

*Для служебного пользования*

Экз. № 5

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

**ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

ПРИЛОЖЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУВЕДОМСТВЕННОГО  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА  
ПО КОМПЛЕКСНЫМ ПРОБЛЕМАМ  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
ПРИ ГОСКОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

№ 11 (86)

МОСКВА 1988

1-1279Д

Секция научно-технической информации Межведомственного научно-технического совета по комплексным проблемам охраны окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов при Государственном комитете СССР по науке и технике

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Научно-информационного бюллетеня

«Проблемы окружающей среды и природных ресурсов» и Приложения  
«Материалы Межведомственного научно-технического совета по комплексным проблемам охраны окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов при ГКНТ» (МНТС)

Главный редактор

Л. Н. Ефремов, зам. Председателя ГКНТ, Председатель МНТС

Члены редколлегии:

зам. Председателя ГКНТ, зам. Председателя МНТС проф. К. М. Дюмаев (зам. Главного редактора), зам. Председателя Комиссии Президиума Совета Министров СССР по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, зам. Председателя МНТС канд. экон. наук П. И. Полегаев, зам. Председателя Госкомприроды СССР, зам. Председателя МНТС канд. техн. наук В. Г. Соколовский, академик Б. Н. Ласкорин, академик И. В. Петрянов-Соколов, советник ГКНТ И. И. Бородавченко, зам. Председателя Научного Совета АН СССР по проблемам биосферы, докт. геогр. наук С. А. Евтеев, канд. геогр. наук А. Н. Грацианский (зам. Главного редактора), Ответственный секретарь Секретариата МНТС В. В. Сладков, канд. экон. наук С. М. Федосеев, канд. геогр. наук Т. В. Гальцева (ученый секретарь редколлегии)

В. Н. Боронос, Л. Н. Балацкая, А. В. Зайцев

Харьковский ордена Ленина и ордена Октябрьской революции политехнический институт им. В. И. Ленина Сумский филиал  
Объединенная комиссия АН СССР и ГКНТ  
по экономической оценке природных ресурсов и мероприятий по охране окружающей природной среды

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Огромные масштабы урбанизации во всем мире вызывают повышенное внимание к проблеме городской среды. Преобладавшая до сих пор позиция во взгляде на город, как на искусственное сооружение, с помощью которого человек вторгнулся в окружающую среду, резко изменилась, как только урбанизация начала выдвигать свои проблемы. Появившиеся в последнее время исследования по изучению роли транспорта в формировании городской среды с последующим поиском оптимальных решений в управлении этим процессом свидетельствуют о все более активном внимании к этой проблеме.

Решение задачи своевременной доставки перевозимых грузов и пассажиров с минимальными затратами обуславливает объективный рост автомобильного парка страны, строительство автомобильных дорог, увеличение интенсивности движения прежде всего по сложившейся сети городских дорог, приводит в то же время к возрастанию плотности движения, образованию автомобильных пробок, росту шумового и воздушного загрязнения. Однако за расширением и качественными изменениями связей как внутри транспортного комплекса — между различными видами транспорта, так и вне его — между транспортом и отраслями народного хозяйства, стоит изменение и количественных связей, находящее отражение в системе новых показателей и новых методов измерения существующих. Одним из таких показателей является экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами автомобильного транспорта. Развитие теоретических положений, посвященных методам определения экономического ущерба от загрязнения атмосферы примени-

тельно к транспорту, а также получение конкретных оценок в масштабах региона и по городам СССР — ключевая задача и конечный результат предлагаемой работы.

В работе учитывается и социальный фактор, поскольку благосостояние народа как категория социально-экономическая определяется не только материальным потреблением и воспроизводством рабочей силы. В эту категорию входят также понятия, определяющие условия гармоничного развития человека, всестороннего раскрытия его способностей, изменяющих сам характер воспроизводственного процесса и его итоги.

Учет экономического ущерба важен для определения истинной величины потерь общества. Незнание и неучет этих потерь может привести к ошибочным выводам относительно эффективности использования общественных средств, затрачиваемых на продолжение производственного процесса в сфере обращения, на развитие непроеизводственной сферы. Без признания экологической составляющей транспортных издержек возможно существенное рассогласование эффектов, получаемых в производственной и непроеизводственной сферах, а также в сфере личного потребления. Этот учет важен и в плане ориентации на использование интенсивных факторов развития, так как он неразрывно связан с имеющимися перепробегам транспорта, несоответствием существующей структуры грузоподъемности автомобильного парка требуемой структуре, с повышением топливной экономичности и другими социально-экологическими факторами.

В предлагаемой работе получены конкретные оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами транспорта в 114 городах СССР.

В предлагаемой работе получены конкретные оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами транспорта в 114 городах СССР.

### 1. Вклад транспортного комплекса в загрязнение окружающей среды

Величина отрицательного влияния транспорта на окружающую среду находится в прямой зависимости от уровня автомобилизации страны, структуры производства автомобилей, степени развития и состояния сети автомобильных дорог, плотности автомобильных дорог, плотности населения, его подвижности и других факторов.

Под термином автомобилизация принято понимать развитие парка автотранспортных средств, увеличение степени обеспеченности населения транспортом индивидуального пользования и связанные с этим процессы, характеризующие участие автомобильного транспорта в решении социально-экономических задач.

Данные о динамике парка всех транспортных средств и отдельно легковых автомобилей, а также уровня автомобилизации (числа транспортных средств на 1 тыс. чел.) представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Парк транспортных средств

| Страны         | Парк транспортных средств, млн. ед. |         | Число легковых автомобилей, млн. ед. |         | Число транспортных средств на 1 тыс. чел. |         |
|----------------|-------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|---|---------|
|                | 1975 г.                             | 1980 г. | 1975 г.                              | 1980 г. | 1975 г.                                   | 1980 г. |
| Великобритания | 16,90                               | 18,60   | 13,9                                 | 15,4    | 300,3                                     | 334,3   |
| Венгрия        | 1,43                                | 1,82    | 0,58                                 | 1,01    | 135,3                                     | 170,2   |
| ГДР            | 5,58                                | 6,57    | 1,88                                 | 2,68    | 331,1                                     | 392,3   |
| Италия         | 20,80                               | 23,70*  | 15,1                                 | —       | 372,4                                     | 417,1   |
| Польша         | 3,43                                | 4,66*   | 1,08                                 | —       | 100,9                                     | 131,7   |
| США            | 137,30                              | 158,80* | 106,1                                | 123,5   | 642,7                                     | 722,3   |
| Франция        | 22,90                               | 25,60   | 15,3                                 | 18,4    | 433,8                                     | 456,8   |
| ФРГ            | 21,30                               | 27,40   | 17,9                                 | 23,2    | 355,9                                     | 444,8   |
| Чехословакия   | 2,16                                | 2,70*   | 1,40                                 | 2,12    | —   | —       |
| Швеция         | 2,96                                | 3,09    | 2,76                                 | 2,88    | 92,8                                      | 126,4   |
| Югославия      | 1,98                                | 2,84    | 1,54                                 | 2,43    | 92,8                                      | 126,4   |
| Япония         | 36,70                               | 47,10*  | 17,2                                 | 23,7    | 331,2                                     | 408,6   |
| СССР           | —                                   | —       | 4,97                                 | 9,41    | 12**                                      | 31**    |

\* Данные 1979 г.

\*\* Легковых автомобилей.

Анализ показывает, что уровень автомобилизации капиталистических и социалистических стран возрастает, причем темпы роста в капиталистических странах ниже, чем в социалистических.

Следует отметить высокий уровень числа транспортных средств на 1000 жителей некоторых капиталистических стран. Так, в США в 1979 г. на 1 тыс. чел. приходилось 722 транспортных средства.

В табл. 2 представлены данные о вкладе основных отраслей экономики СССР и развитых капиталистических стран в загрязнение окружающей среды [3]. Из табл. 2 видно, что вклад различных отраслей экономики в загрязнение окружающей среды неравноценен, но привлекают внимание оценки доли транспортных средств.

В СССР загрязнение окружающей среды выбросами автотранспорта меньше, чем в США и других странах, однако темпы роста городов, развитие автомобильного парка нашей страны, повышение требований к качеству окружающей среды де-

лают неоспоримым факт растущей актуальности этой проблемы. Вместе с тем абсолютные цифры выбросов служат скорее характеристикой загрязнения выбросами автотранспорта в национальном, глобальном масштабе и не дают картины, присущей локальным явлениям.

Таблица 2

Вклад основных отраслей экономики СССР и развитых капиталистических стран в загрязнение окружающей среды, %

| Источники загрязнения                              | СССР | США | ФРГ | Япония | Франция | Великобритания | Италия |
|--|------|-----|-----|--------|---------|----------------|--------|
| Промышленность                                     | 61   | 17  | 35  | 40     | 35      | 13             | 30     |
| Транспорт, в том числе автомобильный и авиационный | 9,2  | 60  | 50  | 35     | 23      | 60             | 25     |
| Теплоэнергетика                                    | 27,5 | 14  | 12  | 20     | 23      | 12             | 15     |
| Установки сжигания мусора                          | —*   | 3—5 | 1—3 | 1—2    | 1—2     | 1—2            | 2—5    |

\* Данные отсутствуют.

Так, отрицательные последствия выброса 1 т оксида углерода в атмосферу автотранспортом и промышленными источниками не равнозначны. Отработавшие газы автомобилей поступают в приземный слой атмосферы, непосредственно в зону дыхания человека, тогда как промышленные выбросы рассеиваются в атмосфере с помощью высоких дымовых труб. В результате вклад выбросов загрязняющих веществ, в частности, оксида углерода от автотранспорта в загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха в городах в несколько раз выше, чем от промышленных источников. Загрязнение атмосферного воздуха оксидом углерода от автомобильного транспорта в Ташкенте, Риге, Одессе составляет свыше 90% общей массы поступающих загрязняющих веществ, в Москве — 60%, Хабаровске, Комсомольске-на-Амуре, Ереване — свыше 40% [10]. Об этом свидетельствуют уровень загрязнения воздуха оксидом углерода в зоне автомагистралей крупных городов (табл. 3) (по данным 1980 г.).

В состав выбросов автомобилей входят оксид углерода (СО), углеводороды (С<sub>x</sub>Н<sub>x</sub>), оксиды азота (N<sub>x</sub>O<sub>x</sub>), соединения свинца и серы, бенз(а)пирен, альдегиды, сажа, диоксид углерода, водяной пар.

Источниками токсичных веществ, поступающих в атмосферу из агрегатов и систем автомобиля, являются: отработавшие газы, картерные газы и топливные испарения. Относительные ве-

личины выделения токсических веществ этими источниками для карбюраторного двигателя приведены в табл. 4. Необходимо отметить, что топливные испарения из систем питания автомобилей в настоящее время не нормируются.

Таблица 3

Уровень загрязнения атмосферы оксидом углерода на автомагистралях некоторых городов в 1980 г.

| Города    | Автомагистраль или район               | Превышение ПДК оксида углерода (максимальное) |
|-----------|--|---|
| Алма-Ата  | р-н Центрального рынка                 | 23—31   |
| Астрахань | То же                                  | 10  |
| Ашхабад   | »                                      | 15  |
| Барнаул   | »                                      | 19—22   |
| Брянск    | »                                      | 14  |
| Владимир  | ул. Мира                               | 10  |
| Валмиера  | ул. Ленина, Революцияс, Ригас, Лайцена | 37  |
| Вильнюс   | То же                                  | 30—80   |
| Волгоград | Красноармейское шоссе                  | 11  |
| Ереван    | То же                                  | 14—22   |
| Киев      | ул. Крещатик                           | 19  |
| Кишинев   | Проспект Молодежи                      | 21  |
| Курск     | То же                                  | 47  |
| Москва    | »                                      | 60—80   |
| Одесса    | ул. Малиновского                       | 26  |
| Омск      | ул. Масленникова                       | 37  |
| Рига      | ул. Парнавас                           | 31  |
| Ташкент   | То же                                  | 31  |
| Хабаровск | Краснореченское шоссе                  | 31  |
| Якутск    | Центр                                  | 10  |

Таблица 4

Удельный вес токсичных веществ в выбросах карбюраторного двигателя, %

| Источник загрязнения | СО  | С <sub>x</sub> Н <sub>x</sub> | N <sub>x</sub> O <sub>x</sub> |
|----------------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|
| Отработавшие газы    | 100 | 55                            | 100                           |
| Картерные газы       | —   | 25                            | —                             |
| Топливные испарения  | —   | 20                            | —                             |

Автомобилизация страны и, как следствие, рост загрязнения атмосферного воздуха приводят к увеличению заболеваемости населения, снижению производительности труда, преждевременному износу основных фондов непродуцирующей сферы, повреждению зеленых насаждений и т. д.

По степени воздействия на человека компоненты выбросов автомобилей представляют собой довольно широкий спектр соединений всех классов опасности: бенз(а)пирен, свинец — 1 класс; оксиды азота, альдегиды — 2 класс; сажа, сернистые соединения — 3 класс, углеводороды, оксид углерода — 4 класс. Многие из этих загрязняющих веществ способствуют образованию более токсичных соединений. Например, углеводороды служат основой для образования фотохимических оксидантов, которые в десятки раз токсичнее углеводородов. Характеристике влияния выбросов автомобилей на здоровье населения посвящено немало работ как советских, так и зарубежных авторов [5, 29]. Общие выводы, которые могут быть сделаны из анализа этих работ, состоят в следующем:

1. Оценка влияния автомобилей на человека должна производиться с учетом одновременного воздействия многих факторов (загрязняющих веществ, температуры, солнечной радиации, скорости ветра, а также в зависимости от возраста, пола и т. д.).

2. Каждое загрязняющее вещество имеет свои закономерности биологического действия, а также характерные особенности поведения в атмосфере (время жизни, способность к вымыванию, оседанию на подстилающую поверхность, реакционную способность).

3. Отрицательное влияние оказывают не только компоненты выбросов автомобилей, но и их производные (ПАН, фотохимические оксиданты, кислотные дожди).

4. Форма токсикоза, вызываемая отработавшими газами, может носить как хронический (накопление в организме свинца, бенз(а)пирена), так и острый (действие оксида углерода) характер.

5. При сравнительно неплохой изученности действия каждого компонента автомобильных выбросов мало известно об их комбинированном воздействии, слабо или почти не изучены последствия длительного воздействия небольших концентраций загрязняющего вещества, а также непродолжительное по времени воздействие концентраций во много раз превышающих ПДК.

6. Получено немало доказательств влияния отработавших газов на рост заболеваемости и смертности населения и построены корреляционные зависимости между уровнем заболеваемости населения и степенью загрязнения атмосферы основными компонентами выбросов автомобиля.

Немало факторов свидетельствует и о влиянии отработавших газов и их производных на жилищно-коммунальный ком-

плекс. Исследованиями также подтверждена прямая зависимость повреждения растений от продолжительности экспонирования и степени концентрации озона в воздухе. Длительное воздействие оксидов азота при концентрациях более 2 мг/м<sup>3</sup> приводит к хлорозу растений. Установлено, что существенное влияние оказывает на материалы смесь оксидов азота — нитраты; загрязняющие вещества вызывают коррозию материалов и конструкций. Известно также, что диоксид азота в большей степени, чем другие вредные вещества, воздействует на окраску тканей (пожелтение тканей). Загрязнение атмосферы фотохимическими оксидантами приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе citrusовых и овощей. Озон повреждает текстильные изделия, обесцвечивает краски, ускоряет разрушение резины.

Таким образом, загрязнение атмосферы автомобильными выбросами порождает значительные изменения в окружающей среде, характеризуемые такими масштабами и формами, что экономическая оценка эксплуатации транспорта, основанная на соизмерении затрат и выгод, невозможна без учета стоимостной оценки ущерба, вызванного загрязнением воздушной среды. Разумеется, упомянутые трудности не свидетельствуют о наличии тупика в рассмотрении сложных и многообразных проблем определения социально-экономических последствий загрязнения автотранспортом воздушного бассейна. Изучение специфики их проявления, взаимосвязи и взаимообусловленности позволяет формализовать состояние объекта, испытывающего отрицательное воздействие загрязняющего вещества с различной степенью точности. К примеру, экономический ущерб от повышенной заболеваемости может быть оценен при количественной оценке соотношения «доза — реакция»; можно сформулировать взаимосвязь «причина — эффект», т. е. определить те подразделения народного хозяйства, которые испытывают воздействие загрязнения атмосферы.

При выборе подразделений народного хозяйства, несущих ущерб от выбросов автомобильного транспорта, необходимо рассматривать автомобиль как фактор развития урбанизированных структур. Такой подход позволяет обеспечить правильное вычленение тех народнохозяйственных подразделений, для которых ущерб имеет наибольшее социально-экономическое значение.

## 2. Реализация методических положений по оценке экономического ущерба

### 2.1. Моделирование как метод оценки экономического ущерба

Оценки экономического ущерба от выбросов автомобильного транспорта выполнены нами с помощью моделирования с уче-

том различных факторов. Так, при моделировании процесса распространения выбросов автотранспорта в городском воздушном бассейне учитываются следующие факторы:

- 1) рельеф местности — категория рельефа, топография района;
- 2) климатические условия — роза ветров, температурные инверсии, осадки, количество солнечных дней;
- 3) характер планировочной ситуации — этажность, протяженность зданий, характер озеленения, место расположения центров тяготения (промышленных предприятий, автохозяйств, культурных центров, спортивных сооружений, бензозаправочных станций и т. д.);
- 4) характеристика дорожных условий — протяженность магистральной сети, геометрия сети, тип покрытия и его состояние;
- 5) организация движения и подвижность населения, методы и средства организации движения, качество обслуживания общественным транспортом и такси, ездовой цикл города;
- 6) социально-демографическая характеристика состава владельцев автомобилей — срок владения, возраст, образование, социальный и профессиональный состав;
- 7) характеристика автомобиля как источника выброса — тип автомобиля, его состояние;
- 8) количество и качество потребляемого топлива.

Очевидно, что искомый результат даже в таком частном случае, как моделирование распространения отработавших газов в атмосфере, может варьировать в зависимости от объема используемой информации, поэтому при моделировании объекта, процесса и т. п. принимают некоторые допущения, сохраняя при этом структурную специфику объекта моделирования. Известно, например, что на магистралях, в примыкающих территориях, а также в зонах дискомфорта на определенном расстоянии от автомагистралей наблюдаемая приземная концентрация загрязняющих воздух веществ выше или, по крайней мере, не ниже, чем в среднем по городу, поэтому модель должна отражать эту зависимость.

Такой подход к моделированию обоснован также и особенностями объекта нашего исследования, включающего по 114 городов СССР. Каждый из рассматриваемых городов имеет частные характеристики и особенности, однако если рассматривать каждый город как единичную функциональную систему, то возможно выделение структурных свойств, присущих всей рассматриваемой совокупности. Применительно к проблеме, взятой в качестве примера, модель распространения автомобильных выбросов конкретно для каждого города позволяет рассчитать концентрацию загрязняющих веществ на магистралях и в зонах дискомфорта и ее отклонение от средней концентрации по всей территории города. Такое взаимодействие элементов системы

«планировочная ситуация — дорожные условия — транспортные потоки — качество воздуха» инвариантно по отношению к условиям любого конкретного города и является неотъемлемым свойством аналогичных систем в любых условиях.

## 2.2. Строительно-планировочные характеристики городов

Расчет экономического ущерба от вредных выбросов автомобильного транспорта проводился по городам с населением 250 тыс. чел. и более. Всего таких городов на 1 января 1981 г. насчитывалось 114. Города распределены по экономическим районам СССР и по группам в зависимости от численности населения: группа I — города с населением свыше 1 млн. чел., группа II — от 500 тыс. до 1 млн. чел., группа III — от 250 до 500 тыс. чел. В качестве исходных данных определены также строительно-климатические зоны для каждого города. Климатическое районирование территории СССР взято в соответствии со СНИП 2.01.82.

Данные о средней величине этажности застройки селитебных территорий для некоторых городов СССР и по группам городов приведены в табл. 5 и 6 соответственно [8].

Таблица 5

Этажность застройки и средняя величина этажности селитебных территорий

| Город          | Этажность застройки, % |          |          |                    |             | Средняя величина этажности по городу |
|----------------|------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|--------------------------------------|
|                | 1 эт.                  | 2—3 эт.  | 4—5 эт.  | 6—9 эт.            | более 9 эт. |                                      |
| Москва         | 6,9                    | 11,6—4,5 | 5,3—44,9 | 4,0—3,0<br>8,5—7,0 | 4,3         | 5,00                                 |
| Киев           | 15,3                   | 16,4     | 55,4     | 10,2               | 2,7         | 3,70                                 |
| Новосибирск    | 55,0                   | 20,0     | 14,0     | 11,0               | —           | 1,86                                 |
| Свердловск     | 23,0                   | 26,6     | 48,7     | 1,7                | —           | 3,64                                 |
| Одесса         | 27,3                   | 46,2     | 26,0     | 0,5                | —           | 2,90                                 |
| Баку           | 29,0                   | 23,0     | 40,0     | 8,0                | —           | 3,27                                 |
| Ростов-на-Дону | 45,0                   | 25,0     | 28,0     | 2,0                | —           | 2,50                                 |
| Уфа            | 35,0                   | 15,0     | 49,0     | 1,0                | —           | 2,85                                 |
| Ереван         | 43,2                   | 19,5     | 35,7     | 1,6                | —           | 2,80                                 |
| Алма-Ата       | 68,5                   | 21,9     | 9,6      | —                  | —           | 1,70                                 |
| Фрунзе         | 64,0                   | 5,2      | 30,7     | 0,1                | —           | 2,00                                 |
| Ашхабад        | 30,0                   | 58,2     | 1,8      | 10,0               | —           | 2,20                                 |

К группе новых городов, данные о которых приводятся в табл. 6 отнесены: Тольятти, Набережные Челны, Курган, Маг-

нигорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Тюмень, Усть-Каменогорск.

Таблица 6

Этажность жилого фонда СССР

| Группа городов | Число городов | Жилищный фонд различной этажности, % |         |         |       | Средняя величина этажности |
|----------------|---------------|--------------------------------------|---------|---------|-------|----------------------------|
|                |               | 9 эт. и выше                         | 4—5 эт. | 2—3 эт. | 1 эт. |                            |
| Малые          | 19            | —                                    | 8,4     | 28,8    | 62,8  | 1,7                        |
| Средние        | 20            | —                                    | 11,9    | 29,2    | 58,9  | 1,9                        |
| Большие        | 34            | —                                    | 16,0    | 29,8    | 54,2  | 2,0                        |
| Крупные        | 43            | —                                    | 21,6    | 28,4    | 50,0  | 2,2                        |
| Крупнейшие     | 38            | 5,9                                  | 45,5    | 21,6    | 27,0  | 3,5                        |
| Новые          | 27            | 0,1                                  | 39,7    | 32,2    | 29,0  | 2,8                        |

В крупных и крупнейших городах численность населения микрорайонов по правилам СНИП 11-60-75 следует принимать в пределах 12—20 тыс. чел. Для городов с численностью населения 1 млн. чел. и более принят за базу верхний предел — 20 тыс. чел., для городов с населением от 250 тыс. чел. до 1 млн. чел. методом интерполяции найдена численность населения микрорайона в указанных пределах (12—20 тыс. чел.).

Баланс территории крупных (250—500 тыс. чел.) и крупнейших (500 и более тыс. чел.) городов СССР приведен в табл. 7.

Территория города разбита на функциональные зоны: селитебную, внеселитебную и территорию за пределами городской застройки. Структура городских территорий дифференцирована в зависимости от группы города и от местонахождения города в строительно-климатической зоне СССР. Данные в табл. 7 получены на основе анализа ряда источников [2, 7].

Помимо распределения по функциональным зонам территория города может быть разбита на территориальные зоны. Определение экономического ущерба в каждой из зон города позволяет более точно найти суммарный ущерб. Территориальные зоны характеризуются: этапами застройки; архитектурно-планировочной структурой, системой основных магистралей, состоянием жилого фонда и других видов застройки, уровнем инженерного благоустройства, транспортного обслуживания, природными факторами.

Исследования, проведенные НИИЭС по конкретным городам, показали, что для крупнейших и крупных городов характерно зонирование территорий на 5—6 зон.

Таблица 7  
Баланс территории крупных (250—500 тыс. чел.) и крупнейших (500 и более тыс. чел.) городов СССР, %

| Группы городов | Территория города (функциональные зоны)  | Строительно-климатические зоны   |  | IV климатический район; южные районы |            |
|----------------|--|--|--|--------------------------------------|------------|
|                |  | II (кроме подрайона IIA) и III климатические районы, а также IV и ID климатические подрайоны (районы средней полосы) | IA, IB, IIA климатические подрайоны; Крайнего Севера |                                      |            |
|                |  | Крупный  | Крупнейший   | Крупный                              | Крупнейший |
| I              | Селитебная, в т. ч.:<br>жилые кварталы и микрорайоны<br>участки общественных учреждений<br>зеленые насаждения<br>улицы и площади<br>прочие территории в пределах селитебной зоны   | 19,3   | 22,3   | 23,7                                 | 27,4       |
|                |  | 13,2   | 15,2   | 17,2                                 | 19,9       |
|                |  | 0,2  | 0,3  | 0,2                                  | 0,3        |
|                |  | 0,6  | 0,7  | 0,8                                  | 0,9        |
|                |  | 4,5  | 5,1  | 6,0                                  | 6,8        |
|                |  | 0,8  | 1,0  | 0,5                                  | 0,5        |
|                |  | 34,3   | 39,7   | 32,7                                 | 37,9       |
|                |  | 6,0  | 7,0  | 5,7                                  | 6,6        |
|                |  | 0,4  | 0,5  | 0,4                                  | 0,5        |
|                |  | 1,8  | 2,0  | 1,7                                  | 1,9        |
| II             | Внеселитебная, в т. ч.:<br>промышленные территории<br>санитарно-защитные зоны<br>складские территории<br>территории внешнего транспорта<br>дороги внеселитебной территории<br>участки предприятий и сооружений коммунального хозяйства<br>водные пространства<br>прочие территории | 3,4  | 3,9  | 3,2                                  | 3,8        |
|                |  | 0,5  | 0,6  | 0,5                                  | 0,6        |
|                |  | 0,2  | 0,3  | 0,2                                  | 0,3        |
|                |  | 2,3  | 2,7  | 2,2                                  | 2,5        |
|                |  | 19,7   | 22,7   | 18,8                                 | 21,7       |
|                |  | 53,6   | 62,0   | 56,4                                 | 65,3       |
|                |  | 46,4   | 38,0   | 43,6                                 | 34,7       |
|                |  | 15,9   | 13,0   | —                                    | —          |
|                |  | 9,7  | 10,0   | —                                    | —          |
|                |  | 20,8   | 15,0   | —                                    | —          |
| III            | Итого в пределах городской застройки<br>Территории за пределами городской застройки, в т. ч.<br>земли с/х использования<br>леса и лесопарки<br>прочие территории   | 46,4   | 38,0   | 43,6                                 | 34,7       |
|                |  | 15,9   | 13,0   | —                                    | —          |

Территория в пределах городской застройки распределяется в основном по пяти территориальным зонам.

Территориальное зонирование проведено по городам двух категорий: крупнейших (с численностью населения 500—1000 и более тыс. чел.) и крупных (250—500 тыс. чел.). Крупнейшие города с метрополитеном рассматривались отдельно.

Задача территориального зонирования решается с помощью определения зональных коэффициентов. Зональный коэффициент  $k_i$  показывает отношение площади  $i$ -й зоны к площади города в пределах городской застройки.

При определении зональных коэффициентов использованы данные научно-исследовательского института экономики строительства (НИИЭС) [16]. Результаты расчета приведены в табл. 8.

Таблица 8

Зональные коэффициенты,  $k_i$  по группам городов СССР

| Группа городов              | Зона города |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|------|------|------|
|                             | I           | II   | III  | IV   | V    |
| Крупнейшие с метрополитеном | 0,05        | 0,10 | 0,17 | 0,27 | 0,41 |
| без метрополитена           | 0,04        | 0,09 | 0,22 | 0,31 | 0,34 |
| Крупные                     | 0,06        | 0,10 | 0,17 | 0,32 | 0,35 |

Каждая из пяти зон города включает различные функциональные зоны. Практически в пределах городской застройки в каждую из территориальных зон входит селитебная территория.

Распределение селитебной территории по зонам города оценивается с помощью определения селитебных территориальных коэффициентов  $l_i$ . Селитебный территориальный коэффициент  $l_i$  показывает отношение селитебной площади в  $i$ -й зоне к площади городской селитебной территории. Коэффициенты дифференцированы по категориям городов и зонам города (табл. 9).

### 2.3. Транспортно-планировочные характеристики городов

План любого города характеризуется системой магистральных улиц, образующих как бы остов планировочной структуры. Хотя планы существующих городов в процессе развития деформируются под влиянием природных условий и возникающих новых центров тяготения, внимательный анализ их планировки позволяет выделить принципиальные схемы, определяющие конфигурацию системы магистралей.

Основные схемы планировки уличной сети: радиальная, радиально-кольцевая, прямоугольно-квадратная, прямоугольно-диагональная, треугольная, свободная и другие [17, 30]. В крупных и крупнейших городах зачастую сочетаются различные схемы планировки магистралей в разных районах города. Особенно часто встречаются комбинации радиально-кольцевой и прямоугольной схем.

Таблица 9

Селитебные территориальные коэффициенты,  $l_i$  по группам городов СССР

| Группа городов              | Зона города |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|------|------|------|
|                             | I           | II   | III  | IV   | V    |
| Крупнейшие с метрополитеном | 0,10        | 0,12 | 0,20 | 0,25 | 0,33 |
| без метрополитена           | 0,10        | 0,11 | 0,23 | 0,26 | 0,30 |
| Крупные                     | 0,17        | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,23 |

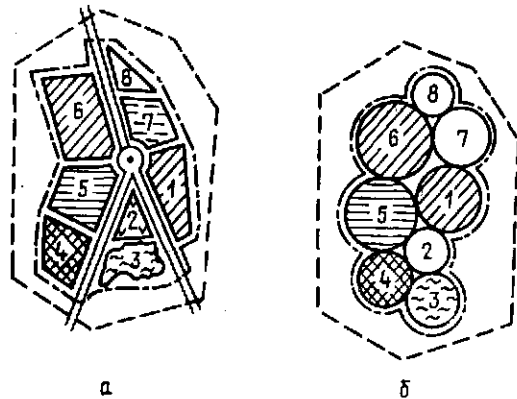
Система построения сети магистральных улиц по 114 городам СССР, в которых оценивался экономический ущерб от вредных выбросов автомобильного транспорта, определялась по схемам расположения основных улиц городов, приведенных в Ежегоднике состояния загрязнения воздуха Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.










Невозможность учета всех факторов, влияющих на величину ущерба в каждом конкретном случае, приводит к необходимости построения теоретической модели города, которая бы в наиболее общих чертах охватывала все важнейшие характеристики, влияющие на величину экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта.

Суть модельной транспортной сети города сводится к следующему. Каждая функциональная зона представляет собой определенную геометрическую фигуру, по периметру которой движется автотранспорт. Таким образом, принимаемая модель выносит весь транспорт, движущийся внутри функциональной зоны, на внешнюю сторону зоны. Для селитебной территории наименьшей структурной единицей, на периферии которой появляются магистрали и дороги с интенсивным движением автотранспорта, является жилой район [2]. Для остальных территорий — промышленных, санитарно-защитных, коммунального хозяйства и других, — занимаемые пространства считаются неизменными. При таких допущениях схему города, изображенную на рисунке (а), можно представить в виде модельной кон-



фигурации города (б). В качестве геометрической фигуры выбрана окружность, площадь которой равна площади соответствующего структурного элемента. Следовательно, площадь города равна сумме площадей окружностей, а длина дорог и магистралей города равна сумме периметров всех геометрических фигур.



-  - селитебные территории
-  - промышленные территории с защитными зонами
-  - санитарно-защитные зоны, парки, леса, сады
-  - территории коммунального хозяйства
-  - территории внешнего транспорта
-  - водные пространства
-  - основные дороги, магистрали, улицы
-  - границы городской застройки
-  - границы города

Выбор модельной конфигурации функциональной зоны города зависит от планировочной схемы уличной сети. При радиально-кольцевой схеме, в основном, зоны имеют ярко выраженную форму равнобедренной трапеции, меньшим основанием обращенной к центру города. Прямоугольно-квадратная и прямоугольно-линейная схемы построения сети улиц дают соответственно квадратную и прямоугольную модельную фигуру, треугольная схема — треугольник. Если упомянутые схемы не вызывают особых трудностей в определении геометрической фигуры зоны, то на радиальной схеме следует остановиться подробнее. Как показывают расчеты [17, 30], на равных площадях плотность магистралей города с радиальной схемой транспортной сети наименьшая.

Из набора геометрических фигур модельной конфигурации функциональных зон города (окружность, квадрат, прямоугольник, трапеция, треугольник) при равных площадях наименьший периметр имеет окружность. Отсюда и плотность магистралей у модельного города, состоящего из функциональных зон в виде окружностей, будет меньше, чем при других фигурах. Поэтому для радиальной схемы в качестве модельной фигуры выбрана окружность.

Автомобильная дорога и движение потоков автомобилей на ней представляют сложную композицию случайных явлений, изменяющихся в пространстве и во времени. По длине дороги изменяются как элементы дороги, так и все характеристики движения автомобилей. Это вызывается случайной комбинацией форм рельефа, постоянными изменениями климатических условий, участием человека в транспортном процессе, случайным характером выезда автомобилей на дорогу. Для городских агломераций важной характеристикой, влияющей на движущиеся транспортные потоки, является плотность транспортной сети дорог и магистралей.

Зонирование городов по пяти территориальным зонам обуславливает необходимость рассмотреть распределение по ним транспортного потока, который условно разделен на две категории: транзитные автомобили и автомобили, прибывающие в город; транспорт, постоянно движущийся в пределах города или покидающий его пределы на непродолжительный срок (в основном состоит из транспортных единиц городской приписки).

Интенсивность транспортных потоков, транзитных и направляющихся в город, зависит от группы, к которой отнесен данный город, и составляет для крупных городов 10—12%, для крупнейших 8—10% [23]. Распределение потоков транспорта по зонам в направлении города проведено в соответствии с работой В. П. Старовойды [24].

Распределение потоков автомобилей, постоянно движущихся в пределах города, проводилось с учетом одной из характеристик системы «дорожные условия — транспортные потоки», а именно — плотности сети магистральных улиц и дорог. Этот показатель по функциональным зонам принят в пределах: в жилых районах — 2—2,5 км/км<sup>2</sup>, в общественных центрах 4—5 км/км<sup>2</sup>, промышленных районах 8—2,5 км/км<sup>2</sup>, районах отдыха и остальных территориях 0,2—1,2 км/км<sup>2</sup> [11]. Значения плотности дорог по функциональным зонам дифференцированы по каждому городу в зависимости от численности населения. Величина плотности сети магистральных улиц и дорог определена на основании данных об общей площади городской территориальной зоны и конфигурации модельной транспортной сети по территориальным зонам города.

Важное место в расчетах экономического ущерба от вредных выбросов автомобильного транспорта занимает показатель

подвижности населения города, который выражается числом передвижения в год одного жителя и является одной из социальных характеристик образа жизни городского населения. Чем больше величина города, тем больше в ней возможностей для удовлетворения культурно-бытовых потребностей человека, следовательно, больше и подвижность его жителей. Исследования подвижности городского населения, проведенные в СССР [11, 28], позволяют сделать вывод о том, что общая подвижность городского населения достаточно устойчива для городов одной величины с близким уровнем транспортного обслуживания. Вместе с тем города представляют собой значительные территориальные образования, передвижение по ним часто связано с использованием транспорта; эта доля передвижений определяется с помощью коэффициента пользования транспортом.

В настоящее время передвижения городского населения в СССР характеризуются данными, приведенными в табл. 10, которые представляют собой обобщение результатов обследований, проводимых в СССР с целью разработки комплексных транспортных схем для городов с населением более 250 тыс. чел.

Таблица 10

| Показатель  | Величина города, тыс. чел. |          |              |
|---|----------------------------|----------|--------------|
|   | 250—500                    | 500—1000 | 1000 и более |
| Подвижность населения (число передвижений на одного жителя в год) | 600—900                    | 700—1000 | 1100—1300    |

В показателе подвижности населения, пользующегося различными видами городского общественного транспорта, учитывается суммарное число поездок на одного жителя на автобусе, троллейбусе и трамвае (табл. 11).

Транспортное обслуживание городского населения массовым пассажирским транспортом является основополагающим принципом развития транспортного обслуживания городов СССР. Вместе с тем для более полного удовлетворения потребностей жителей городов планируется интенсивный рост парка легкового автомобильного транспорта.

Для решения проблем рационального использования легковых автомобилей, определения их доли в транспортном обслуживании населения в городах СССР в 70-е гг. были проведены транспортно-социологические обследования использования индивидуальных легковых автомобилей [28]. Однако эти обследо-

вания пока не позволяют обобщить результаты по группам городов с различной численностью населения, как это сделано по общественному транспорту, поэтому ниже будут представлены результаты этих обследований по Москве, Ленинграду, Свердловску, Челябинску, Риге, Таллину, Киеву, Горькому, Куйбышеву.

Таблица 11

Подвижность населения по группам городов СССР

| Город с населением       | Количество поездок на 1 жителя в год |           |                          |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------|
|                          | 1970 г.*                             | 1975 г.** | 1980 г. (ориентировочно) |
| 1 млн. чел. и более***   | 505                                  | 527       | 550                      |
| 500 тыс. — 1 млн. чел.   | 494                                  | 468       | 500                      |
| 250 тыс. — 500 тыс. чел. | 440                                  | 436       | 470                      |

\* Данные взяты из 28.  
 \*\* Данные взяты из 11, 28.  
 \*\*\* Без учета транспортной подвижности жителей Москвы и Ленинграда.

Частота пользования автомобилем является характеристикой, определяющей интенсивность движения легковых автомобилей на улицах города, объем пассажироперевозок, потребность в стоянках и гаражах. На частоту поездок существенно влияет также их дальность и продолжительность. Практика показывает, что при средней частоте поездок, составляющей около 40%, соотношение затрат времени при пользовании общественным и индивидуальным транспортом равно 1,1. Следовательно, удельный вес поездок на индивидуальном транспорте находится в пределах 10% от числа поездок одного жителя в год. Этот показатель не расходится и с данными О. К. Кудряцева и других авторов. Пассажирские перевозки, выполняемые в настоящее время индивидуальным автомобильным транспортом в городах СССР, еще не велики и составляют 5—10% объема пассажироперевозок городским общественным транспортом. Подвижность населения по группам городов в 1980 г. представлена в табл. 12.

Для наших исследований интерес представляет также число поездок жителей города на метро. Для всех городов СССР, имеющих действующий метрополитен в 1980 г., показатель числа поездок одного жителя в год на метро определен путем деления годового числа пассажиров метрополитена на число жителей города:

|           |     |
|-----------|-----|
| Москва    | 283 |
| Ленинград | 153 |
| Киев      | 114 |
| Харьков   | 118 |
| Ташкент   | 40  |
| Тбилиси   | 130 |
| Баку      | 135 |

Таблица 12

Подвижность городского населения

| Показатель                                | Население города, тыс. чел. |          |              |
|---|-----------------------------|----------|--------------|
|   | 200—500                     | 500—1000 | 1000 и более |
| Число передвижений на одного жителя в год | 750                         | 850      | 1200         |
| поездки на автобусе, троллейбусе, трамвае | 470                         | 500      | 550          |
| поездки на индивидуальном транспорте      | 52                          | 56       | 61           |
| передвижение пешком                       | 228                         | 294      | 589          |

2.4. Структура затрат времени населением города

При оценке экономического ущерба от выбросов автомобильного транспорта огромное значение имеет выявление структуры затрат времени населением. Разработка такой структуры необходима, во-первых, для научно-обоснованной классификации разнообразных видов затрат времени различных групп населения, что весьма важно для качественного проведения расчета ущерба. Во-вторых, анализ такой структуры позволяет выработать конкретные рекомендации и пути уменьшения экономического ущерба. Структура затрат времени не может быть единой и неизменной, так как она зависит от принципов, положенных в основу ее построения.

В нашей работе для анализа использования затрат времени значительный интерес представляет построение структуры времени в зависимости от места пребывания человека. В этом случае все затраты времени можно разделить на три основные группы: 1) время пребывания на предприятии (учреждении), 2) время пребывания в квартире, 3) время пребывания вне квартиры и предприятия.

Ниже предлагается более подробная структура общего фонда времени населения в зависимости от места нахождения.

1. Время пребывания на предприятии (учреждении) включает рабочее время; затраты времени от прихода на предприя-

тие до начала работы и от окончания работы до ухода с предприятия; обеденный перерыв.

2. Время пребывания в квартире: приготовление пищи; уход за помещением, мебелью, приборами, одеждой, обувью и бельем; уход за детьми и занятия с ними, уход за больными членами семьи, уход за собой; питание (дома); сон; учеба и самообразование; отдых и развлечения; творческая деятельность и любительский труд.

3. Время пребывания на предприятиях и учреждениях бытового обслуживания: в магазинах; на рынках; в предприятиях общественного питания, в лечебных учреждениях и т. д.

4. Время пребывания в учреждениях и организациях культуры и спорта: в учебных заведениях, лекционных залах, дошкольных учреждениях и т. п.; в зрелищных учреждениях (кино, театры, клубы, музеи и т. п.); в спортивных учреждениях; в производственных помещениях в связи с выполнением общественных обязанностей и самодеятельностью.

5. Время пребывания вне предприятия, квартиры и культурно-бытовых учреждений; труд в личном подсобном хозяйстве; отдых, спорт; другие затраты.

6. Время на передвижение: к месту работы и обратно; к магазинам и столовым, поликлиникам и больницам, бытовым учреждениям; к учебным заведениям, библиотекам, зрелищным учреждениям, спортивным сооружениям, к месту занятий общественной работой и т. д.

По предложенной структуре общего фонда времени населения нами проведены исследования по выявлению затрат времени городского жителя по возрастным и социальным группам. Анализ данных из [1, 15, 18, 19] позволил ориентировочно определить затраты времени одного городского жителя за год в возрасте от 0 до 70 лет в зависимости от места пребывания (табл. 13).

Для оценки экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта необходимы данные о фактической плотности пребывания людей на загрязненной территории. Загрязненная территория или зона активного загрязнения (ЗАЗ) представляет собой полосу шириной 200 м, центральная ось которой совпадает с центральной осью магистрали [4]. Фактическая плотность пребывания людей в ЗАЗ необходима для определения показателя относительной опасности загрязнения воздуха на сельских территориях ( $\sigma$ ), т. е. для жилых районов и микрорайонов.

Для остальных функциональных зон значение  $\sigma$  дано в методике [4]. Анализ структуры городских территорий и подвижности населения города показывает, что жители города попадают в загрязненную зону при следующих обстоятельствах:

- 1) при перемещении в общественном транспорте (автобусе, трамвае, троллейбусе);
- 2) при перемещении в индивидуальном транспорте;
- 3) при перемещении пешком вдоль ЗАЗ или пересекая ее;

4) во время пребывания на предприятиях и в учреждениях бытового обслуживания, которые располагаются в ЗАЗ;

5) во время пребывания в квартире, если дом находится в зоне досягаемости загрязнения.

Таблица 13

Затраты времени одного городского жителя за год в возрасте от 0 до 70 лет, %

| Структура фонда времени   | 0—7 лет |                       | 7—17 лет | 18—70 лет | Баланс времени одного жителя 0—70 лет |
|---|---------|-----------------------|----------|-----------|---------------------------------------|
|   | дома    | дошк. уч. (сад, ясли) |          |           |                                       |
| Время пребывания на предприятии (в учреждении)                            | 0       | 0                     | 0        | 23—27     | 15,0—17,5                             |
| Время пребывания в квартире   | 88—90   | 67—72                 | 68—71    | 41—52     | 53,5—80,9                             |
| Время пребывания на предприятиях и в учреждениях бытового обслуживания    | 0       | 0                     | 1        | 6—9       | 4,1—6,1                               |
| Время пребывания в учреждениях и организациях культуры и спорта           | 0       | 23—27                 | 17—19    | 4—5       | 7,7—8,5                               |
| Время пребывания вне предприятия, квартиры и культурно-бытовых учреждений | 10—12   | 2—3                   | 7—8      | 5—6       | 4,9—5,6                               |
| Время на передвижение   | 0       | 3                     | 4        | 10—12     | 4,5—8,8                               |

Время пребывания в загрязненной зоне для каждого из пяти указанных случаев требует своего определения. Ниже каждая ситуация рассмотрена подробно.

Перемещение в автобусе, трамвае и троллейбусе включает время подхода к остановке, из которого учитывается только время пребывания жителя в загрязненной зоне. Если на подход к остановке он затратил 1,2—4,2 мин, преодолев пешком расстояние 100—350 м, то время пребывания объекта в ЗАЗ принимается равным в среднем 2 мин. Далее, время ожидания транспорта на остановке составляет 2,7 мин [17]. И, наконец, учитывается время передвижения в городском транспорте ( $t$ ), которое ориентировочно определяется по формуле:

$$t = \frac{l}{v_{o.t.}}, \quad (1)$$

где  $l$  — расстояние, проезжаемое пассажиром, км;  
 $v_{o.t.}$  — средняя скорость движения общественного транспорта в городе,  $v_{o.t.} = 18$  км/ч [17].

В модельном жилом районе, как отмечалось ранее, транспорт движется по периметру. Наибольшее расстояние, которое может проехать пассажир, не покидая пределы района, равно половине периметра района. Наименьшее расстояние равно нулю, т. е. пассажир, после посадки в автобус, троллейбус, трам-

вай, сразу выезжает за пределы жилого района. Таким образом, среднее арифметическое расстояние, проезжаемое каждым пассажиром, равно четверти периметра жилого района. Пассажиры, прибывая за пределы жилого района, находятся в загрязненной зоне, но это будет уже другой, нежилой район, в котором показатель относительной опасности рассчитывается иным путем, и учитывает проезд или прибытие населения из жилых районов. С учетом расстояния, проезжаемого пассажиром, формула (1) имеет вид:

$$t_{o.t.} = \frac{P}{4v_{o.t.}} + 0,078, \quad (2)$$

где  $t_{o.t.}$  — время передвижения в общественном транспорте, ч;  
 $P$  — периметр модельного жилого района, км;  
 0,078 — постоянная величина, показывающая суммарное время подхода к остановке и ожидания транспорта и составляющая 4,7 мин, или 0,078 ч.

При перемещении в индивидуальном транспорте нахождение в ЗАЗ составляет время езды по периферии жилого района.

$$t_{и.т.} = \frac{P}{4v_{и.т.}}, \quad (3)$$

где  $t_{и.т.}$  — время езды в индивидуальном транспорте, ч;  
 $v_{и.т.}$  — средняя скорость движения индивидуального транспорта в городе, равная 25 км/ч [17].

Перемещение пешком с попаданием в зону загрязнения возможно в двух случаях. Во-первых, при движении вдоль транспортной артерии. Предполагаем, что в основном население проходит вблизи транспортного потока от 100 до 500 м, на более дальние расстояния — передвигается на городском транспорте. В среднем принимаем движение на расстояние 300 м, что при скорости движения 5 км/ч занимает 3,6 мин. Во-вторых, при пересечении ЗАЗ: для жилого района это составляет 100 м (до центральной оси дороги) и занимает 1,2 мин.

Данных о расположении предприятий бытового обслуживания в загрязненной зоне нет. Анализ фактического расположения магазинов, предприятий общественного питания, парикмахерских и ателье показывает, что многие из них находятся в 100-м зоне от центральной оси улицы или дороги. Этот факт дает основание предполагать, что половина всего времени пребывания на предприятиях и в учреждениях бытового обслуживания приходится на время нахождения посетителей в зоне активного загрязнения вредными выбросами автотранспорта. Ориентировочно, в соответствии с табл. 13, принимаем это время равным 223,5 ч/год. Среднее время пребывания в квартире составляет 53—61% от годового фонда времени. В расчетах время пребывания в квартире каждым жителем города оценивается в 5011 ч, что составляет 57% от годового фонда.

### 3. Оценка экономического ущерба при применении базовых видов топлива (бензин, дизтопливо)

Экономическая оценка ущерба, причиняемого выбросами вредных веществ автотранспортом в атмосферный воздух рассчитывается в соответствии с «Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», одобренной постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума Академии наук СССР от 21 октября 1983 г. [4].

Экономический ущерб определяется по формуле:  $Y = \gamma \sigma f M$ , где  $Y$  — оценка ущерба, руб./год;  $\gamma$  — константа, равная 2,4 руб./усл. т;  $\sigma$  — показатель относительной опасности загрязнения, зависит от типа территории;  $f$  — поправка, учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере;  $M$  — приведенная масса годового выброса загрязняющих веществ.

Для нахождения численных величин сомножителей формулы ущерба проведены следующие расчеты.

Для каждого города определена территориальная и функциональная структура в пределах городской застройки. Найдены характеристики селитебных территорий городов: общая площадь и ее распределение по территориальным зонам; численность и плотность населения; число, площадь и периметр жилых районов города в каждой зоне.

Рассчитана структура каждой из пяти территориальных зон по функциональным признакам. Определена протяженность модельной транспортной сети по территориальным и функциональным зонам города, а также плотность сети магистральных улиц и дорог.

Полученные данные позволяют нам перейти к расчету показателя относительной опасности загрязнения воздуха  $\sigma$ . Формула расчета  $\sigma$  применительно к автотранспорту принимает вид:

$$\sigma = \sum_{j=1}^k \frac{L_j}{L_0} \cdot \sigma_j, \quad (4)$$

где  $j$  — номер части транспортной сети ( $L$ ), относящейся к одному из типов функциональной зоны;

$k$  — число типов территорий;

$L_0$  — общая протяженность транспортной сети.

В основном все значения  $\sigma$  для различных территорий приведены в «Методике...», трудность вызывает расчет  $\sigma$  для селитебных территорий. В связи с этим возникает необходимость определения плотности людей на загрязненной территории. Эта величина может быть рассчитана по формуле:

$$N = N_{o.t.} + N_{и.т.} + N_{п.} + N_{б.о.} + N_{кв.}, \quad (5)$$

где  $N_{o.t.}$  — плотность людей в загрязненной зоне при пользовании общественным транспортом — автобусом, троллейбусом, трамваем (чел.-ч/год · га);

$N_{и.т.}$  — то же при передвижении на индивидуальном транспорте (чел.-ч/год · га);

$N_{п.}$  — плотность людей при передвижении пешком по загрязненной территории (чел.-ч/год · га);

$N_{б.о.}$  — то же при пребывании на предприятиях и учреждениях бытового обслуживания (чел.-ч/год · га);

$N_{кв.}$  — плотность людей в периоды их пребывания в квартирах (чел.-ч/год · га).

Таблица 14

Величина суммарного и удельного экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта при использовании базовых предметов труда (топлива) на начало 80-х гг. в 114 городах с численностью населения 250 тыс. чел. и более по экономическим районам СССР

| Экономические районы СССР | Экономический ущерб, млн. руб./год | Удельный вес ущерба, % | Ранговый ряд по удельному весу ущерба | Удельный экономический ущерб, руб./чел.-год | Ранговый ряд по удельным ущербам | Центрированный показатель удельного ущерба по СССР, руб./чел.-год |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|---|
| Центральный               | 77,3                               | 15,1                   | 1                                     | 6,29  | 11                               | -0,42   |
| Западно-Сибирский         | 40,7                               | 7,9                    | 2                                     | 8,11  | 6                                | +1,40   |
| Северо-Западный           | 40,2                               | 7,8                    | 3                                     | 7,67  | 7                                | +0,96   |
| Поволжский                | 39,4                               | 7,7                    | 4                                     | 5,33  | 15                               | -1,38   |
| Среднеазиатский           | 36,3                               | 7,1                    | 5                                     | 9,73  | 4                                | +3,02   |
| Донецко-Приднепровский    | 35,0                               | 6,8                    | 6                                     | 4,44  | 17                               | -2,27   |
| Казахстанский             | 32,5                               | 6,3                    | 7                                     | 10,72                                       | 1                                | +4,01   |
| Уральский                 | 31,9                               | 6,2                    | 8                                     | 5,55  | 13                               | -1,16   |
| Закавказский              | 25,0                               | 4,9                    | 9                                     | 9,71  | 5                                | +3,00   |
| Южный                     | 24,7                               | 4,8                    | 10                                    | 9,96  | 3                                | +3,25   |
| Восточно-Сибирский        | 21,3                               | 4,2                    | 11                                    | 10,57                                       | 2                                | +3,86   |
| Белорусский               | 20,9                               | 4,2                    | 12                                    | 7,21  | 9                                | +0,50   |
| Северо-Кавказский         | 19,8                               | 3,9                    | 13                                    | 5,96  | 12                               | -0,75   |
| Юго-Западный              | 15,6                               | 3,1                    | 14                                    | 4,17  | 18                               | -2,54   |
| Центрально-Черноземный    | 15,0                               | 2,9                    | 15                                    | 6,96  | 10                               | +0,25   |
| Волго-Вятский             | 13,7                               | 2,7                    | 16                                    | 5,35  | 14                               | -1,35   |
| Прибалтийский             | 13,4                               | 2,6                    | 17                                    | 5,27  | 16                               | -1,44   |
| Дальневосточный           | 10,1                               | 1,9                    | 18                                    | 7,25  | 8                                | +0,54   |
| Итого                     | 512,8                              | 100,0                  |                                       |   |                                  |   |
| В среднем по СССР         |                                    |                        |                                       | 6,71  |                                  |   |

Таблица 15

Величина суммарного и удельного экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта при использовании базовых предметов труда (топлива) на начало 80-х гг. в 114 городах с численностью населения 250 тыс. чел. и более по группам городских поселений в экономических районах СССР

| Группы городов по численности населения, тыс. чел. | Экономические районы СССР | Экономический ущерб, млн. руб./год | Удельный вес ущерба района в суммарном ущербе по группе городов, % | Ранговый ряд по удельному весу ущерба района в суммарном ущербе по группе городов | Удельный экономический ущерб, руб./чел..год | Ранговый ряд по удельным ущербам в группах городов в районах СССР | Центрированный показатель удельного ущерба по району от удельного ущерба по группе городов, руб./чел. |
|--|---------------------------|------------------------------------|--|---|---|---|---|
| I<br>(свыше 1000)                                  | Центральный               | 52,8                               | 25,7   | 1   | 6,6   | 5   | +0,9  |
|  | Северо-Западный           | 30,9                               | 15,0   | 2   | 7,4   | 3   | +1,7  |
|  | Закавказский              | 25,0                               | 12,1   | 3   | 7,8   | 1   | +2,1  |
|  | Западно-Сибирский         | 17,7                               | 8,6  | 4   | 7,4   | 4   | +1,7  |
|  | Уральский                 | 17,1                               | 8,3  | 5   | 5,2   | 6   | -0,5  |
|  | Донецко-Приднепровский    | 14,7                               | 7,2  | 6   | 4,1   | 9   | -1,6  |
|  | Среднеазиатский           | 14,1                               | 6,9  | 7   | 7,6   | 2   | +1,9  |
|  | Поволжский                | 11,6                               | 5,6  | 8   | 3,6   | 11  | -2,1  |
|  | Белорусский               | 6,2                                | 3,0  | 9   | 4,7   | 7   | -1  |
|  | Юго-Западный              | 6,0                                | 2,9  | 10  | 2,7   | 12  | -2  |
|  | Волго-Вятский             | 5,0                                | 2,4  | 11  | 3,7   | 10  | -2  |
|  | Южный                     | 4,6                                | 2,1  | 12  | 4,3   | 8   | -0,6  |
| II<br>(500—1000)                                   | Итого                     | 205,7                              | 100,0  |   |   |   |   |
|  | В среднем по группе       |                                    |  |   | 5,7   |   |   |
|  | Поволжский                | 17,8                               | 15,3   | 1   | 6,7   | 7   | +0,1  |
| Казахстанский                                      | 15,8                      | 13,6                               | 2  | 10,1  | 1   | +3,5  |   |

|                   |                        |       |       |      |     |      |      |
|-------------------|------------------------|-------|-------|------|-----|------|------|
| III<br>(250—500)  | Донецко-Приднепровский | 11,0  | 9,5   | 3    | 5,5 | 10   | -1,1 |
|                   | Среднеазиатский        | 10,2  | 8,8   | 4    | 9,6 | 2    | +3   |
|                   | Восточно-Сибирский     | 9,7   | 8,4   | 5    | 7,0 | 4    | +0,4 |
|                   | Западно-Сибирский      | 8,2   | 7,1   | 6    | 7,5 | 3    | +0,9 |
|                   | Центральный            | 7,8   | 6,7   | 7    | 6,9 | 5    | +0,3 |
|                   | Дальневосточный        | 7,6   | 6,5   | 8    | 6,8 | 6    | +0,2 |
|                   | Северо-Кавказский      | 7,6   | 6,5   | 9    | 4,9 | 13   | -1,7 |
|                   | Прибалтийский          | 5,6   | 4,8   | 10   | 4,1 | 14   | -2,5 |
|                   | Центрально-Черноземный | 4,4   | 3,8   | 11   | 5,4 | 12   | -1,2 |
|                   | Юго-Западный           | 4,0   | 3,4   | 12   | 5,8 | 9    | -0,8 |
|                   | Белорусский            | 3,6   | 3,1   | 13   | 6,6 | 8    | 0,0  |
|                   | Уральский              | 3,1   | 2,5   | 14   | 5,5 | 11   | -1,0 |
|                   | Итого                  | 116,4 | 100,0 |      |     |      |      |
|                   | В среднем по группе    |       |       |      | 6,6 |      |      |
| Южный             | 20,1                   | 10,6  | 1     | 14,2 | 3   | +5,8 |      |
| Центральный       | 16,8                   | 8,8   | 2     | 4,0  | 17  | -4,4 |      |
| Казахстанский     | 16,7                   | 8,8   | 3     | 11,3 | 4   | +2,9 |      |
| Западно-Сибирский | 14,8                   | 7,7   | 4     | 9,4  | 6   | +1,0 |      |
| Северо-Кавказский | 12,2                   | 6,4   | 5     | 6,9  | 12  | -1,5 |      |
| Среднеазиатский   | 12,0                   | 6,3   | 6     | 14,8 | 2   | +6,4 |      |
| Уральский         | 11,6                   | 6,7   | 7     | 6,2  | 15  | -2,2 |      |

| Группы городов по численности населения, тыс. чел. | Экономические районы СССР | Экономический ущерб, млн. руб./год | Удельный вес ущерба района в суммарном ущербе по группе городов, % | Ранговый ряд по удельному весу ущерба района в суммарном ущербе по группе городов | Удельный экономический ущерб, руб./чел.-год | Ранговый ряд по удельным индексам в группах городов в районах в СССР | Центрированный показатель удельного ущерба по району от удельного ущерба по группе городов, руб./чел. |
|--|---------------------------|------------------------------------|--|---|---|--|---|
|  | Восточно-Сибирский        | 11,5                               | 6,0  | 8   | 18,4  | 1  | +10,0   |
|  | Белорусский               | 11,1                               | 5,8  | 9   | 10,8  | 5  | +2,4  |
|  | Центрально-Черноземный    | 10,6                               | 5,5  | 10  | 7,9   | 10   | -0,5  |
|  | Поволжский                | 10,1                               | 5,3  | 11  | 7,9   | 9  | -0,5  |
|  | Северо-Западный           | 9,3                                | 4,9  | 12  | 8,7   | 8  | +0,3  |
|  | Донецко-Приднепровский    | 9,2                                | 4,8  | 13  | 5,1   | 16   | -3,3  |
|  | Волго-Вятский             | 8,7                                | 4,6  | 14  | 7,2   | 11   | -1,2  |
|  | Прибалтийский             | 7,8                                | 4,1  | 15  | 6,6   | 14   | -1,8  |
|  | Юго-Западный              | 5,7                                | 3,0  | 16  | 6,8   | 13   | -1,6  |
|  | Дальневосточный           | 2,5                                | 1,3  | 17  | 9,1   | 7  | +0,7  |
|  | Итого в среднем по группе | 190,7                              | 100,0  |   | 8,4   |  |   |
|  | Всего по СССР             | 512,8                              |  |   |   |  |   |

Таблица 16

Величина удельного и суммарного экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта при использовании базовых предметов труда (топлива) на начало 80-х гг. в городах с численностью населения свыше 1 млн. чел.

| Города                    | Население, тыс. чел. | Удельный экономический ущерб, руб./чел. | Ранговый ряд по величине удельного ущерба | Экономический ущерб, млн. руб./год | Ранговый ряд по величине ущерба | Центрированный показатель удельного ущерба от удельного ущерба по группе городов, руб./чел. |
|---------------------------|----------------------|---|---|------------------------------------|---------------------------------|---|
| Ереван                    | 1055                 | 18,9                                    | 1   | 14,0                               | 4                               | +13,2   |
| Новосибирск               | 1343                 | 8,1                                     | 2   | 10,9                               | 5                               | +2,4  |
| Ташкент                   | 1858                 | 7,6                                     | 3   | 14,1                               | 3                               | +1,9  |
| Ленинград                 | 4156                 | 7,4                                     | 4   | 30,9                               | 2                               | +1,7  |
| Свердловск                | 1239                 | 7,3                                     | 5   | 9,1                                | 6                               | +1,6  |
| Москва                    | 8019                 | 6,5                                     | 6   | 52,8                               | 1                               | +0,8  |
| Тбилиси                   | 1095                 | 6,5                                     | 7   | 7,1                                | 8                               | +0,8  |
| Омск                      | 1044                 | 6,4                                     | 8   | 6,7                                | 9                               | +0,7  |
| Харьков                   | 1435                 | 5,6                                     | 9   | 8,3                                | 7                               | -0,1  |
| Минск                     | 1333                 | 4,7                                     | 10  | 6,2                                | 10                              | -1,0  |
| Челябинск                 | 1055                 | 4,4                                     | 11  | 4,7                                | 13                              | -1,3  |
| Одесса                    | 1072                 | 4,2                                     | 12  | 4,6                                | 14                              | -1,5  |
| Баку                      | 1046                 | 3,7                                     | 13  | 4,0                                | 16                              | -2,0  |
| Горький                   | 1367                 | 3,7                                     | 14  | 5,0                                | 12                              | -2,0  |
| Уфа                       | 1009                 | 3,6                                     | 15  | 3,7                                | 17                              | -2,1  |
| Казань                    | 1011                 | 3,6                                     | 16  | 3,6                                | 18                              | -2,1  |
| Куйбышев                  | 1238                 | 3,5                                     | 17  | 4,3                                | 15                              | -2,2  |
| Пермь                     | 1018                 | 3,3                                     | 18  | 3,3                                | 19                              | -2,4  |
| Донецк                    | 1040                 | 3,2                                     | 19  | 3,3                                | 20                              | -2,5  |
| Днепропетровск            | 1100                 | 2,8                                     | 20  | 3,1                                | 21                              | -2,9  |
| Киев                      | 1100                 | 2,7                                     | 21  | 6,0                                | 11                              | -3,0  |
| Итого в среднем по группе |                      | 5,7                                     |   | 205,7                              |                                 |   |

Слагаемые формулы (5) находим для каждой территориальной зоны  $i$  отдельно.

$$N_{0.т.i} = \frac{A_i \cdot t_{0.т.i} \cdot m_{0.т.}}{S_{ЗАЗ_i}}, \quad (6)$$

где  $A_i$  — численность населения в  $i$ -й зоне города, чел.;  
 $t_{0.т.i}$  — время передвижения на общественном транспорте, ч (2)  
в  $i$ -й зоне города;

$m_{o.t.}$  — число поездок в год на одного жителя на автобусе, троллейбусе и трамвае;

$S_{\text{ЗАЗ}_i}$  — площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) в  $i$ -й территориальной зоне, га; можно рассчитать по формуле  $S_{\text{ЗАЗ}} = 10 \cdot P_i \cdot n_i$ , где  $P_i$  — периметр жилого района, км, в  $i$ -й зоне,  $n_i$  — число жилых районов в  $i$ -й зоне.

$$N_{n.t.i} = \frac{A_i \cdot m_{n.t.}}{1000}, \quad (7)$$

где  $m_{n.t.}$  — число поездок в год на одного жителя на индивидуальном транспорте.

$$N_{n_i} = \frac{0,02 \cdot A_i \cdot m_{n.t.}}{S_{\text{ЗАЗ}_i}}, \quad (8)$$

где  $m_{n.t.}$  — число передвижений пешком в год,  
0,02 — время пребывания в зоне загрязнения, ч.

$$N_{b.o.i} = \frac{A_i \cdot T_{b.o.}}{2 \cdot S_{\text{ЗАЗ}_i}}, \quad (9)$$

где  $T_{b.o.}$  — время пребывания на предприятии и в учреждениях бытового обслуживания, ч.

$$N_{kв.i} = Q_i \cdot T_{kв.i} \quad (10)$$

где  $Q_i$  — плотность населения селитебной территории в  $i$ -й зоне города, чел./га;

$T_{kв.}$  — время пребывания в квартирах, ч/год.

После определения плотности пребывания людей в зоне активного загрязнения находим сначала расчетное, а затем принимаемое значение  $\sigma$  для каждой из пяти территориальных зон города.

Определение поправки  $f$ , учитывающей характер рассеивания примеси в атмосфере, рассмотрено в зависимости от ветрового режима. Ветровые характеристики по городам СССР взяты из информационного сборника «Климат свободной атмосферы и пограничного слоя над СССР» [9]. Среднегодовая скорость ветра рассчитана как среднеарифметическая величина суточной скорости ветра по месяцам.

Информация о массе выбрасываемых веществ автотранспортом в городах СССР взята из Ежегодников ГГО им. Воейкова. Из множества элементов и их соединений, выделяемых транспортными средствами в атмосферу, в настоящий момент имеется наиболее полная информация о трех составляющих — оксиде углерода, углеводородах и оксидах азота. Расчет экономического ущерба проведен по трем указанным ингредиентам.

Суммарный выброс каждого ингредиента по городу теоретически разбиваем на выбросы от транзитного транспорта и внутригородского пропорционально доли указанных транспортных средств.

Величина удельного и суммарного экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта при использовании базовых предметов труда (топлива) на начало 80-х гг. в городах с численностью населения от 501 до 1000 тыс. чел.

| Города              | Население, тыс. чел. | Удельный экономический ущерб, руб./чел. | Ранговый ряд по величине удельного ущерба | Суммарный экономический ущерб, млн. руб./год | Ранговый ряд по величине ущерба | Центрированный показатель удельного ущерба от удельного ущерба по группе городов, руб./чел. |
|---------------------|----------------------|---|---|--|---------------------------------|---|
| Алма-Ата            | 975                  | 13,9                                    | 1   | 13,5   | 1                               | +7,3  |
| Душанбе             | 510                  | 11,5                                    | 2   | 5,9  | 3                               | +4,9  |
| Тольятти            | 533                  | 9,3                                     | 3   | 5,0  | 6                               | +2,7  |
| Хабаровск           | 545                  | 9,2                                     | 4   | 5,0  | 5                               | +2,6  |
| Барнаул             | 549                  | 8,7                                     | 5   | 4,8  | 9                               | +2,1  |
| Краснодар           | 581                  | 8,4                                     | 6   | 4,9  | 8                               | +1,8  |
| Красноярск          | 820                  | 8,1                                     | 7   | 6,6  | 2                               | +1,5  |
| Фрунзе              | 552                  | 7,8                                     | 8   | 4,3  | 12                              | +1,2  |
| Кривой Рог          | 663                  | 7,5                                     | 9   | 5,0  | 7                               | +0,9  |
| Ярославль           | 608                  | 7,4                                     | 10  | 4,5  | 10                              | +0,8  |
| Пенза               | 500                  | 7,3                                     | 11  | 3,7  | 15                              | +0,7  |
| Кишинев             | 539                  | 6,6                                     | 12  | 3,6  | 16                              | 0,0   |
| Тула                | 521                  | 6,3                                     | 13  | 3,3  | 18                              | -0,3  |
| Новокузнецк         | 551                  | 6,2                                     | 14  | 3,4  | 17                              | -0,4  |
| Видный              | 503                  | 5,8                                     | 15  | 2,9  | 22                              | -0,8  |
| Львов               | 688                  | 5,7                                     | 16  | 4,0  | 13                              | -0,9  |
| Волгоград           | 948                  | 5,6                                     | 17  | 5,3  | 4                               | -1,0  |
| Иркутск             | 568                  | 5,5                                     | 18  | 3,2  | 20                              | -1,1  |
| Жданов              | 511                  | 5,4                                     | 19  | 2,8  | 23                              | -1,2  |
| Устинов             | 574                  | 5,4                                     | 20  | 3,1  | 21                              | -1,2  |
| Воронеж             | 809                  | 5,4                                     | 21  | 4,4  | 11                              | -1,2  |
| Владивосток         | 569                  | 4,5                                     | 22  | 2,6  | 26                              | -2,1  |
| Саратов             | 873                  | 4,3                                     | 23  | 3,8  | 14                              | -2,3  |
| Запорожье           | 812                  | 3,9                                     | 24  | 3,2  | 19                              | -2,7  |
| Караганда           | 583                  | 3,9                                     | 25  | 2,3  | 27                              | -2,7  |
| Рига                | 583                  | 3,0                                     | 26  | 2,6  | 25                              | -3,6  |
| Ростов-на-Дону      | 957                  | 2,7                                     | 27  | 2,7  | 24                              | -3,9  |
| В среднем по группе |                      | 6,6                                     |   |  |                                 |   |
| Итого               |                      |   |   | 116,4  |                                 |   |



Выбросы транзитного транспорта распределяются по территориальным зонам города пропорционально распределению транзитного транспорта по зонам города.

Масса выбросов от внутригородского транспорта делится по территориальным зонам города пропорционально плотности сети магистральных улиц и дорог.

Ущерб рассчитывался для каждой территориальной зоны города. Общий ущерб по городу состоит из суммы ущербов по зонам, ущерб по экономическим районам — из суммы ущербов для городов, входящих в данный экономический район. Результаты расчета представлены в табл. 14, 15, 16, 17.

#### 4. Оценка экономического ущерба при применении новых видов топлива (бензоводородная смесь)

##### 4.1. Структура автомобильного парка СССР

В самом общем виде парк транспортных средств СССР характеризуется следующей качественной структурой: автобусы, в т. ч. бензиновые и дизельные; легковые автомобили, в т. ч. индивидуальные, ведомственные, специальные и такси; грузовые автомобили, в т. ч. бензиновые и дизельные.

А. Г. Романов [22] приводит следующие данные. В 1980 г. в СССР насчитывалось 9,41 млн. ед. легковых автомобилей, мотоциклы составляли около 50% состава парка транспортных средств, автобусы — 2,1%.

Приближенно число грузовых автомобилей можно подсчитать [23]. Для определения инвентарного количества подвижного состава грузового автотранспорта используем формулу Г. Ф. Богацкого

$$N_r = \frac{A}{W \cdot \eta}, \quad (11)$$

где  $A$  — количество перевезенных грузов за год, т;  
 $W$  — годовая производительность среднесписочного автомобиля, т;  
 $\eta$  — коэффициент использования подвижного состава.

$$W = \frac{T \cdot m \cdot P \cdot \gamma \cdot v \cdot \beta}{l + v \beta t}, \quad (12)$$

где  $T$  — время работы автомобиля за сутки, ч;  
 $m$  — число рабочих дней в году;  
 $P$  — грузоподъемность автомобиля, т;  
 $\gamma$  — коэффициент использования грузоподъемности;  
 $v$  — эксплуатационная скорость, км/ч;  
 $\beta$  — коэффициент использования пробега;  
 $l$  — средняя дальность груза, км;  
 $t$  — время на погрузку и выгрузку за один рейс, ч.

В 1980 г. автомобильным транспортом народного хозяйства СССР было перевезено 2,4124 млрд. т грузов при средней дальности перевозки 1 т груза — 17,9 км.

Вследствие того, что точные статистические данные по остальным составляющим в формулах (11) и (12) отсутствуют, расчет инвентарного числа грузовых автомобилей выполнен двумя способами.

**1-й способ.** Недостающие исходные данные берем по рекомендациям Силаева А. В. [23]:

$\eta = 0,7-0,8$ ;  $T = 9-10$  ч;  $m = 200$ ;  $P = 4$  т;  $\gamma = 0,9-0,95$ ;  $v = 16$  км/ч;  $\beta = 0,6-0,8$ ;  $t = 1$  ч. Приведенный расчет по всем минимальным, а затем максимальным значениям величин дает результат  $N_r = 15,2-9,5$  млн. грузовых автомобилей.

**2-й способ.** По данным Института комплексных транспортных проблем (ИКТП) [27], прогнозные показатели использования грузовых автомобилей в народном хозяйстве СССР в 1980 г. были следующими:

$\eta = 0,7-0,8$ ;  $T = 8-12$  ч (12 ч при двухсменной работе);  $m = 250$ ;  $P = 4,5$ ;  $\gamma = 1,1$ ;  $v = 18,0$  км/ч;  $\beta = 0,52$ ;  $l = 9,5$  км;  $t = 0,6-0,7$  ч. Количество инвентарных грузовых автомобилей равно 9,3—5,7 млн. шт.

Расчет первым способом основан на данных начала 70-х гг., поэтому для 1980 г. наиболее правдоподобными считаем меньшее значение, равное 9,5 млн. грузовых автомобилей. Во втором случае использованы прогнозные данные на 1980 г., которые, судя по некоторым показателям, являются завышенными. Поэтому значение 9,3 млн. грузовых автомобилей по нашему мнению, более соответствует фактическому. Итак, инвентарное количество подвижного состава грузового автотранспорта находится в пределах 9,5—9,3 млн. ед. В расчетах на 1980 г. число грузового парка СССР принято равным 9,4 млн. шт.

Известно, что мотоциклы и автобусы составляют в сумме 52,1% от общей численности транспортных средств СССР. Следовательно, грузовые и легковые автомобили составляют 47,9%. Таким образом, структура и численность парка транспортных средств следующая: автобусы — 0,82 млн. ед. (2,1%), легковые автомобили — 9,41 млн. ед. (24%), грузовые автомобили — 9,4 млн. ед. (23,9%), мотоциклы — 19,64 млн. ед. (50%); структура и численность автомобильного парка (автобусы, легковые и грузовые автомобили) всего — 19,63 млн. транспортных единиц (100%), автобусов — 0,82 млн. ед. (4,2%), легковых автомобилей 29,4 млн. ед. (47,9%). В настоящее время количество дизельных автомобилей в СССР составляет около 14% парка автомобилей [12].

Парк легковых автомобилей включает автомобили, находящиеся в эксплуатации индивидуальными владельцами, а также ведомственные, специальные и такси. Число индивидуальных легковых автомобилей, составлявшее по прогнозу 1980 г. 7,55—

8,9 млн. шт. [20], в расчетах принято равным 8,26 млн. шт., численность парка легковых такси — примерно 130 тыс. шт. [21] (оставшиеся легковые автомобили — ведомственные и специальные).

Таблица 18  
Структура автомобильного парка СССР в 1980 г.

| Транспортные средства       | Структура, % |
|-----------------------------|--------------|
| Автобусы                    | 4,2          |
| бензиновые                  | 2,1          |
| дизельные                   | 2,1          |
| Грузовые автомобили         | 47,9         |
| бензиновые                  | 33,9         |
| дизельные                   | 14,0         |
| Легковые автомобили         | 47,9         |
| индивидуальные              | 42,1         |
| ведомственные и специальные | 5,2          |
| такси                       | 0,6          |
| Итого                       | 100,0        |

#### 4.2. Структура вредных выбросов автомобильного транспорта СССР

Расчет годового пробега и общей массы вредных выбросов по трем ингредиентам — CO, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> проведен на основании «Методических указаний по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом» [13]. Среднегодовой пробег автомашины: такси — 75 тыс. км/год, ведомственных и специальных легковых автомобилей — 25 тыс. км/год, индивидуальных автомобилей — 15 тыс. км/год, грузовых автомобилей — 37,4 тыс. км/год, автобусов — 35—45 тыс. км/год.

Расчет годового выброса загрязняющих веществ автомобильным парком СССР и структура выбросов по группам автомобилей (с бензиновым и дизельным ДВС) даны в табл. 19, 20, 21. Серийный автомобиль с карбюратором К-126Г. Ниже приведены результаты испытаний автомобиля ГАЗ-24 «Волга» на токсичность отработавших газов; испытания проведены Минавтопром. Результаты испытаний показали, что конвертация автомобиля для работы на бензоводородной смеси, снижает выбросы CO в 20—25 раз, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub> — в 3—4 раза, N<sub>x</sub>O<sub>x</sub> — в 10 раз [14].

Таблица 19

Выброс оксида углерода автомобильным парком СССР

| Группы автомобилей  | Среднегодовой пробег автомобилей, тыс. км | Пробег автомобилей в группе, млн. км/год | Удельный выброс оксида углерода, г/км | Коэффициент влияния     |                               | Головой выброс оксида углерода автомобильным транспортом, тыс. т/год | Структура выброса оксида углерода по группам, % |
|---|---|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--|---|
|   |   |  |                                       | среднего возраста парка | уровня технического состояния |  |   |
| I. С бензиновым ДВС<br>грузовые и специальные автобусы<br>легковые индивидуальные<br>легковые служебные и специальные такси | 37,4                                      | 249 084                                  | 70                                    | 1,33                    | 1,69                          | 39 190,6   |   |
|   | 40,0                                      | 16 400                                   | 65                                    | 1,32                    | 1,69                          | 2 878,0  |   |
|   | 15,0                                      | 123 900                                  | 20                                    | 1,28                    | 1,62                          | 5 138,4  |   |
|   | 25,0                                      | 25 500                                   | 21                                    | 1,28                    | 1,63                          | 1 117,3  |   |
|   | 75,0                                      | 9 750                                    | 21                                    | 1,28                    | 1,63                          | 427,2  |   |
| Итого   |   |  |                                       |                         |                               | 48 251,5   | 91,9  |
| II. С дизельным ДВС<br>грузовые автобусы  | 37,4                                      | 102 476                                  | 15                                    | 1,33                    | 1,80                          | 3 679,9  |   |
|   | 40,0                                      | 16 400                                   | 15                                    | 1,27                    | 1,80                          | 5 62,4   |   |
| Итого   |   |  |                                       |                         |                               | 4242,3   | 8,1   |
| Всего   |   |  |                                       |                         |                               | 52 493,8   | 100,0   |

Таблица 20

## Выброс углеводородов автомобильным парком СССР

| Группы автомобилей               | Пробег автомобилей в группе, млн. км/год | Удельный выброс углеводородов, г/км | Коэффициент влияния     |                               | Годовой выброс углеводородов, тыс. т/год | Структура выбросов углеводородов по группам, % |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--|--|
|                                  |  |                                     | среднего возраста парка | уровня технического состояния |  |  |
| I. С бензиновым ДВС              |  |                                     |                         |                               |  |  |
| грузовые и специальные автобусы  | 249 084                                  | 15,0                                | 1,2                     | 1,86                          | 8339,3                                   |  |
| легковые индивидуальные          | 16 400                                   | 12,0                                | 1,2                     | 1,86                          | 439,3                                    |  |
| легковые служебные и специальные | 123 900                                  | 2,9                                 | 1,17                    | 1,78                          | 144,3                                    |  |
|                                  | 9750                                     | 3,0                                 | 1,17                    | 1,83                          | 62,6                                     |  |
| Итого                            |  |                                     |                         |                               | 9149,3                                   | 84,4   |
| II. С дизельным ДВС              |  |                                     |                         |                               |  |  |
| грузовые автобусы                | 102 476                                  | 6,4                                 | 1,2                     | 2,0                           | 1574,0                                   |  |
|                                  | 16 400                                   | 6,4                                 | 1,17                    | 2,0                           | 122,8                                    |  |
| Итого                            |  |                                     |                         |                               | 1696,8                                   | 15,6   |
| Всего                            |  |                                     |                         |                               | 10 846,1                                 | 100,0  |

Возможность уменьшения токсичных выбросов при использовании водорода в качестве присадок в бензин подтверждена и другими исследованиями, табл. 23 [6].

Анализ приведенных данных позволяет принять для дальнейших расчетов уменьшение доли выбросов по CO в 12,9 раз, по  $C_xH_x$  в 3,1 раза, по  $N_xO_x$  в 13,8 раза.

По данным ИПМаш АН УССР, добавка водорода в дизельное топливо не меняет токсичных характеристик отработавших газов.

## 4.3. Коэффициенты снижения массы токсичных выбросов

Применение водорода в качестве добавок в автомобильное топливо снижает долю токсичных выбросов только на транспортных средствах с бензиновым ДВС. В настоящее время в СССР эксплуатируется около 17% автомобилей с дизельными двигателями, доля которых будет расти в связи с дизелезацией

автомобильных транспортных средств. Поэтому доля снижения выбросов токсичных веществ в общем объеме транспортных выбросов может быть определена следующим образом.

Таблица 21  
Выброс оксидов азота автомобильным парком СССР

| Группы автомобилей                     | Пробег автомобилей в группе, млн. км/год | Удельный выброс оксидов азота, г/км | Коэффициент влияния     |                               | Годовой выброс оксидов азота, тыс. т/год | Структура выбросов оксидов азота по группам, % |
|--|--|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--|--|
|  |  |                                     | среднего возраста парка | уровня технического состояния |  |  |
| I. С бензиновым ДВС                    |  |                                     |                         |                               |  |  |
| грузовые и специальные автобусы        | 249 084                                  | 8,0                                 | 1,0                     | 0,8                           | 1594,1                                   |  |
| легковые индивидуальные                | 16 400                                   | 8,0                                 | 1,0                     | 0,8                           | 105,0                                    |  |
| легковые служебные и специальные такси | 123 900                                  | 2,8                                 | 1,0                     | 0,9                           | 312,2                                    |  |
|  | 25 500                                   | 2,9                                 | 1,0                     | 0,85                          | 62,9                                     |  |
|  | 9750                                     | 2,9                                 | 1,0                     | 0,85                          | 24,0                                     |  |
| Итого                                  |  |                                     |                         |                               | 2098,2                                   | 67,5   |
| II. С дизельным ДВС                    |  |                                     |                         |                               |  |  |
| грузовые автобусы                      | 102 476                                  | 8,5                                 | 1,0                     | 1,0                           | 871,0                                    |  |
|  | 16 400                                   | 8,5                                 | 1,0                     | 1,0                           | 139,4                                    |  |
| Итого                                  |  |                                     |                         |                               | 1010,4                                   | 32,5   |
| Всего                                  |  |                                     |                         |                               | 3108,6                                   | 100  |

Таблица 22  
Сравнительные данные работы автомобиля

| Работа автомобиля             | Выброс токсичных веществ, г/исп. |          |          |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
|                               | CO                               | $C_xH_x$ | $N_xO_x$ |
| На бензине                    | 44                               | 9,9      | 14       |
| На бензиноводородной смеси    | 5,7                              | 3,5—4,6  | 0,9—2    |
| Уменьшение доли выбросов, раз | 6,3—8,8                          | 2,2—2,8  | 7,0—15,5 |

Таблица 23

Сравнительные данные работы автомобиля

| Работа автомобиля             | Выброс токсичных веществ, г/км |                               |                               |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                               | CO                             | C <sub>x</sub> H <sub>x</sub> | N <sub>x</sub> O <sub>x</sub> |
| На бензине                    | 25,9                           | 1,4                           | 1,18                          |
| На бензиноводородной смеси    | 1,33                           | 1,9                           | 0,15                          |
| Уменьшение доли выбросов, раз | 19,5                           | 0,7                           | 7,9                           |

Пусть  $M_{CO}$  — масса оксида углерода, выбрасываемого в атмосферу автомобильным парком СССР. Тогда  $0,919 \cdot M_{CO}$  — масса оксида углерода, выделенная автомобилями с дизельным ДВС. Общая масса CO при замене бензина на бензоводородную смесь  $M_{CO}^H$  будет равна:

$$M_{CO}^H = \frac{0,919M_{CO}}{12,9} + 0,081M_{CO} \quad (13)$$

или

$$M_{CO}^H = 0,152M_{CO}. \quad (14)$$

Величина 0,152 представляет собой коэффициент снижения выбросов оксида углерода при замене бензина на бензоводородную смесь и соответствует данной структуре и техническим характеристикам эксплуатации автомобильного парка СССР. Коэффициенты снижения массы выбросов углеводородов и окидов азота, методика определения которых не отличается от расчета коэффициента снижения массы выбросов оксида углерода, равны соответственно 0,427 и 0,474.

Расчет массы выбрасываемых токсичных веществ при использовании на автомобильном транспорте бензоводородных смесей вместо бензина осуществляется путем умножения величины массы выбросов при применении традиционных видов топлива на значение коэффициента снижения выбросов по каждому ингредиенту.

#### 4.4. Оценка величины прогнозируемого (для 2000 г.) экономического ущерба

Оценка прогнозируемой величины экономического ущерба зависит от изменения составляющих ущерба на временном интервале до 2000 г.

**Прогноз поведения  $\gamma$ .** В настоящей работе значение константы  $\gamma$  для варианта применения базовой и новой техники (топлива) принято равным — 2,4 руб./усл. т.

**Прогноз поведения  $\sigma$ .** Показатель  $\sigma$ , являясь безразмерной величиной, характеризует относительную опасность загрязнения воздуха над территориями различных типов. Поэтому его прогнозируемое поведение совпадает с прогнозируемым изменением территориальной структуры городов. В данной работе принята гипотеза возрастания показателя относительной опасности загрязнения от центра к окраине города, что соответствует перспективным тенденциям развития городов.

Если обозначить значения по каждой из пяти зон города в 1980 г. как  $\sigma_1^{80}, \sigma_2^{80}, \sigma_3^{80}, \sigma_4^{80}, \sigma_5^{80}$ , то прогнозируемые на 2000 г. значения  $\sigma$  для каждой зоны города и по каждой группе городов можно получить по табл. 24.

Таблица 24

Прогнозируемые значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов в 2000 г. на базе значений 1980 г.

| Зона города | Группа города по прогнозируемой численности населения |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|
|             | I   | II  |   | III                                       |
|             |   | численность населения более 750 тыс. чел. | численность населения менее 750 тыс. чел. |   |
| I           | 10  | 10  | $\sigma_1^{80}$                           | $\sigma_1^{80}$                           |
| II          | $\sigma_1^{80}$                                       | $\sigma_1^{80}$                           | $\frac{\sigma_1^{80} + \sigma_2^{80}}{2}$ | $\frac{\sigma_1^{80} + \sigma_2^{80}}{2}$ |
| III         | $\sigma_2^{80}$                                       | $\sigma_2^{80}$                           | $\frac{\sigma_2^{80} + \sigma_3^{80}}{2}$ | $\frac{\sigma_2^{80} + \sigma_3^{80}}{2}$ |
| IV          | $\sigma_3^{80}$                                       | $\sigma_3^{80}$                           | $\frac{\sigma_3^{80} + \sigma_4^{80}}{2}$ | $\frac{\sigma_3^{80} + \sigma_4^{80}}{2}$ |
| V           | $\sigma_4^{80}$                                       | $\sigma_4^{80}$                           | $\frac{\sigma_4^{80} + \sigma_5^{80}}{2}$ | $\frac{\sigma_4^{80} + \sigma_5^{80}}{2}$ |

**Прогноз поведения  $f$ .** Изучение закономерностей прогнозируемого изменения факторов, влияющих на величину поправки  $f$ , показало, что значение  $f$  для 2000 г. может быть принято на уровне 1980 г.

**Прогноз поведения  $M$ .** Исследованиями ГГО им. Воейкова установлено, что между массой вредных выбросов автомобиль-

ным транспортом и численностью населения города существует приблизительно прямо пропорциональная зависимость. Поэтому в настоящей работе основными факторами, влияющими на изменение массы выброса, приняты: фактор изменения численности населения ( $K_1$ ) и фактор изменения транспортной подвижности населения ( $K_2$ ) в прогнозируемом 2000 г. по сравнению с базисным 1980 г.

Факторы роста массы выбрасываемых вредных по ингредиентам определяются из соотношений:

$$K_{CO} = 0,73 + 0,27K_1 \cdot K_2, \quad (15)$$

$$K_{CH} = 0,77 + 0,23K_1 \cdot K_2, \quad (16)$$

$$K_{NO} = 0,64 + 0,36K_1 \cdot K_2. \quad (17)$$

Фактор  $K_1$  определяется как отношение численности населения города в 2000 г. и 1980 г. ( $N_{1980}$ ). Прогнозируемую численность населения в 2000 г. без учета миграции можно определить по формуле:

$$N_{2000} = N_{1980} \left( 1 + \frac{20}{10^3} E_n \right), \quad (18)$$

откуда определяем  $K_1$ :

$$K_1 = 1 + \frac{20}{10^3} E_n, \quad (19)$$

где 20 — число лет, отделяющих прогнозный год от базисного;  $E_n$  — естественный прирост населения, принятый постоянной величиной.

Значения  $E_n$  для союзных республик приводятся в статистических ежегодниках, для крупных городов и столиц союзных республик — в «Вестнике статистики» [25].

Фактор, учитывающий изменение транспортной подвижности населения, принят в соответствии с Генеральной схемой развития единой транспортной системы СССР на период до 2000 г. [16] и составляет: для городов с численностью населения свыше 2 млн. чел. — 1,05; свыше 1 млн. чел. до 2 млн. чел. — 1,1; свыше 500 тыс. чел. до 1 млн. чел. — 1,11; свыше 250 тыс. чел. до 500 тыс. чел. — 1,12. Если же город в результате роста численности населения переместится из III группы в первую подгруппу II группы (см. табл. 24), то  $K_2$  будет равен 1,2. При перемещении городов II группы в I группу  $K_2$  принимается равным 1,19.

Величина прогнозируемых масс выбросов определяется по формулам:

$$M_{CO}^{np} = M_{CO}^{баз} \cdot K_{CO}, \quad (20)$$

$$M_{CH}^{np} = M_{CH}^{баз} \cdot K_{CH}, \quad (21)$$

$$M_{NO}^{np} = M_{NO}^{баз} \cdot K_{NO}. \quad (22)$$

Таблица 25

Величина ретроспективного (на начало 80-х гг.) и прогнозируемого (в 2000 г.) экономического ущерба от вредных выбросов автотранспорта при использовании новых предметов труда (топлива с добавкой водорода по методу ИПМаш АН УССР) в 114 городах с численностью населения 250 тыс. чел. и более по экономическим районам СССР

| Экономические районы СССР | Ретроспективный экономический ущерб, млн. руб./год | Ранговый ряд по величине ретроспективного ущерба | Удельный вес ретроспективного ущерба района в суммарном ущербе, % | Прогнозируемый экономический ущерб, млн. руб./год | Ранговый ряд по величине прогнозируемого ущерба | Удельный вес прогнозируемого ущерба района в суммарном ущербе, % |
|---------------------------|--|--|---|---|---|--|
| Центральный               | 13,8   | 1  | 14,9  | 20,1  | 1   | 14,3   |
| Западно-Сибирский         | 7,6  | 2  | 8,1   | 10,0  | 5   | 7,1  |
| Северо-Западный           | 7,2  | 3  | 7,8   | 10,1  | 4   | 7,2  |
| Поволжский                | 7,1  | 4  | 7,7   | 11,0  | 3   | 7,8  |
| Донецко-Приднепровский    | 6,4  | 5  | 6,9   | 9,5   | 6   | 6,8  |
| Среднеазиатский           | 6,4  | 6  | 6,9   | 11,1  | 2   | 7,9  |
| Казахстанский             | 5,9  | 7  | 6,4   | 8,9   | 8   | 6,3  |
| Уральский                 | 5,8  | 8  | 6,3   | 8,6   | 9   | 6,1  |
| Закавказский              | 4,8  | 9  | 5,2   | 6,6   | 11  | 4,7  |
| Южный                     | 4,6  | 10   | 4,9   | 7,0   | 10  | 5,0  |
| Восточно-Сибирский        | 3,8  | 11   | 4,1   | 9,1   | 7   | 6,5  |
| Белорусский               | 3,8  | 12   | 4,1   | 5,6   | 12  | 4,0  |
| Северо-Кавказский         | 3,6  | 13   | 3,9   | 5,0   | 14  | 3,6  |
| Юго-Западный              | 2,8  | 14   | 3,0   | 5,2   | 13  | 3,7  |
| Центрально-Черноземный    | 2,5  | 15   | 2,7   | 3,7   | 15  | 2,6  |
| Прибалтийский             | 2,4  | 16   | 2,6   | 3,2   | 17  | 2,3  |
| Волго-Вятский             | 2,4  | 17   | 2,0   | 3,6   | 16  | 2,5  |
| Дальневосточный           | 1,9  | 18   | 1,0   | 2,4   | 18  | 1,6  |
| Итого                     | 92,8   |  | 100,0   | 140,7   |   | 100,0  |

Величина экономического ущерба на начало 80-х гг. в случае применения бензоводородной смеси и прогноз на 2000 г. представлены в табл. 25.

### Заключение

1. Концепция ускорения научно-технического прогресса в качестве одного из основных элементов включает разработку и создание новой, высокопроизводительной техники и технологии, позволяющей при удовлетворении потребностей общества снижать затраты труда, скачкообразно повышать производительность труда.

2. Автотранспорт имеет специфические особенности функционирования и развития, требующие проведения качественных сдвигов в транспортной технологии, и прежде всего, с точки зрения потребностей народного хозяйства, его экологической перестройки.

3. Теоретическая и практическая значимость и актуальность разработки «Методики оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением воздушной среды вредными выбросами транспортных средств» определяются тем, что уже на стадии предплановых исследований необходим учет экологических (ущербоформирующих) факторов, позволяющих выявить стратегически приоритетные направления развития транспортного комплекса. Данная научно-исследовательская работа заканчивается разработкой первого варианта «Методики», а также получением на ее основе укрупненных оценок экономического ущерба по 114 городам и 18 экономическим районам СССР.

4. Полученные оценки могут быть использованы при планировании развития транспортного комплекса в региональном масштабе; при определении городов, требующих снятия экологических проблем, создаваемых транспортом, в первую очередь; при оценке социально-экономической эффективности снижения вредных выбросов транспортными средствами путем применения новой техники и топлива, в том числе бензоводородной смеси.

5. Суммарный экономический ущерб от загрязнения воздушной среды вредными выбросами автотранспорта при использовании базовых предметов труда (топлива) на начало 80-х гг. в 114 городах СССР с численностью 250 тыс. чел. и более оценен в 512,8 млн. руб., в том числе в городах первой группы (численность населения от 250,1 до 500 тыс. чел.) — 190,7 млн. руб. или 37,2%.

6. Удельный вес экономического ущерба по экономическим районам на начало 80-х гг. составлял, %: Центральный — 15,1; Западно-Сибирский — 7,9; Северо-Западный — 7,8; Поволжский — 7,7; Среднеазиатский — 7,1; Донецко-Приднепровский —

6,8; Казахстанский — 6,3; Уральский — 6,2; Закавказский — 4,9; Южный — 4,8; Восточно-Сибирский — 4,2; Белорусский — 4,1; Северо-Кавказский — 3,9; Юго-Западный — 3,1; Центрально-Черноземный — 2,9; Волго-Вятский — 2,7; Прибалтийский — 2,6; Дальневосточный — 1,9.

7. Важнейший показатель, определяющий главные направления экологизации транспортного процесса — удельный экономический ущерб на 1 жителя района. Для анализа использовалась величина превышения удельного ущерба экономического района над соответствующим среднесоюзным показателем. В эту группу вошли (в порядке убывания) величины превышения удельного ущерба 10 районов из 18: Казахстанский, Восточно-Сибирский, Южный, Среднеазиатский, Закавказский, Западно-Сибирский, Северо-Западный, Дальневосточный, Белорусский, Центрально-Черноземный.

8. К городам первой группы, превышающим среднесоюзный показатель удельного ущерба, относятся (в порядке убывания) Ереван, Новосибирск, Ташкент, Ленинград, Свердловск, Москва, Тбилиси, Омск — всего 8 городов из 21.

9. Среди городов второй группы, превышающих среднесоюзный показатель удельного ущерба (в порядке убывания) — Алма-Ата, Душанбе, Тольятти, Хабаровск, Барнаул, Краснодар, Красноярск, Фрунзе, Кривой Рог, Ярославль, Пенза — всего 11 городов из 27.

10. Ретроспективный анализ показал, что годовой экономический ущерб от вредных выбросов автотранспорта при использовании новых видов топлива с добавкой водорода по методу ИПМаш АН УССР в начале 80-х гг. в 114 городах с численностью населения 250 тыс. чел. мог бы составить 420 млн. руб. Прогнозируемый экономический ущерб в случае применения в 2000 г. добавок водорода к топливу оценен в 140,7 млн. руб., что в 5,5 раза меньше, чем при использовании базовых видов топлива.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов В. А., Балькова Н. А., Калугина З. И. Время населения города: планирование и использование. Новосибирск: Наука, 1982.
2. Борисов А. П., Бубес Э. Я., Рекунова Н. Г. Экономика градостроительства. Л.: Стройиздат, 1981.
3. Буренин Н. С., Соломатина И. И. Об определении вклада выбросов автотранспорта и загрязнение воздушного бассейна. Проблемы охраны окружающей среды. Л.: Гидрометеониздат, 1975. Вып. 352. (Тр. Гл. геофиз. обсерват.).
4. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986.
5. Гильденскиольд Р. С., Недогибченко М. К., Пинигин М. А., Фельдман Ю. Г. Санитарная охрана атмосферного воздуха городов. М.: Медицина, 1976.

6. Гутаревич Ю. Ф. Предупреждение загрязнения воздуха двигателями (на укр. яз.). Киев: Урожай, 1982.
7. Иванова А. К. Проблемы рационального использования городских территорий. Обзоры и проблемы больших городов. М., 1975.
8. Кабакова С. И. Градостроительная оценка территорий города. М.: Стройиздат, 1973.
9. Климат свободной атмосферы и пограничного слоя над СССР / под ред. И. Г. Гутермана и др. М.: Гидрометеониздат, 1981.
10. Кост И. Е., Понятовский Е. Г. Гидриды в водородной энергетике. «Природа», 1980, № 12.
11. Кудрявцев О. К., Федутин Ю. А., Чуверин И. И. Транспорт городских центров. М.: Транспорт, 1978.
12. Малышев А. И. Экономика автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1983.
13. Методические указания по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом. М.: Гидрометеониздат, 1983.
14. Мищенко А. И. Состояние работ по использованию водорода в качестве дополнительного топлива для автомобильных двигателей. Сб. научных трудов МАДИ. Проблемы экономии топлива на автомобильном транспорте. М., 1983.
15. Неценко А. В. Социально-экономические проблемы свободного времени при социализме. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975.
16. О разработке Генеральной схемы развития единой транспортной системы СССР на период до 2000 г. (Г. Д. Луцкер, Г. Д. Сысоева и др.). Киев, 1973 (Отчет о НИР ГосавтотрансНИИПроекта, № Б 31 899).
17. Овечников Е. В., Фишельсон М. С. Городской транспорт. М.: Высшая школа, 1976.
18. Патрушев В. Д. Время как экономическая категория. М.: Мысль, 1966.
19. Патрушев В. Д. Использование совокупного времени общества (Проблемы баланса времени населения). М.: Мысль, 1978.
20. Потребность населения СССР в легковых автомобилях на период до 1985 г. / Ю. А. Корольков, Ю. К. Твилднани, Д. М. Эткин и др. М., 1972. (Отчет о НИР НАМИ и ВНИИКСа, № Б 265 172).
21. Прогноз развития пассажирских перевозок на 2000 г. / А. И. Малышев, Л. А. Кероглу, М. С. Маш и др. М., 1976. (Отчет о НИР НИИАТ, № Б590 894).
22. Романов А. Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции. М.: Транспорт, 1984.
23. Сигаев А. В. Грузовые магистрали города. М.: Высшая школа, 1975.
24. Старовойда В. П. Вводные кольцевые автомагистрали (на укр. яз.). Киев: Будівельник, 1980.
25. Статистические данные по столицам союзных республик и по городам с населением свыше одного миллиона человек. «Вестник статистики», 1981, № 12.
26. Теоретические основы и методы оценки экономической эффективности использования территорий, отводимых для строительства / И. Д. Морозов, С. И. Кабакова, А. А. Сегединов и др. // Разработать систему укрупненных показателей экономической оценки территорий городов. М., 1979. (Отчет о НИР НИИЭС, № Б 876 555).
27. Топливо-энергетический баланс транспорта на 1976—1980 гг. и на 1990 г. с учетом дальнейшей перспективы / С. С. Ушаков, В. С. Мокарчук, Н. А. Балычева, М., 1972 (Отчет о НИР ИКТП, № Б 259 709).
28. Транспорт и городская среда: Совмест. сов. амер. докл. по теме «Рациональное соотношение развития общества и индивид. транспорта в городах различной величины». Смешанная сов.-амер. комиссия по сотрудничеству в обл. охраны окружающей среды. М.: Стройиздат, 1978.
29. Фельдман Ю. Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха. М.: Медицина, 1975.
30. Черепанов В. А. Транспорт в планировке городов. М.: Высшая школа, 1975.

**В. Г. Воронин**, канд. техн. наук

Институт машиноведения им. А. А. Благонравова

Секция по предотвращению образования и по обезвреживанию канцерогенных веществ МНТС при ГКНТ

### **БЕНЗ(А)ПИРЕН И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕГО КОНЦЕНТРАЦИЮ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ОДНОВАЛЬНЫХ БЕЗРЕГЕНЕРАТИВНОГО ЦИКЛА ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Научно-техническая программа ГКНТ СССР 0.69.02 на XII пятилетку предусматривает изучение выбросов канцерогенных углеводородов с отработавшими газами (ОГ) транспортных средств, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, и разработку методов снижения их вредных выбросов.

В связи с подготовкой серийного выпуска автомобильных газотурбинных двигателей, введением норм предельно допустимых концентраций на бенз(а)пирен (БП), химическая формула которого  $C_{20}H_{12}$ , и перспективой нормирования выбросов БП с ОГ тепловых двигателей представляется актуальным рассмотреть характеристики по БП ГТД основных тепломеханических схем и факторы, определяющие уровень концентраций БП в ОГ.

На транспортных средствах с электрической трансмиссией и мотор-колесами считаются перспективными одновальные безрегенеративного и регенеративного циклов ГТД, легкие, компактные, простые по конструкции и дешевые в производстве и эксплуатации. Так, анализ многочисленных конструкций автомобильных ГТД ведущих автомобилестроительных фирм показывает, что наиболее высокие технико-экономические показатели достигнуты на одновальном регенеративного цикла АГТД модели АГТ-101 (США), оснащенном вращающимся керамическим регенератором, металлокерамической камерой сгорания (КС) с турбиной с регулируемым направляющим аппаратом. При максимальной эффективной мощности 74,5 кВт, температуре газа перед турбиной 1644 К, степени повышения давления воздуха в компрессоре ( $\pi_k$ ) 5,0, расходе воздуха двигателем