

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики, управления и природопользования
институт

Кафедра экологии и природопользования
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С. В. Верховец
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2016г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.06 – Экология и природопользование
05.03.06.02 – Природопользование

Вклад автотранспорта в формирование уровней загрязнения атмосферного
воздуха г. Красноярск

Руководитель _____
подпись, дата

О. В. Тасейко
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

М. Г. Никулин
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И. Г. Гётте
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Изучение проблемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортных средств.....	5
1.1 Характеристика выбросов в атмосферу от автотранспорта.....	5
1.2 Методы снижения уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта.....	8
1.3 Основные мероприятия для защиты атмосферного воздуха от загрязнения выбросами от автотранспорта в г. Красноярске.....	11
2 Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в г. Красноярске.....	13
2.1 Состояние атмосферного воздуха в городе Красноярске.....	13
2.2 Автопарк г. Красноярска.....	16
2.3 Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов.....	18
2.4 Детализированная расчетная схема выброса загрязняющих веществ автотранспортными средствами.....	20
3 Вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха в г. Красноярске.....	21
3.1 Расчет и анализ выбросов от автотранспортных средств.....	21
3.2 Оценка эффективности мероприятия по снижению загруженности дорожно-транспортной сети.....	26
3.3 Оценка вклада автотранспортных средств в загрязнение атмосферного воздуха.....	28
Заключение.....	30
Список использованных источников.....	31

ВВЕДЕНИЕ

В Конституции РФ указывается, что каждый гражданин России имеет право на благоприятную окружающую среду. К сожалению, реализовать это право жителям города Красноярска пока не удается.

Красноярск расположен по обе стороны реки Енисей в речной долине, на 20–25 км простираясь вдоль русла реки и на 3–4 км вглубь, упираясь в горные цепи, обрамляющие долину. Город находится как бы в чаше, на дне которой протекает река Енисей. Особенности рельефа в большей степени определяют циркуляцию воздушных масс и низкую рассеивающую способность атмосферы, что приводит к накоплению различных загрязнителей в воздушной среде города и пригородной зоне.

В последние годы в Красноярске обострились экологические проблемы. Особенно остро сейчас стоит вопрос о состоянии воздушной среды Красноярска и пригородной зоны. В последние 15 лет промышленные предприятия Красноярска значительно сократили выбросы в атмосферу. Однако, экологическая обстановка в Красноярске и его окрестностях от этого не улучшилась. Выбросы промышленности в полной мере компенсировал городской и иногородний автотранспорт.

По данным УГИБДД ГУВД по городу Красноярску в 2014 году зарегистрировано 407640 автомобилей. Ежегодно только парк легковых авто пополняется на 18 – 20 тысяч, а кроме этого растет количество грузового и иногороднего транспорта. На сегодняшний день на каждого третьего красноярца приходится один автомобиль. Это является одной из основных причин повышения загазованности атмосферного воздуха.

По данным государственного доклада «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году» доля выбросов от автотранспорта в суммарных общекраевых выбросах загрязняющих веществ составляет более 30%. Кроме того, на долю автотранспорта приходится около 90% общего объема вредных веществ, поступающих в атмосферу от всех видов

транспорта. Проблема загрязнения воздушного пространства города Красноярска очень актуальна на сегодняшний день.

Целью данной работы является оценка вклада автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха выбросами вредных веществ в г. Красноярске.

Объект работы – дорожно-транспортная сеть г. Красноярска: предмет – интенсивность движения и выбросы от автотранспорта.

Для того, чтобы достичь поставленной цели, необходимо решить ряд задач:

1. Изучить расчетную методику инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов.

2. Провести исследование и сбор данных по интенсивности движения на дорогах города.

3. Рассчитать объем выбросов загрязняющих веществ по основным загрязнителям; результаты отобразить на карте.

4. Оценить долю выбросов автотранспорта по рассматриваемым веществам в составе общего объема выбросов за исследуемый временной период.

Работа состоит из следующих структурных частей: содержание; введение; основная часть, включающая 3 главы; заключение и список использованных источников.

1 Изучение проблемы выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств

1.1 Характеристика выбросов автотранспорта

Автомобильный транспорт (АТ) является одним из основных источников загрязнения атмосферы планеты. Например, в США доля автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды составляет более 60 %, в Англии – 34 %, во Франции – 32 %. При этом количество автотранспорта с каждым годом только увеличивается[22].

Увеличение числа легкового и грузового автомобильного транспорта, автобусного парка повышает нагрузку на основные автомагистрали городов, увеличивается интенсивность движения на них, что в свою очередь не может не повлиять на качество атмосферного воздуха. Продукты сгорания топлив автомобильных двигателей содержат различные компоненты, загрязняющие окружающую среду: оксид углерода, несгоревшие углеводороды, оксиды азота и сажу. Кроме перечисленных соединений, в выхлопных газах могут присутствовать альдегиды, оксиды серы и другие вредные вещества[9].

При выполнении расчетов выбросов от автотранспорта обычно используют ограниченное количество загрязняющих веществ, исходя из принципа наибольших объемов выбросов и наибольшей изученности. Перечень этих веществ регламентируется нормативными документами, утвержденными Министерством природных ресурсов и экологии (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Значения критериев качества атмосферного воздуха для загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах автотранспорта[25]

Код	Вещество	ПДКм.р./ ПДКс.с, мг/м ³	Классопасности
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,200 / 0,040	2
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,400 / 0,060	3
0328	Углерод (Сажа)	0,150 / 0, 050	3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,500 / 0,050	3
0337	Углерод оксид	5,000 / 3,000	4

Окончание таблицы 1.1

0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)) x 10-6	- / 1,000		1
1325	Формальдегид	0,035 / 0,003		2
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	5,000 / 1,500		4
2732	Керосин	ОБУВ	1,200	-

Все загрязняющие вещества по степени опасности делятся на четыре класса:

- 1 – чрезвычайно опасные (бензапирен, тетраэтилсвинец, ртуть и др.);
- 2 – опасные (азота диоксид, марганец, медь, серная кислота, хлор и др.);
- 3 – умеренно опасные (сажа, сернистый ангидрид, ксилол, метиловый спирт и др.);
- 4 – малоопасные (бензин топливный, керосин, оксид углерода, скипидар, ацетон и др.).

Однако при длительном загрязнении любого из компонентов биосферы даже малоопасными веществами существует потенциальный экологический риск их воздействия на наиболее чувствительные организмы и человека.

Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлена ПДК, количественно характеризующая такое содержание вредного вещества, при котором на человека и окружающую среду не оказывается ни прямого, ни косвенного вредного воздействия. Прямое воздействие — это нанесение организму временного раздражающего действия, вызывающего кашель, ощущение запаха, головной боли и подобных явлений, которые наступают при повышении пороговой концентрации вещества. Под косвенным воздействием имеются в виду такие изменения в окружающей среде, которые ухудшают нормальные условия обитания (например, увеличивают количество туманных дней, поражают зеленые насаждения, и т.п.).

Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлены два норматива ПДК: максимально разовый (ПДК_{мр}) и среднесуточный (ПДК_{сс}). Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}) –

концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин. рефлекторных реакций в организме человека. Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{сс}) – это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании[10].

Воздействие на организм человека веществ, присутствующих в выбросах автотранспорта, отличается большим многообразием[3].

Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с антропогенными выбросами, оксиды азота наиболее важны. Оксиды азота (оксид и диоксид азота) – газообразные вещества: монооксид азота NO и диоксид азота NO₂ объединяются одной общей формулой NO_x. При всех процессах горения образуются оксиды азота, причем большей частью в виде монооксида. Чем выше температура сгорания, тем интенсивнее идет образование оксидов азота. Другим источником оксидов азота являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения.

Все оксиды азота физиологически активны и относятся к третьему классу опасности. Оксид азота очень реакционноспособное соединение, при обычной температуре NO соединяется с кислородом с образованием NO₂. Оксид азота NO – сильный яд, оказывающий влияние на ЦНС, а также вызывающий поражение крови за счёт связывания гемоглобина[21].

Согласно данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю (Роспотребнадзор) с 2007 по 2013 гг. наблюдается значительный рост выбросов от автотранспорта для таких веществ, как диоксид азота, оксид углерода и летучие органические соединения. При этом общий объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта за этот период вырос в Красноярском крае в 2,5 раза.

1.2 Методы снижения уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта

Зарубежный опыт.

В Англии педантично контролируется ситуация с загрязнением городских улиц выхлопными газами. Личному транспорту запрещено въезжать в центр города. На окраинах действуют пункты парковки автотранспорта. Прибывающие из районов владельцы автомобилей оставляют их на стоянках и добираются до центра на муниципальном транспорте. Если необходимо заехать в центр города, тогда требуется купить проездной билет. Серьезное внимание обращается также на насыщенность городских улиц автотранспортом. Регулярно проводятся «Дни без машин». Также, действует выборочная схема ограничения: один день по городу разрешено движение автомобилей с чётными номерами, на другой — с нечётными. Жёсткий контроль установлен за техническим состоянием автомобилей. Автотранспорт, использующий дизельное топливо, постепенно переводится на сжиженный нефтяной газ или же жидкий пропан. Появились даже автомобили, работающие на электрических батареях[24].

Исследователи-экологи из Голландии и Франции долгое время работали над проектом, который поможет очистить воздух от вредных выбросов CO_2 . И решение было найдено. Как известно, лучше всего углекислый газ вбирает в себя зеленая листва растений. Однако возможность увеличить количество зеленых насаждений до такой степени, чтобы это благотворно сказалось на качестве воздуха – просто не представляется возможным. Поэтому ученые решили использовать для поглощения газов специальные водоросли. Суть проекта довольно проста – в расположенных вдоль автострад прозрачных трубах находится вода со значительным количеством водорослей. Зеленые клетки вбирают углекислый газ, вырабатывая при этом чистейший кислород. Для того, чтобы водоросли не пресыщались CO_2 , вода в трубах непрерывно циркулирует[48].

Подобная технология уже применена в Женеве. В данный момент система проходит испытания. И если будет доказана ее эффективность, не исключено, что в скором времени такие водорослевые фермы-фильтры появятся во многих крупных европейских городах.

Физик из Колумбийского университета Клаус Лакнер изобрел искусственное дерево, которое может заменить живые растения, но внешне никак не похоже на них. Новые деревья будут поглощать углекислоту из воздуха как настоящие растения в ходе фотосинтеза, сохранять углерод, но не будут выделять кислород. В случае широкого распространения искусственные деревья будут в состоянии снизить содержание в атмосфере углекислоты, высокое содержание которой вызывает "парниковый эффект".

Ассоциация автомобильной промышленности Германии сравнительно недавно предложила свой способ, который в настоящее время стал нормой для большинства европейских стран [35].

Основой для системы обезвреживания выхлопных газов является мочевины adblue – простой состав, включающий в себя мочевины и воду. Мочевина уже давно используется в сельском хозяйстве, ее безопасность полностью доказана. Теперь же для нее нашлось новое применение. Система каталитической нейтрализации выхлопных газов позволяет избавиться от окисей азота, одних из самых вредных компонентов выхлопов. С помощью специального оборудования раствор мочевины впрыскивается непосредственно в горячие выхлопные газы в то время, пока они еще находятся внутри автомобиля. Сразу же после смешивания начинаются химические реакции, которые превращают окиси азота в азот и воду, не представляющие никакого вреда для природы. Потом эти вещества выбрасываются наружу[15].

Мочевина adblue действительно произвела фурор среди экологов, настолько простым, удобным и дешевым оказался этот способ частичного обезвреживания выхлопных газов. В настоящее время эта система позволяет добиться соответствия автомобиля строгим стандартам Евро-4 и Евро-5, которые допускают лишь очень низкое содержание окисей азота в выхлопных

газах. В Европе эта система используется практически повсеместно: все новые грузовые автомобили сходят с конвейера, снабженные всем необходимым оборудованием для ее использования, а пополнить запас реагента в баках можно на большинстве заправочных станций. В нашей стране использование мочевины только начинается, но очень скоро и российским автовладельцам не обойтись без системы каталитической нейтрализации.

В Европе и Америке в большом количестве используются передвижные средства измерения — мобильные лаборатории.

В США приняты нормативы качества атмосферного воздуха, которые находятся на границе приемлемого риска. Как только норматив нарушается, это сразу отражается на здоровье населения, и люди обращаются за медицинской помощью. Страховые компании начинают выплачивать страховки и терпят убытки, поэтому заставляют контролирующие органы наказывать предприятия, виновные в нарушении качества атмосферного воздуха, а от органов власти требуют в период неблагоприятных метеоусловий управлять источниками — например, ограничивать движение автотранспорта в зонах, где проживает население [4].

За рубежом нормативы качества атмосферного воздуха соблюдаются более тщательно, поскольку есть эффективные рычаги давления. Если какой-то норматив превышен, виновники несут огромную материальную ответственность. Страховые компании вынуждают и общественные организации, и компетентные органы каждые три года пересматривать нормативы качества атмосферного воздуха[32].

Российский опыт.

В Иркутске сотрудники ГИБДД проводят рейды по проверке уровня выхлопных газов автотранспорта. Проверки проводятся с помощью дымомера и газоанализатора. Целью таких проверок является снизить концентрацию вредных веществ в воздухе.

В Москве, Санкт-Петербурге и других крупных городах запрещается пользоваться этилированным (содержащим тетраэтилсвинец) бензином[47].

Городское собрание г. Сочи утвердило программу постепенного перевода общественного транспорта на водородное топливо. Негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду признают не только экологи, но и представители муниципальной власти. И эта проблема имеет давнюю историю. Дело в том, что город Сочи с юга ограничен Чёрным морем, а с севера – горной грядой, которая препятствует проникновению воздушных масс с континента, «запирая» тёплый морской воздух на узкой полосе суши. Это порождает так называемую проблему застаивания выхлопных газов. Усугубляет проблему неразвитость, в силу существующего рельефа, городской дорожной сети. Как следствие - автомобильные пробки на главных магистралях и смог, висящий над городом. Поэтапный перевод общественного, а в перспективе и частного автомобильного транспорта на водородное топливо позволит улучшить экологическую обстановку в Сочи [16].

1.3 Основные мероприятия, реализуемые в г. Красноярске для защиты атмосферного воздуха

В Красноярске проводится целый ряд мероприятий по снижению негативного эффекта от выбросов автотранспорта.

Градостроительные мероприятия. Для защиты атмосферного воздуха от загрязнения выбросами автотранспорта большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентраций выхлопных газов в зоне пребывания человека. Важное значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублеров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей. Все эти градостроительные мероприятия применяются на территории города Красноярска. Например, в Красноярске успешно был реализован проект по строительству четвертого моста через реку Енисей. Ожидается, что данный проект позволит разгрузить центр города от интенсивного движения.

Наибольший выброс продуктов неполного сгорания бензина происходит при задержках машин у светофоров, при стоянке с не выключенным мотором в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора. С целью снизить этот негативный эффект применяются организация движения транспорта на дорогах города – «Зеленая волна». Система уже доказала свою эффективность во многих городах. Согласно данным специалистов, число остановок автомобилей на магистралях с «зеленой волной» сокращается на 25-45%, время задержек автомобилей сокращается на 20-30%, уровень аварийности сокращается на 8-12%, вредные выбросы в атмосферу снижаются на 15-20%. Этот метод также применяется в Красноярске и отлично зарекомендовал себя.

В центре города с недавнего времени множество парковочных мест Администрация города сделала платными. Эксперты утверждают, что это нововведение оказало положительный эффект на загруженность дорог.

Также, в городе Красноярске, как и по всей стране, действует правительственная программа по утилизации старых автомобилей. При сдаче старого автомобиля в утилизацию государство предоставляет скидку на новый автомобиль, собранный в пределах России. Результатом этой программы является то, что на улицах города доля автомобилей с высоким экологическим классом возрастает.

Для того, чтобы снизить негативное влияние от автомобильных выхлопов городские власти Красноярска совместно с Госавтоинспекцией регулярно проводят проверки среди владельцев транспорта и запрещают эксплуатацию неисправных машин. ГИБДД проводит операцию «Чистый воздух», во время которой проверяются транспортные средства, которые должны обеспечить выпуск на линию автобусы и другие транспортные средства в нормальном техническом состоянии, чтобы не было излишних выбросов и излишнего дымления. Таких нарушений достаточно. Автотранспортные средства, допускающие такие нарушения, подлежат дополнительной регулировке.

2 Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в г. Красноярске

2.1 Состояние атмосферного воздуха в городе Красноярске

В 2014 г. общее количество субъектов хозяйственной и иной деятельности, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух на территории Красноярского края, составило 1029[12].

На рисунке 2.1 представлена динамика суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по краю без учета выбросов Норильского промышленного района, в том числе от стационарных источников и от автотранспорта, за период 2003–2014 гг.

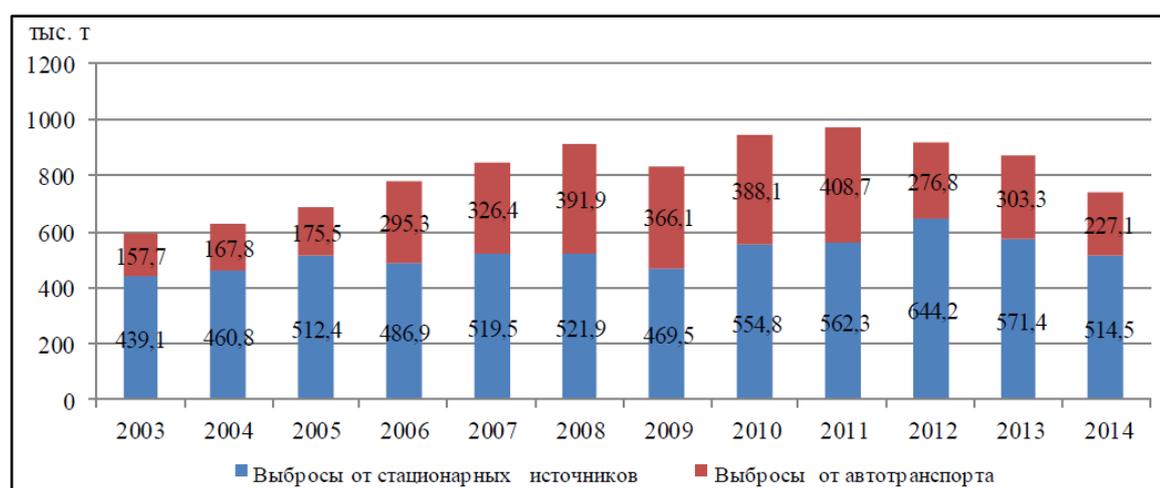


Рисунок 2.1– Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в крае без учета Норильского промрайона (2003-2014 гг.)[12]

В 2014 г. выбросы в атмосферу от стационарных и передвижных источников загрязнения уменьшились по сравнению с 2013 г. на 133,1 тыс. т в результате уменьшения объемов выбросов от стационарных источников на 56,9 тыс. т и выбросов от автомобильного транспорта на 76,2 тыс. т. Начиная с 2012 г., расчет выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта производится по измененной методике, в связи с чем, количество выбросов в сравнении с результатами ранее используемой методики значительно

снижается. В Красноярске в 2014 году всего количество выбросов составило 194,3 тыс. т.: от стационарных источников – 129,8 тыс. т.; от автотранспорта – 64,5 тыс. т. (рисунок 2.2).

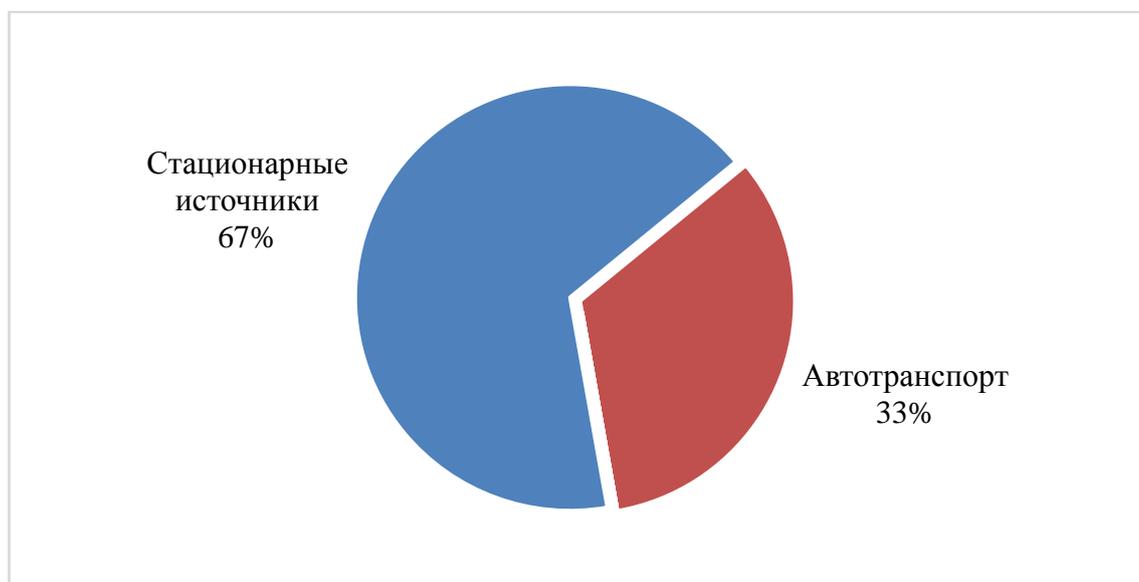


Рисунок 2.2 – Структура выбросов в г. Красноярске в 2014 г. [12]

Автомобильный транспорт является ведущим фактором в загрязнении окружающей среды. Доля выбросов от автотранспорта в суммарных общекраевых выбросах загрязняющих веществ составляет более 30%. Кроме того, на долю автотранспорта приходится около 90% общего объема вредных веществ, поступающих в атмосферу от всех видов транспорта.

Увеличение автомобильного парка повышает нагрузку на основные автомагистрали городов, увеличивается интенсивность движения на них, что, в свою очередь, не может не повлиять на качество атмосферного воздуха.

По данным Роспотребнадзора, в атмосферном воздухе г. Красноярска в районе автомагистралей в 2014 г. регистрировались концентрации формальдегида с максимальным содержанием на уровне 5,1 ПДК_{мр}, взвешенных веществ – 5 ПДК_{мр}, углерода оксида – 3,2 ПДК_{мр}, азота диоксида – 1,6 ПДК_{мр}

Таблица 2.1 – Уровень загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях г. Красноярск в 2014 г. по основным загрязняющим веществам, мг/м³[12]

Наименование	Серы диоксид	Формальдегид	Углерода оксид	Фенол	Свинец	Взвешенные вещества
ПДК _{МР}	0,5	0,035	5,0	0,01	0,001	0,5
Средняя концентрация	0,0016	0,0133	2,055	0,0016	0,00006	0,395
Максимальная концентрация	0,033	0,178	16,0	0,009	0,00025	2,5

В г. Красноярске в 2014 г., по сравнению с 2013 г., общегородской уровень загрязнения по комплексному индексу ИЗА₅ (комплексный индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным веществам, в числе которых бенз(а)пирен, формальдегид, азота диоксид, взвешенные вещества) вырос с 17,04 до 17,48 и стабильно, начиная с 2009 г., характеризуется как «очень высокий», что характерно и для всех административных районов города (таблица 2.2)[12].

Следует отметить, что показатель ИЗА₅ резко уменьшился в 2013 году, это связано с тем, что были увеличены значения ПДК для некоторых веществ.

Таблица 2.2 – Динамика показателей ИЗА за 2010 – 2014 гг. г. Красноярск

Населенный пункт	Наименование показателя	Год				
		2010	2011	2012	2013	2014
Красноярск	ИЗА ₅ , в т.ч.:	21,86	23,75	22,93	17,04	17,48
	ИЗА _{Бп}	10,20	8,60	8,60	6,55	14,33
	ИЗА _Ф	7,48	11,40	10,64	8,03	1,35
	ИЗА _{ВВ}	1,24	1,57	1,52	1,04	0,65
	ИЗА _{NO2}	1,12	1,10	1,28	0,97	0,73
	ИЗА _{NO}	0,69	0,50	0,60	0,45	0,38

Для дальнейшего исследования необходимо рассмотреть динамику и структуру автопарка г. Красноярск.

2.2 Автопарк г. Красноярска

По данным УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю количество различных видов автомобильного транспорта в 2014 г. составило 1072738 единиц. В 2014 г. произошло уменьшение количества автотранспортных средств в черте городов края на 101,8 тыс. единиц (таблица 2.3). При этом численность легкового автотранспорта возросла, а грузового и автобусов – уменьшилась.

Таблица 2.3- Количество автотранспортных средств, состоящих на учете в Красноярском крае, и объемы выбросов от автотранспорта за 2013-2014 гг.[12]

Год	Всего, ед.	Виды транспорта			Выбросы автотранспорта, тыс. т
		Легковые	Грузовые	Автобусы	
2013	1036408	869021	144504	22570	313,0
2014	1072738	914859	141927	15952	236,2

В 2014 г. суммарные выбросы от автотранспорта в Красноярском крае составили 236,2 тыс. т, что на 76,8 тыс. т (24,5 %) меньше, чем в 2013 г. (313 тыс. т.). Данное снижение связано с уменьшением количества грузового транспорта и автобусов на фоне увеличения более современного легкового транспорта. По данным УГИБДД ГУВД по Красноярскому краю за 2014 г. 38 % автомобильного транспорта края находится в г. Красноярске (407640 автомобилей).

Далее представим структуру автопарка России по виду топлива по данным «Автостат» на 2014 г. на рисунке 2.3.

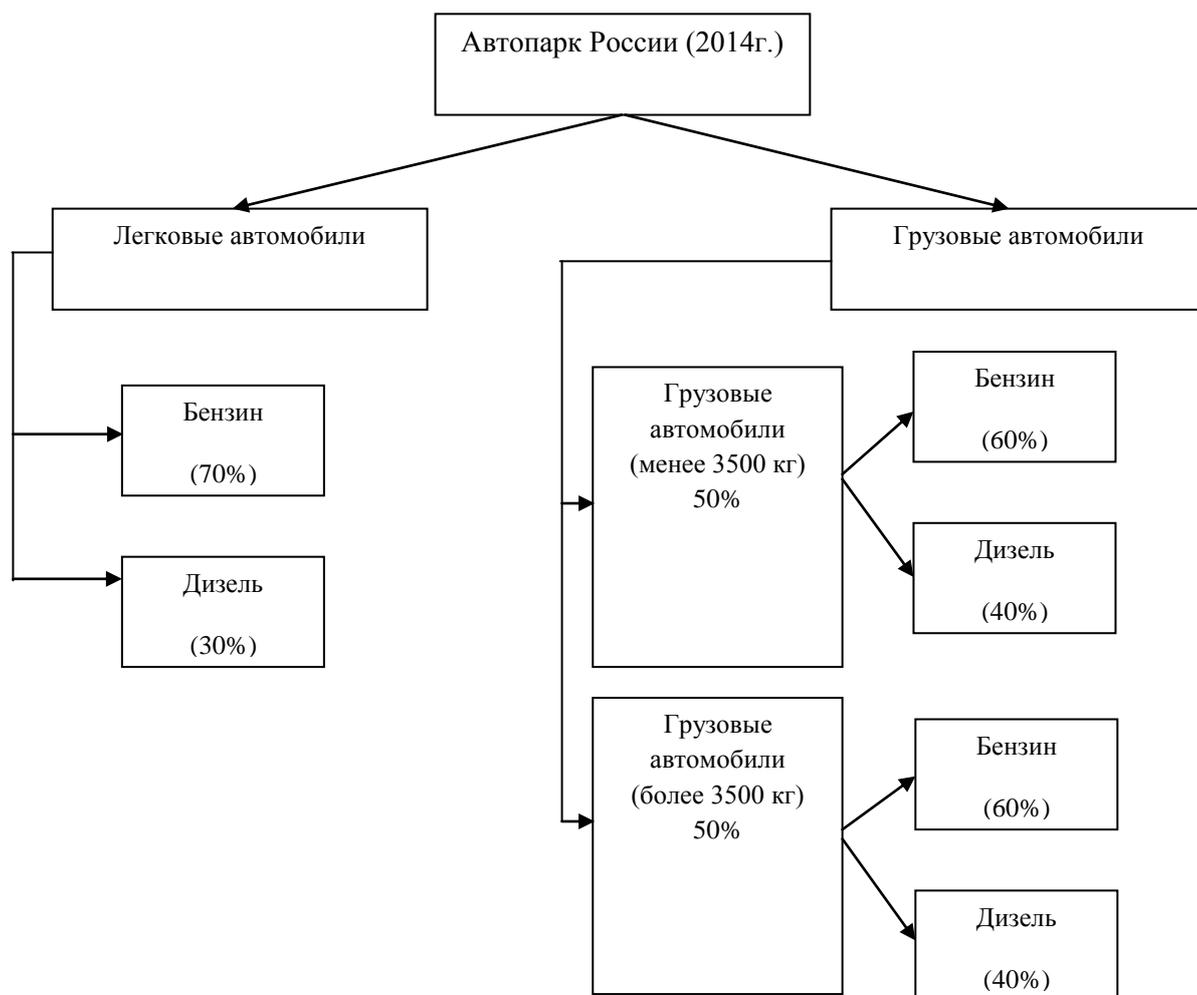


Рисунок 2.3–Структура автопарка России в 2014 г. по видам топлива

В таблице 2.4 представим структуру парка АТС РФ по экологическим классам для крупных городов.

Далее рассмотрим расчетную методику по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов, с помощью которой будем проводить подсчеты выбросов.

2.3 Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов

Настоящая методика разработана по заказу Министерства транспорта Российской Федерации и предназначена для расчета выбросов загрязняющих веществ и оценки загрязнения атмосферы автотранспортными средствами различных экологических категорий при эксплуатации в городских условиях.

Основные положения настоящей инструкции (методики) гармонизированы с действующей международной методикой инвентаризации выбросов загрязняющих веществ ЕМЕП/CORINAIR, с учетом особенностей структуры и режимов движения автотранспортных средств, эксплуатируемых в крупнейших городах (с численностью населения свыше 1 млн. человек).

Методика предназначена для использования природоохранными и контролирующими организациями, а также организациями, занимающимися градостроительной, транспортной и дорожно-строительной деятельностью, при разработке проектов развития и реконструкции транспортной инфраструктуры, при инвентаризации валовых выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух при движении по улично-дорожной сети города.

Методика разработана взамен «Методики определения массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух», утвержденной Минтрансом России 02.06.1993 г.

В целях проведения расчетной инвентаризации выбросов АТС (автотранспортные средства) разделены на следующие типы:

- легковые автомобили;
- грузовые автомобили и автобусы полной массой до 3500 кг;
- грузовые автомобили полной массой более 3500 кг.

Каждый тип АТС в зависимости от вида используемого топлива разделен на следующие подтипы:

- АТС, работающие на бензине;
- АТС, работающие на дизельном топливе.

АТС, в соответствии с их экологическими характеристиками, подразделяются на два экологических класса:

- Евро 0;
- Евро 1 и более.

Приведенные в данной методике удельные выбросы загрязняющих веществ АТС различных экологических классов отражают усредненный выброс загрязняющих веществ при движении АТС по городским улицам и дорогам регулируемого и непрерывного движения.

Детализированная расчетная схема используется при инвентаризации выброса загрязняющих веществ АТС в атмосферный воздух при наличии данных о численности и интенсивности движения АТС.

Расчеты выполняются для следующих загрязняющих веществ:

- СО - оксид углерода;
- VOC - углеводороды в пересчете на $CH_{1,85}$;
- NO₂ - диоксид азота;
- SO₂ - диоксид серы;
- CO₂ - диоксид углерода;
- CH₄ - метан;
- NM VOC - неметановые углеводороды;
- NH₃ - аммиак;
- N₂O - закись азота;
- Pb - соединения свинца;
- Бенз(а)пирен.

При выполнении расчетов численность АТС соответствующего экологического класса определяется на основании исследований структуры парка транспортных средств, зарегистрированных на территории крупнейших городов.

Интенсивность движения на конкретном участке улично-дорожной сети определяется количеством АТС, прошедших данный участок за определенный период времени.

2.4 Детализированная расчетная схема выброса загрязняющих веществ автотранспортными средствами

Выброс i -го загрязняющего вещества автотранспортными средствами соответствующего расчетного типа при движении по участку улично-дорожной сети за расчетный период M_{ijkl} рассчитывается по формуле:

$$M_{ijkl} = m_{ijk} \cdot l_{kl} \cdot N_{jkl} \cdot 10^{-3}, \text{ Т}, \quad (1)$$

где m_{ijk} - пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества АТС j -го расчетного типа при движении по улицам и дорогам, г/км;

l_{kl} - протяженность l -го участка улиц и дорог, км;

N_{jkl} - интенсивность движения АТС j -го расчетного типа на l -м участке улиц и дорог за расчетный период, тыс. авт.

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автотранспортных средств с бензиновым и дизельным топливом по городским улицам и дорогам представлены в таблицах 2.5 – 2.6.

Выброс i -го загрязняющего вещества при движении автотранспортных средств всех расчетных типов рассчитывается по формуле:

$$M_{li} = \sum_{j=1}^J M_{lij}, \text{ Т} \quad (2)$$

Следующим этапом будет являться оценка вклада автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха в г. Красноярске.

3 Вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха в г. Красноярске

3.1 Расчет и анализ выбросов от автотранспортных средств

Для расчета показателей был проведен сбор данных об интенсивности движения. Данные были собраны в результате исследования. Объектом исследования являлись автомобильные дороги в городе Красноярске. Предметом – загруженность дорог, интенсивность движения.

Исследования проводились в городе Красноярске в августе 2015 года. Были выбраны 16 основных точек наблюдения:

1. ул. Матросова;
2. ул. Красноярский рабочий (ост.Затон);
3. ул. Семафорная;
4. ул. Мичурина;
5. ул. Партизана Железняка (Аэровокзальная);
6. ул. 9 Мая;
7. ул. Шахтеров;
8. ул. Карла Маркса;
9. Коммунальный мост;
10. ул. Дубровинского (Речной вокзал);
11. ул. Дубровинского (п. Горького);
12. пр. Мира;
13. ул. Ленина;
14. пр. Свободный (Космос);
15. ул. Копылова;
16. пр. Свободный (Высотная);

Методом исследования являлось наблюдение за количеством проезжающих автомобилей. В ходе исследования автомобили разделялись на 2 категории: легковые автомобили и грузовые.

Испытания проводились на протяжении недели, четыре раза в день. Время наблюдения 20 минут. В результате все полученные данные заносились в единый массив данных в программе «Excel».

Следующим этапом подготовки данных для расчетов выбросов загрязняющих веществ являлось разделение автотранспорта согласно нужной классификации.

Используя статистические данные о составе автотранспортных средств в России на 2014г., полученные данные об интенсивности движения (общей численности автомобилей) были разделены на следующие типы:

- легковые автомобили;
- грузовые автомобили и автобусы полной массой до 3500 кг;
- грузовые автомобили полной массой более 3500 кг.

Каждый тип АТС в зависимости от вида используемого топлива разделен на следующие подтипы:

- АТС, работающие на бензине;
- АТС, работающие на дизельном топливе.

АТС в соответствии с их экологическими характеристиками разделились на два экологических класса:

- Евро 0;
- Евро 1 и более.

Таким образом, был построен массив данных в программе «Excel» с информацией об интенсивности движения каждого расчетного типа АТС за 20 минут, 4 раза в день, в течение недели в 16 точках г. Красноярск.

По результатам анализа было выявлено наибольшее количество машин в четверг в 14.00 (12117 шт.).

Результаты подсчетов за данный период представим в таблице 3.1 и на рисунке 3.1.

Следует отметить, что наибольшее количество машин, а именно 1303 шт., наблюдалось на Коммунальном мосту. Наименьшее число автомобилей на Свободном (Высотная) – 440 шт.

Далее проведем статистический анализ полученных данных.

Для начала рассмотрим общие показатели по всей полученной выборке и показатели относительно каждого временного периода (9.00, 14.00, 17.00, 20.00), а также по каждому дню недели, по всем точкам наблюдения вместе. Данные представим в таблице 3.2.

Таким образом, в среднем за 20 минут в одной точке наблюдения проехало 628 автотранспортных средств, минимальное количество АТС составило 121 (Дубровинского (Реч. вокзал) в 20.00 в воскресенье), а максимальное 1453 (Коммунальный мост в 9.00 в пятницу).

Относительно дней недели можем сделать вывод о том, что в будние дни количество машин значительно больше, чем в выходные. Наименьшее среднее количество машин – в воскресенье, а наибольшее – в пятницу и четверг.

Если рассматривать показатели относительно времени суток, то видно, что наибольшее число машин проезжает днем.

Рассмотрим показатели относительно каждой точки наблюдения. Результаты расчета статистических показателей представим в таблице 3.3.

Из полученных показателей можем сделать вывод о том, что наиболее загруженным является Коммунальный мост, среднее значение автомобилей, проезжающих в этой точке наблюдения наибольшее.

Меньше всего, в среднем, проезжает АТС по ул. Семафорная.

Проанализировав полученный массив данных с помощью статистических показателей, были сделаны основные выводы относительно динамики интенсивности движения по дорогам города.

Следующим этапом перейдем к расчетам выбросов основных, наиболее значимых, загрязняющих веществ.

Приведем пример расчетов. Используя методику, которая была рассмотрена в данной работе ранее, рассчитаем выбросы оксида углерода (СО) для ул. Матросова в 9.00 в понедельник.

Интенсивность движения за 20 минут составила 866 машин (819 – легковые, 47 – грузовые). Структуру АТС представим на рисунке 3.2.

Наибольшее количество легковых автомобилей экологического класса Евро 0 на бензиновом топливе.

Исследуемый отрезок дороги возьмем равный 500 метров.

Таким образом рассчитаем показатели выбросов оксида углерода.

$$M_{CO(\text{легковые E0 Б})} = 430/1000 * 0,5 * 22,8 * 10^{-3} = 4,9017 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{легковые E1 Б})} = 143/1000 * 0,5 * 7,4 * 10^{-3} = 0,5303 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые менее 3500 E0 Б})} = 11/1000 * 0,5 * 31,5 * 10^{-3} = 0,1732 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые менее 3500 E1 Б})} = 3/1000 * 0,5 * 10,3 * 10^{-3} = 0,016 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые E0 Б})} = 13/1000 * 0,5 * 71,5 * 10^{-3} = 0,4637 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые E1 Б})} = 1/1000 * 0,5 * 71,5 * 10^{-3} = 0,0403 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{легковые E0 Д})} = 49/1000 * 0,5 * 0,9 * 10^{-3} = 0,0221 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{легковые E1 Д})} = 197/1000 * 0,5 * 0,5 * 10^{-3} = 0,0491 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые менее 3500 E0 Д})} = 6/1000 * 0,5 * 1,2 * 10^{-3} = 0,0034 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые менее 3500 E1 Д})} = 4/1000 * 0,5 * 0,4 * 10^{-3} = 0,0008 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые E0 Д})} = 6/1000 * 0,5 * 36,5 * 10^{-3} = 0,1149 * 10^{-3} \text{ (Т)};$$

$$M_{CO(\text{грузовые E1 Д})} = 3/1000 * 0,5 * 36,5 * 10^{-3} = 0,0566 * 10^{-3} \text{ (Т)}.$$

Таким образом были рассчитаны показатели выбросов оксида углерода для каждого расчетного типа АТС. Теперь мы можем рассчитать общую сумму выбросов оксида углерода, сложив все полученные показатели.

$$M_{CO} = 6,372 * 10^{-3} \text{ (Т)}.$$

Аналогичным образом посчитаем показатели по всем рассматриваемым пунктам наблюдения по данному веществу.

Результаты расчетов представим в таблице 3.4.

Мы видим, что наибольшее количество выбросов CO концентрируется на Коммунальном мосту – $10,353 * 10^{-3}$ т, а наименьшее ($2,436 * 10^{-3}$ т) на пр.Свободном (Космос).

Далее представим сводную таблицу 3.5 с суммой выбросов по каждому веществу в пределах каждой точки за анализируемый период, то есть за все время исследования.

Следует отметить, что, используя данную методику, мы получаем показатели загрязняющих веществ, которые имеют прямо пропорциональную зависимость от количества автотранспорта (интенсивности движения).

Для анализа показателей выбросов загрязняющих веществ представим полученные данные на диаграмме относительно общего объема выбросов. Представим полученную диаграмму на рисунке 3.3.

Для наглядности сначала изобразим диаграмму с категориями веществ: CO, CO₂ и остальные вещества, так как выделенные вещества занимают наибольшую долю в общем объеме выбросов. CO₂ занимает 92%, следом идет CO и занимает 6%. На все оставшиеся вещества приходится всего 2%.

На рисунке 3.4 изобразим диаграмму со структурой состава категории «оставшиеся вещества». Здесь наибольшую долю занимают углеводороды и неметановые углеводороды, которые занимают 38% и 36% соответственно.

Бенз(а)пирен и свинец занимают наименьшую долю в общем количестве выбросов всех веществ, но они являются одними из наиболее токсичных и опасных загрязнителей.

Используя полученные данные, построим карту концентрации выбросов в атмосфере г. Красноярска за анализируемый период, используя программное обеспечение «MapInfo».

Построенную карту представим на рисунке 3.5.

Очевидно, что основными очагами вредных веществ из анализируемых пунктов на момент исследования являлись Коммунальный мост и ул. 9 мая. Это можно связать с тем, что Коммунальным мостом слишком загружен и имеет высокую общую интенсивность движения; а ул. 9 мая имеет большую нагрузку с точки зрения грузового транспорта, который производит наибольшее количество выбросов, относительно легкового; при этом через ул. 9 мая проходит дорога в отдаленный крупный район города «Солнечный».

3.2 Оценка эффективности мероприятия по снижению загруженности дорожно-транспортной сети

Одним из мероприятий по снижению выбросов от автотранспорта является градостроительные работы. То есть развитие дорожно-транспортной сети. Одним из крупных проектов, который был завершен в 2015 г., является строительство 4 моста через р. Енисей.

В мае 2016 г. были проведены аналогичные исследования по интенсивности движения относительно тех же 16 точек. Наблюдение осуществлялось в течении недели.

В результате исследования был также составлен массив данных в программе «Excel» с информацией об интенсивности движения каждого расчетного типа АТС за 20 минут, 4 раза в день, в течение недели в 16 точках г. Красноярск.

По результатам повторного исследования наибольшее количество машин наблюдалось в понедельник в 14.00 (12540 автомобилей). Результаты исследования за этот период времени представим в таблице 3.6.

Сравним данные показатели с показателями предыдущего исследования, а именно с периодом, когда наблюдалось наибольшее число автомобилей (четверг 14.00). Получим, что наибольший прирост количества автомобилей произошел в точке наблюдения Дубровинского (п. Горького) на 1,9%. Наибольшее снижение общего числа автомобилей наблюдается на Коммунальном мосту на 1,8%.

Проведем сравнение статистических показателей по всем значениям данного исследования и предыдущего (таблица 3.6).

Таким образом, среднее количество автомобилей в одной точке наблюдения за 20 минут составило 632 шт., что больше предыдущего значения на 0,6%, минимальное значение увеличилось на 9,9% и составило 133

автомобиля, при это максимальное значение сократилось на 13,8% и составило 1253.

Уменьшение максимального значения произошло за счет того, что количество машин, проезжающих по Коммунальному мосту уменьшилось.

Рассмотрим статистические показатели относительно каждой точки наблюдения (таблица 3.7).

Из полученных показателей следует, что среднее значение количества автомобилей на Коммунальном мосту уменьшилось на 15%, но при этом Коммунальный мост также остается самым загруженным. Следует отметить, что значительное увеличение среднего числа автомобилей наблюдается в точке Дубровинского (п. Горького) на 18%, что напрямую связано с открытием 4 моста над р. Енисей.

Далее были рассчитаны показатели выбросов по всем загрязняющим веществам за весь исследуемый период. Результаты расчётов приведем в таблицах 3.8 – 3.9.

Общий объем выбросов, по результатам подсчетов повторного исследования, незначительно возрос (на 0,5%) и составил 38453,3 кг. При этом показатели по всем выбросам увеличились, но значение показателя N_2O уменьшилось на 3,5%. Это можно связать с изменением структуры состава исследуемого потока автотранспорта.

Объем всех выбросов за исследуемый период представим на рисунке 3.6.

Очевидно, что явных изменений в объеме выбросов веществ не наблюдается, однако, стоит отметить, что выбросы на Коммунальном мосту, хоть и являются наибольшими, уменьшились по сравнению с предыдущим периодом.

Таким образом, делаем вывод о том, что строительство моста – недостаточная мера; необходимо также обеспечивать строительство развязок, связанных с мостом на левом берегу, для того, чтобы разгрузить центр города от транспортного потока.

Далее проведем анализ вклада автотранспорта в загрязнение атмосферы по исследуемым веществам.

3.3 Оценка вклада автотранспортных средств в загрязнение атмосферного воздуха

Для анализа будем использовать временной период в 20 минут. Наибольшее количество машин, а, соответственно, и выбросов наблюдалось в понедельник в 14.00. Объем выбросов от автотранспорта возьмем равным объему выбросов за данный промежуток времени.

Для того, чтобы оценить вклад автотранспорта, необходимо определить, какой объем выбросов осуществляют стационарные источники за выбранный промежуток времени, а именно 20 минут.

Используя «ГМА предельно допустимых выбросов для г. Красноярска» найдем объем выбросов от стационарных источников за 20 минут по исследуемым веществам. Результаты представим в таблице 3.10.

Так как CO_2 не является загрязнителем, то данное вещество не будем использовать в расчетах.

Таким образом объем выбросов по исследуемым веществам (без CO_2) составляет $11218,9 \text{ т} \cdot 10^{-3}$.

Также, чтобы оценить вклад автотранспорта в общий объем загрязнения, рассчитаем выброс всего автотранспорта в атмосферу, используя данные проведенного исследования и последующих расчетов. Результаты представим в таблице 3.11.

Используя данные о количестве транспортных средств в г. Красноярске, а также показатель объема выбросов по исследуемым веществам (по 16 точкам наблюдения), был рассчитан показатель объема выбросов от всего автотранспорта по рассматриваемым веществам за 20 минут, он составил $4407,3 \text{ т} \cdot 10^{-3}$.

Все полученные данные сведем в таблице 3.12.

Для наглядности представим полученные данные на круговой диаграмме (рисунок 3.7).

Таким образом, за 20 минут доля автотранспорта в общем числе выбросов составила 28%.

Также, необходимо оценить вклад автотранспорта относительно каждого рассматриваемого вещества. В таблице 3.13 представим выбросы от стационарных источников и от автотранспорта по рассматриваемым веществам за 20 минут, и оценим вклад каждого источника в выбросы по данным веществам.

Основную долю автотранспорт занимает в выбросах следующих веществ: углеводороды, неметановые углеводороды и соединения свинца.

Таким образом, вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха равен 28%. Этот показатель является значительным, учитывая то, что источник выбросов в данном случае находится вблизи человека, соответственно, автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха. Необходимо разрабатывать и проводить мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения задач данной работы была достигнута ее основная цель, то есть, оценен вклад автотранспорта в формирование выбросов в атмосферу г. Красноярска за исследуемый период.

Таким образом, за 20 минут доля автотранспорта в общем числе выбросов составила 28%. Это является значительной частью, соответственно, автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха.

В результате расчетов было получено, что основная нагрузка на дорожно-транспортную сеть осуществляется в будние дни, в дневное время. Наибольшая концентрация автотранспорта наблюдается на Коммунальном мосту и на ул. 9 мая.

Также, был проведен сравнительный анализ выбросов загрязняющих веществ по различным временным периодам. Первые расчеты были проведены в августе 2015 г., а повторные в мае 2016 г. Основная цель этого сравнения заключалась в том, чтобы оценить влияние 4 моста через р. Енисей, как фактора снижения количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города Красноярска. В результате анализа был сделан вывод о том, что явных изменений в концентрации веществ не наблюдается, однако, стоит отметить, что выбросы на Коммунальном мосту, хоть и являются наибольшими, уменьшились по сравнению с предыдущим периодом.

Таким образом, делаем вывод о том, что строительство моста – недостаточная мера; необходимо также обеспечивать строительство развязок, связанных с мостом на левом берегу, для того, чтобы разгрузить центр города от транспортного потока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амбарцумян, В. В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тагасов – Москва, 2009. – 208 с.
2. Амрин, М. К. Химическое Загрязнение Атмосферного Воздуха В Условиях Мегалополиса / М. К. Амрин // Здоровье семьи 21 век. - 2015. - № 4 – С.31-33.
3. Бадалян, Л.Х. Анализ выбросов загрязняющих веществ автотранспортом / Л. Х. Бадалян, В. Л. Гапонов // Межвузовский сборник научных трудов выпускников. - 2000. - № 4 – С. 29-31.
4. Бальзанников, М.И. Автомобильный транспорт и загрязнение воздушной среды в центральных районах крупного города / М. И. Бальзанников // Научное обозрение. - 2015. - № 11 –С.365-367.
5. Баринаева, Л. Д. Пути снижения негативного воздействия транспортного комплекса на городскую среду / Л. Д. Баринаева // Транспорт: Наука. Техника. Управление – 2012. - № 2 - С. 14-18.
6. Беляев, Н. Н. Прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния городских автомагистралей: учеб.пособие / Н. Н. Беляев. – М.: 2016. – 90 с.
7. Виноградов, П. П. Влияние автотранспорта на загрязнение воздуха / П. П. Виноградов // Актуальные проблемы современного общества - 2014. - № 2 – С. 43-44.
8. Гапонов, В. Л. Современные методы снижения вредных выбросов с отработавшими газами автотранспорта / В. Л. Гапонов // Технологии техносферной безопасности – 2008. - № 11 – С. 8-9.
9. Глухих, А. Р. Загрязнение городской среды автотранспортом / А.Р. Глухих // Здоровье населения и среда обитания. - 2002. - № 1. - С. 25-29.
10. Гордеев, Л. Ю. О влиянии автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха в горнопромышленных и селитебных районах / Л. Ю.

Гордеев // Научные ведомости Белгородского Государственного Университета. Серия: Естественные Науки – 2015. - № 9 – С.168-171.

11. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году»–Красноярск, 2015.

12. Ежов, В.С. Очистка городского воздуха от вредных выхлопов автотранспорта / В.С. Ежов // Известия Юго-Западного Государственного Университета – 2012. - № 2 – С.165.

13. Зарубин, Г.П. Гигиена города / Г.П.Зарубин, Ю.В. Новиков // Природа и человек - 2011. - № 6 - С.8-9.

14. Ибатов, М. Совершенствование методов снижения загрязнения атмосферы вредными выбросами автотранспорта / м. Ибатов //Современные проблемы науки и образования – 2013. - № 3 – С.42-44.

15. Коротков, М.В. Оценка экологической опасности выбросов вредных веществ от автомобильного транспорта (на примере г. Оренбурга) / М. В. Коротков, А. И. Байтелова, О. В. Чекмарева// Экологические системы и приборы. – 2008. - № 2 - С. 26-30.

16. Кудрявцев, И. Чистый воздух – это не роскошь, а средство жизнеобеспечения / И. Кудрявцев // Автомикс. – 2001. - № 37 – С. 32-35.

17. Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие/ А. Р. Кульчицкий – Москва : Академический проект, 2004. – 400с.

18. Куров, Б. М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? / Б. М. Куров // Россия в окружающем мире. Аналитический ежегодник. – 2000. -№ 5. – С. 79-82.

19. Ложкина, О.В.Оценка удельных выбросов окислов азота легковым автотранспортом / О. В. Ложкина // Двигателестроение – 2012. - № 4 - С. 35-41.

20. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология / В Н. Луканин – Москва: Высшая школа, 2001. - 273 с.

21. Любкевич, А. Н. Загрязнение атмосферы вредными выбросами автотранспорта вблизи многоуровневых развязок / А. Н. Любкевич // Известия Юго-Западного Государственного Университета – 2011. - № 5 – С.191 -194.

22. Марчукова, О. Ю. Влияние автотранспорта на окружающую среду: учебн. Пособие. М.: 2013. – 60 с.

23. Миляев, В. Б. Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов: пособие / В. Б. Миляев. - Санкт-Петербург : Атмосфера. -2000. С. 40

24. Миненко, Е.Ю. Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения Пензы / Е. Ю. Миненко – Пенза, 2014. – 7 с.

25. Михайлюта, С.В. Динамика загрязнения атмосферы в условиях города / С. В. Михайлюта, О. В. Тасейко, Ю. В. Захаров // LambertacademicpublishingGmbH&Co.KG – Германия, 2013. – 136 с.

26. Никифорова, В. А. Экологические аспекты влияния автотранспорта на окружающую среду / В. А. Никифорова // Системы. Методы. Технологии – 2014. - № 4 – С.144-146.

27. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Красноярском крае в 2010 году : Государственный доклад / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю – Красноярск, 2011. – 191 с.

28. Павлова, Е. И. Экология транспорта / Е. И. Павлова, Ю. В. Буравлева - Москва : Транспорт, 2008г. – 65 с.

29. Пензерь, Д.А. Влияние автотранспорта на окружающую среду / Д. А. Пензерь // Экология России: На пути к инновациям– 2013. - № 7 – С. 94-97.

30. Потапов, А.И. Пути решения экологических проблем автотранспорта / А. И. Потапов. - Санкт-Петербург, 2006. - 568 с.

31. Сапожкова, Н. В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта для регулирования экологической ситуации в городе / Н. В. Сапожкова // Вестник Волгоградского Государственного Архитектурно-Строительного Университета– 2010. - № 20 – С.175.

32. Сапожкова, Н.В. Подбор мероприятий по снижению негативного воздействия автотранспорта на городскую среду / Н. В. Сапожкова // Вестник Волгоградского Государственного Архитектурно-Строительного Университета – 2011. - № 23 - С.162.

33. Сводные тома «Предельно допустимых выбросов в атмосферу для г. Красноярск» - Красноярск, 2012.

34. Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории Красноярского края, республик Хакасия и Тыва в 2013 году / Территориальный Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды, ГУ «Красноярский ЦГМС-Р», Среднесибирское УГМС – Красноярск, 2013. – 117 с.

35. Социально-гигиенические проблемы охраны окружающей среды // Проблемы больших городов - Москва, 2005. - № 8- 23 с.

36. Стуканов, В. А. Влияние автотранспорта на состояние окружающей среды крупного промышленного города / В. А. Стуканов// Вестник Воронежского Государственного Университета – 2012. - № 24 – С.168.

37. Хлебопрос, Р.Г. Красноярск. Экологические очерки: монография / Р.Г. Хлебопрос, О.В. Тасейко, Ю.Д.Иванова, С.В. Михайлюта. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 130 с.

38. Чурбакова, О. В. Экология. Оценка воздействия автотранспорта на окружающую среду / О. В. Чурбакова - Красноярск: ИПК СФУ, 2007.

39. Шаповалов, А. Л. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилей/ А. Л. Шаповалов– Москва : Транспорт, 2000. -160 с.

40. Шапошникова, С.О. Зависимость загрязнения атмосферы от состояния дорожного полотна (на примере г. Астрахани) / С. О. Шапошникова // Туризм и

рекреация: инновации и ГИС технологии– Астрахань : Астраханский университет, 2012. – С. 201-206

41. Щербатюк, А. П. Защита атмосферного воздуха городов от загрязнения отработавшими газами автомобилей в регионах с резкоконтинентальным климатом / А. П. Щербатюк. – М.: 2011. С. 45

42. Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф: Красноярский край // Всероссийский постоянно действующий науч.-техн. семинар - 2005. - 111 с.

43. Юферева, Л. М. Исследование интенсивности автотранспортных потоков в центре мегаполиса / Л. М. Юферева// Охрана окружающей среды и природопользование – 2012. - № 4 - С. 25-28.

44. Якубовский, Ю. А. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды/ Ю. А. Якубовский – Москва, 2003. – 198 с.

45. Robertson, D.S.The rise in the atmospheric concentration of carbon dioxide and the effects on human health/D. S. Robertson//Current Science. -2006. - № 12, -P. 25-28.