



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

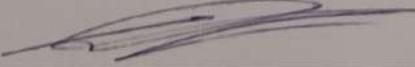
**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему Оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха в городе  
Челябинск

Исполнитель Абрамовских Дарья Алексеевна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор химических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Мансуров Марат Маруфович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой 

(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович  
(фамилия, имя, отчество)

06 06 2022 г.

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Теоретические основы оценки загрязненности атмосферного воздуха .5	
1.1 Понятие загрязнения атмосферы, их виды и источники.....	5
1.2 Нормирование загрязнений и качества атмосферного воздуха .....	10
Глава 2. Оценка качества воздуха в городе Челябинск.....	18
2.1 Методы контроля загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск .....	18
2.2 Анализ загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск .....	28
Глава 3. Мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск .....	41
3.1 Обоснование места установки постов автоматического контроля состава атмосферного воздуха.....	41
3.2 Мероприятия по защите атмосферного воздуха.....	44
Заключение .....	49
Список использованной литературы.....	51

## Введение

В настоящее время проблема обеспечения экологической безопасности является особо острой, что связано с ростом промышленности не только в России, но и во всем мире. В одном промышленном городе средних размеров может находиться около миллиона источников загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, влияющими не только на растения и животных, но и на здоровье населения.

На сегодняшний день для анализа процессов и оценки рисков при загрязнении атмосферного воздуха существует ряд моделей, однако всем им присущи недостатки. Поэтому разработка имитационных моделей для оценки рисков при загрязнении атмосферы, которые позволяли бы максимально достоверно исследовать опасности и риски, является актуальной задачей в области экологического мониторинга.

Безопасность жизнедеятельности человека определяется в частности состоянием окружающей среды и может быть обеспечена лишь при соблюдении правил взаимодействия с ней. Одним из важнейших факторов, которые определяют воздействие внешнего мира на живые объекты, является состояние воздушной среды.

Научно-технический прогресс, развитие транспорта и промышленности вызывают интенсивное использование природных ресурсов планеты, что в совокупности с ростом населения и постоянным процессом урбанизации приводит к повышению нагрузки на окружающую среду и непосредственно на загрязнение атмосферы [4].

Атмосферный воздух - важнейший компонент окружающей природной среды, представляющий собой естественную смесь газов, который находится за пределами жилых, производственных и других помещений. Загрязнение атмосферного воздуха - поступление или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные

государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха [15].

Актуальность исследований: в условиях роста антропогенной нагрузки необходимо внедрение современных методов и методологий контроля загрязнения атмосферного воздуха.

Объект исследования: качество атмосферного воздуха.

Предмет исследования: результаты контроля загрязнения атмосферного воздуха.

Целью данной работы является оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха на соответствие ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и определение неканцерогенного и индивидуального канцерогенного риска для здоровья населения.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

1) изучить и проанализировать данные о состоянии загрязненности атмосферного воздуха города Челябинск;

2) рассчитать неканцерогенный и индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения, а также соотнести полученные концентрации загрязняющих веществ с ПДК;

3) определить приоритетные загрязнители атмосферного воздуха в городе Челябинск;

4) предложить пути решения выявленной проблемы.

Методы исследования – систематизация, обобщение и анализ данных о состоянии загрязнения атмосферного воздуха.

## Глава 1. Теоретические основы оценки загрязненности атмосферного воздуха

### 1.1 Понятие загрязнения атмосферы, их виды и источники

Загрязнение атмосферы - появление в атмосферном воздухе нехарактерных для него химических, биологических и физических веществ, изменение их натуральной концентрации.

Промышленные заводы, ТЭС и транспорт считаются основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу [8]. Ежегодно в воздух поступает огромное количество загрязняющих веществ, более 200 млн т оксида углерода, более 150 млн т сернистого газа, свыше 50 млн т оксидов азота, более 50 млн т различных углеводородов, более 250 млн т высокодисперсных аэрозолей.

В городах воздух содержит в 10-15 раз больше загрязняющих примесей, чем в сельской местности. В крупных городах загрязненный воздух распространяется на высоту 1,5-2,0 км. Этот купол летом задерживает до 20 % солнечных лучей, а в зимнее время поглощает половину света. Основным транспортным средством, загрязняющим воздух, является автомобиль.

На сегодняшний день во всем мире число автомобилей превышает 500 млн. В ходе движения транспортного средства происходит процесс сжигания нефтепродуктов, которые впоследствии оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [5].

Выхлопные газы от автомобилей содержат в себе приблизительно около 200 веществ. Одним из таких веществ является соединение углеводорода.

Когда машина только начинает движение, либо когда функционирование двигателя происходит на малых оборотах, концентрация углеводорода приблизительно в 10 раз возрастает. В основном соединения, содержащиеся в выхлопных газах, в том числе и оксид углерода, тяжелее воздуха, поэтому в основном они скапливаются у земной поверхности. Наблюдается негативное воздействие оксида углерода на организм человека, поскольку при вдохе он

соединяется с гемоглобином крови, тем самым препятствуя поступлению кислорода к тканям организма, что влечет впоследствии за собой удушье. Сажа является продуктом неполного сгорания топлива.

В ее составе можно увидеть смолистые вещества, в том числе и бензапирен - наиболее опасный канцероген. В процессе сгорания бензина, в составе которого имеется тетраэтилсвинец, образуются опасные соединения свинца.

Тetraэтилсвинец поступает в бензин на нефтеперегонных заводах для повышения октанового числа в пропорции 1 литр бензина / 1 грамм тетраэтилсвинец. При разрушении данное вещество поступает в атмосферу в виде высокотоксичных соединений свинца [12]. В ходе функционирования ТЭС в атмосферный воздух поступает огромное количество продуктов сгорания топлива, таких как окись углерода CO, окислы азота, углекислый газ CO<sup>2</sup>, соединения серы, пыль.

В воздухе содержится огромное количество паров воды, которые, при соединении с газообразными окислами серы, образуют капельки серной кислоты, которые впоследствии могут выпадать на земную поверхность в виде кислотных дождей.

Загрязнение атмосферы от подвижных источников выбросов. В последние декады в связи с быстрым развитием машинного транспорта и авиации существенно повысилась доля выбросов, выбрасываемых в атмосферу от подвижных источников: грузовых и легковых автомобилей, тракторов, тепловозов и самолетов.

Согласно оценкам, в городах на долю авто приходится (в зависимости от индустриализации в рассматриваемом городе и числа автомобилей) от 30 до 70 % общей массы выбросов. В Соединенных Штатах в целом по стране, в крайней мере, 40 % общей массы пяти основных загрязняющих веществ составляют выбросы подвижных источников.

Основные загрязняющие атмосферу вещества, которые выбрасывают нестационарные источники (общее число таких веществ превышает 40), относятся оксид углерода (в США его доля в общей массе составляет около 70 %), углеводороды (примерно 19 %) и оксиды азота (около 9 %).

Оксид углерода (CO) и оксиды азота (NO<sub>x</sub>) поступают в атмосферу только с отработанными выхлопными газами машин, тогда как не совсем сгоревшие углеводороды (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) поступают как вместе с выхлопными отработанными газами (что составляет примерно 60 % от общей массы выбрасываемых углеводородов), так и из картера (около 20 %), топливного бака (около 10 %) и карбюратора (примерно 10 %); твердые примеси поступают в основном с выхлопными газами (90 %) и из картера (10 %) [14].

Относительная доля (от общей массы выбросов) углеводородов и оксида углерода наиболее высока при торможении и на холостом ходу, доля оксидов азота - при разгоне.

Из этих данных следует, что машины особенно сильно загрязняют атмосферную среду при частых остановках и при движении с малой скоростью или на низких передачах.

Создаваемые в городах системы движения в режиме «зеленой волны», существенно уменьшающие число остановок транспорта на перекрестках, призваны уменьшить загрязнение атмосферного воздуха в городской местности.

Огромное влияние на качество и количество выбросов примесей оказывает режим работы двигателя, в частности отношение между массами топлива и атмосферы, момент зажигания, качество топлива, отношение поверхности камеры сгорания к ее объему и др.

При возрастании отношения массы воздуха и топлива, поступивших в камеру сгорания, сокращаются выбросы оксида углерода и углеводородов, но возрастает выброс оксидов азота. Несмотря на то что дизельные двигатели более экономичны, таких веществ, как CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub>, выбрасывают не более,

чем бензиновые, они существенно больше выбрасывают дыма (преимущественно несгоревшего углерода), который к тому же обладает неприятным запахом, создаваемым некоторыми не совсем несгоревшими углеводородами.

В сочетании же с шумом двигателя на ДТ не только сильнее загрязняют среду, но и оказывают воздействие на здоровье человека гораздо в большей степени, чем бензиновые. Автомагистрали с крайне интенсивным движением являются наиболее значительным источником загрязнения атмосферы.

Автомагистраль с интенсивным движением можно рассматривать как линейный стационарный наземный источник выделения вредных загрязняющих веществ.

Загрязнение воздуха негативно влияет не только на здоровье человека, но и на саму планету в целом. Непоправимый вред наносится животным, растениям вокруг нас.

Промышленные предприятия выбрасывают в воздух оксиды азота, пыль, дым и другие вредные вещества. Многие фабрики спускают в водоем отходы производства и загрязняют реки и моря. Для их очистки требуются значительные суммы. Особенно опасным являются химические отходы, которые захоронены в земле. Именно они приводят к глобальному загрязнению окружающей среды.

Металлургические заводы и фабрики, которые производят алюминий, сталь, выпускают химические вещества и наиболее загрязняют окружающую среду. Многие промышленные предприятия выбрасывают небольшое количество загрязнений, но довольно регулярно.

Смог- один из самых распространенных загрязнений от заводов, который в сочетании с различными химическими процессами и погодными условиями крайне опасен для здоровья человека. Смог негативно воздействует на дыхательную, кровеносную систему человека, ослабляет его иммунитет.

Из-за загрязнения окружающей среды с каждым годом растет количество заболеваний сердца и раковых заболеваний.

Заводы, которые занимаются переработкой химической, ядерной промышленности могут выбрасывать в атмосферу очень ядовитые вещества и даже радиоактивные. Вредные вещества, которые выделяют данные отходы могут стать причиной развития генетических заболеваний у людей и могут быть смертельно опасными.

За 2015 год в атмосферу Челябинска было выброшено 257,42 тыс. тонн загрязняющих веществ: 113,15 тыс. тонн от автотранспорта (44 % от общего количества) и 144,27 (56% от общего количества) тонн от промышленных предприятий[14]. Самыми главными предприятиями, загрязняющими воздух в Челябинске, являются: ЧМК — 46,6 %, Фортум (городские ТЭЦ 1, ТЭЦ 2, ТЭЦ 3 и ГРЭС) — 14,7 %, ЧЭМК — 6,3 %, цинковый завод — 3 %[11].

За 2020 год 116,92 (58%) тыс. тонн было выброшено от промышленных предприятий и 84,66 (42%) тыс. тонн было выброшено от автотранспорта.

Основной вклад в выбросы вредных веществ в атмосферу вносят следующие предприятия:

- бенз(а)пирена - ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (71 %), ОАО «Челябинский электродный завод» (13,4 %), ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» (15,3 %);

- формальдегида - ОАО «Челябинский тракторный завод» (2 %), ОАО «АКСИ» (97,8 %);

- диоксида азота - ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (36 %), ТЭЦ-1 (14,9 %), ТЭЦ-2 (17,4 %), ТЭЦ-3 (8 %), ЧГРЭС (6,4 %);

- этилбензола - автозаправочные станции;

- взвешенных веществ - ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (53,6 %), ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» (21 %), ТЭЦ-1 (7,4 %), ТЭЦ-2 (12,4 %), ОАО «Челябинский электродный завод» (2,1 %), ОАО «Челябинский абразивный завод» (1 %);

- фторида водорода - ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (78,8 %), ОАО «Завод электромашина» (15,6 %), ОАО «Челябинский цинковый завод» (4,7 %);

- оксида углерода - ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (82 %), ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» (10,3 %), ОАО «Челябинский электродный завод» (2 %), ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (1,3 %).

Кроме того, промышленными предприятиями (ПАО «ЧМК», ПАО «ММК» и ПАО «ЧКПЗ») также проводились мероприятия по озеленению территорий предприятий и городов Челябинска и Магнитогорска [17].

## 1.2 Нормирование загрязнений и качества атмосферного воздуха

Для каждого загрязняющего вещества в воздухе, установлены два норматива: максимально разовая и среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК).

Максимально разовая ПДК устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у людей (ощущение запаха, изменение биоэлектрической активности головного мозга, световой чувствительности глаз) при кратковременном воздействии (до 20 мин) атмосферных загрязнений. Среднесуточная ПДК устанавливается с целью предупреждения прямого или непрямого токсического (канцерогенного, мутагенного) влияния загрязнителей.

Для очистки выбросов от дисперсных загрязнителей (в виде твердых или жидких частиц) применяют осадительные камеры, циклоны, скрубберы, электрофильтры. Для удаления паро- и газообразных загрязнителей - различные установки, основанные на адсорбции, абсорбции, дожигании, каталитическом превращении примесей.

По степени воздействия на организм человека все загрязняющие вещества делятся на 4 класса опасности: 1 - чрезвычайно опасные; 2 - высокоопасные; 3 - умеренно опасные; 4 - малоопасные (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Классификация вредных веществ

C, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности вещества
Менее 500	1
500-5000	2
50001-50000	3
Более 50000	4

Класс опасности устанавливается в зависимости от среднего содержания загрязняющего вещества в воздухе, приводящей к смертельному исходу с вероятностью 0,5.

Нормирование допустимого загрязнения атмосферного воздуха в промышленных городах служит основным направлением его охраны во многих странах мира. В России основным законодательным актом в этой сфере является Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха», в статье 1 которого дано определение таким основным понятиям как атмосферный воздух, вредное вещество и загрязнение.

Атмосферный воздух - жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Вредное (загрязняющее) вещество - химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Загрязнение атмосферного воздуха - поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях,

превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Статья 11 Закона РФ «Об охране атмосферного воздуха» определяет понятие «Нормирование качества атмосферного воздуха». В частности, в целях определения критериев безопасности и (или) безвредности воздействия химических, физических и биологических факторов на людей, растения и животных, особо охраняемые природные территории и объекты, а также в целях оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха и предельно допустимые уровни физических воздействий на него.

Основным нормативным документом, определяющим требования к качеству атмосферного воздуха, являются Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Они в табличной форме содержат следующую информацию: наименование вещества; формула химического вещества; ПДК максимально разовая, мг/м<sup>3</sup>; ПДК среднесуточная, мг/м<sup>3</sup>; лимитирующий показатель; класс опасности вещества. С учетом дополнений и изменений в настоящее время в ГН 2.1.6.1338-03 приведены показатели для 611 веществ.

Качество воздушной среды в рабочей зоне, т.е. непосредственно на территории промышленного объекта (на открытой площадке), в цехе, другом помещении, определяется ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Основу системы экологического регламентирования составляет ограничение поступления вредных веществ в объекты окружающей среды. Конечный результат регламентирования должен обеспечивать содержание вредных веществ в объектах окружающей среды на уровне или ниже ПДК.

К работам по экологическому регламентированию относят соблюдение проектов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В целях государственного регулирования выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух устанавливаются следующие нормативы таких выбросов: технические нормативы выбросов; предельно допустимые выбросы.

Технические нормативы выбросов устанавливает федеральный орган исполнительной власти в области охраны окружающей среды или другой уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти по согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды для отдельных видов стационарных источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, а также для являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха транспортных или иных передвижных средств и установок всех видов.

Предельно допустимые выбросы устанавливаются территориальными органами федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды для конкретного стационарного источника выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их совокупности (организации в целом).

В случае невозможности соблюдения юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, имеющими источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, предельно допустимых выбросов территориальные органы федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды могут устанавливать для таких источников временно согласованные выбросы по согласованию с территориальными органами других федеральных органов исполнительной власти.

Временно согласованные выбросы устанавливаются на период поэтапного достижения предельно допустимых выбросов при условиях соблюдения технических нормативов выбросов и наличия плана уменьшения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Сроки поэтапного достижения предельно допустимых выбросов устанавливаются органами государственной власти субъектов Российской Федерации по представлению соответствующих территориальных органов специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области охраны атмосферного воздуха.

План уменьшения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух разрабатывается и осуществляется юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, для которых устанавливаются временно согласованные выбросы, с учетом степени опасности указанных веществ для здоровья человека и окружающей среды.

В крупных промышленных центрах степень загрязнения атмосферного воздуха может в ряде случаев превысить нормативы. Характер временной и пространственной изменчивости концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе определяется большим числом разнообразных факторов.

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

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах интенсивного антропогенного воздействия и в районах, удаленных от источников загрязнения. Наблюдения в районах, значительно удаленных от

источников загрязнения, позволяют выявить особенности отклика биоты на воздействие фоновых концентраций загрязняющих веществ.

При наблюдении за фоновыми уровнями загрязнения атмосферного воздуха разрабатываются модели переноса примесей, и определяется роль в процессах переноса гидрометеорологических и техногенных факторов. На станциях фонового мониторинга наблюдение за качеством атмосферного воздуха осуществляется по физическим, химическим и биологическим показателям [4].

Обычно расположение источников выбросов и их параметры известны или их можно определить. Зная метеорологические параметры, в том числе «розу ветров» можно с использованием математических и физических моделей рассчитать поля концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для любой ситуации. Но адекватность принятых моделей реальным ситуациям все равно должна проверяться экспериментально.

Для получения репрезентативной информации о пространственной и временной изменчивости загрязнения воздуха с помощью передвижных средств. Для этого чаще всего используется передвижная лаборатория, производящая отбор, а иногда и анализ проб воздуха во время остановок. Такой метод обследования называется рекогносцировочным. Он находит достаточно широкое применение за рубежом [5].

На карту – схему города (населенного пункта, района) наносится регулярная сетка с шагом 0,1; 0,5 или 1,0 км. На местности по специально разработанной программе случайного отбора проб отбираются и анализируются пробы в точках, совпадающих с узлами сетки, наложенной на карту – схему.

Если обнаруживается, что существует вероятность роста концентрации примеси выше установленных нормативов, то за содержанием такой примеси в выявленной зоне следует установить наблюдение. Если же такой вероятности нет, отсутствуют перспективы развития промышленности, установление

стационарных постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха нецелесообразно. Такой вывод не распространяется на организацию наблюдений за фоновым уровнем загрязнения воздуха вне населенных пунктов.

Установив степень загрязнения атмосферного воздуха всеми примесями выбрасываемыми существующими и намечаемыми к строительству и пуску источниками, а также характер изменения полей концентрации примесей по территории и о времени с учетом карт загрязнения воздуха, построенных по результатам математического и физического моделирования, можно приступить к разработке схемы размещения стационарных постов наблюдений на территории города и программы их работ.

Программа разрабатывается исходя из задач каждого измерительного пункта и особенностей изменчивости концентрации каждой примеси в атмосферном воздухе. Пост наблюдений может давать информацию об общем состоянии воздушного бассейна, если пост находится вне зоны влияния отдельных источников выбросов и осуществлять контроль за источниками выбросов, если пост находится в зоне влияния источников выбросов [6].

При размещении постов наблюдений предпочтение отдается районам жилой застройки с наибольшей плотностью населения, где возможны случаи превышения установленных нормативных значений показателей ПДК. Наблюдения должны проводиться за всеми примесями, уровни которых превышают ПДК.

Контроль за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха осуществляется как на фоновом уровне, так и в зонах влияния атомных электростанций и других источников возможных выделений или выбросов радиоактивных веществ.

Важными методами контроля, так называемого трансграничного переноса глобальных потоков примесей, переносимых на большие расстояния от места выброса, является система наземных и самолетных станций, сопряженных математическими моделями распространения

примесей. Сеть станций трансграничного переноса оборудуется системами отбора газа и аэрозолей, сбора сухих и мокрых выпадений анализа содержания в отобранных пробах. Информация поступает в метеорологические синтезирующие центры, которые осуществляют:

а) сбор, анализ и хранение информации о трансграничном переносе примесей в атмосфере;

б) прогнозирование переноса примесей на основе метеорологических данных;

в) идентификацию районов выбросов и источников.

В целях сопоставимости результатов наблюдений, полученных в разных географических и временных условиях, используются единые методы отбора и анализа проб, обработки и передачи информации.

Для того чтобы воздухоохраные мероприятия были эффективными, информация должна быть полной и достоверной. Полнота информации определяется числом контролируемых ингредиентов, сроками наблюдений, размещение сети наблюдений. Достоверность информации в значительной степени зависит от ее однородности. Необходимо иметь однородный ряд наблюдений за период, для которого средние характеристики оказываются достаточно устойчивыми и слабо зависящими от новых результатов измерений [7].

Существующая в нашей стране сеть наблюдений загрязнения атмосферного воздуха включает посты ручного отбора проб воздуха и автоматизированные системы наблюдений и контроля окружающей среды (АНКОС). Посты наблюдений загрязнения могут быть стационарными, маршрутными и передвижными. С постов ручного отбора пробы для анализа доставляются в химические лаборатории. Системы АНКОС являются стационарными, они оснащены устройствами непрерывного отбора и анализа проб воздуха и передачи информации по каналам связи в центр управления и регулирования состоянием атмосферного воздуха в заданном режиме [8].

## Глава 2. Оценка качества воздуха в городе Челябинск

### 2.1 Методы контроля загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск

Основным источником информации для исследований служили фондовые данные региональной системы социально-гигиенического мониторинга. База данных «Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Челябинска» сформирована по данным мониторинга, который осуществлялся аккредитованным испытательным лабораторным центром (АИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» и Челябинским ЦГМС - филиалом ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

В базу данных включены средние и максимальные концентрации приоритетных загрязнителей, контролируемых на 5 маршрутных постах (П) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» и 5 стационарных постах (С) Челябинского ЦГМС - филиал ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», а также результаты лабораторных исследований, выполненных на основании жалоб населения на неудовлетворительное качество атмосферного воздуха на территории жилой застройки, и в рамках обеспечения надзорных мероприятий по контролю уровня загрязнения атмосферного воздуха на внешних границах санитарно-защитных зон крупных промышленных объектов, соприкасающихся с территорией жилой застройки (данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области»), что обеспечило максимально возможное представление о распространении загрязнителей воздушной среды на городской территории. База данных сформирована за пятилетний период (2016-2021 гг.).

В перечень контролируемых показателей вошли концентрации 16 приоритетных загрязнителей: оксида углерода, оксида серы IV (диоксида серы), оксида азота IV (диоксида азота), формальдегида, пыли (взвешенных

веществ), свинца, сажи (углерода), фенола, оксида марганца IV, оксида железа III, оксида хрома VI, меди оксида, 1,3-бутадиена, озона, акролеина, стирола.

При этом, на маршрутных постах наблюдения ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» постоянно контролировались концентрации 16 загрязнителей: оксид углерода, оксид серы IV, оксид азота IV, формальдегид, пыль (взвешенные вещества), свинец, сажа (углерод), фенол, оксид марганца IV, оксид железа III, оксид хрома VI, меди оксид, 1-3 бутадиен, озон, акролеин, стирол (этинилбензол); на стационарных постах Челябинского ЦГМС - филиала ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» от 5 до 7 загрязнителей: оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, пыль, формальдегид, фенол, сажа.

В перечень приоритетных загрязняющих атмосферный воздух веществ включены:

- вещества, совокупный вклад которых в валовый выброс составляет до 95% (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, взвешенные вещества);

- неорганические вещества, вероятно входящие в пылевую фракцию (пыль неорганическая, взвешенные вещества, зола углей с содержанием SiO<sub>2</sub> от 20 до 70%) на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля, включенные в область аккредитации Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» (свинец, оксид марганца, оксид железа, оксид хрома VI, меди оксид);

- вещества, обладающие канцерогенным действием (формальдегид, свинец, сажа, хром (VI), 1,3-бутадиен, стирол) на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля, включенные в область аккредитации Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области».

Кроме того, ряд веществ был обоснованно включен в перечень по другим критериям. В частности, основанием включения фенола (гидроксibenзола) в список контролируемых веществ являлась рекомендация организации мониторинга данного загрязнителя в соответствии с "короткими списками" приоритетных химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест, рекомендованных в ЕС и РФ [4].

В региональный список контролируемых веществ включены 1,3-бутадиен, стирол, акролеин, присутствующие в выбросах крупнейшего производства синтетических каучуков - ОАО «Челябинсксинтезкаучук» [2].

Кроме того, в последнее время в ряде публикаций отмечается актуальность проблемы озонового загрязнения приземного слоя воздуха [7, 10].

При этом, прежде всего, это проблема крупных южных мегаполисов с интенсивным автомобильным движением. Однако результаты наблюдений показывают, что озоновая опасность охватила индустриальные регионы средних широт и имеет тенденцию продвижения на север. В приземном слое атмосферного воздуха основным источником озона являются фотохимические реакции, в которых участвуют оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксид углерода (CO), летучие углеводороды ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ), альдегиды и кетоны. Это вещества, содержащиеся в выхлопах автотранспорта и в промышленных выбросах, являются предшественниками образования озона. Когда уровень солнечной радиации мал (пасмурная летняя погода, осень, зима), фотохимические реакции в приземной атмосфере отсутствуют или протекают очень вяло. При увеличении солнечной радиации, особенно в безветренную погоду в воздухе города может обнаруживаться озон в опасных для человека концентрациях [7]. В этой связи, озон был включен в список приоритетных контролируемых веществ в приземном слое воздуха территории города Челябинска.

Ряд веществ, совокупный вклад которых в валовый выброс составляет до 95%, в частности: метан, гексан, уайт-спирит, бензин нефтяной, толуол, ксилол, спирт этиловый, были исключены из рассмотрения, т.к. на протяжении многолетнего периода их концентрации в атмосферном воздухе селитебной территории как по данным лабораторного контроля, так и по данным моделирования не превышали уровень в 0,1ПДК [2].

Исходные данные мониторинга представлены по 75 точкам, условно распределенным по пяти видам функциональных зон, в том числе: 1) жилая зона с 3-мя подзонами: жилая ЦИ – центральная историческая часть города, включая общественно-деловую застройку и старую 5-ти-этажную застройку; жилая СП – кварталы с современной многоэтажной застройкой; жилая ЧС – частный сектор (преимущественно одноэтажная жилая застройка) – 20 точек, в т.ч. ЦИ – 7 точек, СП – 6 точек, ЧС – 7 точек; 2) промышленная зона – 18 точек; 3) зона рекреации – 14 точек; 4) транспортная зона – 17 точек; 5) фон – 6 точек (рис.1.1).

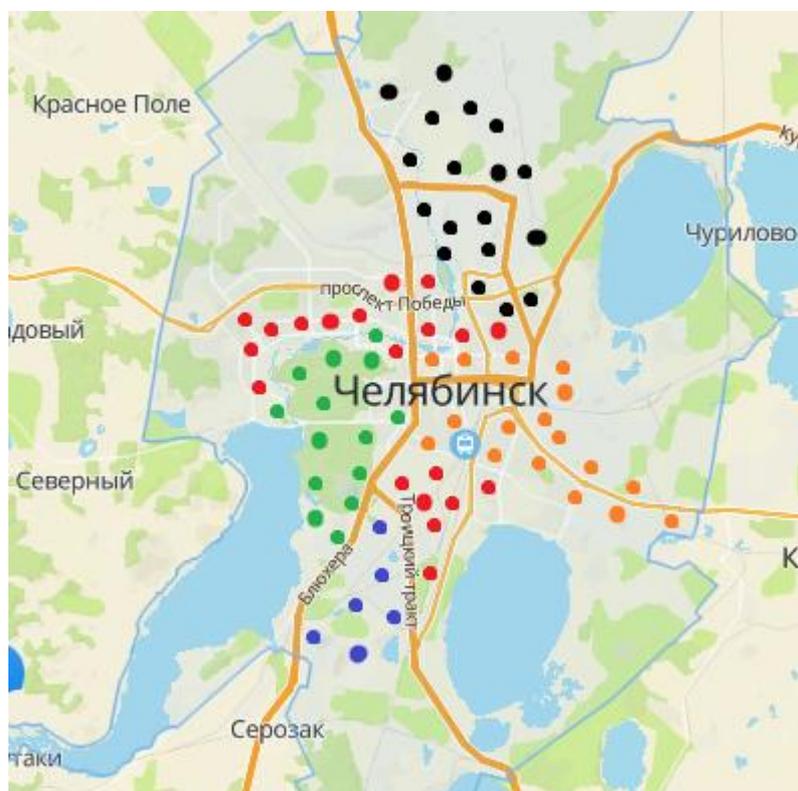


Рисунок 1.1 – Точки отбора проб.

Используемые методы лабораторного контроля входили в область аккредитации Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области (Аттестат аккредитации испытательного лабораторного центра № РОСС RU.001-510125 от 20.10.2018, г., действителен до 20.10.2022 г.) представлены в приложении А.

Основным нормативным документом, определяющим требования к качеству атмосферного воздуха, является «Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (Приложение Б).

Эти нормативы распространяются на атмосферный воздух городских и сельских поселений.

Расчитанные за период 2016-2021 гг. средние арифметические значения концентраций и определенные максимальные значения концентраций загрязняющих веществ сравнивались с гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и референтными концентрациями, рекомендованными Всемирной организацией здравоохранения, которые закреплены для оценки неканцерогенного риска в соответствии Р 2.1.10.1920 -04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [8].

Характеристика неканцерогенного риска проводилась с двух позиций: острого и хронического воздействия, поскольку для ингаляционного пути поступления загрязнителей в организм в руководстве Р 2.1.10.1920 - 04 приведены референтные концентрации для острого (ARfC) и хронического (RfC) воздействия (табл. 2.1 и 2.2) [8].

Таблица 2.1 - Референтные концентрации для острого ингаляционного воздействия (по Р 2.1.10.1920-04)

Вещество	Код CAS	ARfC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы /системы
углерод оксид	630-08-0	23	серд.-сос. сист., развитие
сера диоксид	7446-09-5	0,66	органы дыхания
азот диоксид	10102-44-0	0,47	органы дыхания
формальдегид	50-00-0	0,048	органы дыхания
пыль (SiO <sub>2</sub> 20-70%)	нет номера	не уст.	-
свинец	7439-92-1	не уст.	-
сажа	1333-86-4	не уст.	-
фенол	108-95-2	6	органы дыхания
марганец диоксид	1313-13-9	не уст.	-
оксида железа III (дижелезо триоксид в пересчете на железо)	1309-37-1	не уст.	-
оксид хрома VI (хром в пересчете на хрома VI оксид)	18540-29-9	не уст.	-
меди оксид (в пересчете на медь)	1317-38-0	не уст.	-
1,3-бутадиен	106-99-0	0,11	развитие
озон	10028-15-6	0,18	органы дыхания
акролеин	107-02-8	0,0001	глаза
стирол	100-42-5	20	глаза, органы дыхания

Таблица 2.2 - Референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия (по Р 2.1.10.1920-04)

Вещество	Код CAS	RfC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы /системы
углерод оксид	630-08-0	3	кровь, серд.-сос. сист., развитие, ЦНС
сера диоксид	7446-09-5	0,05	органы дыхания, смертность
азот диоксид	10102-44-0	0,04	органы дыхания, кровь (образование MetHb)

## Продолжение таблицы 2.2

Вещество	Код CAS	RfC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы/системы
формальдегид	50-00-0	0,003	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
пыль (SiO <sub>2</sub> 20-70%)	нет номера	0,1	органы дыхания, иммун. система (сенсиб.)
свинец	7439-92-1	0,0005	ЦНС, кровь, развитие, репрод. сист., гормон., почки
сажа	1333-86-4	0,05	органы дыхания; системн., зубы
фенол	108-95-2	0,006	серд.-сос. сист., почки, ЦНС, печень, органы дыхания
марганец диоксид	1313-13-9	5,00*10 <sup>-5</sup>	ЦНС, органы дыхания
железо(III)оксид	1309-37-1	0,04	органы дыхания
хром(VI), хром триоксид	18540-29-9	0,0001	органы дыхания, рак
медь оксид	1317-38-0	2,00*10 <sup>-5</sup>	органы дыхания, системн.
1,3-бутадиен	106-99-0	0,002	репрод., органы дыхания, серд.- сос. сист., кровь, рак
озон	10028-15-6	0,03	органы дыхания
акролеин	107-02-8	2,00*10 <sup>-5</sup>	органы дыхания, глаза
стирол	100-42-5	1	ЦНС, системн. (масса тела), гормон

Для характеристики неканцерогенного риска от воздействия на организм химических веществ использован коэффициент опасности (HQ), рассчитываемый как отношение фактической концентрации вредного вещества ( $C_i$ ) к референтной (безопасной) концентрации ( $RfC_i$ ) по формуле 1.

$$HQ = C_i / RfC_i, \quad (1)$$

где  $C_i$  - фактическая концентрации вредного вещества, мг/м<sup>3</sup>

RfC<sub>i</sub> - референтная (безопасная) концентрация.

Величина  $HQ > 1$  говорит о вероятности возникновения вредных токсических эффектов в организме.

С учетом однонаправленности воздействия веществ (на органы и системы человеческого организма) рассчитывался индекс опасности (HI) по формуле (2):

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad (2)$$

где  $n$  – число веществ однонаправленного воздействия.

Риск острого воздействия оценивался по максимальным значениям максимально разовых концентраций. Риск хронического воздействия оценивался по среднему арифметическому значению максимальных разовых концентраций. Следует отметить, что риск хронического воздействия наиболее правильно оценивать по среднесуточным концентрациям. Однако, в сложившихся условиях, когда среднесуточные концентрации определяются по ограниченному перечню загрязнителей и только на стационарных и маршрутных постах, среднее арифметическое значение максимально разовых концентраций является наиболее приближенной к среднесуточной концентрации величиной экспозиции.

Индивидуальный канцерогенный риск (CR) в течение жизни определяется по формуле (3):

$$CR = ADD * SF, \quad (3)$$

где ADD - средняя суточная доза в течение жизни, мг/(кг\*день);

SF - фактор канцерогенного потенциала, мг/(кг\*день)<sup>-1</sup>.

$SF_i$  – фактор канцерогенного потенциала  $(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{сутки}))^{-1}$  - мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена.

Определяется как тангенс угла наклона зависимости «доза-эффект» в нижней «линейной» части экспериментальной кривой. Факторы наклона канцерогенного потенциала разработаны в экспериментальных исследованиях на животных на основе использования линейной многоступенчатой модели и с учетом статистической экстраполяции с высоких доз, где наблюдаются эффекты в лабораторных условиях, на малые дозы, реально встречающиеся в объектах окружающей среды, при которых эффект в эксперименте не выявляется. Фактор канцерогенного потенциала – табличная (справочная) величина, определяемая экспериментальным путем.

При этом, для оценки экспозиции избран основной путь поступления загрязняющих веществ в организм – ингаляционный. Средняя суточная доза (ADD) рассчитывалась для двух возрастных групп (дети 6 лет и взрослое население) согласно рекомендациям, изложенным в руководстве Р 2.1.10.1920-04 [8] (табл. 2.3).

Таблица 2.3 - Стандартные факторы экспозиции для расчета суточных доз при ингаляционном воздействии веществ, поступающих в организм с атмосферным воздухом

ADD = [(Ca x Tout x Vout) + (Ch x Tin x Vin) x EF x ED / (BW x AT x 365)]:		
Пара-метр	Характеристика	Стандартное значение
ADD	Величина поступления, мг/(кг x день)	-
Ca	Концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/м <sup>3</sup>	-
Ch	Концентрация вещества в воздухе жилища, мг/м <sup>3</sup>	1,0 x Ca
Tout	Время, проводимое вне помещений, час./день	8
Tin	Время, проводимое внутри помещений, час./день	16

Пара-метр	Характеристика	Стандартное значение
Vout	Скорость дыхания вне помещений, м <sup>3</sup> /час	1,4
Vin	Скорость дыхания внутри помещения, м <sup>3</sup> /час	0,63
EF	Частота воздействия, дней/год	350
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет; дети: 6 лет
BW	Масса тела, мг/кг	70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции, лет	30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет

Из контролируемых в атмосферном воздухе веществ 6 являются канцерогенами, для которых имеется фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии (SF<sub>i</sub>) (формальдегид, свинец, сажа, хром (VI), 1,3-бутадиен, стирол) (табл. 2.4).

Таблица 2.4 - Факторы канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии веществ (мг/(кг x сут.)<sup>-1</sup>)

Вещество	CAS	МАИР*)	ЕРА**)	SF <sub>i</sub> (ингаляционное воздействие)
формальдегид	50-00-0	2A	B1	0,046
свинец	7439-92-1	2A	B2	0,042
сажа	1333-86-4	1	нет данных	0,0155
хром (VI)	18540-29-9	1	A	42
1,3-бутадиен	106-99-0	2A	A/B2	0,105
стирол	100-42-5	2B	C	0,002

\*) МАИР – международное агентство по изучению рака

\*\*) ЕРА – Агентство по защите окружающей среды США

Таким образом, оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха проведена по двум направлениям: 1) на соответствие ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»; 2) с целью определения неканцерогенного и канцерогенного риска для здоровья населения в

соответствии с Р 2.1.10.1920 -04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

## 2.2 Анализ загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск

На протяжении последних лет город Челябинск остается неблагоприятной территорией по уровню загрязнения атмосферного воздуха.

Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят выбросы от автотранспорта. На территории города зарегистрировано более 300 тысяч единиц транспортных средств, в том числе 2551 единица грузового автотранспорта, приписанных к предприятиям и организациям города [2].

Рост автомобильного парка происходит в условиях существенного отставания экологических показателей отечественных автотранспортных средств и используемых моторных топлив от мирового уровня, а также отставания в развитии и техническом состоянии улично-дорожной сети.

Основными составляющими выхлопных газов являются оксиды углерода, азота, серы, углеводороды, взвешенные вещества, содержание которых возрастает в процессе эксплуатации автомобиля в связи с износом двигателей.

Немаловажен вклад в загрязнение атмосферного воздуха города Челябинска стационарных источников. По последним опубликованным данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Челябинской области, согласно информации из формы государственной статистической отчетности 2ТП (воздух) - "Сведения об охране атмосферного воздуха"», в атмосферный воздух г. Челябинска от организованных (промышленных) источников поступает 343 загрязняющих вещества, общим объёмом выбросов 10497 т/год [1].

Основной вклад в общий объем выбросов от организованных источников вносят оксид углерода (28,01%), диоксид азота (24,09%), диоксид серы (10,96%), метан (7,16%), оксид азота (4,35%), зола углей (4,06%), пыль неорганическая с содержанием SiO<sub>2</sub> 20-70% (2,44%). По 1-2% приходится на гексан, взвешенные вещества, уайт-спирит, бензин нефтяной, толуол, ксилол, спирт этиловый. На остальные 329 учитываемых веществ в совокупности приходится 4,13%, при этом на каждое из них приходится от 0,000001 до 1,18%. Вещества, совокупный вклад которых в валовый выброс составляет 95% представлены в Приложении В. На рисунке 2.1 представлена диаграмма процентного соотношения загрязняющих веществ.

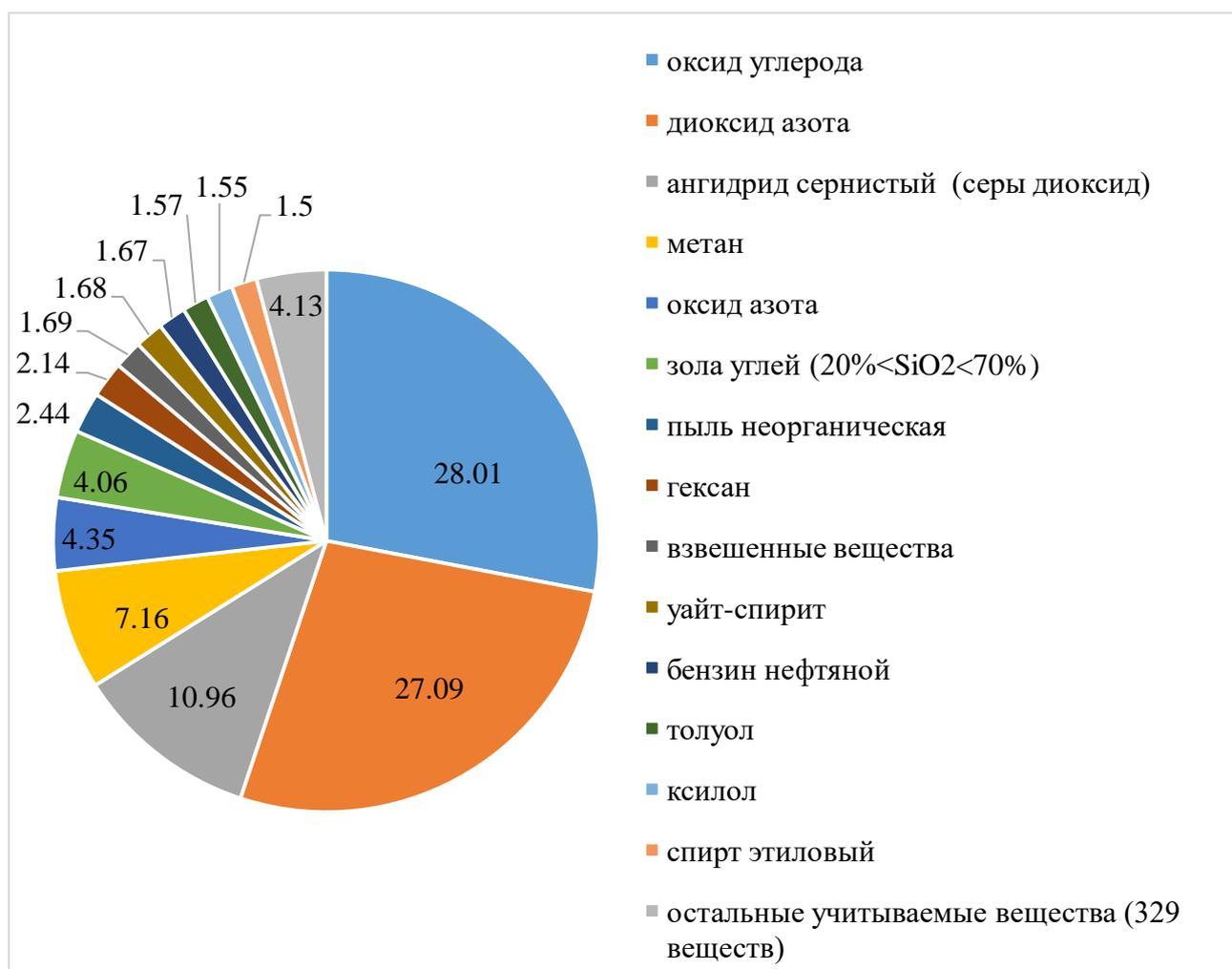


Рисунок 2.1 - Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

В ходе выполнения исследования при оценке соотношения среднеарифметического значения максимально разовых концентраций, рассчитанного за период 2016-2021 гг., с ПДК<sub>с.с.</sub> для воздуха населенных мест установлено, что наиболее неблагоприятные ситуации отмечаются в промышленных и транспортных функциональных зонах (табл. 8).

К числу приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха в промышленных и транспортных функциональных зонах следует отнести 5 из 16 контролируемых веществ, соотношение среднеарифметических значений максимально разовых концентраций которых к ПДК<sub>с.с.</sub> >1: оксид серы IV (1,38-1,44), оксид азота IV (1,26-1,62), формальдегид (3,11-3,14), взвешенные вещества (1,33-1,42), фенол (1,15).

При этом, следует оговорить результат с концентрацией сажи, который имеет значительную неопределенность связанную с тем, что нижний предел количественного определения максимально разовой концентрации сажи в атмосферном воздухе составляет 0,0125 мг/м<sup>3</sup>, в то время как ПДК<sub>с.с.</sub> 0,005 мг/м<sup>3</sup>. Это делает некорректным сравнение среднеарифметических значений максимально разовых концентраций сажи с ПДК<sub>с.с.</sub>. Ввиду этого, в таблице 2.5 данные по саже не приведены.

Таблица 2.5 - Соотношение среднеарифметических значений максимально разовых концентраций с ПДК<sub>с.с.</sub> за период с 2016 по 2021 год

Вещество	Функциональные зоны						
	промышленная	транспортная	жилая СП	жилая ЦИ	жилая ЧС	рекреация	фон
оксид углерода	0,49	0,48	0,35	0,47	0,35	0,23	0,20
оксид серы IV	1,38	1,44	0,71	0,50	0,81	0,36	0,28
оксид азота IV	1,26	1,62	0,57	0,90	0,50	0,29	0,14
формальдегид	3,11	3,14	0,92	1,49	1,71	0,44	0,27
пыль (вз. в-ва)	1,42	1,33	0,49	1,04	0,75	0,33	0,21

Продолжение таблицы 2.5

Вещество	промышленная	транспортная	жилая СП	жилая ЦИ	жилая ЧС	рекреация	фон
свинец	0,37	0,40	0,33	0,33	0,35	0,33	0,33
фенол	1,15	0,97	0,44	0,57	0,44	0,24	0,22
оксид марганца IV	0,41	0,35	1,38	0,25	0,25	0,25	0,25
оксид железа III	0,04	0,02	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
оксид хрома VI	0,16	0,11	0,10	0,12	0,12	0,10	0,10
меди оксид	0,25	0,29	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25
1,3 - бутадиен	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25
озон	0,87	0,35	0,22	0,33	0,29	0,24	0,22
акролеин	0,40	0,32	0,55	0,40	0,25	0,23	0,09
стирол (этилбензол)	0,25	0,26	0,25	0,29	0,25	0,25	0,25

В жилых функциональных зонах вызывает опасение присутствие в атмосферном воздухе оксида марганца и формальдегида. На рекреационных территориях отмечается вполне удовлетворительная ситуация.

При анализе соотношений максимальных значений максимально разовых концентраций за период 2016-2021 гг. с ПДК<sub>м.р.</sub> выявлено, что наиболее неблагоприятная ситуация характерна для транспортной функциональной зоны. Превышения ПДК<sub>м.р.</sub> в этой зоне отмечаются по содержанию оксида углерода, оксида серы IV, оксида азота IV, формальдегида, взвешенным веществам, фенолу от 1,33 до 13,71 раз (табл. 2.6).

Таблица 2.6 - Соотношение максимальных значений максимально разовых концентраций за период 2016-2019 гг. с ПДК<sub>м.р.</sub>

Вещество	Функциональные зоны						
	промышленная	транспортная	жилая СП	жилая ЦИ	жилая ЧС	рекреация	фон
оксид углерода	2,80	2,40	0,56	2,60	0,56	0,73	0,32
оксид серы IV	0,98	1,53	0,80	0,45	0,38	0,32	0,10
оксид азота IV	2,40	1,55	1,00	1,45	0,44	0,50	0,05
формальдегид	5,31	13,71	0,46	1,14	0,77	0,18	0,15
пыль (взвешенные вещества)	4,80	1,80	1,30	4,40	1,13	0,43	0,28
свинец	0,33	0,75	0,10	0,10	0,29	0,10	0,10
сажа (углерод)	0,53	0,46	0,27	0,45	0,26	0,22	0,22
фенол	1,20	1,33	0,20	0,98	0,35	0,94	0,07
оксид марганца IV	0,25	0,26	0,25	0,03	0,03	0,03	0,03
оксид железа III	ПДК <sub>м.р.</sub> не установлена						
оксид хрома IV	ПДК <sub>м.р.</sub> не установлена						
меди оксид	ПДК <sub>м.р.</sub> не установлена						
1,3 - бутадиен	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
озон	0,24	0,76	0,04	0,45	0,07	0,28	0,04
акролеин	0,08	0,25	0,28	0,28	0,08	0,08	0,03
стирол (этилбензол)	0,01	0,08	0,01	0,26	0,01	0,13	0,01

Для промышленной функциональной зоны также характерны превышения ПДК<sub>м.р.</sub> по содержанию оксида углерода, оксида азота IV, формальдегида, взвешенных веществ, фенола от 1,20 до 5,31 раз. В целом в транспортной зоне превышения данного гигиенического норматива (ПДК<sub>м.р.</sub>) отмечено по содержанию 6-ти веществ, в промышленной – по содержанию 5-

ти веществ, в центральной исторической жилой функциональной зоне – по 3-м веществам (оксиду углерода II, оксиду азота IV, взвешенным веществам), в жилых зонах с кварталами с современной многоэтажной застройкой (СП) и частного сектора (ЧС) – по содержанию 1-го вещества (взвешенных веществ).

Такая информационная картина является закономерной и объясняется преобладанием вклада в уровень загрязнения воздушной среды автомобильного транспорта.

Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что из жилых функциональных зон наиболее неблагоприятная ситуация сложилась для центральной исторической функциональной зоны, для которой характерна высокая автотранспортная нагрузка в сочетании с исторически реализованными устаревшими приемами градостроительного проектирования, в том числе узкими проезжими частями уличных магистралей, близким и плотным примыканием к ним зданий, что ухудшает условия рассеивания выхлопов от автотранспорта.

Переходя от анализа ситуации на основе отечественных гигиенических нормативов к применению методологии оценки риска для здоровья населения, следует отметить, что, несмотря на общность определений терминов «предельно допустимая концентрация» и «референтная концентрация», а также проводимую в Российской Федерации работу по синхронизации отечественных нормативов качества окружающей среды с зарубежными аналогами, на практике при использовании различных методических подходов возникают неопределенности и различия в трактовке результатов, которые необходимо обсуждать в дискуссионном плане.

В этой связи, целью данного исследования была не только оценка аэротехногенного риска, но и выявление методических нестыковок отечественных подходов и методологий, заимствованных из-за рубежа.

При оценке неканцерогенного риска острого воздействия по соотношению максимальных значений максимально разовых концентраций и

референтных концентраций для острого ингаляционного воздействия установлено, что вызывает опасение воздействие формальдегида, коэффициент опасности острого воздействия которого (HQ) в промышленных зонах достигает 3,88, в транспортных – достигает величины 10,0; оксида серы IV - в транспортной зоне (HQ=1,16), оксида азота IV – в промышленной (HQ=1,02). По остальным загрязнителям, для которых имеются референтные концентрации острого ингаляционного воздействия (оксид углерода, фенол, озон, стирол) опасений нет.

Кроме того, имеются референтные концентрации острого ингаляционного воздействия для 1,3-бутадиена и акролеина (0,002 и 0,00002 мг/м<sup>3</sup> соответственно). Однако нижний предел количественного определения этих загрязнителей в атмосферном воздухе значительно выше этого и составляет 0,25 и 0,0025 мг/м<sup>3</sup> соответственно, что не позволяет дать адекватную оценку неканцерогенного риска по этим двум веществам. В жилых и рекреационных зонах по острому воздействию HQ<1,0 по всем веществам.

При оценке хронического воздействия установлено, что коэффициенты опасности, характеризующие неканцерогенный риск, превышали приемлемый уровень (HQ>1) по 4 веществам (оксид серы IV, оксид азота IV, формальдегид, взвешенные вещества). Наиболее значительный неканцерогенный риск обусловлен присутствием в атмосферном воздухе формальдегида (таблица 2.7).

Таблица 2.7 - Неканцерогенный риск (коэффициенты опасности при оценке хронического ингаляционного воздействия, HQ)

Вещество	Функциональные зоны						
	промышленная	транспортная	жилая СП	жилая ЦИ	жилая ЧС	рекреация	фон
оксид углерода	0,49	0,48	0,35	0,47	0,35	0,23	0,20

## Продолжение таблицы 2.7

Вещество	промышленная	транспортная	жилая СП	жилая ЦИ	жилая ЧС	рекреация	фон
оксид серы IV	1,38	1,44	0,71	0,50	0,81	0,36	0,28
оксид азота IV	1,26	1,62	0,57	0,90	0,50	0,29	0,14
формальдегид	3,11	3,14	0,92	1,49	1,71	0,44	0,27
пыль (взвешенные вещества)	2,13	2,00	0,73	1,55	1,12	0,50	0,31
свинец	0,22	0,24	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
сажа (углерод)	0,99	0,55	0,72	0,72	0,67	0,66	0,66
фенол	0,58	0,49	0,22	0,29	0,22	0,12	0,11
оксид железа III	0,04	0,02	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
озон	0,87	0,35	0,22	0,33	0,29	0,24	0,22
стирол (этилбензол)	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00

При расчете коэффициентов опасности по оксиду марганца, оксиду хрома, оксиду меди, 1,3-бутадиену, акролеину нами был использован нижний предел количественного определения, а не реальная концентрация. В этом случае для указанных веществ интервал значений HQ оказался крайне высок (табл. 2.8).

С одной стороны, методология оценки риска в такой ситуации исходит из позиции учета нижнего предела обнаружения вещества (т.е. за реальную концентрацию при оценке риска в этом случае, а именно «...при наличии сведений о возможности присутствия вещества в исследуемой точке или в зоне потенциального влияния источника загрязнения окружающей среды...» используется нижний предел обнаружения вещества) (п. 4.2.16. Р 2.1.10.1920-

04), с другой стороны, необходимой рекомендацией в таких случаях является смена использования метода определения с повышением его чувствительности или совершенствование пробоотбора и пробоподготовки для уменьшения нижнего предела количественного определения концентрации.

Таблица 2.8 - Неканцерогенный риск (коэффициенты опасности при оценке хронического ингаляционного воздействия, HQ) при нижнем пределе количественного определения концентрации некоторых веществ в атмосферном воздухе

Показатель	Вещество				
	оксид марганца IV	оксид хрома VI	меди оксид	1,3-бутадиен	акролеин
Нижний предел количественного определения концентрации, мг/м <sup>3</sup>	0,00025	0,00015	0,0005	0,25	0,0025
Референтная концентрация для оценки хронического ингаляционного воздействия, мг/м <sup>3</sup>	0,00005	0,00010	0,00002	0,002	0,00002
Коэффициент опасности (HQ) при нижнем пределе количественного определения концентрации	5,00	1,50	25,00	125,00	125,00

Вместе с тем, если обратиться к действующим в Российской Федерации требованиям к методам контроля загрязняющих атмосферный воздух веществ (ГОСТ 17.2.4.02-81 "Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ"), то «...применяемый метод должен обеспечивать определение загрязняющего вещества в атмосферном

воздухе на уровне 0.8 ПДК или меньше», что в нашем случае соответствует практике.

При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень канцерогенного риска ( $HI > 1$ ) характерен для органов дыхания, кроветворной системы, центральной нервной и иммунной систем (рис. 2.2).

Превышения приемлемого уровня неканцерогенного риска ( $HI > 1$ ) выявлены по следующим органам и системам: болезням органов дыхания ( $HI$  до 9,50 в промышленной функциональной зоне), неблагоприятному воздействию на иммунную систему ( $HI$  до 5,24 – в промышленной функциональной зоне), болезням крови ( $HI$  до 2,34 в транспортной функциональной зоне), болезням центральной нервной системы ( $HI$  до 1,29 в промышленной функциональной зоне).

В целом, по суммам коэффициентов опасности ( $\Sigma HQ$ ), характеризующих неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ, неблагоприятие наиболее выражено в промышленной и транспортной функциональных зонах, которые выше фонового значения в 4,6 и 4,3 раза соответственно (рис. 2.3).

Таким образом, уровень неканцерогенного риска превышает допустимую величину как по отдельным веществам, так и по однонаправленному воздействию на органы и системы человека.

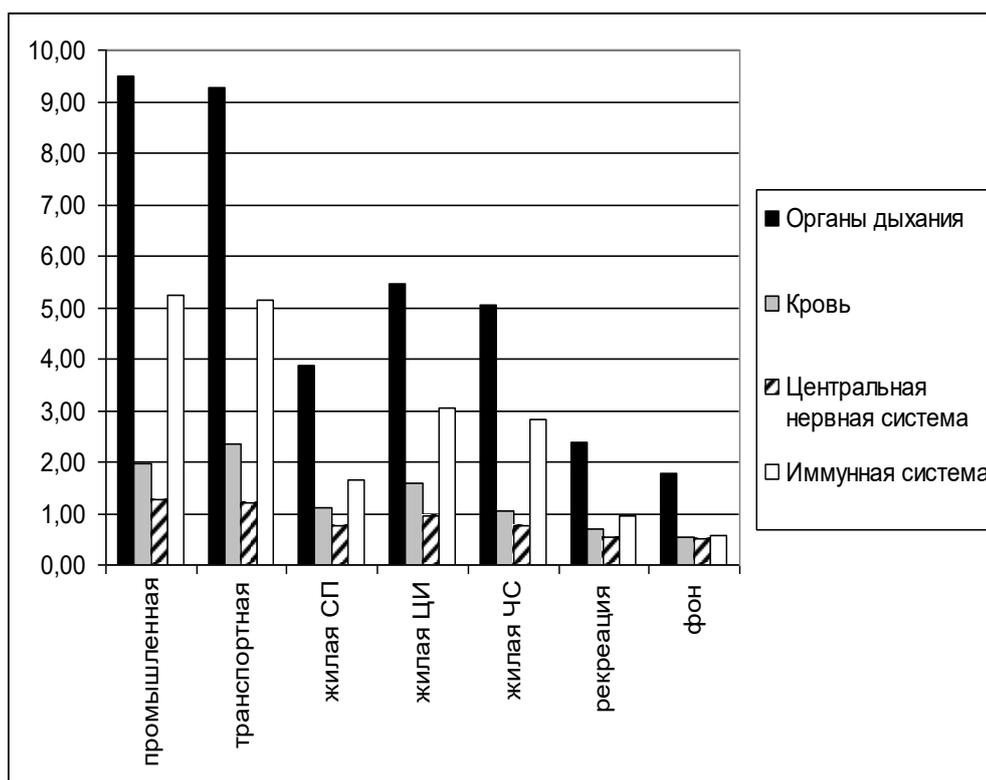


Рисунок 2.2 - Неканцерогенный риск, обусловленный  
однонаправленным воздействием веществ на органы и системы организма  
человека (индекс опасности HI)

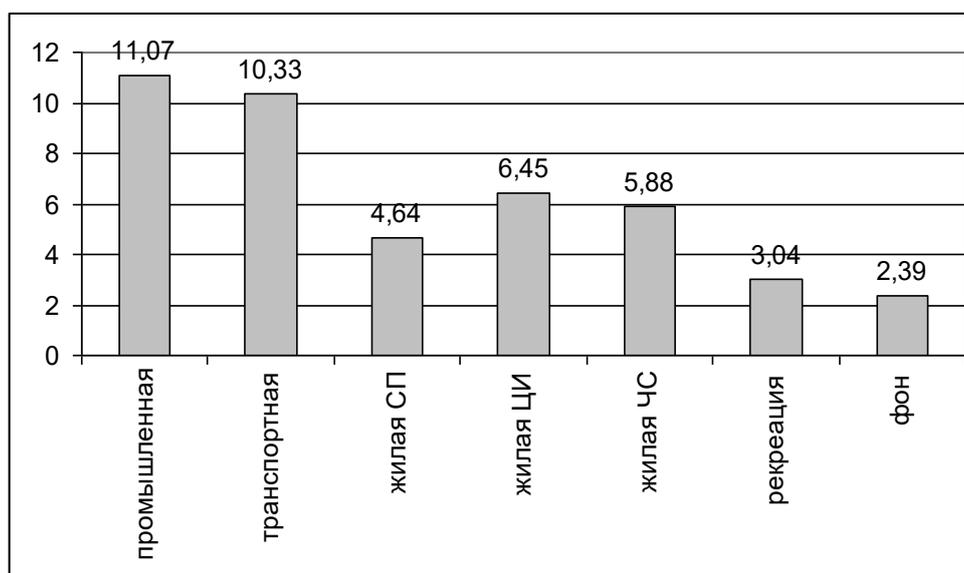


Рисунок 2.3 - Сумма коэффициентов опасности (HQ), характеризующих  
неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии

Оценка канцерогенного риска для здоровья населения, проведенная по имеющимся результатам лабораторных исследований качества атмосферного воздуха на территории г. Челябинска, показала, что неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска (выше принятого в Российской Федерации и составляющего для загрязнителей атмосферного воздуха  $10^{-4}$ , т.е. 1-го случая онкологического заболевания на 10000 населения) отмечаются по воздействию оксида хрома VI и 1,3-бутадиена (табл. 2.9).

Таблица 2.9 - Индивидуальный канцерогенный риск (CR)

Функциональная зона	Индивидуальный канцерогенный риск (CR)						
	Формальдегид	Свинец	Сажа (углерод)	Оксид хрома VI	1,3-бутадиен	Стирол (этилбензол)	Индивидуальный канцерогенный риск
Взрослое население							
промышленная	$5,60 \cdot 10^{-5}$	$6,15 \cdot 10^{-7}$	$9,98 \cdot 10^{-5}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$3,42 \cdot 10^{-3}$	$1,30 \cdot 10^{-7}$	$4,89 \cdot 10^{-3}$
транспортная	$5,64 \cdot 10^{-5}$	$6,54 \cdot 10^{-7}$	$5,56 \cdot 10^{-5}$	$9,26 \cdot 10^{-4}$	$3,23 \cdot 10^{-3}$	$1,29 \cdot 10^{-8}$	$4,27 \cdot 10^{-3}$
жилая СП	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$5,47 \cdot 10^{-7}$	$7,27 \cdot 10^{-5}$	$8,21 \cdot 10^{-4}$	$3,42 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-8}$	$4,33 \cdot 10^{-3}$
жилая ЦИ	$2,67 \cdot 10^{-5}$	$5,47 \cdot 10^{-7}$	$7,32 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	$3,42 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-8}$	$4,53 \cdot 10^{-3}$
жилая ЧС	$3,08 \cdot 10^{-5}$	$5,73 \cdot 10^{-7}$	$6,77 \cdot 10^{-5}$	$9,85 \cdot 10^{-4}$	$3,42 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-8}$	$4,50 \cdot 10^{-3}$
рекреация	$7,91 \cdot 10^{-6}$	$5,47 \cdot 10^{-7}$	$6,66 \cdot 10^{-5}$	$8,21 \cdot 10^{-4}$	$3,23 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-8}$	$4,12 \cdot 10^{-3}$
фон	$4,79 \cdot 10^{-6}$	$5,47 \cdot 10^{-7}$	$6,66 \cdot 10^{-5}$	$8,21 \cdot 10^{-4}$	$3,42 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-8}$	$4,31 \cdot 10^{-3}$
Детское население (дети 6 лет)							
промышленная	$5,01 \cdot 10^{-6}$	$5,50 \cdot 10^{-8}$	$8,93 \cdot 10^{-6}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$4,38 \cdot 10^{-4}$
транспортная	$5,05 \cdot 10^{-6}$	$5,86 \cdot 10^{-8}$	$4,97 \cdot 10^{-6}$	$8,28 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$1,20 \cdot 10^{-8}$	$3,82 \cdot 10^{-4}$
жилая СП	$1,48 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$6,51 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,88 \cdot 10^{-4}$
жилая ЦИ	$2,39 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$6,55 \cdot 10^{-6}$	$9,07 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,35 \cdot 10^{-8}$	$4,06 \cdot 10^{-4}$
жилая ЧС	$2,76 \cdot 10^{-6}$	$5,13 \cdot 10^{-8}$	$6,05 \cdot 10^{-6}$	$8,82 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$4,03 \cdot 10^{-4}$
рекреация	$7,08 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$5,96 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,69 \cdot 10^{-4}$
фон	$4,28 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$5,96 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,86 \cdot 10^{-4}$

В целом в промышленной функциональной зоне отмечаются наибольшие значения суммарного индивидуального канцерогенного риска как для взрослого ( $4,89 \cdot 10^{-3}$ ), так и для детского населения ( $4,38 \cdot 10^{-4}$ ).

Вместе с тем, относительно низкий предел количественного определения содержания оксида хрома VI и 1,3-бутадиена, отмеченная ранее, а также погрешность расчета средних арифметических значений концентраций, связанная с внесением в базу данных нижнего предела количественного определения, вносят существенную неопределенность в результаты оценки индивидуального канцерогенного риска, обусловленного воздействием данных веществ.

## Глава 3. Мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск

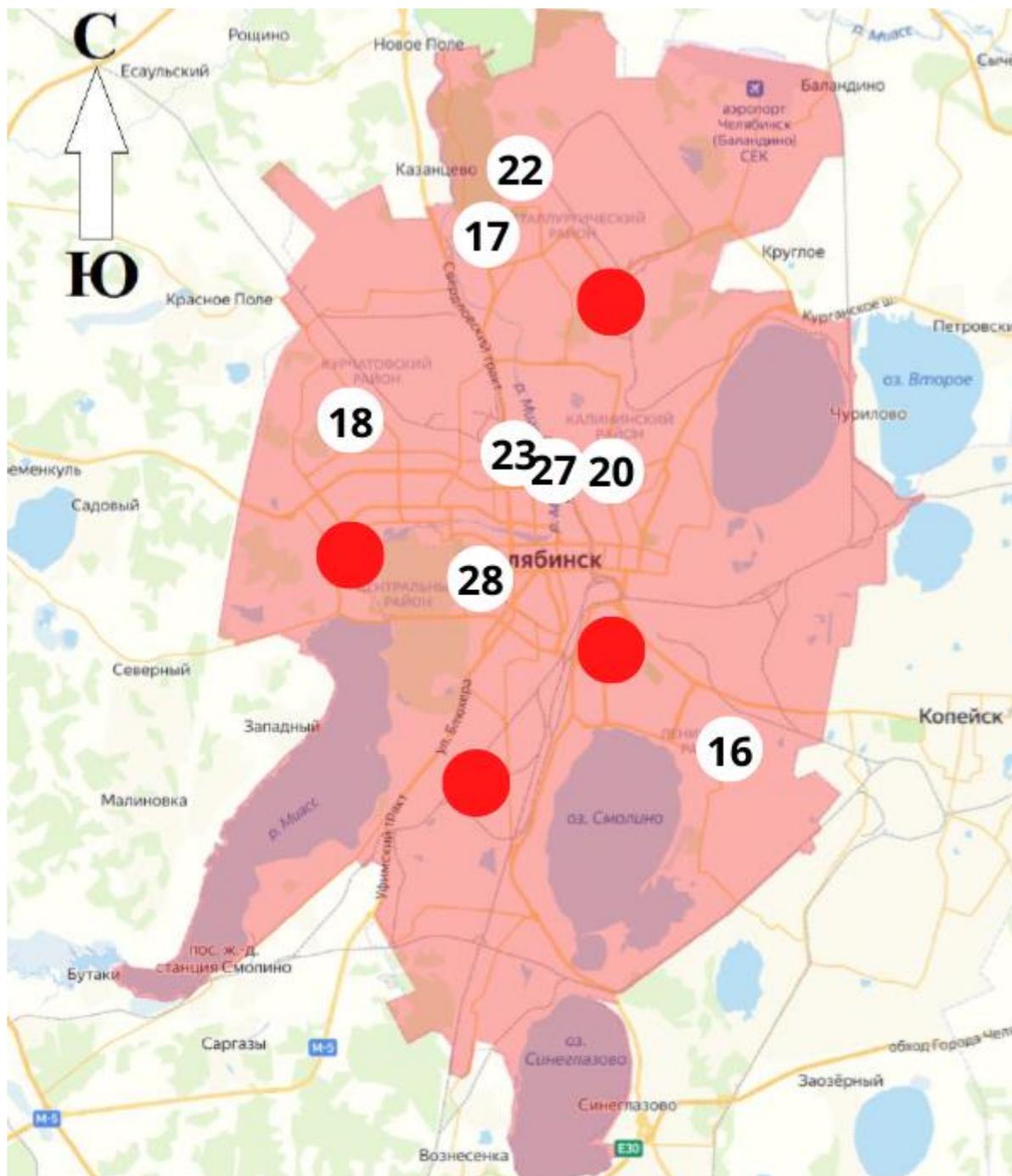
### 3.1 Обоснование места установки постов автоматического контроля состава атмосферного воздуха

Во всем мире для наблюдения за качеством атмосферы используют автоматизированные станции контроля, позволяющие определять ее текущее состояние. В рамках научного обеспечения системы государственного экологического мониторинга была разработана территориальная система оперативного экологического мониторинга [7].

В информационно-аналитическую систему экологического мониторинга (ИАСЭМ) включена территориальная подсистема оперативного экологического мониторинга, предназначенная для сбора и обработки данных со стационарных постов наблюдения за состоянием окружающей среды в режиме реального времени. На таких фиксируются посты и записываются в базу данных ИАСЭМ средние и максимальные суточные значения по всем измеряемым показателям.

Передача данных от постов оперативного мониторинга происходит в автоматическом режиме и не требует участия пользователя. В ИАСЭМ включены два графика для просмотра средних и максимальных значений измерений оперативного мониторинга постов: «Оперативный мониторинг (средние значения)» и «Оперативный мониторинг (максимальные значения)». Система экологического мониторинга позволяет в оперативном режиме отслеживать кроме средних и максимальных значений измерений программное обеспечение информационно-аналитическая результаты измерений, полученные на любом из таких пунктов непосредственно на момент наблюдения [3].

В настоящее время в Челябинске установлено восемь стационарных поста наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и метеорологических показателей. На основе полученных данных можно предложить следующие



точки расположения установки автоматизированного контроля качества атмосферного воздуха, представленные на рисунке 3.1.

### Рисунок 3.1 - Место расположения установки автоматизированного контроля качества атмосферного воздуха

Мероприятия в области общих вопросов охраны окружающей среды: - организация на постоянной основе мониторинга окружающей природной среды; - повышение уровня контроля со стороны не федеральных контролирующих служб за эффективностью и ходом исполнения природоохранных мероприятий предприятиями города; - экологическое просвещение населения города путем распространения экологических знаний через библиотеки, проведения массовых мероприятий в области охраны окружающей среды, издания публикаций и книг экологической направленности, информирования населения города о состоянии окружающей среды в средствах массовой информации.

Одним из маловажных аспектов комплексного мониторинга является контроль качества атмосферного воздуха.

Как уже указывалось, предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли относятся к менее масштабным источникам загрязнения атмосферы нежизненно важного и не наиболее пассивного компонента природной сферы. Опасность чистоты атмосферного воздуха обусловлена неизбежностью его позитивного влияния на болезни человека в отличие от почвы, которая может быть загрязнена до необходимого качества, или продуктов выживания, которые нельзя вырастить в экологически грязных районах.

Загрязнение атмосферы промышленными выбросами определяется свойствами содержащихся в них веществ, в частности, не органолептическими характеристиками ряда химических соединений, которые являются индикаторами благополучия в гидросфере [13]. Из-за высокой динамичности атмосферного воздуха при разовых отборах проб и выполнении анализов в стационарных условиях практически невозможно

провести объективную оценку его качества и определить источник загрязнения, имея даже самые современные аналитические приборы.

Отличительной особенностью данной технологии от существующих как в России, так и в европейских странах, является то, что она основана на взаимосвязи качества пром. выбросов и атмосферного воздуха. Автоматизированный мониторинг атмосферного воздуха и промышленных выбросов предприятий включает в себя определение маркерных соединений, присущих конкретному производству, которые служат индикаторами для оперативного поиска источника загрязнения.

Круглосуточный контроль маркерных и неспецифических для отдельного предприятия токсикантов одновременно на источнике выбросов и в атмосферном воздухе практически исключает ошибки в поиске источника загрязнения и в получении достоверной информации о качестве природной среды.

В соответствии с алгоритмом технологии главным звеном в системе экологического мониторинга является контроль атмосферного воздуха в селитебной зоне и промышленных выбросов на основных источниках загрязнения. Организация мониторинга промышленных выбросов на источниках загрязнения включает: - инвентаризацию источников; - выбор источников для контроля; - выбор маркерных соединений; - выбор приборов для контроля; - разработку программы сбора и передачи результатов контроля в пункт обработки полученной информации.

### 3.2 Мероприятия по защите атмосферного воздуха

Анализ существующей системы мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Челябинска показал, что она требует своего совершенствования. В настоящее время контроль ведется по ограниченному

перечню веществ. В г. Челябинске систематически контролируются концентрации 16 веществ.

В этой связи, в наших исследованиях имели место неопределенности при оценке аэротехногенного риска здоровью, которые были связаны с недоучетом воздействия химических веществ, а также с вариабельностью воздействия на здоровье человека, связанной с индивидуальной активностью, с показателями эмиссии загрязняющих веществ и физико-химическими процессами, изменяющими концентрации химических веществ в воздушной среде (при расчете приняты стандартные параметры в соответствии с рекомендациями Р.2.1.10.1920-04).

Кроме того, для более адекватной оценки аэротехногенного риска здоровью населения необходима информация о среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха. Среднесуточные концентрации поллютантов в настоящее время определяются в г. Челябинске только на стационарных и маршрутных постах. В остальных точках (исследования по жалобам населения, при надзорных мероприятиях и др.) лабораторно проводится лишь определение максимально разовых концентраций. Использование при оценке риска для здоровья среднего арифметического значения максимально разовых концентраций, определенных за пятилетний период мониторинга (2016-2021 гг.), остается дискуссионным вопросом. С нашей точки зрения, при отсутствии другой объективной информации об уровне загрязнения, использование при оценке риска для здоровья среднего арифметического значения максимально разовых концентраций является оправданным, но, вместе с тем, вносящим некоторую неопределенность в результаты оценки риска хронического воздействия аэротехногенных загрязнителей.

В этой связи, результаты вероятностной оценки риска для здоровья населения могут быть обоснованно использованы в планировании мероприятий по охране воздушного бассейна от загрязнения только в

сочетании с наличием доказательств неблагоприятного влияния изучаемого фактора на состояние здоровья населения, полученных на основе параллельного применения других методов исследования.

Снизить рассматриваемую неопределенность возможно на основе применения методов оценки достоверности различий средних многолетних уровней заболеваемости населения, проживающего на контрастных по уровням загрязнения воздушной среды территориях, а также корреляционного анализа, подтверждающего наличие взаимосвязи аэротехногенного загрязнения и фактической заболеваемости населения.

Такие исследования неоднократно проводились в г. Челябинске и их результаты во многом подтверждают полученные нами данные о существенной роли аэротехногенного загрязнения в формировании заболеваемости населения промышленного центра [3, 5, 6, 9].

Учитывая также, что практически во всех городских функциональных зонах за исключением рекреационных, имеет место воздействие пылевого фактора (1,30 – 4,80 ПДК<sub>м.р.</sub>) необходимо внедрить методы определения концентрации взвешенных веществ с учетом фракционного состава (с диаметром частиц до 2,5 мкм - PM<sub>2,5</sub> и с диаметром частиц до 10 мкм - PM<sub>10</sub>), а также массового содержания диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>).

Несмотря на ряд существующих проблем и неопределенностей в методах лабораторного контроля и оценки риска для здоровья населения, система мониторинга является поставщиком достаточно объективной информации для обоснования принятия управленческих решений по снижению уровня загрязнения воздушной среды.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения являются составной частью системы управления качеством окружающей среды. Их целью является поддержание или улучшение качества воздушной среды, снижение аэротехногенного риска заболеваемости населения.

Вместе с тем, несмотря на активное проведение в г. Челябинске мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха, проблема неблагоприятного влияния аэротехногенных загрязнителей на состояние здоровья населения продолжает занимать одно из приоритетных мест.

С возрастанием доли влияния выбросов от автомобильного транспорта на уровень загрязнения приземного слоя воздуха эта проблема в настоящее время вышла на первый план. Выхлопы автотранспорта усугубляют ситуацию по уровню загрязнения как в промышленных зонах, так и в жилых.

При ведущей роли в загрязнении атмосферного воздуха выхлопов от автомобильного транспорта следует обратить внимание на ряд значимых моментов. Объем выделяемых в атмосферный воздух токсичных веществ находится в прямой зависимости от расхода топлива. Серьезную проблему представляют также автомобильные «пробки», что способствует повышению концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха.

Как известно, снижение загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами достигается многими методами. Наиболее эффективными считаются модернизация и поддержание исправными систем нейтрализации отработавших газов, нормативные ограничения, а также использование альтернативного топлива. Решение проблемы снижения загрязнения может быть только комплексным.

Для уменьшения уровня загрязнения атмосферного воздуха необходимо также регулировать транспортные нагрузки на улицах города, делая их более равномерными. Наиболее загруженные участки транспортной сети необходимо дублировать, прокладывая новые линии движения транспорта.

Охрана атмосферного воздуха от загрязнения выбросами от промышленных источников включает в себя реализацию: 1) санитарно-организационных и санитарно-технических мероприятий (организация

санитарно-защитных зон, внедрение методов эффективной очистки выбросов стационарных источников предприятий от вредных загрязняющих веществ (газов, паров, аэрозолей); 2) совершенствование технологических процессов с целью уменьшения объема выбросов, внедрение малоотходных технологий; 3) обеспечение исполнения требований природоохранного законодательства, природоохранных и гигиенических нормативов.

Таким образом, для снижения аэротехногенного риска и оздоровления городской среды, необходима целенаправленная экологическая политика, составными блоками которой могут быть, во-первых, реконструкция транспортных сетей города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств и созданием «транспортных коридоров» по типу современных «органических систем» городского транспорта во многих европейских городах; во-вторых, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности с полным переходом на газ в качестве топлива; в-третьих, более высокое озеленение внутригородского пространства с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений: тополя, ясеня и других видов, а также более широкое применение «вертикального озеленения» стен и крыш домов по опыту ряда крупных городов Европы, что позволит снизить загрязнение воздушного бассейна вблизи автомагистралей.

## Заключение

Выявленные закономерности формирования загрязнения воздушного бассейна могут быть полезны региональным природоохранным органам, разрабатывающим целевые программы мониторинга, охраны воздушного бассейна и профилактики экологически обусловленных заболеваний населения.

Немаловажен вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Челябинска от стационарных источников. По последним данным, в атмосферный воздух от организованных источников поступает 343 загрязняющих вещества общим объемом выбросов 10497 т/год.

К числу приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха в промышленных и транспортных функциональных зонах следует отнести 5 из 16 контролируемых веществ, соотношение значений максимально разовых концентраций: оксид серы (1,38-1,44); оксид азота (1,26-1,62); формальдегид (3,11-3,14); взвешенные вещества (1,33-1,42); фенол (1,15).

Для промышленной функциональной зоны также характерны превышения ПДК по содержанию выше перечисленных веществ от 1,20 до 5,31 раз.

При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень канцерогенного риска характерен для органов дыхания, кроветворной системы, центральной и иммунной систем.

Неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ, неблагополучие наиболее выражено в промышленной и транспортной функциональных зонах, которые выше фонового значения в 4,6 и 4,3 раза соответственно. Отмечаются в этих зонах наибольшие значения суммарного индивидуального канцерогенного риска для взрослого населения (4,89) и для детского населения (4,38).

Была проанализирована полученная база данных «Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Челябинска», сформированная по данным мониторинга, испытательного лабораторного центра (АИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» и Челябинским ЦГМС - филиалом ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Расчитан неканцерогенный и индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения от загрязняющих веществ, а также соотнесены полученные концентрации загрязняющих веществ с ПДК.

По итогу выявили приоритетные загрязнители воздуха и наиболее загрязняющие районы города, благодаря чему предложили новые места для установки автоматизированных станций мониторинга.

## Список использованной литературы

1. Клепиков, О. В. Экологический мониторинг [Текст]: учеб. пособие К 12 [Текст]: О. В. Клепиков, Л. Н. Костылева; Челябинск. гос. технол. акад. – Челябинск: ВГТА, 2016. – 104
2. Тарасов В.В.: Мониторинг атмосферного воздуха. - М.: Форум: ИНФРА 2015
3. Квашнин И.М.: Промышленные выбросы в атмосферу. – М.: 2018
4. Еремкин А.И.: Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – М.: 2017
5. Полонский В.М.: Охрана воздушного бассейна. - М.: АСВ, 2006
6. Доклад «О государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Челябинской области в 2019 году» - Челябинск, 2020, 86 с.
7. Челябинск: среда обитания и зоны экологического риска: монография / С.А. Куролап, С.А. Епинцев, О.В. Клепиков, В.И. Федотов, Ю.И. Стёпкин, Н.П. Мамчик, С.С. Корыстин – Челябинск: изд-во «Истоки», 2017. – 207 с.
8. Куролап С.А., Клепиков О.В., Костылева Л.Н. Экологическая оценка качества воздушного бассейна г. Челябинска // Экологические системы и приборы / Ежемесячный научно-технический и производственный журнал - №5. – 2017. - С.29-34.
9. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Челябинск в 2020 году – Челябинск: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области, 2021 – 107 с.
10. Информационное письмо Минздрава РФ от 07.08.1997 №11/109-111 «О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде и их влияние на здоровье населения» - М.: Департамент

11. Государственного санитарно-эпидемиологического надзора, 1997. 48 с.
12. Пшенин В.Н. Автомобильный транспорт и приземный озон // Экологизация автомобильного транспорта: передовой опыт России и стран Европейского союза. Труды II-го всероссийского научно-практического семинара с международным участием. – 2004. - С. 33-36 [<http://www.ecotrans.spb.ru/content/view/19/31/>].
13. Механтьев И.И., Стёпкин Ю.И., Борисов Н.А., Платунин А.В. Современные тенденции в формировании качества среды обитания и здоровья населения Челябинской области – Челябинск: издательство ООО «ЛИО», 2020. – 174 с.
14. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920 - 04). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. –143 с.
15. Чучалин А.М., Яковлева О.А., Миляев В.А., Котельников С.Н. Ядовитый озон // Журнал «Территория и планирование». – М.- №2(9), 2007.
16. Чубирко М.И. Химическое воздействие воздушной среды и здоровье населения / М.И. Чубирко, Н.М. Пичужкина; Под ред. академика РАМН, профессора А.И. Потапова. - Челябинск: Изд-во «Истоки», 2004. – 224 с.
17. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2020 году. Министерство экологии Челябинской области (2020). Дата обращения: 29 апреля 2022.

Приложение А - Методы определения приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе мест

Вещество	Метод	Основные приборы	Нормативно-техническая документация	Нижний предел количественного определения концентрации, мг/м <sup>3</sup>
углерод оксид	электрохимический	Газоанализатор «Палладий – 3»	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,7 – максимально-разовая 0,35 – среднесуточная
сера диоксид	спектрофотометрический	Спектрофотометр дулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр КФК-3 фотоэлектрический	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,1 – максимально-разовая 0,0125 – среднесуточная
азота диоксид	спектрофотометрический	Спектрофотометр дулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр КФК-3 фотоэлектрический	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,012 – максимально разовая 0,006 – Среднесуточная
формальдегид	спектрофотометрический	Спектрофотометр дулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр КФК-3 фотоэлектрический	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,008 – максимально разовая 0,0007 – среднесуточная
взвешенные вещества (пыль)	гравиметрический	Аналитические весы	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,25 – максимально разовая 0,025 – среднесуточная
свинец и его неорганические соединения	атомно-абсорбционный	Атомно-абсорбционный спектрометр АА-240	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,0004 – максимально разовая 0,0002 – Среднесуточная
сажа (углерод)	колориметрический	Фотометр фотоэлектрический КФК-3	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,033 – максимально разовая 0,0125 – Среднесуточная
фенол (гидроксибензол)	спектрофотометрический	Спектрофотометр дулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715,	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения	0,002 – максимально разовая 0,00065 –

		Фотометр КФК-3 фотоэлектрический	атмосферы»	Среднесуточная
оксид марганца IV (марганец и его соединения)	атомно-абсорбционный, определяется валовое содержание марганца, делается пересчет на оксид	Атомно-абсорбционный спектрометр АА-240	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,005 – максимально разовая 0,00025 – Среднесуточная
оксид железа III (дижелезотриоксид)	атомно-абсорбционный, определяется валовое содержание марганца, делается пересчет на оксид	Спектрофотометр атомно-абсорбционный АА-240	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,00015 – среднесуточная
оксид хрома VI	спектрофотометрический	Спектрофотометр двулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр КФК-3 фотоэлектрический	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,00024 – Среднесуточная
меди оксид	атомно-абсорбционный, определяется валовое содержание марганца, делается пересчет на оксид	Атомно-абсорбционный спектрометр АА-240	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»	0,001 – Среднесуточная
1,3-бугадиен	газожидкостная хроматография	Газовый хроматограф «Кристалл-2000»	МВИ 2420/27-00 «Методика №СК-3190 (СВ-54) выполнения измерений массовой концентрации 1,3-бугадиена в атмосферном	0,25 - среднесуточная

			воздухе санитарно-защитной зоны и в воздухе рабочей зоны»	
озон	спектрофотометрический	Спектрофотометр двулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр фотоэлектрический КФК-3	МУ 18 22732-83 Методические указания на фотометрическое определение озона в воздухе (Госсанэпиднадзор, 1983)	0,025 – максимально разовая 0,0065 – Среднесуточная
акролеин (проп-2-ен-1-аль)	спектрофотометрический	Спектрофотометр двулучевой УФ сканирующий СПЕКС СПП-715, Фотометр фотоэлектрический КФК-3	МУК 4.1.2472-09 «Измерение массовых концентраций проп-2-ен-1-аля (акролеина) в воздухе рабочей зоны по реакции с сульфаниловой кислотой методом фотометрии» (Роспотребнадзор, 2016)	0,1 – максимально разовая 0,0025 – Среднесуточная
стирол	газожидкостная хроматография	Газовый хроматограф «Кристалл-2000»	МУК 4.1.598-96 «Методические указания по газохроматографическому определению ароматических, серосодержащих, галогенсодержащих веществ, метанола, ацетона и ацетонитрила в атмосферном воздухе»	0,001- максимально-разовая 0,0005 – среднесуточная

Приложение Б - Предельно допустимые концентрации (ПДК) приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (выборка из ГН 2.1.6.1338-03)

Загрязняющие вещества	Код CAS*)	ПДК максимально разовые, мг/м <sup>3</sup>	ПДК среднесуточные, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Лимитирующий признак вредности
углерод оксид	630-08-0	5	3	4	резорбтивное
сера диоксид	7446-09-5	0,5	0,05	3	рефлекторно-резорбтивное
азота диоксид**)	10102-44-0	0,2	0,04	3	рефлекторно-резорбтивное
формальдегид	50-00-0	0,035	0,003	2	рефлекторно-резорбтивное
взвешенные вещества (пыль)	-	0,5	0,15	3	резорбтивное
свинец и его неорганические соединения	7439-92-1	0,001	0,0003	1	резорбтивное
сажа (углерод)	1333-86-4	0,15	0,005	3	резорбтивное
фенол (гидроксибензол)	108-95-2	0,01	0,003	2	рефлекторно-резорбтивное
оксид марганца IV (марганец и его соединения)	1313-13-9	0,01	0,001	2	резорбтивное
оксид железа III (дигидро триоксид)	1309-37-1	не уст.	0,04	3	резорбтивное
оксид хрома VI	18540-29-9	не уст.	0,0015	1	резорбтивное
меди оксид	1317-38-0	не уст.	0,002	2	резорбтивное
1,3-бутадиен	106-99-0	3	1	4	рефлекторно-резорбтивное
озон	10028-15-6	0,16	0,03	1	резорбтивное
акролеин (проп-2-ен-1-аль)	107-02-8	0,03	0,01	2	рефлекторно-резорбтивное
стирол	100-42-5	0,04	0,002	2	рефлекторно-резорбтивное

\*) Код CAS – код вещества, когда-либо упомянутого в литературе, присеваемый Химической реферативной службой (англ. Chemical Abstracts Service) - подразделением Американского химического общества.

\*\*\*) «Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение №2 к ГН 2.1.6.1338-03».

Приложение В - Объем и структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от организованных источников по данным формы 2ТП (воздух)

Код	Вещество	Класс опасности	Выброс вещества, т/год	Уд. вес выброса в общем объеме, %	Ранг
337	углерода оксид	4	2940,127	28,01	1
301	азота диоксид	3	2843,616	27,09	2
330	ангидрид сернистый (серы диоксид)	3	1150,608	10,96	3
410	метан	-	751,511	7,16	4
304	азота оксид	3	456,723	4,35	5
3714	зола углей (20% <SiO <sub>2</sub> <70%)	-	426,129	4,06	6
2908	пыль неорганическая	3	256,267	2,44	7
403	гексан	4	224,616	2,14	8
2902	взвешенные вещества	3	177,386	1,69	9
2752	уайт-спирит	-	176,423	1,68	10
2704	бензин нефтяной	4	175,361	1,67	11
621	толуол	3	164,969	1,57	12
616	ксилол	3	163,143	1,55	13
1061	спирт этиловый	4	157,436	1,50	14
	остальные учитываемые вещества (329 веществ)	-	432,685	4,13	-