

## **Лекция 7. Экологические проблемы городского транспорта и пути их решения**

### **Структура лекции:**

- **Негативное воздействие транспортных коммуникаций на природную среду и человека**
- **Влияние автотранспорта на природную среду и человека**
- **Загрязняющие вещества в выхлопных газах автотранспорта**
- **Мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом**

Человечество создало много способов и устройств для перемещения: различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный (трактора и комбайны), железнодорожный, водный (речной и морской), воздушный и трубопроводный транспорт.

Транспорт играет уникальную роль, связывая все важнейшие сферы материального производства в единую систему хозяйственной деятельности. Густой сетью путей сообщения покрыт земной шар. Протяженность магистральных автомобильных дорог мира с твердым покрытием превышает 12 млн км, воздушных линий — 5,6 млн км, железных дорог — 1,5 млн км, магистральных трубопроводов около 1,1 млн км, внутренних водных путей — более 600 тыс. км, морские линии составляют многие миллионы километров (Н. И. Иванов, И. М. Фадин, 2002 г.). Для сравнения: окружность Земли по экватору составляет около 40 тыс. км, расстояние от Земли до Луны — около 380 тыс. км.

По оценке специалистов в среднем вклад отдельных видов транспортных средств, например, в загрязнение атмосферы, следующий: автомобильный — 85 %; морской и речной — 5,3 %; воздушный — 3,7 %; железнодорожный — 3,5 %; сельскохозяйственный — 2,5 %.

При всем многообразии форм воздействия транспорта на природную среду их источники можно объединить в две основные группы:

1) *транспортные коммуникации* (автодороги, железные дороги, аэродромы, трубопроводы и т. д.); они воздействуют на природную среду прямо, постоянно и длительно;

2) *транспортные средства* (автомобили, самолеты, суда и т. д.), которые оказывают кратковременное влияние на природную среду; они вызывают экологические последствия, способные со временем исчезнуть, но могут сохраняться и относительно долго.

### **Негативное воздействие транспортных коммуникаций на природную среду и человека.**

*Отчуждение земель.* Для размещения транспортных коммуникаций нужны земля, вода, воздух, подчас огромных площадей и объемов. Подсчитано (Н. Н. Родзевич, 2003 г.), что в США площадь земель, на которых размещены автомагистрали, железные дороги и аэродромы составляет 101 тыс. км<sup>2</sup>, а площадь городов — 109 тыс. км<sup>2</sup>. Автодороги занимают около 2 % территории Великобритании, 6 % — Японии и Бельгии. В России протяженность автодорог превысила 0,5 млн км. Под железные дороги страны отведено около 10 тыс. км<sup>2</sup>.

*Почворазрушающие процессы* и деградация природных экосистем. При строительстве и эксплуатации дорог, трубопроводов,

аэродромов происходят почворазрушающие процессы: оползни, просадки и эрозия. Причем часто развивается особый вид последней — *дорожная эрозия*, происходящая в результате размыва и разрушения почв. Из-за этого возникают группы оврагов по *колеям* грунтовых дорог. Чтобы избежать размыва в кюветах, необходимо сохранять в них травянистый покров, а также сооружать бетонные лотки.

Ухудшение агрохимического качества почвы и приземного слоя воздуха. Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефте-газотрубопроводов земля на большой площади загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами. Особенно опасна придорожная полоса шириной до 200 м по обе стороны вдоль наиболее напряженных магистралей. Замечено, например, что вдоль кольцевой автомагистрали вокруг Москвы быстро погибают посаженные деревья. Категорически запрещается выращивать сельхозпродукцию, собирать грибы, ягоды, пасти скот, особенно молочный (известны случаи отравления детей молоком коров, пасшихся вокруг дорог).

Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящей из частиц асфальта, резины, металла, свинца и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действием.

*Гибель животных.* Много зверей, в том числе и крупных, погибают под колесами автомобилей. Особенно это имеет место, когда автотрасса пересекает традиционные пути миграции животных. Так как подобные столкновения происходят ночью, в ряде, в ряде густонаселенных стран вдоль дорог устанавливают специальные зеркала. Отражая свет фар, они создают перемещающиеся блики на темном фоне (например леса), которые отпугивают зверей.

*Физические излучения.* Фактором ухудшения качества среды обитания городов стало шумовое воздействие железнодорожных и шоссейных магистралей, особенно с высокой плотностью движения. Вдоль, например, автомагистралей, на которых частота движения составляет несколько тысяч транспортных единиц в час, шумовое давление достигает 80—85 децибел (дБ), в то время как санитарной нормой являются 55 дБ. Поэтому в ряде стран мира, в том числе и России (Московская кольцевая автодорога), вдоль наиболее оживленных магистралей для защиты населения устанавливают специальные щиты или устраивают придорожные лесополосы.



**Рисунок 1. Шумозащитные заграждения**

### **Влияние автотранспорта на природную среду и человека**

Общий мировой парк автомобилей ныне превышает 800 млн единиц и быстро приближается к миллиарду. Его рост является одним из немногих показателей развития цивилизации, который заметно опережает прирост населения планеты и даже энергии. Так, например, только за 2001 г. количество автомобилей в нашем городе выросло на 300 тысяч. Учитывая транзит, число автомобилей в городе достигло 1,5 (полутора миллионов).

В автомобильных двигателях внутреннего сгорания в мире ежегодно сжигается более 2 млрд т нефтяного топлива. При этом коэффициент

полезного- действия в среднем составляет 23 %, остальные 77 % уходят на обогрев окружающей среды (Ю. В. Новиков, 1998 г.).

Повсюду, где эксплуатируется автомобиль, в воздух поступает большое количество вредных веществ. Согласно исследованиям НИИ нормальной физиологии, в Москве 92-95 % загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт, а прочие отходы хозяйственной деятельности составляют лишь 7 %". В Санкт-Петербурге автомобильный транспорт ежегодно выбрасывает в атмосферу около двухсот тонн загрязняющих веществ. По официальным данным, вклад машин в насыщение воздуха вредными примесями превышает 70 %. Наиболее загрязнёнными считаются Василеостровский, Калининский, Центральный и Колпинский районы. Согласно экспертным оценкам, более чем в 150 городах России именно автотранспорт оказывает преобладающее влияние на загрязнение воздушного бассейна. К их числу относятся курорты и зоны массового отдыха: Сочи, Анапа, Ессентуки, Кисловодск, Нальчик, Пятигорск, Минеральные Воды, а также ряд крупных центров с населением более 500 тыс. человек (Москва, С.-Петербург, Ростов-на-Дону, Воронеж, Краснодар, Пенза, Тюмень и др.).

Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС), особенно карбюраторных, содержат огромное количество токсичных соединений — бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина).

Компонентный состав и удельные выбросы ЗВ зависят от вида потребляемого топлива (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание токсичных веществ в выхлопных газах карбюраторных и дизельных ДВС  
(А. Ф. Порядин, Л. Д. Хованский и др. 1996 г.)

Компоненты	Объемная доля		компонента в газах	
	карбюраторных ДВС		дизельных ДВС	
	в %	на 1000 л топлива, кг	в %	на 1000 л топлива, кг
СО	0,5-12,0	200	0,01-0,5	25
NO <sub>x</sub> (в пересчете на N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	до 0,8	20	до 0,5	36
Сера		1,6		6,0
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,2-3,0	25	0,009-0,5	8
Бенз(а)пирен	10-20 мкг/м <sup>3</sup>	до 10 мкг/м <sup>3</sup>		
Сажа	0-0,04	1	0,01-1,1	3
Альдегиды	до 0,2мг/л		0,001-0,09 мг/л	

Из табл. 1 видно, что экологически менее опасными являются дизельные двигатели. Несмотря на большой выброс последними оксидов азота и серы, общая масса поступающих в атмосферу загрязняющих веществ с учетом класса их опасности для здоровья оказывается примерно в 2,5 раза меньше.

На состав отработанных газов двигателя большое влияние оказывает режим работы автомобиля в городских условиях. Низкая скорость движения и частые ее изменения, многократные торможения и разгоны способствуют повышенному выделению вредных веществ (табл.2). Максимальный выброс бенз(а)пирена у карбюраторных ДВС происходит на холостом ходу, неустановившихся режимах, при работе на переобогащенных смесях и на режиме больших нагрузок.

Таблица 2.

Содержание токсичных веществ в выхлопных газах карбюраторных и  
дизельных ДВС

(А. Ф. Порядин, А. Д. Хованский и др., 1996 г.)

Режим работы	СО, об. %	Бенз(а)пирен, мкг/100 м <sup>3</sup>
Холостой ход	2,5-3	4000
Разгон	2,0-5,0	10 000
Равномерное движение	0,5-1,0	до 4000
Торможение	ДО 4,5	до 28 000

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

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

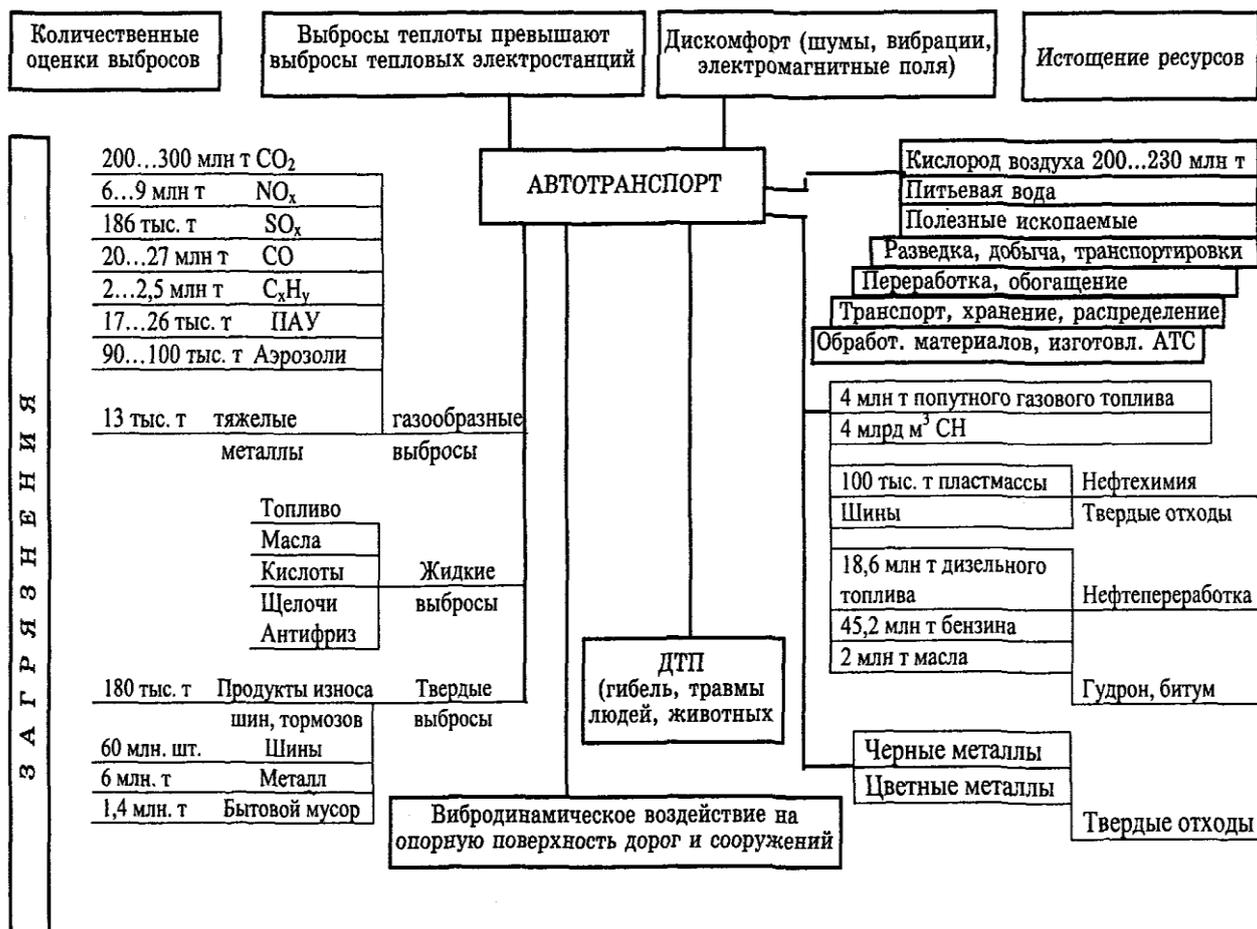


Рисунок 2. Масштабы воздействия автомобилей на окружающую среду (М. В. Буторина, П. В. Воробьев, А. П. Дмитриева и др., 2002 г.)

### Загрязняющие вещества в выхлопных газах автотранспорта

Выхлопные газы автомобилей, а также газы, образующиеся при испарении топлива, масла, содержат около 200 химических соединений. В зависимости от особенностей их воздействия на организм человека указанные ЗВ подразделяют на 7 групп.

В 1-ю группу входят химические соединения, содержащиеся в естественном составе атмосферного воздуха: вода (в виде пара), водород, азот, кислород и диоксид углерода. Автотранспорт выбрасывает в атмосферу такое огромное количество пара, что в Европе и Европейской части России оно превышает по массе испарения всех водоемов и рек. Из-за этого растет облачность, а число солнечных дней заметно снижается. Все это

способствует росту вирусных заболеваний, снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Во 2-ю группу включен оксид углерода (ПДК 20 мг/м<sup>3</sup>; IV класс опасности). Этот бесцветный газ без вкуса и запаха, вдыхаемый человеком, соединяется с гемоглобином крови и подавляет его способность снабжать ткани организма кислородом. В результате наступает кислородное голодание организма и возникают нарушения в деятельности центральной нервной системы. Добавим к сказанному, что оксид

углерода может быть косвенной причиной многочисленных аварий на дорогах. Его действие на водителя автомашины в небольших концентрациях сходно с действием алкоголя или состоянием утомления. В гаражах, в тоннелях и даже на напряженных магистралях содержание оксида углерода часто достигает токсичных для человека уровней.

В 3-ю группу входят оксид азота NO (ПДК 5 мг/м<sup>3</sup>, III кл.) — бесцветный газ и диоксид азота NO<sub>2</sub> (ПДК 2 мг/м<sup>3</sup>, III кл.) — газ красновато-бурого цвета с характерным запахом. Попадая в организм человека, они образуют азотистую и азотную кислоты (ПДК 2 мг/м<sup>3</sup>, III кл.). Последствия зависят от концентрации в воздухе; так, при концентрации 0,0013 % происходит слабое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, при 0,002 % — образование метгемоглобина, при 0,008 % — отек легких.

В 4-ю группу входят углеводороды. К наиболее опасным из них относится 3,4-бенз(а)пирен (ПДК 0,00015 мг/м<sup>3</sup>, I кл.) — мощный канцероген.

В 5-ю группу входят альдегиды. Наиболее опасны для человека акролеин и формальдегид. Акролеин — альдегид акриловой кислоты (ПДК 0,2 мг/м<sup>3</sup>, II кл.). Концентрация 0,00016 % является порогом восприятия запаха, при 0,002 % запах трудно переносим, при 0,005 % непереносим, а при 0,014 % через 10 мин наступает смерть. Формальдегид (ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup>, II кл.) — бесцветный с резким запахом газ, при концентрации 0,007 % вызывает легкое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, а также верхних органов дыхания, при концентрации 0,018 % осложняется процесс дыхания.

В 6-ю группу входит сажа (ПДК 4 мг/м<sup>3</sup>, III кл.), оказывающая раздражающее воздействие на органы дыхания. Частицы сажи активно адсорбируют на своей поверхности бенз(а)пирен, из-за чего резко ухудшается здоровье детей, страдающих респираторными заболеваниями (их частота у детей Москвы на 48 % превышает среднюю величину по России), лиц, больных астмой, бронхитом, воспалением легких, а также престарелых

людей. Исследования, проведенные в США, показали, что 50-60 тыс. человек умирают ежегодно от загрязнения воздуха сажей.

В 7-ю группу входят свинец и его соединения. В бензин в качестве антидетонационной присадки вводят тетраэтилсвинец (ПДК 0,005 мг/м<sup>3</sup>, I кл.). Поэтому около 80 % свинца и его соединений, загрязняющих воздух, попадают в него при использовании этилированного бензина: при сжигании 1 л указанного бензина в воздух поступает 0,2-0,4 г свинца.

В результате сжигания жидкого топлива в воздух ежегодно выбрасывается, по разным оценкам, от 180 тыс. до 260 тыс. т свинцовых частиц, что в 60—130 раз превосходит естественное поступление свинца в атмосферу при вулканических извержениях (2—3 тыс. т/год).

При вдыхании городского воздуха крупные свинцовые аэрозоли задерживаются в бронхах и носоглотке, а те, что имеют размер менее 1 мкм (их примерно 70—80 %), попадают в легкие, а затем проникают в капилляры и, соединяясь с эритроцитами, отравляют кровь. Анемия, постоянные головные боли, мышечная боль — признаки свинцового отравления — проявляются при содержании в крови свинца 80 мкг/100 мл. Соединения свинца особенно вредны для интеллектуальных способностей детей. В организме ребенка остается до 40 % попавших в него соединений.

В почвах вокруг дорог накапливаются валовые и подвижные формы свинца и других тяжелых металлов

#### **Фотохимический смог: образование и последствия.**

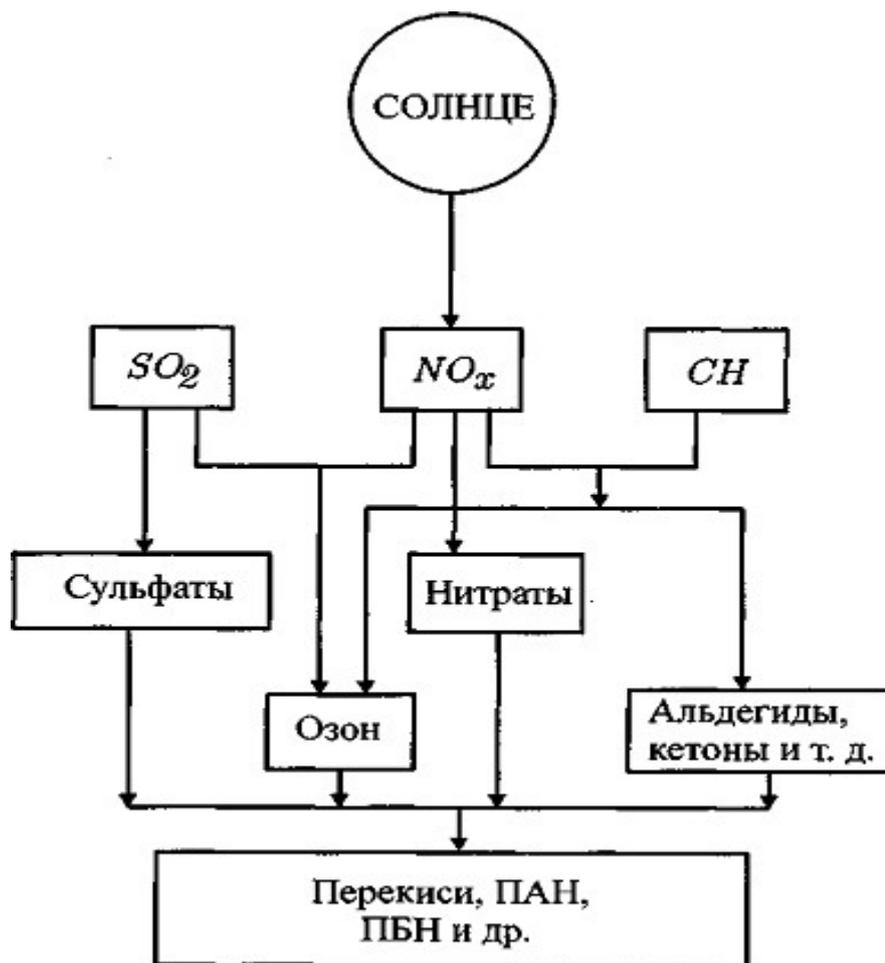
Отдельные компоненты выхлопных газов автотранспорта в атмосфере могут вступать в дальнейшие реакции, давая вторичные продукты.

Особое внимание заслуживает фотохимический смог, в возникновение которого вносят весомый вклад отдельные компоненты выхлопных газов автотранспорта.

Фотохимический смог, инициируемый солнечным светом, представляет собой желтовато-коричневую дымку над городами, уменьшающую видимость, с наличием химических веществ, которые вызывают раздражение

дыхательных путей и слезоточивость. Указанный цвет объясняется присутствием диоксида азота  $\text{NO}_2$ , а раздражение вызывают озон, алифатические альдегиды и органические нитраты.

Появление фотохимического смога инициируется сочетанием следующих факторов: 1) солнечный свет; 2) оксиды азота  $\text{NO}_x$ ; 3) углеводороды; 4) температура выше  $18\text{ }^\circ\text{C}$  (при этих значениях реакции происходят достаточно быстро для устойчивого формирования вредных веществ) (рис.3).



**Рисунок 3. Формирование фотохимического смога**

Все четыре условия фотохимического смога должны проявиться одновременно, поэтому место и время возникновения этого явления могут быть предсказаны. Так как именно автотранспорт поставляет  $\text{NO}_x$  и углеводороды, поэтому фотохимический смог — явление, характерное для больших, насыщенных автомобилями городов, особенно расположенных в

низких широтах и в котлованах. Таковыми являются Нью-Йорк, Чикаго, Бостон, Детройт, Токио, Милан, Москва и др.

Фотохимический туман сопровождается неприятным запахом, резко снижается видимость, у людей воспаляются глаза, слизистые оболочки носа и горла, возникает удушье, обостряются легочные заболевания, бронхиальная астма. Фотохимический туман вызывает коррозию металлов, растрескивание красок резиновых и синтетических изделий, портит одежду, нарушает работу транспорта. Озон и ПАН (пероксиацилнитраты) особенно токсичны для растений.

### **Мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом**

В связи с вышеизложенным возникла острая необходимость в осуществлении таких мероприятий, которые бы позволили снизить выбросы автотранспорта или ослабить его негативное воздействие на качество среды обитания людей, особенно жителей городов (табл. 3).

Таблица 3.

### **Система мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом (Н. С. Касимов, А. С. Курбатова, В. Н. Башкин, 2004 г.)**

<b>Планировочно-градостроительные</b>	<b>Технологические</b>	<b>Санитарно-технические</b>	<b>Административно-технические</b>
выделение скоростных дорог безостановочного движения и полос движения общественного транспорта	замена двигателя на более экономичный и менее токсичный	каталитически й дожиг выхлопных газов	установка нормативов качества топлива
	замена топлива (улучшение качества, альтернативные виды топлива)	фильтрация твердых частиц	установление допустимых региональных нормативов выбросов
организация пересечения улиц на разных уровнях	совершенствование рабочего процесса двигателя	установка трехступенчатых систем нейтрализации	вывод из города транзитного транспорта

организация под(над)земных пешеходных переходов	расширение парка и использования муниципального электротранспорта (метро, трамвай, троллейбус)	выхлопных газов	вывод из города складских баз, терминалов и т. д.
озеленение примагистральных и свободных территорий			

*Планировочно-градостроительные мероприятия* включают специальные приемы застройки и озеленение автомагистралей, размещение жилой застройки по принципу зонирования (в первом эшелоне застройки — от магистрали — размещаются здания пониженной этажности, затем — дома повышенной этажности и в глубине застройки — детские и лечебно-оздоровительные учреждения. Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками). Важное значение имеют сооружение транспортных развязок, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения гаражей и автостоянок

Для снижения экологической нагрузки в Санкт-Петербурге строит современную магистраль вокруг города - К А Д (Кольцевая автомобильная дорога). Когда кольцо замкнётся, по нему пойдёт весь транзит, а также часть городского транспорта. После окончания строительства, состояние атмосферы в Санкт-Петербурге должно улучшиться в полтора раза. Общая протяжённость трассы 130 км, расчётная скорость движения-120 км/ч.

Кроме строительства КАД в Санкт-Петербурге разрабатывают проект автоматизированного контроля за состоянием воздуха и перераспределения транспортных потоков. Подобный проект уже реализуется в Англии, отличающейся самой высокой в мире интенсивностью дорожного движения. Кроме того, планируется создать большое число «перехватывающих» автостоянок для снижения потока машин через центр.

*Технологические мероприятия:* совершенствование двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием; совершенствование дизельных двигателей; улучшение качества топлива; перевод автомобилей на природный газ и т. п.

*Санитарно-технические мероприятия.* К таковым относится, прежде всего установка каталитических нейтрализаторов. Они используются для обезвреживания выхлопных газов автомобиля путем химического превращения отдельных вредных веществ, содержащихся в них, при помощи катализаторов.

Ужесточение стандартов на токсичность. В мире действуют три основных экологических стандарта, по которым измеряются ПДВ автомобиля страны-производителя. Последовательно вводились стандарты ЕВРО-1, ЕВРО-2, ЕВРО-3 и ЕВРО-4, неуклонно ужесточающие нормативы токсичных выбросов.

В рамках административной системы мероприятий по снижению загрязнения воздуха городов автотранспортом большое внимание уделяется контролю исправности транспортных средств.