

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ „НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”



ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ  
СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 7.070801  
ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ДНІПРОПЕТРОВСЬК  
2011

Програма та методичні вказівки до ландшафтно-екологічної практики студентів заочної форми навчання за спеціальністю 7.070801 Екологія і охорона навколишнього середовища / Упорядн.: О.О. Борисовська. - Дніпропетровськ: НГУ, 2008. - с.

Укладач: О.О. Борисовська., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології А.І. Горова, д-р біол. наук, проф.

Друкується у редакційній обробці укладачів

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ**

**Цель практики:** ознакомление с проблемой загрязнения окружающей природной среды автомобильным транспортом; анализ влияния автотранспорта на состояние атмосферного воздуха; изучение основных направлений на пути снижения вредных выбросов автотранспорта.

**Задача практики:** освоение математических методов оценки загрязнения атмосферного воздуха выхлопами автотранспорта, а также методов расчета рассеивания в атмосфере различных вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания.

## **2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Ландшафтно-экологическая практика студентов специальности 7.070801 «Экология и охрана окружающей природной среды» является составной частью учебного процесса подготовки специалистов.

Для выполнения поставленных задач студент обязан:

- получить у руководителя практики от университета инструкции по программе проведения практики;
- в полном объеме выполнять все задания, предусмотренные программой и указаниями руководителя практики;
- придерживаться правил трудовой дисциплины;
- оформить отчет, подписать его у руководителя практики;
- своевременно сдать зачет по практике.

Практика проводится в конце 2 курса обучения. Продолжительность практики – 1 неделя.

## **3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ**

### **3.1. Подготовка к практике**

Перед прохождением практики студент обязан:

- прослушать инструктаж о порядке прохождения практики и по технике безопасности;
- получить необходимые для прохождения практики документы (индивидуальное задание, методические рекомендации).

### **3.2. Руководство практикой**

Практика студентов осуществляется под контролем руководителя практики от университета.

Руководитель практики от университета:

- обеспечивает проведение всех организационных мероприятий перед началом и в течение практики;
- принимает отчет по практике.

### **3.3. Обязанности студента во время прохождения практики:**

Студент-практикант обязан:

- соблюдать правила дорожного движения: переходить дорогу только в установленном месте и на разрешающий сигнал светофора;
- в случае возникновения чрезвычайной ситуации немедленно сообщить о произошедшем руководителю практики и действовать в соответствии с правилами поведения в чрезвычайных ситуациях.

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **4.1. Ход работы над отчетом**

1. Выполнение отчета по ландшафтно-экологической практике начинается студентом с изучения данных методических указаний.

2. Из вариантов, приведенных в п.5, студент выбирает индивидуальное задание в соответствии со своим номером по списку в журнале.

3. Отчет по ландшафтно-экологической практике должен содержать в себе *теоретическую часть*, в которой приведены основные сведения о загрязнении окружающей среды автомобильным транспортом; о составе выхлопных газов ДВС и о возможных путях снижения негативного влияния автотранспорта на окружающую среду; и *практическую часть*, включающую результаты решения индивидуальных заданий и выводов к ним, выполненных в соответствии с приведенными в п.п. 4.3.2, 4.3.4 и 4.3.6 примерами.

## **4.2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **4.2.1. Экологические проблемы транспорта**

Транспорт – один из важнейших элементов материально-технической базы общественного производства и необходимое условие функционирования современного индустриального общества. Различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный, железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт.

В настоящее время земной шар покрыт густой сетью путей сообщения. Протяженность магистральных автомобильных дорог мира с твердым покрытием превышает 12 млн. км, воздушных линий – 5,6 млн. км, железных дорог – 1,5 млн. км, магистральных трубопроводов – около 1,1 млн. км, внутренних водных путей – более 600 тыс. км. Морские линии составляют миллионы километров.

Наряду с преимуществами, которые обеспечивает обществу развитая транспортная сеть, ее прогресс сопровождается также негативными последствиями – отрицательным воздействием транспорта на окружающую среду, прежде всего на тропосферу, а также на почвенный покров и водные объекты.

Все транспортные средства с автономными первичными двигателями в той или иной степени загрязняют атмосферу химическими соединениями, содержащимися в отработанных газах. В среднем вклад отдельных видов транспортных средств в загрязнение атмосферы следующий:

- автомобильный – 85%;
- морской и речной – 5,3%;
- воздушный – 3,7%;
- железнодорожный – 3,5%;
- сельскохозяйственный – 2,5%.

В крупных городах, таких как Берлин, Токио, Москва, Киев, загрязнение воздуха автомобильными выхлопами составляет по разным оценкам от 80 до 95% всех загрязнений.

Что касается загрязнения атмосферы другими видами транспорта, то здесь проблема имеет меньшую остроту, поскольку транспортные средства этих видов не концентрируются непосредственно в городах. Так, в крупнейших железнодорожных узлах все движение переведено на электротягу и лишь на маневровой работе используются тепловозы. Речные и морские порты, как правило, размещены за пределами жилых кварталов городов, а движение судов в районах портов незначительно. Аэропорты, как правило, относят от городов на расстояние 20-40 км. Кроме того, большие открытые пространства над аэродромами, как и над речными и морскими портами, не создают опасности высоких концентраций токсичных примесей, выделяемых двигателями внутреннего сгорания. Следует отметить, что на железнодорожном, морском, речном и воздушном транспорте практически не используются карбюраторные бензиновые двигатели.

Наряду с загрязнениями окружающей среды вредными выбросами следует отметить физическое воздействие на атмосферу в виде образования антропогенных физических полей (повышенный шум, инфразвук, электромагнитные излучения). Из этих факторов наиболее мощное воздействие оказывает повышенный шум. Транспорт – основной источник акустического загрязнения окружающей среды. В крупных городах уровень шума достигает 70-75 дБА, что в несколько раз превышает допустимые нормы. Основным источником акустического загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт: его вклад в городах составляет от 75 до 90%.

Современный автомобиль – яркий пример неэкологичного транспортного средства. Поэтому проблемы и пути повышения экологичности транспорта наиболее целесообразно рассмотреть на примере автомобильного транспорта.

#### **4.2.2. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду**

Общий мировой парк автомобилей насчитывает 800 млн. единиц, из которых 83...85% составляют легковые автомобили, а 15... 17% - грузовые и автобусы. Выставленные бампер к бамперу, они составили бы цепочку длиной в 4 млн. км, которой 100 раз можно обернуть земной шар по экватору. Если тенденции роста выпуска автотранспортных средств останутся неизменными, то к 2015 г. число автомобилей может возрасти до 1,5 млрд. шт.

Автомобильный транспорт, с одной стороны, потребляет из атмосферы кислород, а с другой - выбрасывает в нее отработавшие газы, картерные газы и углеводороды из-за испарения их из топливных баков и негерметичности систем подачи топлива.

Автомобиль отрицательно воздействует практически на все составляющие биосферы: атмосферу, водные ресурсы, земельные ресурсы, литосферу и человека. Масштабы этого воздействия схематично представлены на рис. 1. Оценка экологической опасности через ресурсоэнергетические переменные всего цикла жизни автомобиля с момента добычи минеральных ресурсов, нужных для его производства, до рециклирования отходов после окончания его службы показала, что экологическая «стоимость» 1-тонного автомобиля, в котором примерно 2/3 массы составляет металл, равна от 15 до 18 т твердых и от 7 до 8 т жидких отходов, размещаемых в окружающей среде.

Выхлопы от автотранспорта распространяются непосредственно на улицах города вдоль дорог, оказывая непосредственное вредное воздействие на пешеходов, жителей расположенных рядом домов и растительность. Выявлено, что зоны с превышением ПДК по диоксиду азота и оксиду углерода охватывают до 90% городской территории.

Автомобиль – самый активный потребитель кислорода воздуха. Если человек потребляет воздуха до 20 кг (15,5 м<sup>3</sup>) в сутки и до 7,5 т в год, то современный автомобиль для горения 1 кг бензина расходует около 12 м<sup>3</sup> воздуха или в кислородном эквиваленте около 250 л кислорода. Так, весь автомобильный транспорт США потребляет в 2 раза больше кислорода, чем его регенерирует природа на всей их территории.

Таким образом, в крупных мегаполисах автомобильный транспорт поглощает кислорода в десятки раз больше, чем все их население.

Исследования, проведенные на автомагистралях Москвы, показали, что при тихой безветренной погоде и низком атмосферном давлении на оживленных автомобильных трассах сжигание кислорода в воздухе нередко повышается до 15% его общего объема.

Известно, что при концентрации кислорода в воздухе ниже 17% у людей появляются симптомы недомогания, при 12% и меньше – возникает опасность для жизни, при концентрации ниже 11% наступает потеря сознания, а при 6% прекращается дыхание.

С другой стороны, на этих магистралях не просто мало кислорода, но воздух еще насыщен вредными веществами автомобильного выхлопа. Исследования НИИ нормальной физиологии показывают, что в Москве 92...95% загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт.

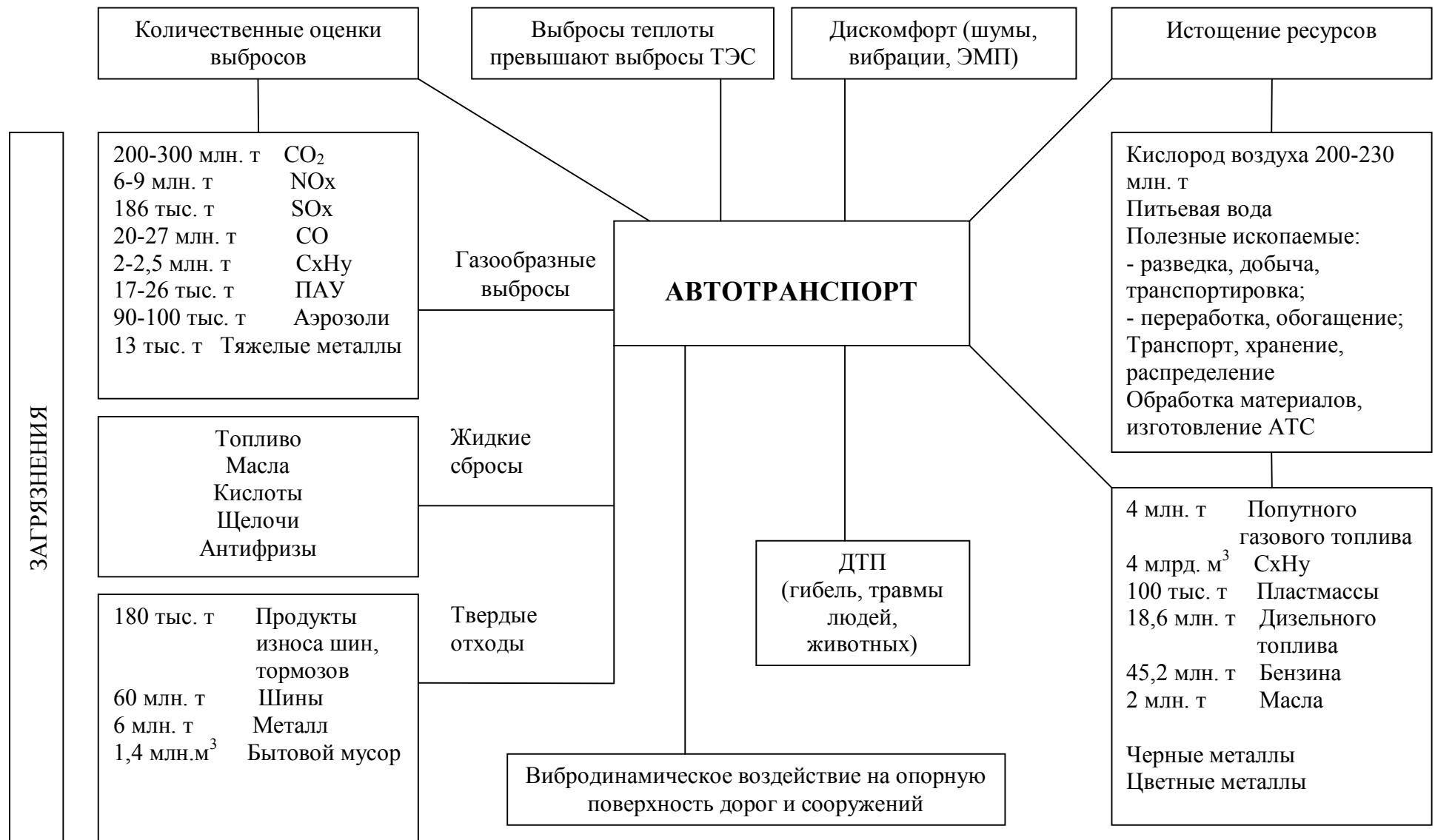


Рис. 1 - Схема и масштабы воздействия автомобилей на окружающую среду

Дым, выбрасываемый заводскими трубами, испарения химических производств, гарь от котельных и все прочие отходы деятельности большого города составляют примерно всего 7% общей массы загрязнений. Особенностью автомобильных выбросов является также то, что они загрязняют воздух на высоте человеческого роста, и люди дышат этими выбросами

Число автомобилей в городах и на автотрассах из года в год увеличивается. Экологи считают, что там, где плотность их превышает 1 тыс. на 1 км<sup>2</sup>, среду обитания можно считать разрушенной (число машин берут в пересчете на легковые автомобили. Каждый грузовой автомобиль или автобус приравнивается к пяти легковым).

#### **4.2.3. Загрязнение атмосферы выхлопными газами автотранспорта**

В состав выхлопных газов автомобилей входит около 200 химических соединений, которые в зависимости от особенностей воздействия на организм человека подразделяются на 7 классов.

**1 класс** – химические соединения, содержащиеся в естественном составе атмосферного воздуха: *водяной пар, водород, азот, кислород и диоксид углерода*. Подсчитано, что автотранспорт Европы выбрасывает в атмосферу количество пара, превышающее по массе испарение всех европейских водоемов и рек. Вследствие этого повышается влажность атмосферного воздуха, растет облачность, а количество солнечных дней в году снижается. Это способствует росту вирусных заболеваний, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и т.д.

**2 класс** – *оксид углерода* (CO). Бесцветный газ без вкуса и запаха, слабо растворимый в воде. Вдыхаемый человеком, он соединяется с гемоглобином крови и подавляет его способность снабжать ткани организма кислородом. В результате наступает кислородное голодание организма, и возникают нарушения в деятельности центральной нервной системы. Последствия воздействия зависят от концентрации оксида углерода в воздухе: так, при концентрации 0,05% признаки слабого отравления проявляются через час, а при 1% после нескольких вздохов наступает потеря сознания.

**3 класс** – *оксид азота* (NO) и *диоксид азота* (NO<sub>2</sub>), объединенные общей формулой NO<sub>x</sub>. Указанные газы являются примесями, способствующими образованию смога. Попадая в организм человека, они, взаимодействуя с влагой, образуют азотистую и азотную кислоты. Последствия воздействия также зависят от концентрации газов: при концентрации 0,0013% происходит слабое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, при 0,002% – отек легких.

**4 класс** – *углеводороды* (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>). К наиболее опасным из них относится бенз(а)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) – мощный канцероген. При нормальных условиях это соединение представляет собой иглообразные кристаллы желтого цвета, плохо растворимые в воде и хорошо – в органических растворителях. В сыворотке человека растворимость бенз(а)пирена достигает 50 мкг/мл.

**5 класс** – *альдегиды* (R-CHO). Наиболее опасны для человека акролеин и формальдегид. Акролеин (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CHO) – альдегид акриловой кислоты, бесцветная, с запахом пригорелого жира, весьма летучая жидкость, хорошо растворяющаяся в воде. Концентрация 0,00016% является порогом восприятия запаха, при 0,002% запах трудно переносим, при 0,005% – непереносим, а при 0,014% через 10 минут наступает смерть. Формальдегид (HCHO) – бесцветный газ с резким запахом, легко растворяющийся в воде. При концентрации 0,007% вызывает легкое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, а также верхних дыхательных путей, при концентрации 0,018% осложняется процесс дыхания.

**6 класс** – *сажа* (C), дисперсный продукт черного цвета, образующийся в результате неполного сгорания углеводородов, также оказывающий вредное воздействие на органы дыхания. Частички сажи активно адсорбируют на своей поверхности бенз(а)пирен. Повышенное содержание сажи в атмосферном воздухе приводит к ухудшению состояния здоровья детей, страдающих респираторными заболеваниями; лиц, больных астмой, бронхитом, воспалением легких, а также людей престарелого возраста.

**7 класс** – *свинец* (Pb) и его соединения. В бензин а качестве антидетонационной присадки вводят тетраэтилсвинец. Около 80% свинца и его соединений, загрязняющих воздух, попадают в него при использовании этилированного бензина. Свинец снижает активность ферментов и нарушает обмен веществ в организме человека, а также обладает кумулятивным действием, то есть способностью накапливаться в организме.

В таблице 1 приведены предельно допустимые концентрации вышеперечисленных примесей, содержащихся в выхлопных газах автомобильного транспорта.

Наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, на остановках перед светофорами. В зоне расположения

светофоров на малой скорости и в режиме холостого хода основными ингредиентами выбросов двигателей внутреннего сгорания являются диоксид углерода CO и углеводороды  $C_xH_y$ .

Сооружение подземных пешеходных переходов обеспечивает увеличение средней скорости движения автотранспортного потока и устраниет режим торможения, холостого хода и разгона. Для сравнения в таблице 2 приведены данные о средней продолжительности работы двигателей автомобилей в различных режимах в городах мира.

Таблица 1.

Предельно допустимые концентрации примесей, содержащихся в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания

Вещество	Формула	ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов, мг/м <sup>3</sup>	
		максимально разовая	среднесуточная
Оксид углерода	CO	5,0	3,0
Оксид азота	NO	0,4	0,06
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	0,085	0,04
Углеводороды	$C_xH_y$	1,0	не установлена
Бенз(а)пирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	не установлена	$1 \cdot 10^{-6}$
Акролеин	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> CHO	0,03	0,03
Формальдегид	HCHO	0,035	0,003
Сажа	C	0,15	0,05
Свинец	Pb	0,001	0,0003

Таблица 2.

Примеры оценки времени работы двигателя в различных режимах

Страна	Город	Длительность работы двигателя, %			
		холостой ход	разгон	постоянная нагрузка	торможение
Австралия	Сидней	15	18	54	13
Россия	Волгоград	30	23	35	12
Япония	Токио	35	20	31	14
Европа	города	35	22	29	14
Иран	Тегеран	38	22	15	14
США	города	15	37	16	32
Польша	Варшава	27	36	14	23
Россия	Москва	22	37	12	29

Еще одной особенностью автомобильных выбросов является то, что в отличие от стационарных источников выбросов промышленных предприятий, автомобили загрязняют воздух на высоте человеческого роста.

Все двигатели внутреннего сгорания, которые эксплуатируются на автомобилях, делятся на два вида: карбюраторные и дизельные. Специфика сгорания топлива и состав вредных веществ, которые поступают в атмосферу с выхлопными газами, различны.

Все *карбюраторные двигатели* работают по циклу Отто. Соотношение между сжигаемыми углеводородами и воздухом обозначают так называемым коэффициентом  $\alpha$ ; он соответствует отношению количества воздуха, который поступил в цилиндр, к количеству воздуха, которое теоретически необходимо для полного сгорания заданного количества топлива.

Максимальная скорость сгорания топлива в карбюраторных двигателях и их максимальная мощность достигается при  $\alpha=0,85-0,90$ . Таким образом, сам цикл работы карбюраторного двигателя подразумевает неполное сгорание топлива, и как следствие, выделение токсичного компонента CO в выхлопных газах. В то же время при сгорании топлива возникает высокая температура и давление, что обуславливает возникновение токсичных оксидов азота.

В *дизельных двигателях* сжигается более высокомолекулярное топливо типа лигроинов и керосина, с температурой начала кипения 180-200°C. В этих двигателях одновременно

происходят процессы испарения капель топлива, окисления их паров, а также дегорания отдельных капель в процессе расширения. Такие двигатели работают при коэффициенте  $\alpha=1,4-1,7$ , поэтому содержание CO в отработанных газах незначительно.

В связи с тем, что предельное содержание серы в дизельном топливе выше, кислород находится в излишке, выброс SO<sub>2</sub> дизелями выше. Работа дизельных двигателей создает благоприятные условия для образования канцерогенных веществ. Однако свинца в отработанных газах дизельных двигателей нет, поскольку в топливо не добавляется антидетонатор в виде тетраэтилсвинца.

В таблице 3 для сравнения приведен состав основных примесей в выхлопных газах бензиновых и дизельных двигателей внутреннего сгорания.

Таблица 3.

Состав основных примесей в выбросах автотранспорта (кг на тонну топлива)

Компонент выбросов	Формула	Двигатель	
		бензиновый	дизельный
Оксид углерода	CO	395,0	9,0
Оксид азота	NO	20,0	33,0
Оксид серы	SO <sub>2</sub>	1,6	6,0
Углеводороды	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	34,0	20,0
Альдегиды	RCHO	1,4	6,0
Сажа	C	2,0	16,0

По данным статотчетности, доля автотранспорта в загрязнении атмосферы больших городов составляет: Ужгород – 90,4%; Ялта – 88%; Киев – 77,6%; Харьков – 68,2%; Николаев – 64%; Одесса – 61%.

В Украине нормируются три основных ингредиента химического воздействия автотранспорта на окружающую среду: CO, NO<sub>2</sub> и C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>.

#### 4.2.4. Воздействие транспортного сооружения на природный ландшафт

Эстетика природного ландшафта – красота, индивидуальность местности, ее привлекательность для человека – является видом природного ресурса, необходимого для отдыха, восстановления сил и здоровья людей, удовлетворения их рекреационных потребностей. Процессы формирования ландшафта и взаимодействия с ним жилой среды и транспортных коммуникаций – предмет изучения *ландшафтной архитектуры*. Чем больше воспринимается ландшафт как природный, тем выше его рекреационные свойства. Разнообразие, уникальность и красота ландшафта в его естественной или сложившейся культурно-исторической форме могут пострадать от размещения транспортных сооружений и объектов дорожного сервиса. Важной задачей является сохранение исторических, культурных ландшафтов и их компонентов, характеризующихся особым своеобразием. Следует также оценить опасность нарушения картины городов и других населенных пунктов, охраняемых или достойных охраны памятников архитектуры и почвенных памятников, включая окружающую их среду.

Общеприняты три уровня эстетической оценки ландшафта: живописный, рядовой и требующий улучшения.

К живописным ландшафтам относят выразительный рельеф местности; выделяющиеся возвышенности, покрытые лесом или имеющие природные обнажения коренных пород; прибрежные зоны водоемов и водотоков; родники, другие выходы подземных вод и окружающая их территория; места произрастания ценных или малораспространенных в данном регионе деревьев, а также все искусственно улучшенные и обустроенные ландшафты. Живописный ландшафт не требует специальных приемов организации, главное – исключить нарушение его восприятия техническими сооружениями.

К рядовым ландшафтам относят природные формы, обычные для данной местности, в том числе с элементами урбанизации. Рядовой ландшафт не требует зрительной изоляции дороги.

К ландшафтам, *требующим улучшения*, относят ландшафты, переформированные вследствие сельскохозяйственного или промышленного освоения земель. Ландшафт, требующий улучшения, имеет техногенные элементы, изменившие природные образования.

Вследствие негативного влияния дороги на почву, воду, растения и животных картина ландшафта и его естественная пригодность изменяются. Могут нарушиться состояние природной среды, при котором обеспечиваются саморегуляция и воспроизведение основных компонентов биосферы (воды, воздуха, почвенного покрова, животного и растительного мира), и здоровые условия жизни человека.

Основные причины ландшафтных нарушений следующие: рассечение природной среды дорогой (фрагментация ландшафта); снижение продуктивности почв; развитие геодинамических процессов (эрозии, оползней, супфозии и т.п.); деградация экологических систем; эстетическое загрязнение.

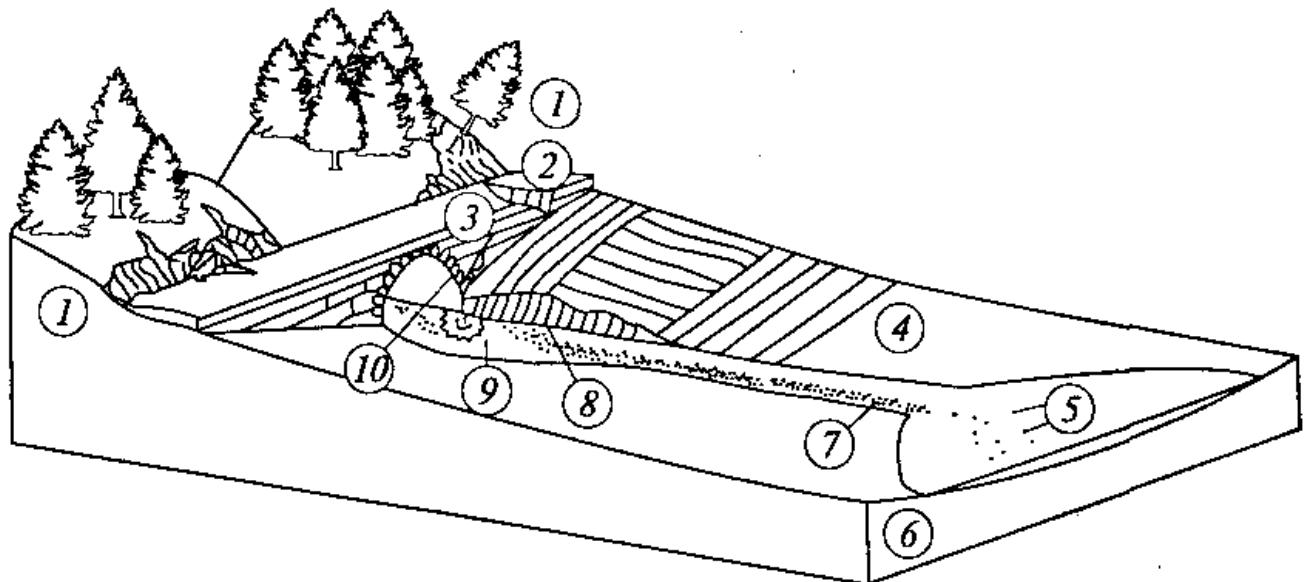


Рис. 3. Виды ландшафтных изменений под воздействием дороги: 1 – деградация растительности выше по склону из-за обратной эрозии; 2 – оврагообразование; 3 – эрозия почвы; 4 – изменения в растительности из-за понижения уровня грунтовых вод; 5 – вынос плодородного грунта с сельскохозяйственных угодий в водоемы; 6 – супфозия; 7 – вынос взвешенных частиц в понижения рельефа местности; 8 – увеличение размывания грунта водой; 9 – водоток; 10 – водопропускная труба

Экологические системы на придорожных территориях деградируют в результате чрезмерного химического и физического загрязнения воздуха, воды и почвы; наличия тепловых аномальных полей, приводящих к иссушению почвы и (или) подтоплению территорий (вследствие утечек воды из инженерных коммуникаций); нарушения травянистого покрова и его обеднения (следствием чего является снижение численности представителей полезной энтомологической фауны в фитоценозах); изменения фотопериода (светового дня) растений и поведения насекомых-фитофагов (их скопление в зеленых насаждениях приводит к сильному повреждению последних) при освещении дорог в ночное время. Характерные признаки **эстетического загрязнения**, или негативного визуального воздействия, следующие:

- невыразительные объекты транспортных сооружений;
- здания с однообразной архитектурой;
- отсутствие гармоничного единства транспортного сооружения с природной средой.

Особенно значимо эстетическое загрязнение для карьерных работ. Эстетическое загрязнение связано с негативным визуальным воздействием транспортного сооружения на окружающую среду, которое состоит из комбинации трех компонентов:

- элементов, контрастных по форме, высоте, массивности и цвету, создающих несовместимость в восприятии ландшафта;
- элементов, воспринимаемых как ассоциации с индустриальными процессами, нарушением и повреждением природной среды;
- продолжительности восприятия транспортного сооружения, связанной с длительным сроком его существования.

Различают два типа негативного визуального воздействия: вторжение и преграда. *Визуальное вторжение* происходит, когда существовавший ранее ландшафт неблагоприятно нарушен новым элементом, который имеет более бедное визуальное качество. *Визуальная преграда* блокирует или затрудняет видимость любого объекта ландшафта (озера, холма, рощи).

#### **4.2.5. Основные направления на пути снижения вредных выбросов автотранспорта**

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

- применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобили);
- рациональная организация и управление транспортными потоками;
- использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газ);
- применение совершенных систем - катализаторов топлива и систем шумоглушения - глушителей шума.

Все мероприятия по снижению выбросов автотранспортом подразделяются на технологические, санитарно-технические, планировочные; административные (рис. 2).

<b>Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта</b>			
<b>Технологические</b>		<b>Санитарно-технические</b>	
<b>Планировочные</b>			<b>Административные</b>
<b>Замена топлива</b> <b>Замена двигателя</b> <b>Совершенствование рабочего процесса двигателя</b> <b>Современное техническое обслуживание</b>		<b>Рециркуляция отработавших газов</b> <b>Нейтрализация отработавших газов</b>	
<b>Организация пересечения улиц на разных уровнях</b> <b>Организация подземных (надземных) пешеходных переходов</b> <b>Озеленение магистралей и улиц</b>			<b>Установление нормативов качества топлива и допускаемых региональных выбросов</b> <b>Выход из города транзитного транспорта, складских баз и терминалов</b> <b>Выделение полос движения общественного транспорта и скоростных дорог безостановочного движения</b>

Рис. 2. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта

Можно выделить два основных направления повышения экологичности автомобильного транспорта. Первое связано с техническим совершенствованием двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и организацией рационального дорожного движения, а второе - с разработкой гибридных транспортных средств, электромобилей и автомобилей, оснащенных инерционными накопителями.

Техническое совершенствование ДВС автомобилей идет по следующим направлениям: экономия топлива, введение присадок в топливо, использование комбинированных и новых видов топлива, очистка отработавших газов.

В комплексе технологических мер по снижению вредных выбросов от автотранспорта важное место занимает разработка технологий глубокой очистки бензина и дизельного топлива от серы и некоторых тяжелых металлов, в частности ванадия, непосредственно на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности. Следующей самостоятельной задачей является

регулировка двигателей. Известно, что хорошо отрегулированный двигатель на 30...40% улучшает характеристики сгорания топлива, что приводит к сокращению выбросов вредных веществ. Регулировка двигателей выполняется в процессе специализированных работ в стационарных условиях.

Исходя из изложенного, следует подчеркнуть, что суть экологической безопасности автотранспорта - в экологически безопасном топливе, высоком КПД его использования на всех режимах работы двигателя, качестве дорожного покрытия, опыте водителя и оптимальном регулировании дорожного движения.

Важную роль в системе снижения вредных выбросов играют нейтрализаторы. В комплексе с бензином с улучшенными экологическими характеристиками, системами диагностики и регулировки двигателей, нейтрализаторы завершают набор необходимых технических систем экологической безопасности автотранспортных средств.

К другому важному аспекту (с эколого-экономической точки зрения) рассматриваемой проблемы относится переработка отходов автотранспортных средств, так как, нанося ущерб окружающей среде, они одновременно являются ценным вторичным продуктом.

#### **4.2.5.1. Техническое совершенствование автомобилей с ДВС**

*Экономия топлива.* В мире ежегодно добывают примерно 3 млрд. т нефти. Из них более 2 млрд. т уходит на топливо для бензинового и дизельного транспорта. Средний КПД двигателя автомобиля всего 23% (для бензиновых двигателей - 20%, для дизельных - 35%). Значит, 77% из 2 млрд. т нефти сжигается впустую, идет на нагрев и загрязнение атмосферы.

Снижать топливопотребление можно на каждой стадии превращения химической энергии топлива сначала в механическую энергию движения автомобиля, а затем в кинетическую. Потери начинаются в двигателе, где часть энергии идет на преодоление трения, нагревание выхлопных газов и т.д. На следующей стадии - в коробке передач и в трансмиссии на ведущие колеса – еще часть энергии двигателя теряется на трение. Наконец, часть энергии расходуется на преодоление сопротивления качению колес и аэродинамического сопротивления кузова.

Существуют различные технические средства для снижения потерь энергии на каждой из указанных стадий. На первой стадии основными является соответствующая подготовка топливной смеси и обеспечение оптимальных условий ее сжигания. На второй потеря энергии происходит в трансмиссии. Здесь задача состоит в том, чтобы как можно дольше держать двигатель под высокой нагрузкой, сохраняя выбранную водителем скорость. Работа под высокой нагрузкой, при которой мощность двигателя используется наиболее полно, является самой эффективной, напротив, работа при частичных нагрузках (например, на холостом ходу) в высшей мере расточительна.

В условиях города двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30...40% с постоянной нагрузкой, 20...25% в режиме разгона и 10...15% в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает 5...7% оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1,0...2,5%.

Условия, приближенные к работе под высокой нагрузкой, могут быть созданы путем увеличения числа передач или более частого переключения передач на оптимальный режим с помощью компьютера. Другим вариантом решения является использование вариаторов.

Для каждого вида ДВС при прочих равных условиях объем загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу, пропорционален расходу топлива. Поэтому экономия топлива, помимо прочего, по существу означает сокращение выбросов токсичных примесей в атмосферу.

*Введение присадок в топливо.* Большое внимание уделяется попыткам разработать присадки к обычному топливу, которые могли бы снизить токсичность отработавших газов автомобилей.

Большинство применяемых ныне сортов бензина содержат в качестве антидетонационной присадки тетраэтилвиниц (0,41...0,82 г/л), позволяющий повысить степень сжатия рабочей смеси в цилиндрах двигателя и тем самым его топливную экономичность.

Однако наличие такой присадки приводит к тому, что свыше 60% загрязнений свинцом почвы и растений приходится на долю автотранспорта.

В Финляндии разработана специальная добавка к бензину «Футура», которая не содержит соединения свинца. На ее основе производится бензин с октановым числом 95, обладающий следующими достоинствами. Бензин с присадкой «Футура» эффективно очищает двигатель,

уменьшает загрязнение клапанов, защищает топливную систему от коррозии, повышает морозостойкость карбюратора, обеспечивает равномерный режим сгорания топлива и уменьшает выбросы выхлопной трубы. При пользовании таким бензином воздух в городе может стать значительно чище, вредное воздействие автомобилей на окружающую среду заметно уменьшится.

Из отечественных разработок следует отметить антидетонационную присадку на марганцевой основе ЦТМ, которая в 50 раз менее токсична, чем тетраэтилсвинец. Добавка 2% ЦТМ существенно повышает октановое число бензина.

Для дизельных ДВС наиболее эффективны присадки на основе металлокомплексных соединений, особенно содержащие барий. Так, присадка ИХП-706 снижает в отработавших газах дизельных двигателей содержание сажи на 85...90%, а также содержание такого сильнейшего канцерогена, как бенз(а)пирен.

*Использование комбинированных и новых видов топлив.* В качестве комбинированных топлив наиболее употребительны смеси на основе бензина и спиртов (метанола, этанола). При содержании в топливе до 10% спирта не требуется изменять конструкции ДВС. Введение спирта способствует повышению октанового числа с 88 до 94 при одновременном снижении содержания в отработавших газах оксидов азота и углеводородов.

Наибольший интерес вызывает использование в качестве топлив метилового (метанола) и этилового (этанола) спиртов. Плотность метанола несколько больше плотности бензина, но его энергоемкость в 2 раза меньше. Следовательно, для сохранения дальности пробега по топливу бак для метанола должен быть в 2 раза больше по объему. Важное качество метанола состоит в том, что в отработавших газах в 2...3 раза меньше токсичных компонентов, чем при использовании бензина. Этанол имеет энергоемкость на 25...30% выше, чем метанол, и, следовательно, требует пропорционально менее вместительного топливного бака. Экологические характеристики этанола близки к метанолу.

В Бразилии, например, серийно выпускаются и широко эксплуатируются автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов.

В настоящее время в качестве основного газового топлива используют смесь нефтяных газов - пропана и бутана. Октановое число пропан-бутана превышает 100, что позволяет применять высокие степени сжатия. Работающий на пропан-бутане ДВС на холостом ходу имеет в отработавших газах в 4 раза меньше оксида углерода, чем у бензинового двигателя, а на рабочем режиме – в 10 раз меньше. Основными недостатками использования пропан-бутановой смеси в качестве топлива являются следующие особенности:

- необходимость установки на автомобиле баллонов для сжиженного газа, находящихся под давлением 1,6 МПа;
- опасность растекания смеси (она тяжелее воздуха) в местах нахождения человека (салоне автомобиля, гараже и т.д.), что может привести к взрыву;
- необходимость создания разветвленной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, время заправки на которых одного автомобиля составляет 10... 15 мин.

Некоторые из существенных недостатков смеси пропан-бутана можно устраниТЬ, используя природный газ, состоящий на 90...98% из метана с примесью этана. По теплотворной способности природный газ близок к пропан-бутану, однако его октановое число выше. Но самое главное – он легче воздуха, что значительно повышает его безопасность.

Наиболее активно переводятся на использование природного газа автомобили в Канаде, Италии и США. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижается содержание сажи, оксида углерода и ряда органических соединений.

Исследования показывают, что в качестве перспективных топлив могут быть использованы также аммиак и водород, причем водород особенно перспективен с экологической точки зрения, так как при его сгорании образуются преимущественно пары воды.

*Очистка отработавших газов.* Для снижения токсичности отработавших газов применяют нейтрализаторы, которые подразделяют на термические и каталитические. Наиболее эффективными являются каталитические. Внедрение каталитической очистки отработавших газов связано с подбором катализаторов, обладающих высокой активностью, и с созданием конструкций, имеющих небольшое аэродинамическое сопротивление. В настоящее время для очистки отработавших газов от бензиновых двигателей чаще всего применяют платино-пalladiевые и платино-родиевые катализаторы. В последнее время внедряются и более сложные

составы, содержащие платину, родий, палладий и цирконий на гранулированном оксиде алюминия. Следует отметить, что если для бензиновых двигателей проблема очистки отработавших газов решена вполне удовлетворительно, то для дизельных двигателей она до сих пор актуальна. Это объясняется иным компонентным составом отработавших газов дизельных двигателей по сравнению с бензиновыми (см. табл. 3). Поэтому выхлопные газы дизельных ДВС очищают от сажи с помощью механических и электрических (питаемых от бортовой сети автомобиля) сажеуловителей. Их испытания показали, что в атмосферу попадает не более 25% первоначального объема сажи.

*Организационные мероприятия.* Современный город представляет собой сложный механизм, жизнедеятельность которого обеспечивается взаимодействием множества функциональных систем. Работа автомобильного транспорта как составляющей транспортной системы тесно связана с большим числом жизненно важных для города процессов. Задача оптимизации работы автотранспорта в экологическом аспекте представляет собой одну из составляющих регулирующей деятельности человека, направленной на оздоровление городской среды.

В городских условиях автомобильный транспорт используется чрезвычайно неэффективно из-за низкого коэффициента его загрузки. По данным табл. 4 можно заключить, что чем меньше масса транспортного средства, тем выше его коэффициент загрузки.

Таблица 4.

Коэффициенты загрузки транспортных средств различных видов

Транспортное средство	Коэффициент загрузки %	
	номинальный	статистический по Москве
Дизельный грузовик	50	10
Бензиновый грузовик	50	15
Автобус	30	20
Легковой автомобиль	30	10
Мотоцикл	40	40
Велосипед	80	80

Разумно построенное транспортное средство должно перевозить груз больше собственной массы, именно в этом заключается его эффективность. На практике же этому требованию соответствуют лишь велосипед и легкие мотоциклы, остальные машины в основном возят сами себя. Получается, что КПД нефтяного транспорта не более 3...4%. Сжигается огромное количество нефтяного топлива, а энергия расходуется чрезвычайно нерационально. Так, одна машина «КамАЗ» расходует столько энергии, что ее было бы достаточно для обогрева зимой 50 квартир.

Для пассажирских перевозок весьма важным показателем является расход топлива на одного пассажира. Так, для доставки одного пассажира на расстояние в 100 км водитель автобуса затрачивает лишь 1 л топлива, в то время как при путешествии по железной дороге этот показатель удваивается, а при поездках на легковом автомобиле с дизельным двигателем возрастает почти в 6 раз. Наиболее расточителен в этом смысле самолет: чтобы перевезти по воздуху одного пассажира, необходимо израсходовать 9 л горючего. Таким образом, самым оптимальным с экологической точки зрения средством перевозки пассажиров оказывается автобус. Подкрепляя данное утверждение, союз немецких автобусных предприятий подчеркивает, что именно этот вид транспорта потребляет меньше всего первичных энергоносителей и дает самый низкий выброс в атмосферу вредных веществ. Кроме того, автобус наиболее безопасен для пассажиров, о чем свидетельствует статистика дорожных происшествий.

К важным организационным мероприятиям также относятся: синхронные сигналы светофоров, рассчитанные на то, чтобы при известной скорости не терять времени, дожидаясь разрешающего сигнала, - так называемая «зеленая волна»; специальные полосы для движения

общественного транспорта; развитие системы движения в одном направлении; полосы реверсивного движения; ограничение въезда грузовых автомобилей в определенные часы или дни и др.

Другим направлением является применение радикальных градостроительных мероприятий, позволяющих максимально изолировать автомобиль как источник неблагоприятного воздействия на жилую среду, и в первую очередь непосредственно на человека. К таким мероприятиям относится вынесение источника загрязнения за пределы селитебной территории, а может быть, и всего города, что достигается рациональным трассированием городских магистралей.

Важное значение имеет сооружение магистралей-дублеров, а также организация функционирования системы хранения, паркования и технического обслуживания автомобилей. Мероприятия организационного уровня регулирования как наиболее гибкие, отличающиеся высокой скоростью реагирования на изменение условий функционирования автомобильного транспорта позволяют оперативно включаться в регулирование процесса эксплуатации автомобилей.

#### **4.2.5.2. Разработка альтернативных видов автотранспорта**

К основным альтернативным автомобильным видам транспорта относятся электромобиль, солнечный электрический автомобиль, автомобиль с инерционным двигателем.

Идеальный автомобиль для города - **электромобиль**. Он приводится в движение электродвигателем, который, в свою очередь, получает энергию от некоторого числа аккумуляторных батарей. Основные преимущества электромобиля перед автомобилем следующие:

- он почти не дает выбросов вредных веществ, токсичность газов, попадающих в атмосферу при зарядке и разрядке аккумуляторных батарей, несравнимо меньше, чем при работе ДВС;
- обладает очень привлекательной для транспортных средств характеристикой: на малых скоростях вращения у него большой крутящий момент, что очень важно, когда нужно тронуться с места или преодолеть трудный участок дороги; кроме того, он предпочтительней с точки зрения удельной мощности и более компактен;
- не нуждается в столь тщательном уходе, как обычный автомобиль: требует меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная вообще отсутствует;
- излучает значительно меньший шум, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом.

Гибридную модель автомобиля разработали шведские автостроители и назвали ее «**Вольво ECC**». Последние буквы расшифровываются как концепция экологического автомобиля. У него два двигателя: электрический, питаемый от аккумулятора, и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо. На городских улицах «**Вольво ECC**» будет использовать электричество, а на загородных шоссе перейдет на солярку, причем водитель при необходимости может использовать и смешанную тягу: бортовой компьютер включает газотурбинную установку, как только запас энергии в аккумуляторе упадет до 20%. А поскольку с турбиной соединен мощный электрогенератор, он тотчас начнет подзаряжать батарею. Для этой же цели можно использовать энергию, получаемую при торможении автомобиля или при движении под уклон. Таким образом, при одной заправке бака 35 л солярки «**Вольво ECC**» способен преодолеть 670 км. Максимальная скорость -175 км/ч, причем разгон с места до 100 км/ч занимает 13 с. Если использовать лишь электромотор, динамика и прочие показатели оказываются несколько хуже. Так, пробег без подзарядки аккумулятора составляет 150 км. Но эффективность новой конструкции ее создатели видят как раз в гибридности.

Главными недостатками современного электромобиля, особенно со свинцово-кислотными аккумуляторными батареями, являются: ограниченный ресурс пробега, большая масса, малый срок службы источника тока и общая высокая стоимость. Все указанные недостатки связаны преимущественно с применением свинцово-кислотных аккумуляторов.

Для электромобиля, эквивалентного современному массовому автомобилю с ДВС, необходима мощность двигателя 10...15 кВт, что обеспечивает аккумуляторная батарея массой 250...300 кг, позволяя выполнить до перезарядки батареи пробег 60...80 км со скоростью 40...60

км/ч, тогда как автомобиль с ДВС с одной заправкой 30...40 кг бензина проходит 400...500 км со скоростью 80...100 км/ч. Таким образом, чтобы иметь запас хода электромобиля в 400 км, на нем необходимо разместить батарею массой 1250...1500 кг, что весьма неэффективно. В общем случае экономика электромобиля зависит от энергоемкости батарей, стоимости и срока их службы. Отметим, что энергоемкость бензина равна примерно 11 тыс. Вт·ч/кг, а свинцово-кислотного аккумулятора -35...50 Вт·ч/кг.

Различные фирмы мира ведут разработки перспективных типов батарей, превосходящих по энергоемкости наиболее распространенные свинцово-кислотные, и новых накопителей энергии - ультраконденсаторов, а также топливных элементов.

*Солнечный электромобиль* представляет собой комплекс, включающий электрический автомобиль и солнечный коллектор, который обеспечивает зарядку аккумуляторной батареи во время его движения или стоянки. Автомобили, работающие на солнечной энергии, пока еще являются предметом экспериментальных разработок, при этом разные модели значительно отличаются по конструкции, дизайну и рабочим характеристикам. Но все они имеют солнечные коллекторы, которые поглощают солнечный свет и превращают его в электричество. Затем электричество хранится в батарее до тех пор, пока не потребуется для приведения в действие электродвигателя. С теоретической точки зрения солнечный автомобиль должен был бы двигаться вечно, так как единственным необходимым для него топливом является солнечный свет. Однако серьезным недостатком остается невозможность движения ночью или днем в условиях сплошной облачности. Автомобиль «Санрайдер», спроектированный и собранный на факультете механики и энергетики Кардиффского университета (Великобритания), весит около 90 кг, развивает скорость до 30 км/ч и работает на электричестве, вырабатываемом 300 солнечными батареями.

*В автомобиле с инерционным двигателем* в качестве накопителя энергии используется не аккумулятор, а маховик. Такое нововведение позволяет обойтись без двигателя, коробки скоростей, радиатора, стартера и выхлопной трубы. Идея конструктора такова. Электроток от стационарного источника используется для раскрутки супермаховика из легких, но прочных на разрыв углеродных волокон. Когда он наберет обороты, напряжение отключается. Однако вращение продолжается несколько часов, поскольку супермаховик заключен в герметичную капсулу, из которой выкачен сопротивляющийся воздух, а магнитный подвес устраняет трение в подшипниках. Эксперименты в этой области показывают, что автомобиль с супермаховиком способен разгоняться до 96,5 км/ч всего за 6,5 с. Пробег без подзарядки также обещает быть впечатляющим - до 600 км.

#### 4.3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 4.3.1. Оценка степени загрязненности атмосферного воздуха оксидом углерода *CO* на участке магистральной улицы

Степень загрязненности воздуха автотранспортом зависит не только от интенсивности движения, грузоподъемности машин, количества и характера выбросов, а и типа застройки, рельефа местности, направления ветра, влажности и температуры воздуха.

С учетом всех этих факторов концентрацию оксида углерода *CO* на участке магистральной улицы определяют по формуле:

$$C_{co} = (A + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_Y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_P, \text{ мг}/\text{м}^3 \quad (1)$$

где  $A$  – фоновое загрязнение атмосферного воздуха оксидом углерода нетранспортного происхождения ( $A = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ );

$N$  – суммарная интенсивность движения автомобилей на участке улицы (автомоб./ч);

$K_T$  – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в воздух оксида углерода.

Коэффициент токсичности автомобилей определяют как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum_{i=1}^n P^i \cdot K_T^i \quad (2)$$

где  $P^i$  – состав движения волях единиц;

$K_T^i$  – коэффициент токсичности различных типов автомобилей, определяется по таблице 5.

$K_A$  – коэффициент, учитывающий аэрацию местности (табл.6);

$K_y$  – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона (табл.7);

$K_c$  – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от скорости ветра (табл.8);

$K_b$  – то же относительно влажности воздуха (табл.9);

$K_p$  – коэффициент увеличения загрязненности атмосферного воздуха оксидом углерода возле перекрестков (табл.10)

Таблица 5.

Значения коэффициента  $K_T$ 

Тип автомобиля	Коэффициент $K_T$
Легковой	1,0
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7

Значения коэффициента  $K_A$ , учитывающего аэрацию местности, определяют по таблице 6.

Таблица 6.

Значения коэффициента  $K_A$ 

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент $K_A$
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, высокие насыпи, виадуки	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значения коэффициента  $K_y$ , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяют по таблице 7.

Таблица 7.

Значения коэффициента  $K_y$ 

Продольный уклон, градусы	Коэффициент $K_y$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Значения коэффициента  $K_c$ , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от скорости ветра, определяют по таблице 8.

Таблица 8.

Значения коэффициента  $K_C$ 

Скорость ветра, м/с	Коэффициент $K_C$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значения коэффициента  $K_B$ , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от влажности воздуха, определяют по таблице 9.

Таблица 9.

Значения коэффициента  $K_B$ 

Относительная влажность воздуха, %	Коэффициент $K_B$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода  $K_{\Pi}$  у перекрестков приведен в таблице 10.

Таблица 10.

Значения коэффициента  $K_{\Pi}$ 

Тип перекрестка	Коэффициент $K_{\Pi}$
<b>Регулируемый перекресток:</b>	
- светофорами обычный	1,8
- светофорами управляемый	2,1
- саморегулируемый	2,0
<b>Нерегулируемый перекресток:</b>	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевой	2,2
- с обязательной остановкой	3,0

В соответствии с ГОСТ – 17.2.2.03-77, выделяют следующие уровни загруженности улиц автотранспортом:

- низкая интенсивность движения – 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки;
- средняя интенсивность движения – 8-17 тыс. автомобилей в сутки;
- высокая интенсивность движения – 18-27 тыс. автомобилей в сутки.

Максимальное загрязнение примагистральной территории наблюдается в часы «пик» – период с 9.00 до 18.00 в центре города (рис. 3). Минимальная интенсивность наблюдается в период с 1.00 до 4.00 часов, когда остаточное загрязнение распространяется потоками воздуха на значительной территории, а концентрация примесей меньше среднесуточной.

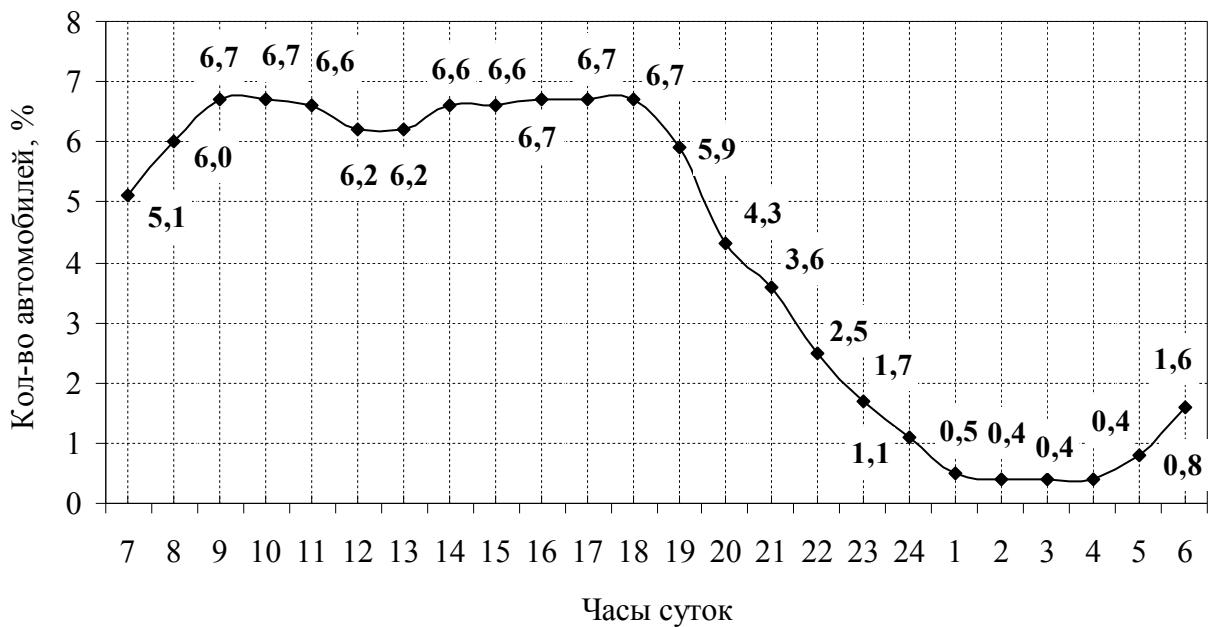


Рис. 3. Суточная динамика интенсивности движения автотранспорта

Изменения структуры и интенсивности потоков обусловлены особенностями городской инфраструктуры, в том числе режимом работы предприятий и организаций, культурно-бытовыми поездками и рекреационной активностью населения. В городах с различной численностью населения от 10% до 50% всех работающих работают в центре города. С ростом городов интенсивность движения в час «пик» имеет тенденцию постепенно расти. Снижение пиковых нагрузок осуществляется за счет строительства окружных дорог для транзитных потоков, усовершенствования системы общественного пассажирского транспорта, перевода части пассажиропотока на метрополитен и т.д.

Негативное воздействие транспортного потока, как правило, начинается при интенсивности потока  $N$  более 500 ед./час. Безопасными в экологическом отношении можно считать только улицы с интенсивностью движения  $N$  до 100 автомобилей в час.

#### 4.3.2. Пример расчета

*Условие:*

Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на участке улицы города с низкой интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого перекрестка с обязательной остановкой.

Продольный уклон трассы отсутствует, застройка улицы двусторонняя многоэтажная, скорость ветра 2 м/с, относительная влажность воздуха 70%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

*Ход решения:*

1. Определяем суммарную интенсивность движения автомобилей в дневное и ночное время. На улице с низкой интенсивностью движения количество автомобилей составляет в среднем 2,7-3,6 тыс. единиц в сутки (п. 2.2). Принимаем в среднем 3,2 тыс. автомобилей в сутки. По графику, приведенному на рисунке 1, определяем, что в часы «пик» максимальное количество автомобилей составляет 6,7% от общего, а в ночные часы – 0,4%. Следовательно, интенсивность движения в дневное и ночное время составит:

$$N^{пик} = 3200 \cdot 6,7\% = 214 \text{ автомоб./час}$$

$$N^{ночь} = 3200 \cdot 0,4\% = 13 \text{ автомоб./час}$$

2. Определяем средневзвешенный коэффициент токсичности автомобилей по формуле 2.

Для часа «пик»:

$$K_T^{ник} = \sum_{i=1}^n P^i \cdot K_T^i = P_{ник}^{ср} \cdot K_T^{ср} + P_{ник}^{тяж} \cdot K_T^{тяж} + P_{ник}^{автоб} \cdot K_T^{автоб} + P_{ник}^{легк} \cdot K_T^{легк} = \\ = 0,15 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,75 \cdot 1,0 = 1,38$$

где  $P_{ник}^{ср}, P_{ник}^{тяж}, P_{ник}^{автоб}, P_{ник}^{легк}$  – соответственно количество средних грузовых автомобилей, тяжелых грузовых автомобилей, автобусов и легковых автомобилей в долях единицы;

$K_T^{ср}, K_T^{тяж}, K_T^{автоб}, K_T^{легк}$  – коэффициенты токсичности различных типов автомобилей, определенный по таблице 3.

Аналогично для ночного времени:

$$K_T^{ночь} = \sum_{i=1}^n P^i \cdot K_T^i = P_{ник}^{ср} \cdot K_T^{ср} + P_{ник}^{легк} \cdot K_T^{легк} = 0,05 \cdot 2,9 + 0,95 \cdot 1,0 = 1,10$$

3. Коэффициент  $K_A$ , учитывающий аэрацию местности, определяем по таблице 5. Для трассы с многоэтажной застройкой с двух сторон  $K_A = 1,0$ .

4. Коэффициент  $K_Y$ , учитывающий влияние продольного уклона, определяем по таблице 6. При отсутствии уклона  $K_Y = 1,0$ .

5. Коэффициент  $K_C$ , учитывающий влияние скорости ветра, определяем по таблице 7. При скорости ветра 2 м/с коэффициент  $K_C = 2,0$ .

6. Значения коэффициента  $K_B$ , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от влажности воздуха, определяем по таблице 8. При относительной влажности 70%  $K_B = 1,0$ .

7. Коэффициент  $K_\Pi$ , учитывающий увеличение содержания оксидом углерода в воздухе у перекрестков определяем по таблице 9. В данном случае  $K_\Pi = 3,0$ .

8. Определив все необходимые коэффициенты, по формуле 1 определяем содержание оксида углерода на участке магистральной улицы в зоне размещения нерегулируемого перекрестка:

В час «пик»:

$$C_{co}^{ник} = (A + 0,01 \cdot N^{ник} \cdot K_T^{ник}) \cdot K_A \cdot K_Y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_\Pi \\ C_{co}^{ник} = (0,5 + 0,01 \cdot 214 \cdot 1,38) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 20,7 \text{ мг / м}^3$$

В ночное время:

$$C_{co}^{ночь} = (A + 0,01 \cdot N^{ночь} \cdot K_T^{ночь}) \cdot K_A \cdot K_Y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_\Pi \\ C_{co}^{ночь} = (0,5 + 0,01 \cdot 13 \cdot 1,1) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 3,9 \text{ мг / м}^3$$

Вывод:

Предельно допустимая концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет 5 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, концентрация СО на участке магистральной улицы в районе расположения перекрестка превышает гигиенические нормативы в часы «пик» более чем в 4 раза, а в ночное время концентрация примеси находится на допустимом уровне. Снижение уровня загрязнения атмосферы оксидом углерода может быть достигнуто за счет следующих мероприятий:

- замена бензиновых двигателей внутреннего сгорания дизельными;
- установка фильтров;
- дополнительное озеленение городских улиц;
- установка светофоров на нерегулируемых перекрестках и др.

### 4.3.3. Загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота $NO_2$ на примагистральной территории

Максимально разовую концентрацию  $NO_2$  на незначительной высоте в зоне влияния транспортной магистрали определяют по формуле:

$$C_{mp}^{NO_2} = \frac{800 \cdot M_{mp}^{\Pi}}{\sigma_R \cdot U_e \cdot K_\theta} + C_\phi, \text{ мг/м}^3 \quad (3)$$

где  $M_{mp}^{\Pi}$  – максимально разовая погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали, мг/с·м;

$\sigma_R$  – коэффициент рассеивания примеси, зависящий от расстояния до кромки проезжей части  $R$ , м;

$U_e$  – скорость ветра, м/с;

$K_\theta$  – коэффициент, учитывающий угол  $\theta$  между направлением ветра и трассой;

$C_\phi$  – фоновая концентрация примеси, мг/м<sup>3</sup>.

Интенсивность рассеивания примесей в атмосфере зависит от погодных условий. Наименьшее рассеивание вредных веществ в воздухе наблюдается при пасмурной дождливой погоде с низкой солнечной радиацией (табл. 11).

Значения коэффициента  $K_\theta$ , учитывающего угол  $\theta$  между направлением ветра и трассой, приведены в таблице 12.

$$K_\theta = \sin \theta \quad \text{при } 30^\circ < \theta < 90^\circ, \quad K_\theta = 0,5 \quad \text{при } \theta < 30^\circ.$$

Наибольшее загрязнение примагистральной трассы наблюдается в случае, когда угол между направлением ветра и трассой  $\theta < 30^\circ$  и  $K_\theta = 0,5$ .

Таблица 11.

Зависимость коэффициента рассеивания  $\sigma_R$  от расстояния до кромки проезжей части  $R$  и погодных условий

Расстояние $R$ , м	Коэффициент рассеивания $\sigma_R$	
	ясная погода	пасмурная дождливая погода
10	2,0	1,0
20	4,0	2,0
40	6,0	4,0
60	8,0	6,0
80	10,0	8,0
100	13,0	10,0
150	19,0	14,0
200	24,0	18,0
250	30,0	22,0

Таблица 12.

Значения коэффициента  $K_\theta$

$\theta$ , град.	0	15	30	40	50	60	70	80	90
$K_\theta$	0,5	0,5	0,5	0,64	0,77	0,87	0,94	0,98	1,00

### 4.3.4. Пример расчета

Условие:

Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет 0,37 мг/с·м, т.е.  $3,7 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 0,5 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $30^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота отсутствует.

*Ход решения:*

1. Определяем коэффициент  $K_\theta$ , учитывающий угол  $\theta$  между направлением ветра и трассой по таблице 12. В данном случае  $K_\theta = 0,5$ .

2. Определяем концентрацию диоксида азота на расстоянии 10, 20, ..., 250 м, подставляя в формулу 3 соответствующие значения коэффициента  $\sigma_R$  (таблица 11).

При ясной солнечной погоде:

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 10 м от проезжей части (при  $R=10$  м  $\sigma_R=2,0$ ):

$$C_{10}^{NO_2} = \frac{800 \cdot M_{mp}^{\Pi}}{\sigma_R \cdot U_e \cdot K_\theta} + C_\phi = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{2,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} + 0 = 0,592 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 20 м от проезжей части (при  $R=20$  м  $\sigma_R=4,0$ ):

$$C_{20}^{NO_2} = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{4,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 0,296 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 40 м от проезжей части (при  $R=40$  м  $\sigma_R=6,0$ ):

$$C_{40}^{NO_2} = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{6,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 0,197 \text{ мг/м}^3 \text{ и т.д.}$$

При пасмурной дождливой погоде

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 10 м от проезжей части (при  $R=10$  м  $\sigma_R=1,0$ ):

$$C_{10}^{NO_2} = \frac{800 \cdot M_{mp}^{\Pi}}{\sigma_R \cdot U_e \cdot K_\theta} + C_\phi = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} + 0 = 1,184 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 20 м от проезжей части (при  $R=20$  м  $\sigma_R=2,0$ ):

$$C_{20}^{NO_2} = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{2,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 0,592 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация  $NO_2$  на расстоянии 40 м от проезжей части (при  $R=40$  м  $\sigma_R=4,0$ ):

$$C_{40}^{NO_2} = \frac{800 \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}}{4,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 0,296 \text{ мг/м}^3 \text{ и т.д.}$$

Результаты вычислений заносим в таблицу и на их основании строим график зависимости концентрации  $NO_2$  от расстояния (рис. 4).

Таблица 13.

Концентрация  $NO_2$  в различных точках примагистральной территории

Расстояние от проезжей части $R$ , м	Концентрация $NO_2$ , мг/м <sup>3</sup>	
	ясная погода	пасмурная дождливая погода
10	0,592	1,184
20	0,296	0,592
40	0,197	0,296
60	0,148	0,197
80	0,118	0,148
100	0,091	0,118
150	0,062	0,085
200	0,049	0,066
250	0,039	0,054

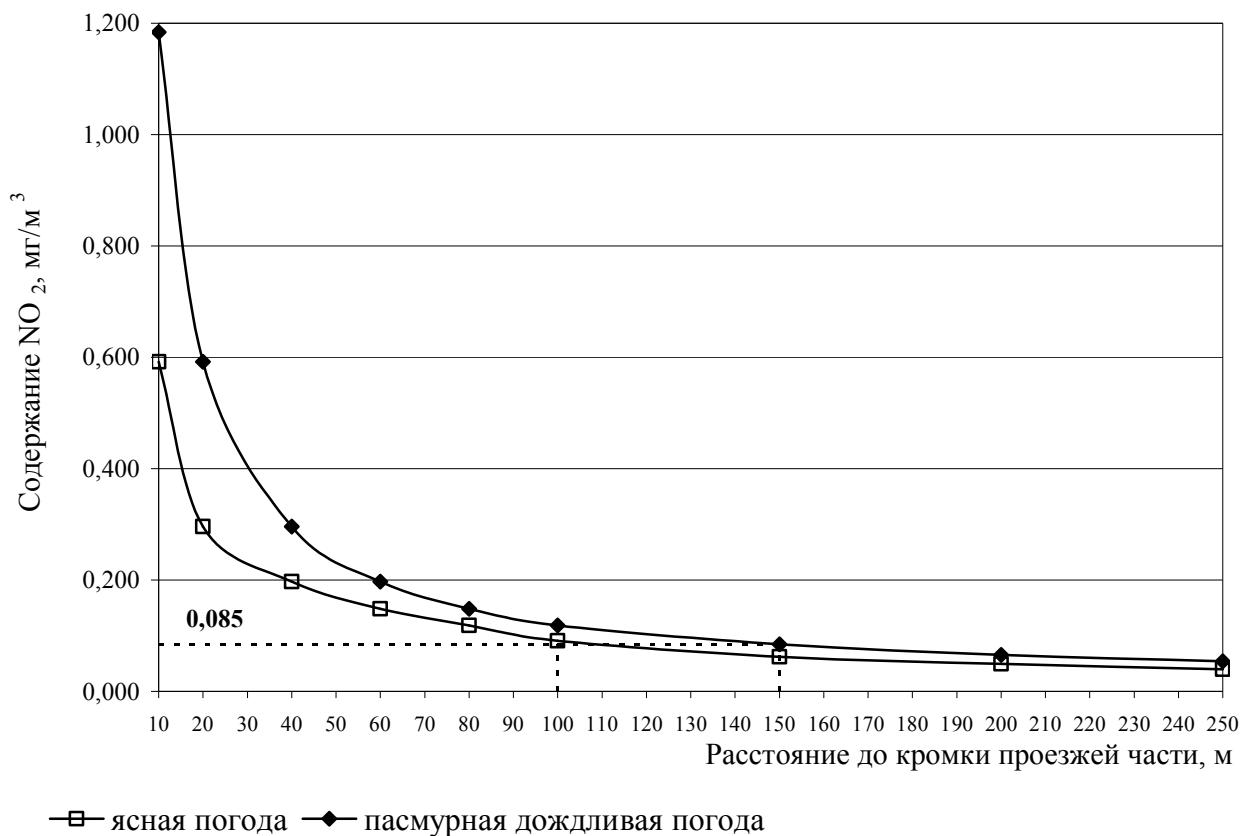


Рис. 4. График зависимости концентрации диоксида азота от расстояния до проезжей части

*Вывод:*

Предельно допустимая концентрация диоксида азота в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет 0,085 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, концентрация NO<sub>2</sub> на территории, прилегающей к магистральной улице, превышает ПДК. При этом ширина зоны загрязнения диоксидом азота в обе стороны от трассы, как это показано на рисунке, в ясную солнечную погоду составляет 100 м, а в пасмурный дождливый день – 150 м.

Уменьшение зоны загрязнения атмосферы диоксидом азота может быть достигнуто за счет создания дополнительных полос зеленых насаждений, способных поглощать газообразные загрязняющие вещества, так называемых *фитофильтров*. Например, установлено, что луговая и древесная растительность может связывать 16-90% сернистого газа. Роль отдельных компонентов биоценоза в связывании загрязнений зависит от периода вегетации и фотосинтетической активности, температуры, освещенности, влажности воздуха и т.д. Ассортимент растений подбирают в соответствии с климатическими и почвенными условиями, составом и количествами загрязнений. К растениям, способным поглощать из атмосферного воздуха диоксид азота, относятся: барбарис обыкновенный, вишня обыкновенная, липа мелколистная, ель колючая серебристая, сирень обыкновенная, тополь и др.

#### 4.3.5. Влияние автотранспорта на многоэтажную застройку

С высотой концентрация примесей от автотранспорта снижается за счет перемешивания в объеме воздуха (рис. 5).

Загрязнение атмосферного воздуха вредными примесями в условиях двусторонней девятиэтажной застройки уменьшается с высотой по экспоненциальному закону:

$$C_{mp}^{CO}(Z) = C_{mp}^{CO} \cdot e^{-0,0025 \cdot Z^2} \quad (4)$$

$$C_{mp}^{NO_2}(Z) = C_{mp}^{NO_2} \cdot e^{-0,0043 \cdot Z^2} \quad (5)$$

$$C_{mp}^{C_xH_y}(Z) = C_{mp}^{C_xH_y} \cdot e^{-0,08 \cdot Z^2} \quad (6)$$

CO, NO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, HCHO, C, Pb

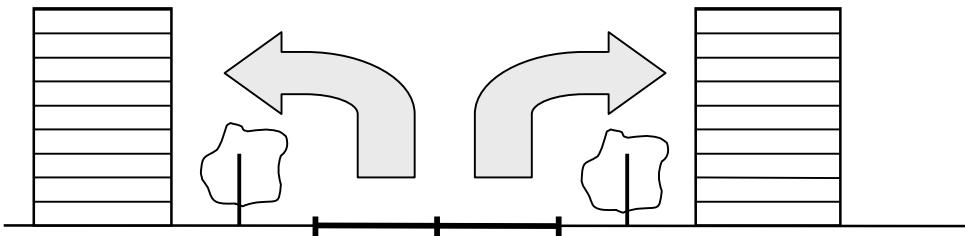


Рис. 5. Загрязнение двусторонней девятиэтажной застройки автотранспортом

$$C_{mp}^{HCHO}(Z) = C_{mp}^{HCHO} \cdot e^{-0,11 \cdot Z^2} \quad (7)$$

$$C_{mp}^C(Z) = C_{mp}^C \cdot e^{-0,12 \cdot Z^2} \quad (8)$$

$$C_{mp}^{Pb}(Z) = C_{mp}^{Pb} \cdot e^{-0,06 \cdot Z^2} \quad (9)$$

где  $C_{mp}$  – максимально разовая концентрация примеси в приземном слое атмосферы, мг/м<sup>3</sup>;  $Z$  – высота, м.

#### 4.3.6. Пример расчета

*Условие:*

Определить, на какой высоте концентрация углеводородов в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание углеводородов в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) – 15 мг/м<sup>3</sup>.

*Ход решения:*

Известно, что концентрация углеводородов в атмосфере убывает с высотой по экспоненциальному закону (п. 3.5). Подставляя в формулу 6 последовательно значения высоты  $Z=1$  м,  $Z=2$  м и т.д. и максимально разовую концентрацию  $C_{mp}^{C_xH_y}=15$  мг/м<sup>3</sup>, определяем концентрацию углеводородов на соответствующей высоте:

$$C_{mp}^{C_xH_y}(1) = C_{mp}^{C_xH_y} \cdot e^{-0,08 \cdot Z^2} = 15 \cdot e^{-0,08 \cdot 1^2} = 15 \cdot 2,72^{-0,08} = 13,9 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{mp}^{C_xH_y}(2) = C_{mp}^{C_xH_y} \cdot e^{-0,08 \cdot Z^2} = 15 \cdot e^{-0,08 \cdot 2^2} = 15 \cdot 2,72^{-0,32} = 10,9 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{mp}^{C_xH_y}(3) = C_{mp}^{C_xH_y} \cdot e^{-0,08 \cdot Z^2} = 15 \cdot e^{-0,08 \cdot 3^2} = 15 \cdot 2,72^{-0,72} = 7,3 \text{ мг/м}^3;$$

и т.д., таким образом подбирая значение высоты  $Z$ , при котором концентрация углеводородов  $C_xH_y$  достигнет предельно допустимого уровня, т.е. будет равна ПДК=1,0 мг/м<sup>3</sup>.

По полученным результатам вычислений строим график зависимости концентрации углеводородов от высоты (рис. 6).

Как показано на рисунке 6, концентрация углеводородов снижается до уровня ПДК на высоте около 6 м.

Более точно определить искомую высоту можно путем логарифмирования обеих частей уравнения 6:

$$C_{\text{ПДК}} = C_{mp}^{C_xH_y} \cdot e^{-0,08 \cdot Z^2}; \rightarrow \frac{C_{\text{ПДК}}}{C_{mp}^{C_xH_y}} = e^{-0,08 \cdot Z^2}; \rightarrow \ln \left( \frac{C_{\text{ПДК}}}{C_{mp}^{C_xH_y}} \right) = -0,08 \cdot Z^2 \cdot \ln e;$$

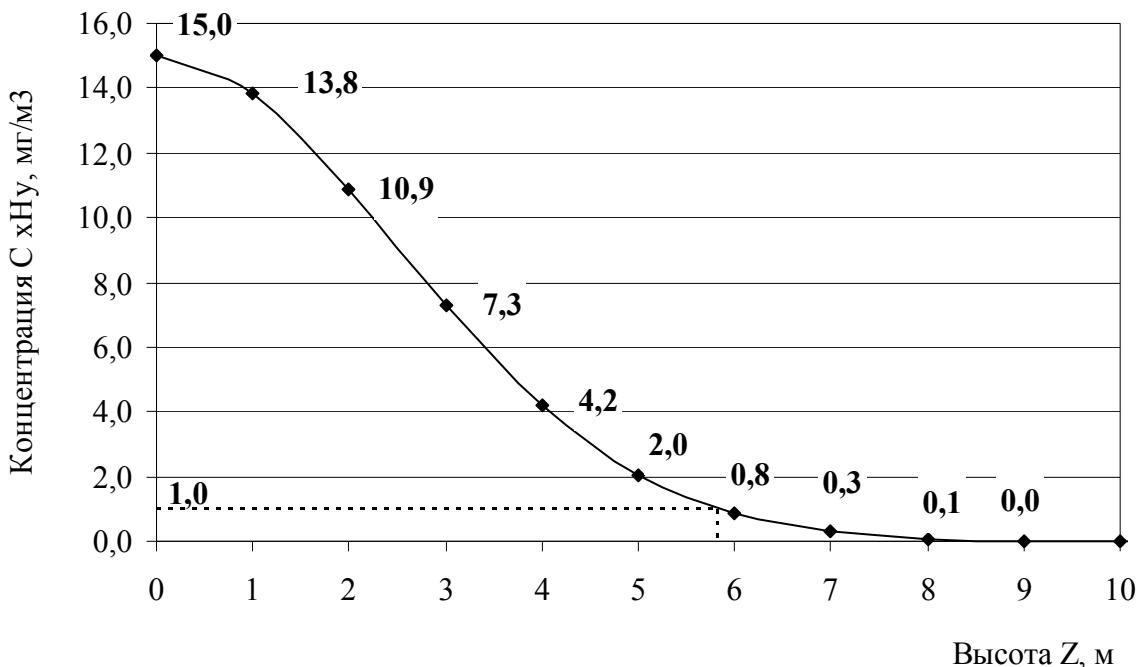


Рис. 6. График зависимости концентрации углеводородов от высоты

Так как  $\ln e = 1$ , получим:

$$\ln\left(\frac{C_{\text{ПДК}}}{C_{\text{mp}}^{C_xH_y}}\right) = -0,08 \cdot Z^2, \text{ откуда}$$

$$Z = \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{C_{\text{ПДК}}}{C_{\text{mp}}^{C_xH_y}}\right)}{-0,08}}$$

Подставив в последнюю формулу ПДК углеводородов  $C_{\text{ПДК}}=1,0 \text{ мг/м}^3$  и максимально разовую концентрацию  $C_{\text{mp}}^{C_xH_y}=15 \text{ мг/м}^3$ , получим:

$$Z = \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{C_{\text{ПДК}}}{C_{\text{mp}}^{C_xH_y}}\right)}{-0,08}} = \sqrt{\frac{\ln \frac{1}{15}}{-0,08}} = \sqrt{\frac{-2,71}{-0,08}} = 5,8 \text{ м}$$

*Вывод:*

Концентрация углеводородов в атмосферном воздухе над магистральной трассой постепенно снижается, достигая предельно допустимой на высоте 5,8 м, то есть на уровне второго этажа девятиэтажного дома

Уменьшение концентрации углеводородов в атмосфере может быть достигнуто, например, за счет использования комбинированных видов топлива. Так, при добавлении в топливо до 10% спирта октановое число топлива повышается при одновременном снижении содержания в выхлопных газах оксидов азота и углеводородов. В Бразилии серийно выпускаются и широко эксплуатируются автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты. Их эксплуатация показала, что в отработанных газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов.

## 5. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Гриняк Світлана Олегівна - ВАРИАНТ 1

**Задание 1.** Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на городской набережной со средней интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого кольцевого перекрестка.

Продольный уклон трассы  $2^\circ$ , скорость ветра 6 м/с, относительная влажность воздуха 60%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

**Задание 2.** Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $5,8 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 1,0 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $40^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет 0,02 мг/м<sup>3</sup>.

**Задание 3.** Определить, на какой высоте концентрация формальдегида в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание формальдегида в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) – 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

### Аксьонова Вікторія Володимирівна - ВАРИАНТ 2

**Задание 1.** Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на участке улицы города с высокой интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого перекрестка с обязательной остановкой.

Продольный уклон трассы  $4^\circ$ , застройка улицы двусторонняя многоэтажная, скорость ветра 5 м/с, относительная влажность воздуха 50%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

**Задание 2.** Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $6,0 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 1,0 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $50^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

**Задание 3.** Определить, на какой высоте концентрация сажи в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание сажи в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) – 1,6 мг/м<sup>3</sup>.

### Баранова Марина Костянтинівна - ВАРИАНТ 3

**Задание 1.**

Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на жилой улице города с одноэтажной застройкой и низкой интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого кольцевого перекрестка.

Продольный уклон трассы  $6^\circ$ , скорость ветра 4 м/с, относительная влажность воздуха 70%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

**Задание 2.**

Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $4,1 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 2,8 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $60^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет 0,02 мг/м<sup>3</sup>.

**Задание 3.**

Определить, на какой высоте концентрация свинца в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание свинца в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) – 0,09 мг/м<sup>3</sup>.

## Гаврик Владислав Андрійович - ВАРИАНТ 4

**Задание 1.** Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на участке улицы города со средней интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого перекрестка с обязательной остановкой.

Продольный уклон трассы  $8^\circ$ , застройка улицы двусторонняя многоэтажная, скорость ветра 3 м/с, относительная влажность воздуха 60%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

**Задание 2.** Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $8,2 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 2,5 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $70^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет  $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

**Задание 3.** Определить, на какой высоте концентрация углеводородов в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание углеводородов в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) –  $6,9 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

## Овечко Тетяна Олегівна - ВАРИАНТ 5

**Задание 1.** Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на городской набережной с высокой интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого перекрестка с обязательной остановкой.

Продольный уклон трассы  $8^\circ$ , скорость ветра 2 м/с, относительная влажность воздуха 50%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

**Задание 2.** Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $4,7 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 1,2 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $80^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет  $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

**Задание 3.** Определить, на какой высоте концентрация формальдегида в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание формальдегида в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) –  $0,59 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

## Патинка Ангеліна Владиславівна- ВАРИАНТ 6

**Задание 1.** Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на жилой улице города с одноэтажной застройкой и низкой интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого перекрестка с обязательной остановкой.

Продольный уклон трассы  $6^\circ$ , скорость ветра 1 м/с, относительная влажность воздуха 70%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

### Задание 2.

Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $4,6 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 1,3 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $90^\circ$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет  $0,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

### Задание 3.

Определить, на какой высоте концентрация свинца в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание свинца в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) –  $0,14 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

## Ткаченко Валерія Олександровна - ВАРИАНТ 7

### Задание 1.

Определить концентрацию оксида углерода в час «пик» и в ночные часы на участке улицы города со средней интенсивностью движения автотранспорта в районе расположения нерегулируемого кольцевого перекрестка.

Продольный уклон трассы  $4^{\circ}$ , застройка улицы двусторонняя многоэтажная, скорость ветра 2 м/с, относительная влажность воздуха 50%. Состав движения:

- в час «пик»: 15% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5% тяжелых дизельных грузовых автомобилей, 5% автобусов и 75% легковых автомобилей;

- в ночное время: 5% грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 95% легковых автомобилей.

### Задание 2.

Определить ширину зоны загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота при различных погодных условиях на территории, прилегающей к магистральной улице города.

Погонная мощность эмиссии  $NO_2$  транспортной магистрали в час «пик» составляет  $7,7 \cdot 10^{-4}$  г/с·м. Скорость ветра 0,8 м/с, угол между направлением ветра и трассой  $80^{\circ}$ . Фоновое загрязнение диоксидом азота составляет  $0,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

### Задание 3.

Определить, на какой высоте концентрация сажи в атмосферном воздухе над автомобильной трассой в условиях двусторонней девятиэтажной застройки снижается до уровня предельно допустимой. Содержание сажи в атмосфере над поверхностью магистрали ( $Z = 0$ ) –  $0,51 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

## **6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др.: Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадина.– М.: Логос, 2003.– 528 с.: ил.
2. Посібник для розроблення матеріалів оцінки впливів на навколошнє середовище (до ДБН А.2.2-1-2002).– Харків: 2002.– 220 с.
3. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 1997. – 305 с.
4. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посібник. – К.: Лібра, 2004.– 368 с.
5. Экология города: Учебник.– К.: Либра, 2000. – 464 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Цель и задачи практики
2. Общие положения
3. Организация практики
  - 3.1. Подготовка к практике
  - 3.2. Руководство практикой
  - 3.3. Обязанности студента во время прохождения практики
4. Методические указания
  - 4.1. Ход работы над отчетом
  - 4.2. Теоретическая часть
    - 4.2.1. Экологические проблемы транспорта
    - 4.2.2. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду
    - 4.2.3. Загрязнение атмосферы выхлопными газами автотранспорта
    - 4.2.4. Воздействие транспортного сооружения на природный ландшафт
    - 4.2.5. Основные направления на пути снижения вредных выбросов автотранспорта
      - 4.2.5.1. Техническое совершенствование автомобилей с ДВС
      - 4.2.5.2. Разработка альтернативных видов автотранспорта
    - 4.3. Практическая часть
      - 4.3.1. Оценка степени загрязненности атмосферного воздуха оксидом углерода СО на участке магистральной улицы
      - 4.3.2. Пример расчета
      - 4.3.3. Загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота NO<sub>2</sub> на примагистральной территории
      - 4.3.4. Пример расчета
      - 4.3.5. Влияние автотранспорта на многоэтажную застройку
      - 4.3.6. Пример расчета
    5. Варианты заданий
    6. Список рекомендуемой литературы