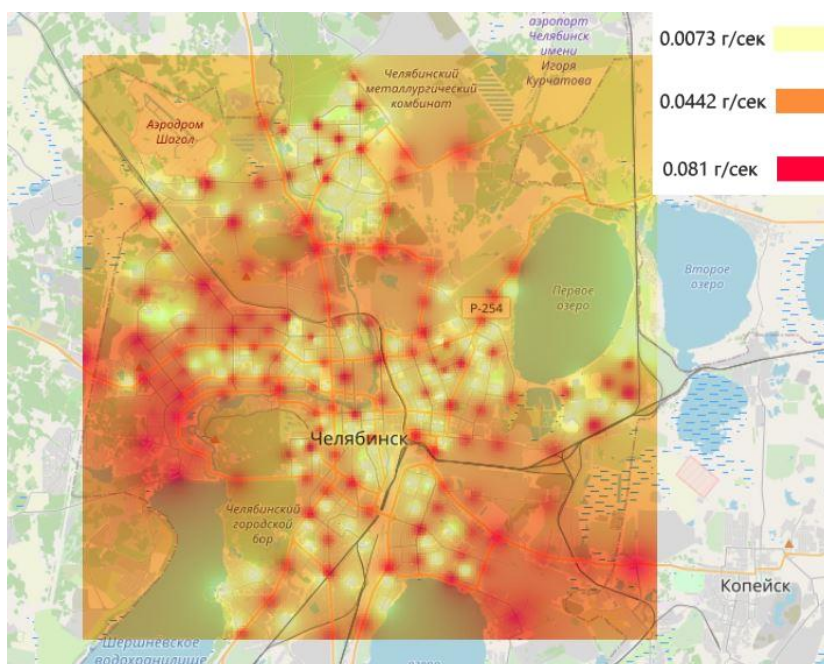


Рисунок 3.2 – Интерполяция среднегодового выброса диоксида азота автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

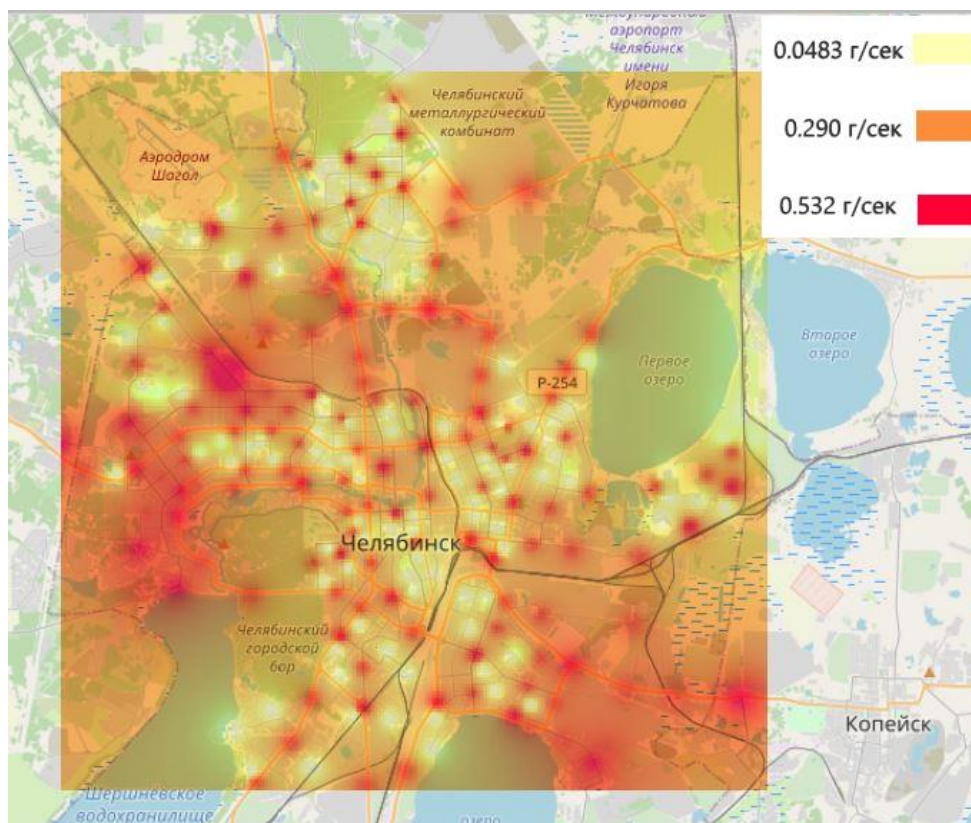


Рисунок 3.3 – Интерполяция среднегодового выброса углеводородов автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

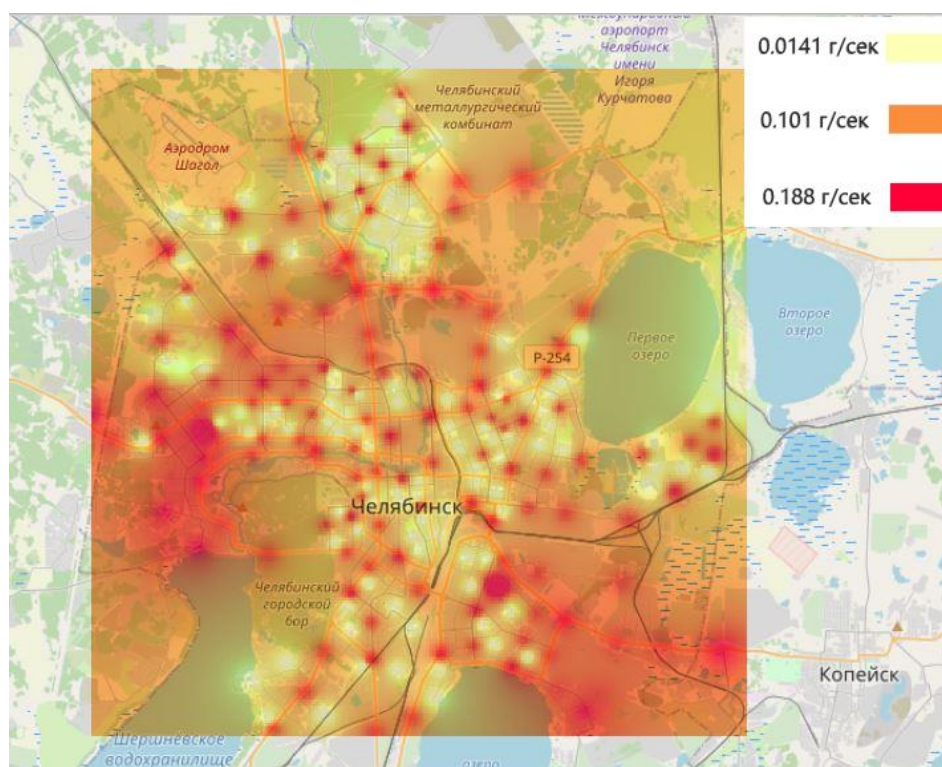


Рисунок 3.4 – Интерполяция среднегодового выброса сажи автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

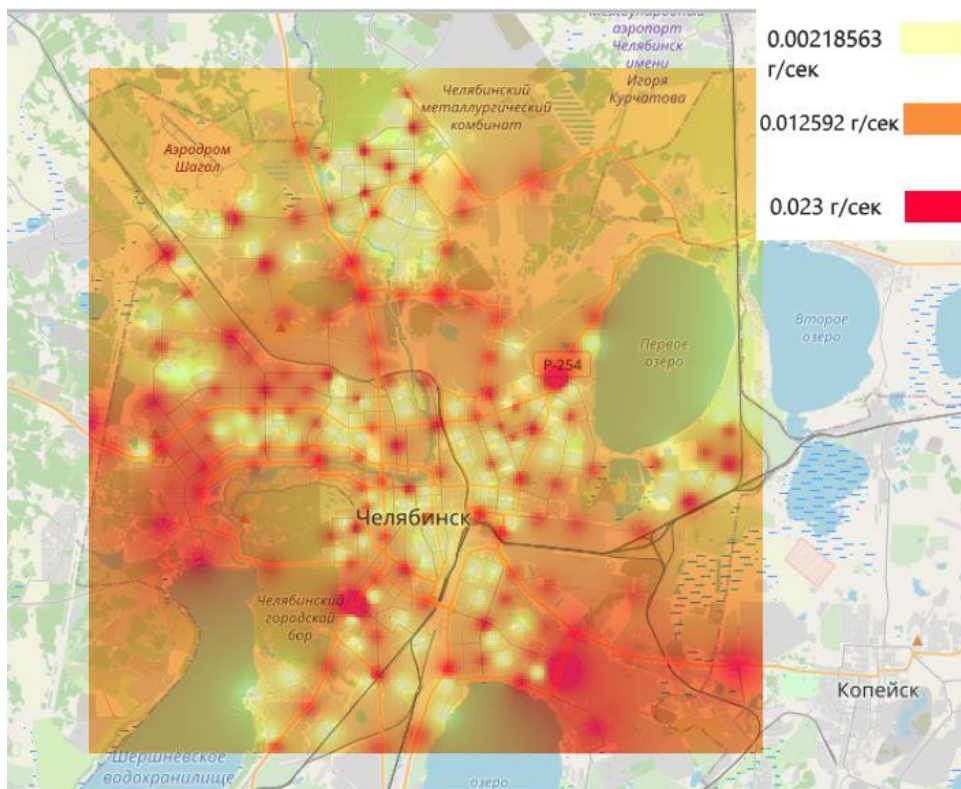


Рисунок 3.5 – Интерполяция среднегодового выброса диоксида серы автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

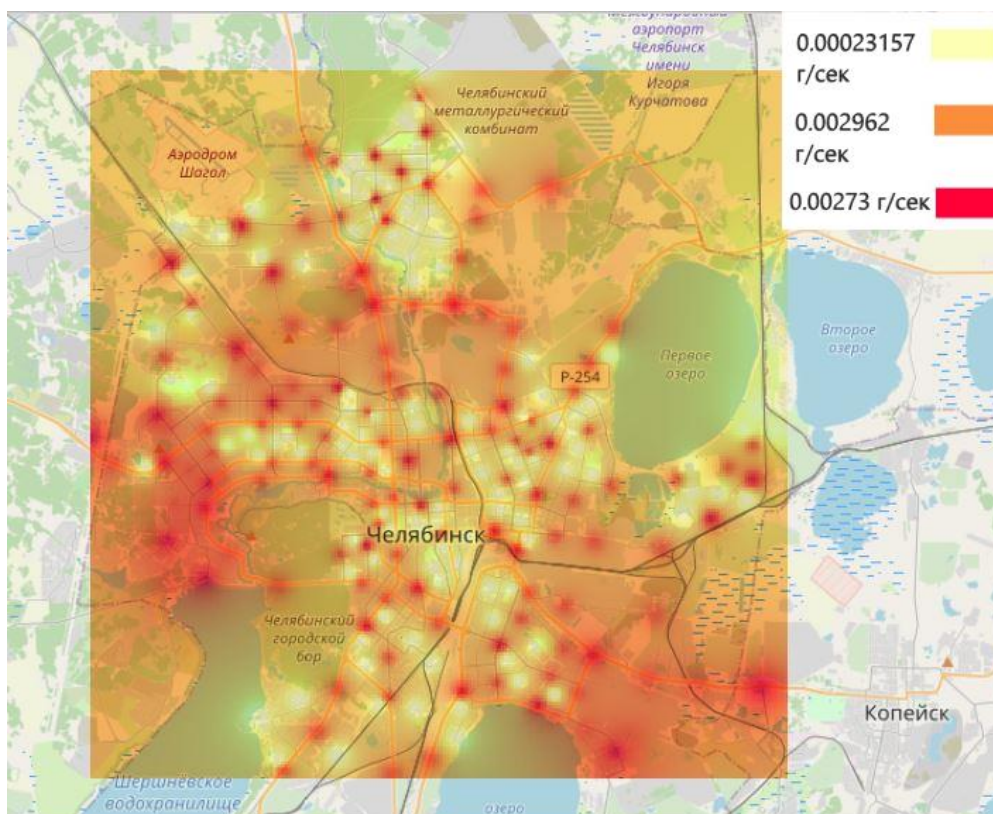


Рисунок 3.6 – Интерполяция среднегодового выброса формальдегида автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

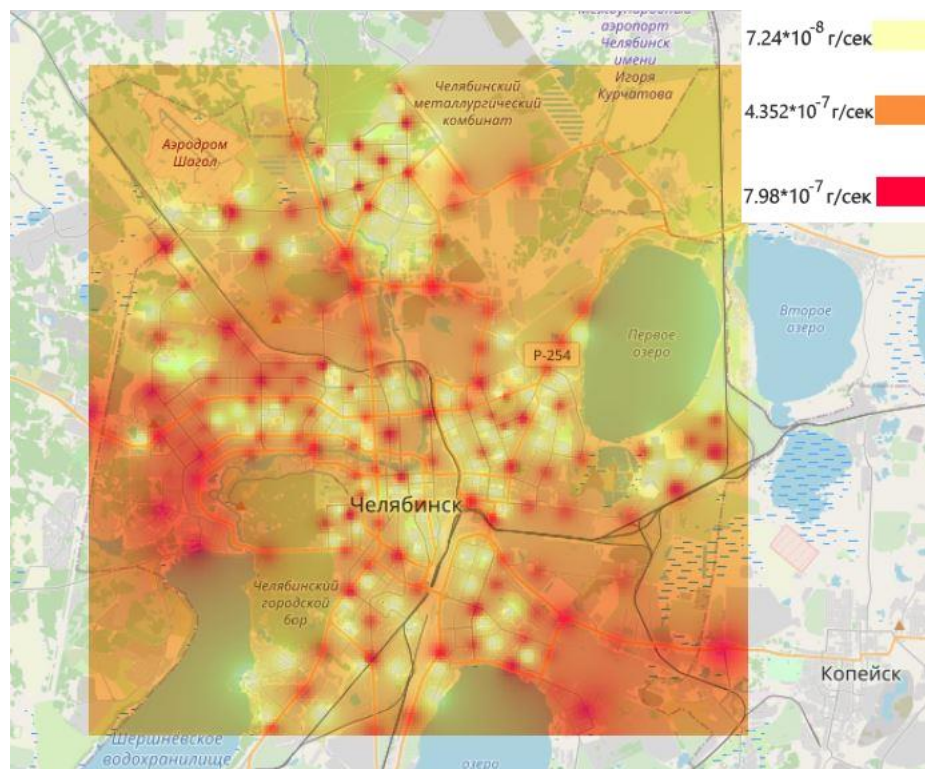


Рисунок 3.7 – Интерполяция среднегодового выброса бенз(а)пирена автотранспортом по ГОСТ 2014 г.

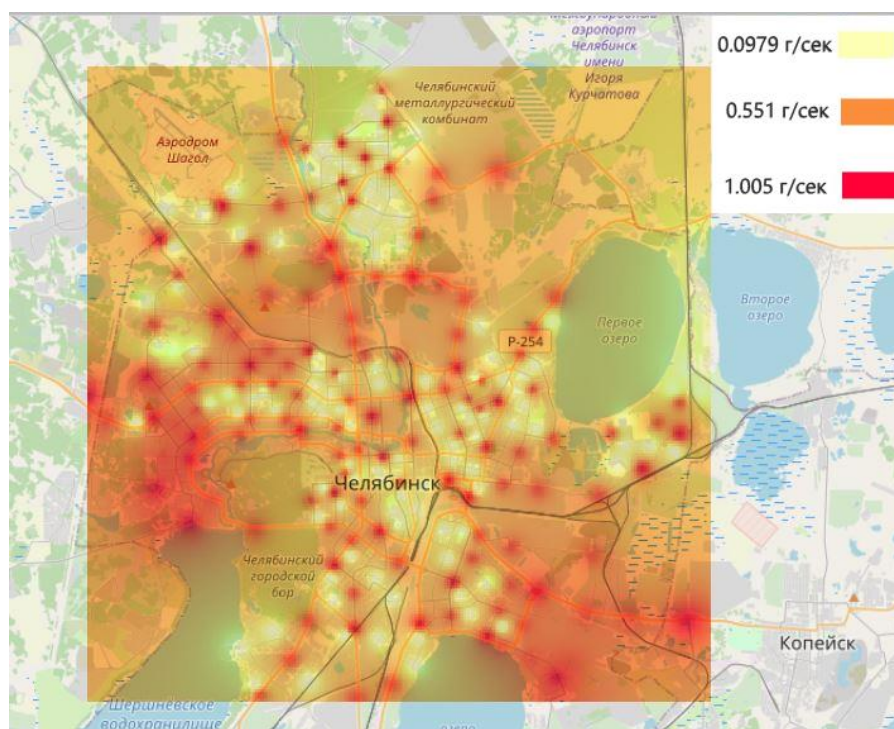


Рисунок 3.8 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом оксида углерода по ГОСТ 2019 г.

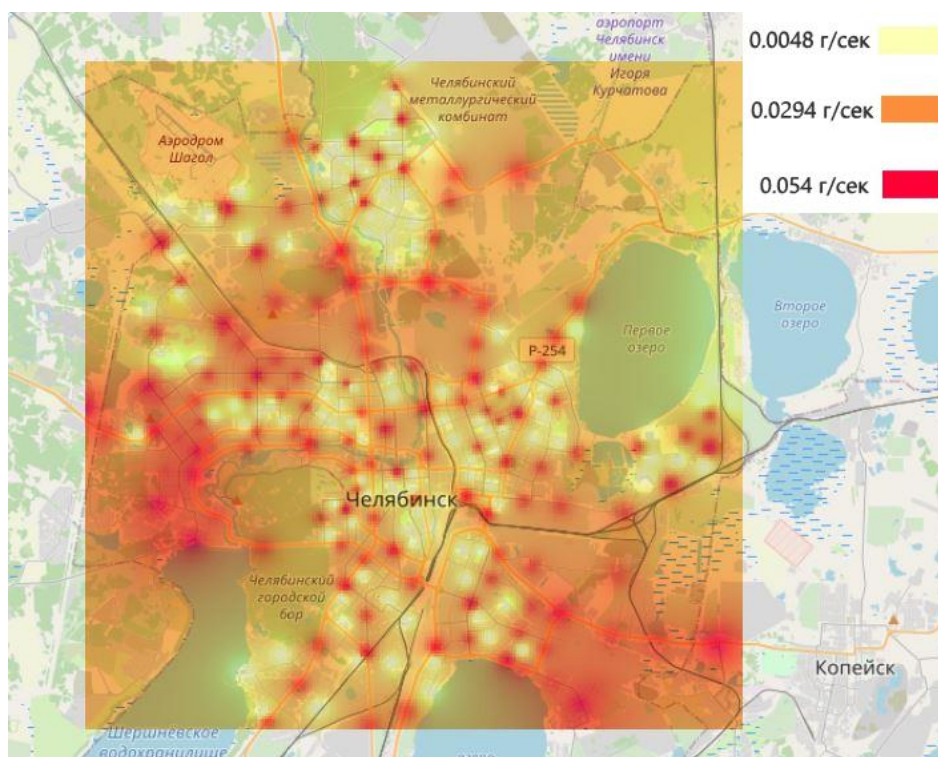


Рисунок 3.9 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом диоксида азота по ГОСТ 2019 г.

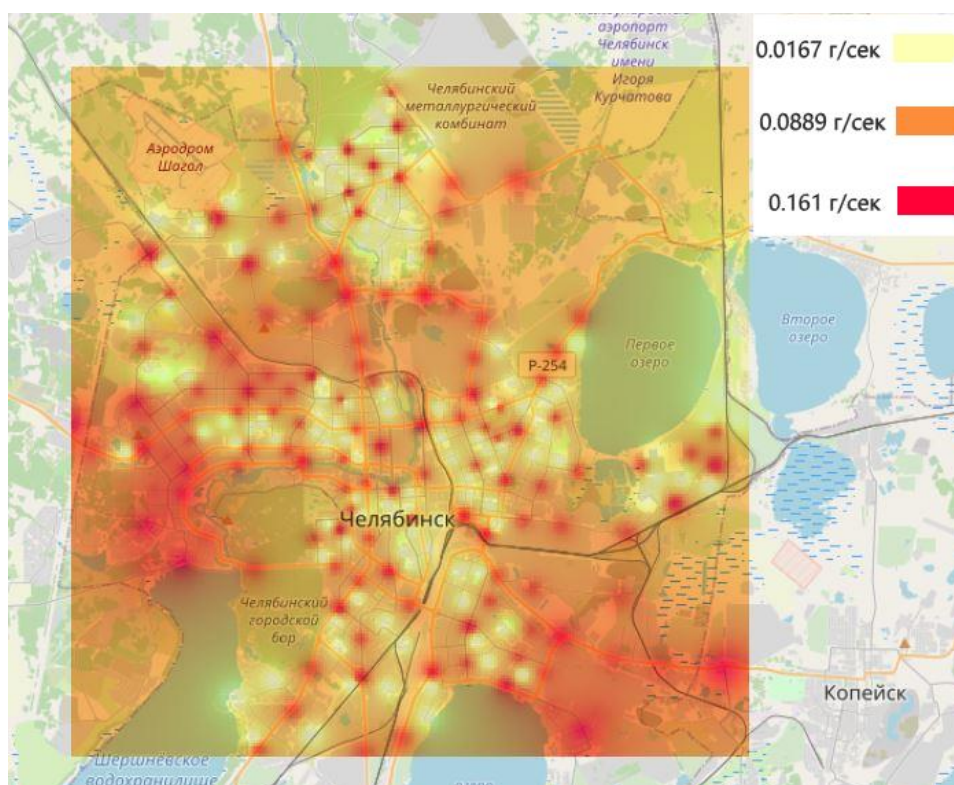


Рисунок 3.10 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом углеводородов по ГОСТ 2019 г.

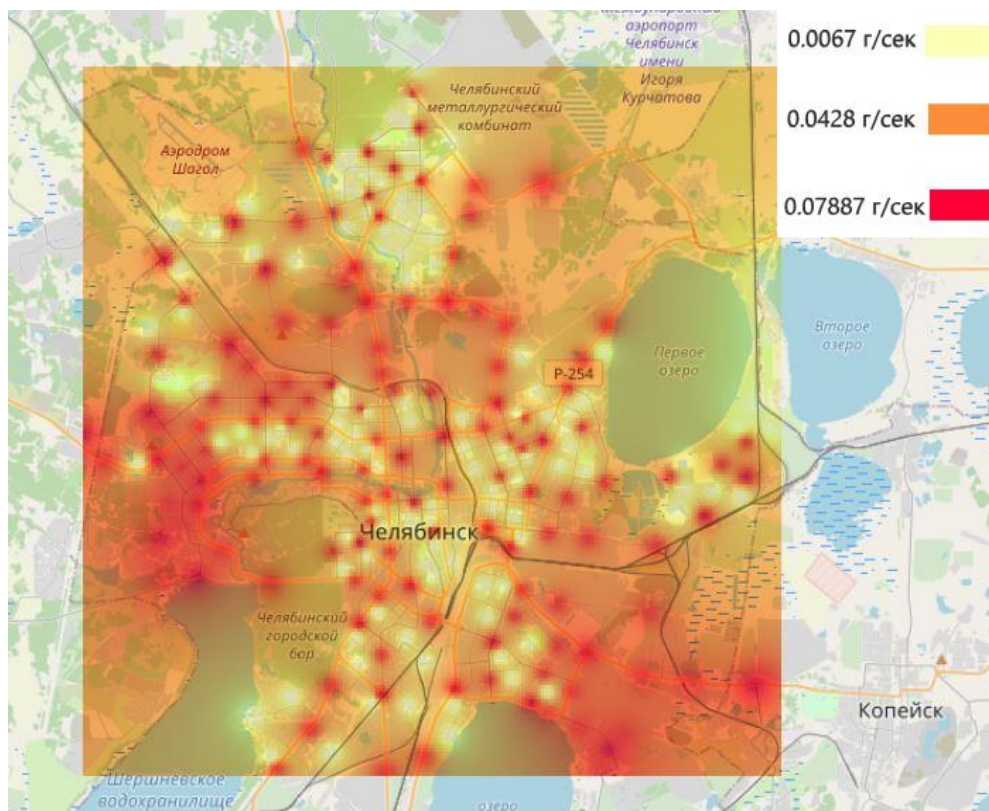


Рисунок 3.11 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом сажи по ГОСТ 2019 г.

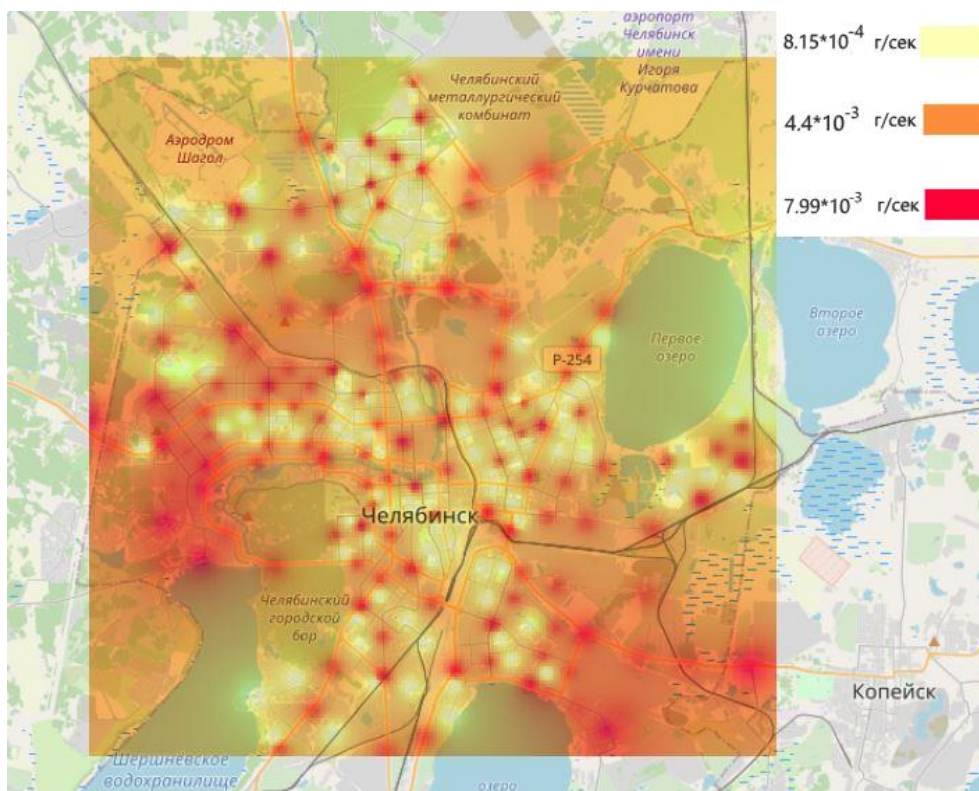


Рисунок 3.12 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом диоксида серы по ГОСТ 2019 г.

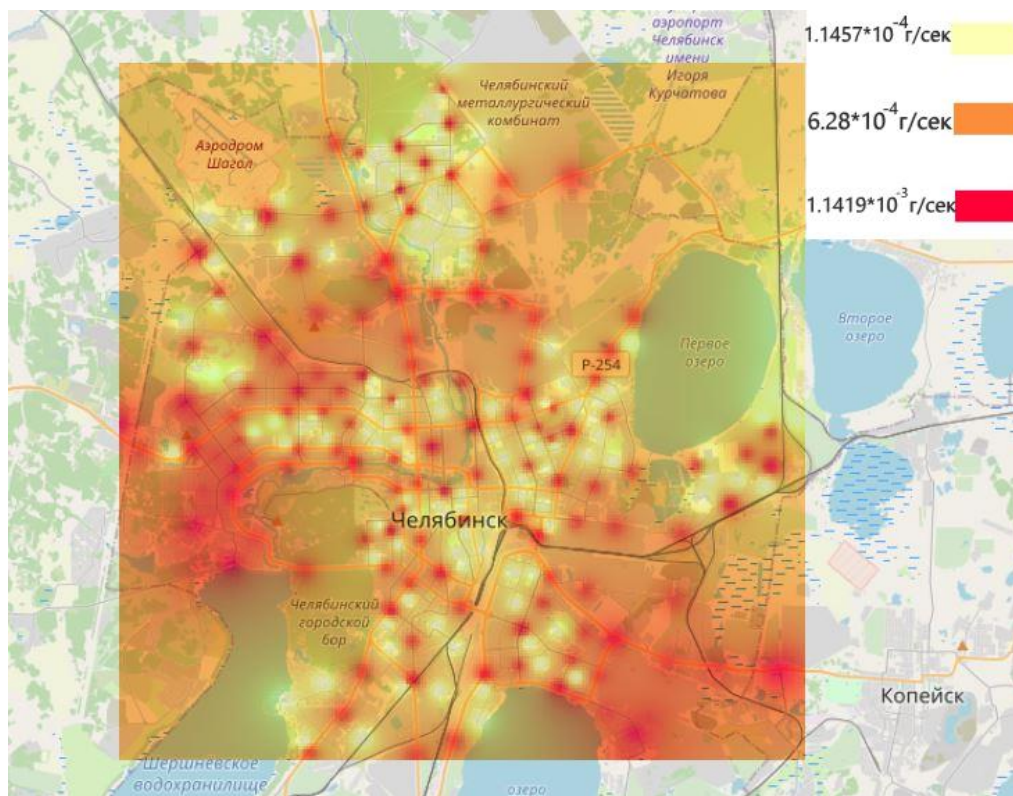


Рисунок 3.13 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом формальдегида по ГОСТ 2019 г.

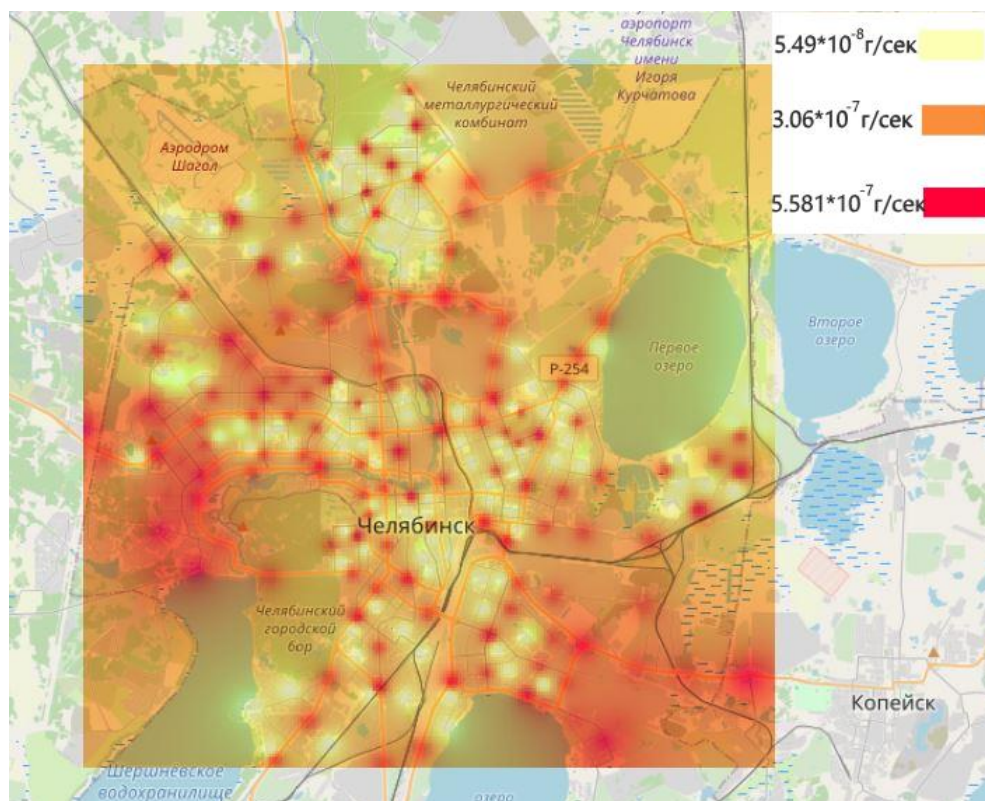


Рисунок 3.14 – Интерполяция среднегодового выброса автотранспортом бенз(а)пирена по ГОСТ 2019 г.